

CAPITULO III

Características generales del área de estudio

De acuerdo a su ubicación geográfica la cuenca del río Mucujún se sitúa entre los 08° 35' 02" y 08° 48' 11" de latitud norte y en los 71° 00' 00" y 71° 08' 00" de longitud oeste. (MARNR 1985). La Figura 1, muestra el croquis de la cuenca del río Mucujún y el área piloto, ocupando una extensión de 82,4 ha, 0,42 % del área total.

Localización y límites

La cuenca del río Mucujún tiene una superficie de 19.450 ha aproximadamente y esta situada dentro de la cordillera de los Andes al noreste de la ciudad de Mérida, Parroquia Gonzálo Picón Febres del Municipio Autónomo Libertador. Limita por el norte con los Páramos de la Culata, Agua Blanca y Tucaní; por el sur con la ciudad de Mérida y el Páramo El Escorial, por el este con el Páramo El Escorial y por el oeste con la Sierra de la Culata (MARNR 1985).

Características físico naturales

Relieve

A pesar de ser el área relativamente pequeña, presenta un amplio valle intermontano de pendientes relativamente suaves, rodeado por un par de macizos montañosos, el páramo de El Campanario y la Fila de El Escorial, ambos orientados en sentido suroeste - noreste, que encierran al valle por el noreste en el páramo de La Culata (MARNR 1985).

Las dos vertientes montañosas de la cuenca se dividen por el cauce principal del río Mucujún, el cual desemboca en las afluencias del río Chama conformando un valle con pendientes relativamente suaves, producto del relleno que se originó por las acumulaciones aluviales durante el pleistoceno. "La cuenca tiene forma asimétrica que se manifiesta en la vertiente derecha, la cual es más extensa que la vertiente izquierda, debido a que durante el pleistoceno se presentaron períodos de alta pluviosidad, una vegetación en proceso de formación y crecidas violentas de los ríos y quebradas, que produjo un eventual transporte de materiales hacia el fondo del valle, para dar origen a los conos de deyección, conos de lava torrencial y terrazas, que se caracterizan por la alta pedregosidad, la heterometría de los materiales y la falta de selección morfoestructural". (Salas, y García. 1994).

Las pendientes en los macizos montañosos, son variables pero superando siempre al 35 %. Este hecho, unido a la gran superficie montañosa y a las condiciones climáticas, determinan muchas de las limitaciones inherentes al uso

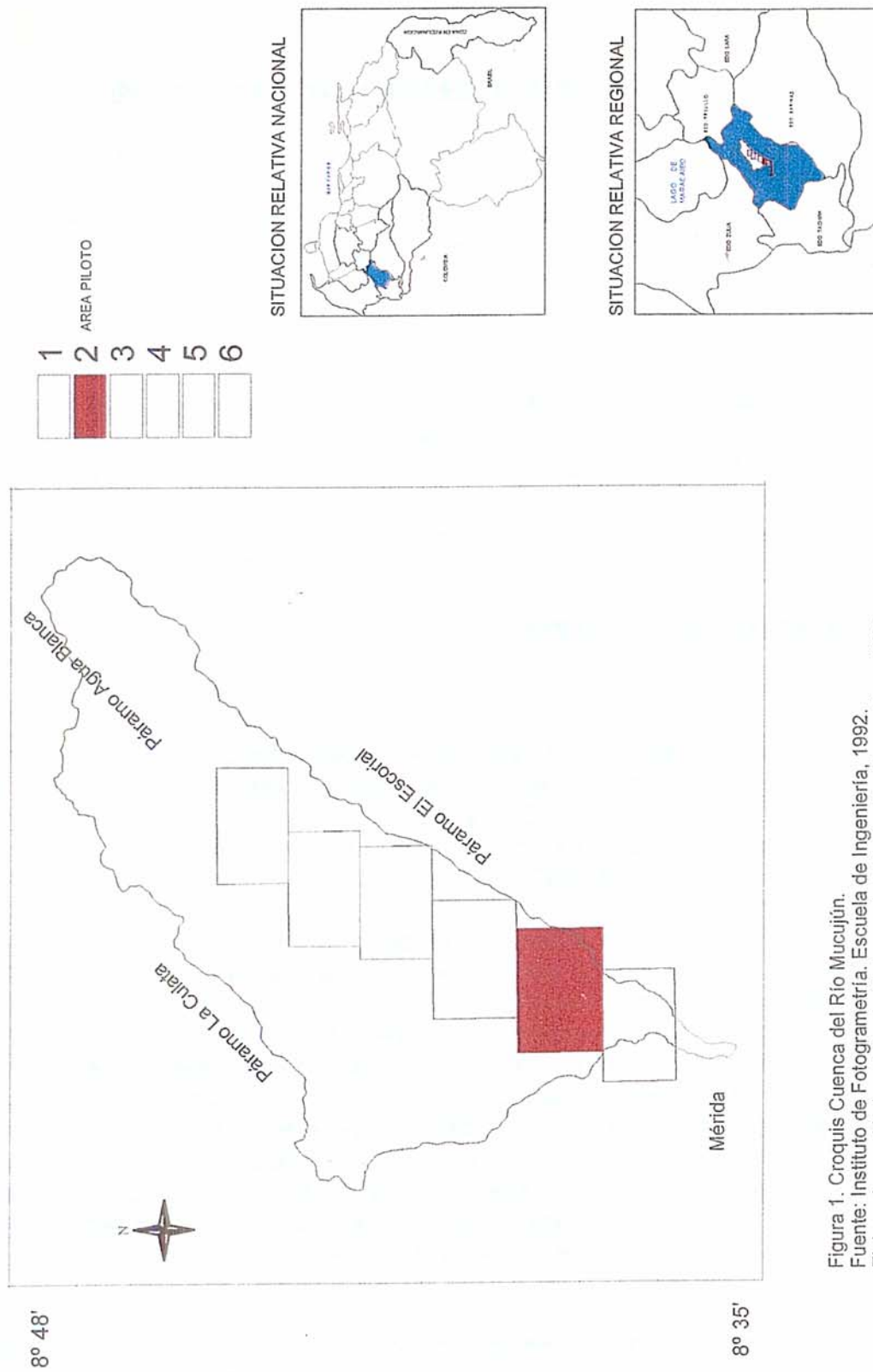


Figura 1. Croquis Cuenca del Río Mucujún.
Fuente: Instituto de Fotogrametría. Escuela de Ingeniería, 1992.
Elaborado en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, 1998.

del espacio y los recursos. Es así como en la cuenca se observan claramente dos conjuntos de relieve el fondo de valle y las vertientes (Dugarte y Zambrano 1988).

Fondo del Valle. Se caracteriza por presentar pendientes inferiores al 20% sin descartar casos donde existen pequeñas áreas con pendientes superiores a las indicadas y la presencia de colinas con un paisaje de topografía plana a semiplana (Dugarte y Zambrano 1988).

Vertientes. Presenta un relieve abrupto con pendientes superiores al 20%. En la configuración de las vertientes no hay homogeneidad a ambos márgenes de los ríos, por tanto son asimétricas, hay un predominio de pendientes fuertes en la vertiente izquierda superiores al 50%, debido a que el cauce del río Mucujún se recuesta a la base de la vertiente eliminando casi en su totalidad el fondo del valle; por el contrario la vertiente derecha presenta pendientes superiores al 20% que aumentan progresivamente, en forma perpendicular al río, hasta las partes más elevadas dando origen a un paisaje más suavizado y de colinas; producto de la presencia de formaciones terciarias (Dugarte y Zambrano 1988).

Geología y suelos

Morfoestructuralmente esta cuenca forma parte de una fosa tectónica definida por una serie de fallas producto de una intensa actividad orogénica que se ha venido dando a través del tiempo, la cual constituye uno de los factores principales en su configuración. Así, buena parte de los depósitos laterales en la parte superior de la cuenca, son morrenas de origen glaciar, mientras que en la parte media y baja se encuentran depósitos aluviales, entre los que destacan los amplios conos de deyección ubicados en la vertiente derecha (MARNR 1985).

Las unidades de paisaje que se encuentran en la cuenca de acuerdo a sus características físico naturales son: páramo, zona de transición, montañas medias, valle alto paramero y valle alto húmedo. Se encuentran altitudes que varían entre los 1900 msnm a 4500 msnm en el Páramo de La Culata, con un desnivel de 2600 msnm.

Los suelos predominantes en la cuenca del río Mucujún, se caracterizan por tener una textura franco arenosa, son ácidos debido a que las características físico-químicas y mineralógicas son similares bajo una misma formación geológica, y las formaciones Sierra Nevada y Granodeorita de El Carmen aportan altos contenidos de arena. obteniéndose las diferencias en función de las características climáticas, y tipo de vegetación (Urbina , 1982).

También se encuentran suelos derivados de formaciones sedimentarias, como son: Colón, Capacho y Mucujún. El material predominante de areniscas,



arcillas y lutitas al degradarse producen suelos francos con significativos contenidos de arcilla y limo (Urbina, 1982).

Clima e hidrología

El clima en la cuenca del río Mucujún representa uno de los factores más determinantes, no sólo por su influencia en la formación de los suelos y en la constitución de las formaciones vegetales, sino también porque define restricciones o posibilidades de uso, según sus características en cada lugar (MARNR 1985).

A partir de la información climatológica puede determinarse la existencia de cuatro pisos climáticos bien definidos, asociados a características determinadas de precipitación, temperatura y balance hídrico.

Piso húmedo macro - mesotérmico . Se extiende desde los 1.880 a los 2.700 m.s.n.m. caracterizándose por presentar temperaturas medias anuales entre 15°C y 12°C y precipitaciones promedio de 1.200 a 2.000mm / año, gran humedad y exceso de agua durante todo el año (MARNR 1985).

Piso húmedo mesotérmico. Ocupa una gran superficie de la cuenca media y alta, entre los 2.700 a los 3.600 m.s.n.m., con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 12°C a 6°C y precipitaciones promedio de 1.200 a 1.600mm /año. Se caracteriza por presentar exceso de agua en el suelo de marzo a diciembre (MARNR 1985).

Piso paramero. Se localiza en las laderas montañosas de la cuenca alta, desde los 3.600 a los 4.100 m.s.n.m. Sus temperaturas medias oscilan entre los 6°C a 3°C y precipitaciones que van desde los 1.200 a los 1.600mm/año (MARNR 1985).

Piso nevado. Se extiende a partir de los 4.100 m.s.n.m. y las crestas de las montañas; su temperatura media anual es inferior a los 3°C; casi todos los meses presenta temperaturas mínimas inferiores a los 0°C, por lo que ocurren frecuentes heladas nocturnas. La precipitación es menor a los 900 mm/año (MARNR 1985).

Zonas de Vida

Holdridge 1947 citado por Urbina, 1982 clasifica a la vegetación en función de factores bioclimáticos, manifestados conjuntamente en la composición florística, la fisonomía y la estructuración de las formaciones vegetales. Se utilizó como referencia el "Estudio de vegetación natural de la cuenca de los ríos Chama - Capazón" Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales Renovables, (IGCRN) que abarca el área en estudio.

En el área se encontraron las siguientes zonas de vida de acuerdo a la clasificación de Holdridge. (Urbina,1982)

Bosque húmedo montano bajo. Se extiende a partir de los 1.500 hasta los 2700 m.s.n.m., y una relación de evapotranspiración potencial de 0.5 - 1.0 ubicando a esta formación en la región húmeda.

Vegetación: Se corresponde a un bosque, siendo lo más común el bosque húmedo, con predominio de árboles pequeños; crece una vegetación baja, arbustiva con una altura menor a 2 m. cuando el bosque ha sido muy degradado. Se caracteriza por la presencia de helechos.

Bosque muy húmedo montano. Se extiende desde los 2.700 a los 3.500 m.s.n.m. despues del bosque húmedo montano bajo, definido por una precipitación media anual de 1000 a 2000 mm y una evapotranspiración potencial anual que representa la cuarta parte de la mitad de la precipitación y una temperatura media anual de 6° a 12 ° C correspondiéndose a una región húmeda perhúmeda.

Vegetación: Corresponde a un bosque de densidad alta, con la presencia de especies tales como bromeliáceas, orquídeas, líquenes y musgos. En las partes más bajas se desarrollan ejemplares de helechos arbóreos de diferentes especies algunas gramíneas y orquídeas rastreras.

Páramo subandino. Se encuentra entre los 3.500 hasta los 4.100 m.s.n.m., con temperaturas medias anuales desde los 3° a 6° C y una precipitación media entre los 500 y 1.000mm., la evapotranspiración potencial anual oscila entre la cuarta parte y la mitad de la precipitación.

Vegetación: Se caracteriza por una vegetación de alturas no mayores a un metro que no logra cubrir completamente el suelo, como consecuencia del frío y la escarcha que limitan su desarrollo. Predomina el Frailejón, el Chispiador, las gramíneas y otras especies que se destacan por su color, tamaño y abundancia.

Tundra pluvial andina _Se encuentra en las partes más altas de la cuenca, entre los 4.100 a los 4. 600 m.s.n.m. con una temperatura media anual entre los 3° y 1.5° C aproximadamente y una precipitación media anual entre los 500 a los 1000 mm donde la mayor parte de esta precipitación cae en forma de nieve, y menos de la cuarta parte es evapotranspirada.

Vegetación: Se caracteriza por la presencia de plantas que forman la almohadilla y roseta identificados en dos estratos: un estrato herbáceo alto caracterizado por la presencia de paja del páramo, y un estrato herbáceo bajo con presencia de geranio, piel de oso y otros.

Nival Se encuentra en las cimas de los picos más altos y por sus bajas temperaturas impiden todo desarrollo de vida.

Hidrología

La Cuenca del río Mucujún hace un arco conformado por los páramos de Pan de Azúcar y el Escorial, su longitud aproximadamente es de 33 Km. y la pendiente media del cauce es de 10%. El cauce principal es el río Mucujún, y sus afluentes principales son las quebradas Las Verdes, El Arado, La Torre, El Robo y La Cuesta, siendo esta última el tributario más importante. En las nacientes de algunas quebradas, está presente un sistema de pequeñas lagunas de origen glaciar, destacando los sistemas de las Verdes, La Vergara y la Cuesta. En la margen izquierda sobresale la quebrada Los Anillos hacia la parte alta, mientras que aguas abajo fluyen numerosos arroyos. (Salas y Garcia1994)

Uso del suelo

Durante la década de los cincuenta la cuenca del río Mucujún se caracterizaba por tener un uso extensivo, sin manifestaciones de destrucción de recursos. A inicios del sesenta se inicia la concentración de población y se establecen en la parte media los primeros asentamientos campesinos del Instituto Agrario Nacional (IAN) y la cuenca contaba con 224 viviendas y 1348 habitantes caracterizándose por ser eminentemente rural (García, 1996).

Uso del suelo para 1987

La presión urbanística y la necesidad de producción agrícola incrementa otras actividades que implican deforestaciones, movimientos de tierra, construcción de carreteras.

Ya para 1987, se presenta una variación en el uso del suelo, debido al crecimiento acelerado de la población entre otros lo que origina conflictos de uso por la ocupación del espacio y el desarrollo de actividades humanas, que generan una mayor intervención en la cuenca. Se intensifica, así, los usos residencial, turístico y agropecuario, concentrándose los mismos en la margen derecha .

El uso agrícola se localiza principalmente en las microcuencas La Carbonera, El Arado, La Caña, Mucujún, San Francisco y los interfluvios de las microcuencas La Carbonera, El Robo - Arado y El Arado - La Carbonera. Los cultivos característicos son: papa, hortalizas, mora, fresas y flores. Los pastos y la ganadería asociada se encuentran presentes en toda la cuenca, destacándose en las microcuencas La Laguna, Aguas Claras, Ovalles, Sin Nombre, La Legía y Yerbabuena.

El Uso residencial concentrado está ubicado principalmente en las microcuencas La Caña, La Vergara, La Legía, La Carbonera y los interfluvios de las quebradas Arado-Robo y Vergara-Yerbabuena, el uso residencial de densidad media se localiza en la parte media e inferior de la margen izquierda de la cuenca correspondiente a los centros poblados de Bella Vista, El Pajonal y Las Mercedes. Sin embargo, existe población dispersa relacionada con el uso predominante del suelo. En la cuenca existen 4 complejos turísticos ubicados principalmente en las microcuencas Ovalles (Resort La Culata), La Legía (Hotel San Francisco), La Yerbabuena y La Carbonera (Hotel Valle Grande, Hotel La Princesa); y 5 desarrollos turísticos residenciales de bajo tamaño ubicados en El Playón, El Arado, Camellones y Alto Viento.

Hacia la margen izquierda, el uso destinado es de pastos y ganadería, excepto a la altura de Bella Vista y en los alrededores de la quebrada las Bolsas que se caracterizan por la presencia de agricultura intensiva a semi intensiva residencial.

Los usos residencial, turístico y agropecuario, en conjunto, sumaban en 1990 1.638 ha equivalente al 84% de la superficie asignada para tales usos en las Unidades de Ordenamiento I y II de la cuenca. En la margen derecha los usos agrícola, pecuario y residencial turístico representaban el 76% de la superficie correspondiente a las Unidades I y II, mientras que en la margen izquierda los usos agropecuarios y residencial sumados habían superado las unidades de ordenación I y II por 12 ha. En la Tabla 2 se observa el uso del suelo (Barreto,1990).

Para 1990, según datos del censo de población y vivienda se registraron 4590 habitantes, distribuidos en 14 pequeños centros poblados dentro de los cuales se destacan El Playón, San Javier, El Arado, Monterrey, Camellones, Prado Verde, La Caña, Alto Viento y El Vallecito que concentraban en conjunto más del 80% de la población. Los restantes asentamientos eran Las Mercedes, El Pajonal, La Culata, y el barrio Los Eucaliptus.

✕ El crecimiento anárquico de los centros poblados, así como la insuficiente atención oficial a este problema, ha dificultado la instalación de servicios de recolección y disposición final de las aguas servidas, así como la ubicación de plantas de tratamiento adecuadas a los requerimientos y características de la cuenca. Esto ha provocado que algunos cursos de agua se conviertan en cloacas abiertas, siendo el caso más notorio el de la quebrada El Arado, la cual funciona como colector de aguas negras del centro poblado Monterrey y descarga directamente al río Mucujún. Igualmente El Playón, Camellones, Alto Viento, Prado Verde, y La Caña constituyen importantes fuentes de contaminación del río por aguas residuales domésticas.

Según García (1996) existen cinco zonas que desarrollan actividades agrícolas caracterizándose por el cultivo intensivo de hortalizas y papas

principalmente, localizándose en pendientes de suaves a moderadamente fuertes (10-20 %) que permiten el desarrollo de sistemas mecanizados al incorporar tractores para el despiece y preparación de sistemas de riego y el empleo de abonos químicos y/o orgánicos, fungicidas e insecticidas.

En cuanto al uso agropecuario en la cuenca, el mismo se desarrolla en los sectores de La Culata, La Caña, Alto Viento, Monterrey, El Playón, Prado Verde y El Vallecito.

A pesar de la fuerte tradición agrícola vegetal del área, como consecuencia de los problemas derivados de la comercialización de los productos, desde hace algunos años los agricultores están desplazando áreas de cultivos por la producción de pasto debido a que la producción lechera les está garantizando estabilidad económica al no presentarse, hasta los momentos, problemas en la comercialización del producto lacteo.

En resumen, se puede decir que el uso actual de los suelos desde 1987 no ha presentado una marcada variación y posiblemente la razón de ello se deba a la aplicación del Reglamento de Uso para la cuenca.

Tabla 2. Uso del Suelo y Unidades de Ordenación en la cuenca del río Mucujún.

MICRO-CUENCA	AREA TOTAL	UNIDADES DE ORDENACION		USO DEL SUELO									
				(ha)									
				1A	1B	1C	2ª	2B	3A	3B	4A	TOTAL	5B-5F
	(ha)	UNIDAD	(ha)	39	55	36	211	135	365	502	295	1638	13108
Mucujún en San Francisco	5877	I IV	14 5863				49				6	55	5822
MARGEN DERECHA	6291	I + II III + IV	1462 4829	36	26	36	69	132	306	304	195	1107	5184
Qda. La Laguna	833	I IV	235 598			4	14		93	50	18	179	654
Qda. Agua Clara	356	I III - IV	137 219						48	12	17	77	279
Qda. Ovalles	1239	I III - IV	124 1115			4	1		40			45	1194
Qda. La Caña	418	I III - IV	120 298		18			11	1	8	71	109	309

Continuación Tabla 2

				1A	1B	1C	2A	2B	3A	3B	4A	T		
Qda. sin nombre	278	I III	157 121						14	95	17		126	152
Qda. La Vergara	1495	I III - IV	20 1475	1					11	31			43	1452
Qda. La Lejía	127	I III	112 15	11		3		9	29	61	9		122	5
Qda. Yerbabuena	242	I II ₅ III	81 21 140			12			47	11	29		99	143
Qda. La Carbonera	443	I II ₄ II ₅ III - IV	45 10 91 297		5	5	10	20	22	19	14		95	348
Qda. El Arado	749	I II ₄ III - IV	144 54 551	12	3		28	53	1	14	5		116	663
Interfluvios	111	I II ₅	108 3	15		8	16	39		3	15		96	15
MARGEN IZQUIERDA	2578	I II ₆ III - IV	265 199 2114		29		93	3	59	198	94		476	2102

Fuente: Barreto (1990); CIDIAT (1989). Citados por Bejarano (1997).

1A = Residencial concentrado 1B = Residencial Densidad Media.

1C = Alojamiento Turístico 2A = Agricultura semi intensiva a intensiva 2B = Semi intensiva mixta con barbecho 3A = Ganadería semi intensiva a intensiva 3B = Ganadería semi intensiva a extensiva 4A = Barbecho o ganadería extensiva 4B - 5F = Vegetación y otros usos.



CAPITULO IV

X

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la metodología

La determinación de las actividades permitidas y / o prohibidas a través de la generación de la cobertura de Unidad Parcelaria Integrada (UPI) para la gestión de permisos en la cuenca del río Mucujún, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Uso para la Zona Protectora, requiere de la elaboración de cuatro coberturas originales básicas: la cobertura de unidades de ordenamiento de la cual se obtiene el tipo de unidad y sus restricciones para las actividades a desarrollar, la cobertura de pendiente de la cual se obtiene las valoraciones por rangos de pendiente, la cobertura de parcelas de la cual se obtiene los linderos y ubicación, y la cobertura de uso de la cual se obtiene el uso actual y vegetación. La superposición de estas coberturas generó el mapa de Unidad Parcelaria Integrada (UPI) tal como se explicó en el modelado cartográfico en el capítulo II.

En la Figura 2 se señala cada una de las actividades llevadas a cabo para la implementación de la base de datos geográfica orientada a la gestión de permisos para el área piloto en la cuenca del río Mucujún (BDGCRM).

Materiales y métodos

El trabajo, se realizó en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (ULABSIG) del Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales Renovables de La Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes.

Los equipos utilizados fueron:

Equipos (Hardware)

a) Un microcomputador PC Quantum Px486 Dx33/50p3, con un procesador 80486 Dx2, dos unidades de floppy de 1.2 MB, 5 1/4 y 1.44 MB, 3 1/2. - Disco duro de 1.L Giga Byte de Memoria, memoria RAM de 16 MB y monitor VGA/PGA/EGA.

b) Una mesa digitalizadora CALCOMP 9100 # 3, compatible y configurada para aceptar los programas ARC/INFO

c) Trazadores de curvas o plotters configurados para aceptar el programa PC ARC/INFO: HP 7475A, plotters de 8 plumillas y 110 cm. de ancho.

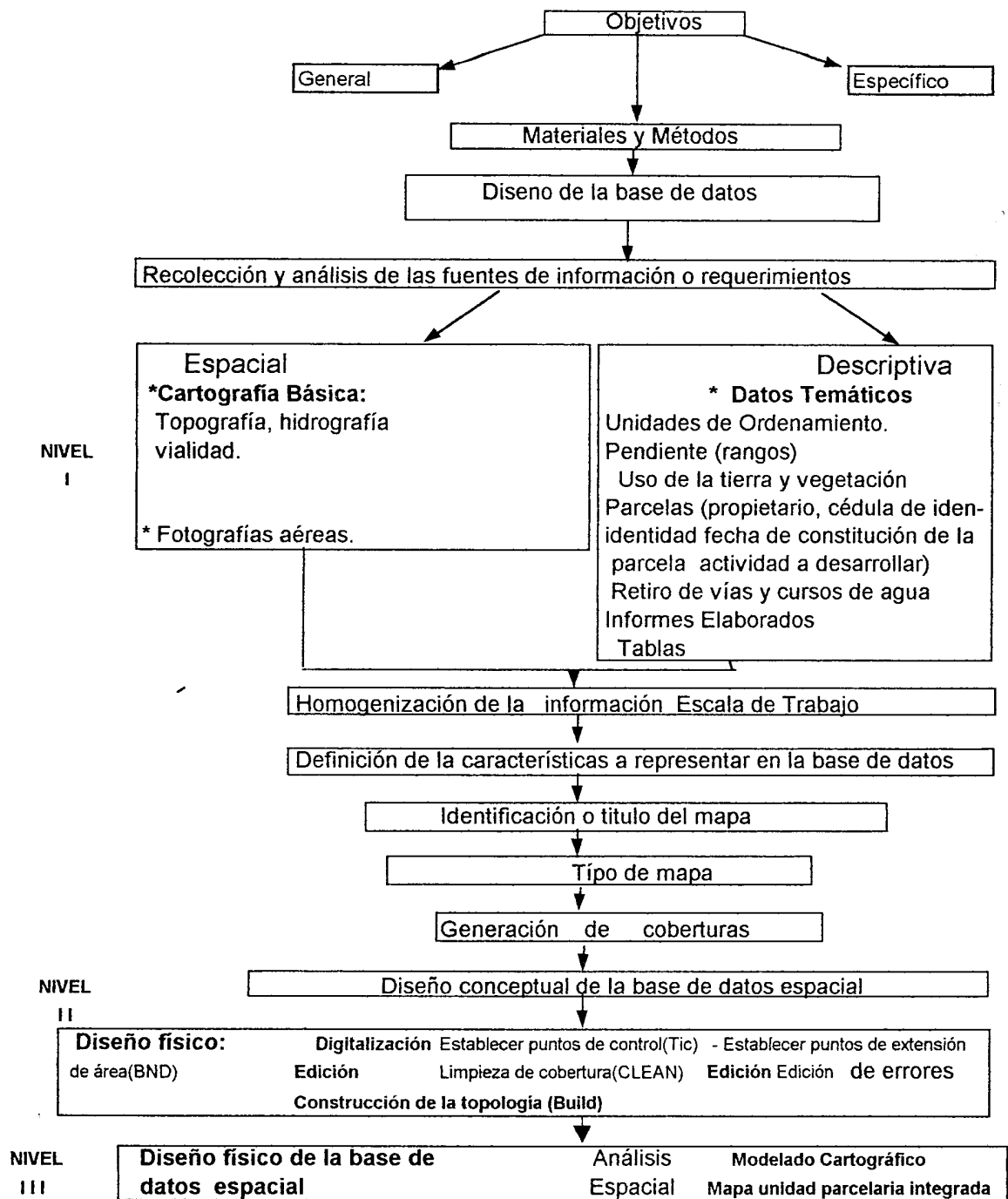


Figura 2. Esquema metodológico de las actividades a realizar en la gestión de permisos en la cuenca del río Mucujún mediante el uso de un SIG

Programas (Software)

Se utilizaron dos herramientas del SIG el sistema de información geográfica ARC/INFO versión 3.4 D plus y ARCVIEW GIS versión 3.0.

En el Pc ARC/INFO las características geográficas se representan en coberturas a través de puntos, arcos y polígonos y sus atributos se encuentran en la base de datos en tablas de atributos.

El manejo de la información se realiza a través de los siguientes subsistemas: El subsistema ADS permite la transformación analógica a un formato digital. En el subsistema ARCEDIT se manejan, editan y corrigen los datos digitales y alfanuméricos. El subsistema ARCPlot permite la realización de la composición cartográfica así como también la generación de archivos con formatos de salida gráfica. El subsistema INFO en el cual existe una amplia gama de comandos que permiten desde las funciones básicas sobre el manejo de la base de datos hasta funciones más complejas de análisis y de exportación de archivos entre otras.

De manera complementaria se utilizó el programa ARCVIEW GIS versión 3.0, este es un programa que permite la realización de la composición cartográfica final de una manera más sencilla que el subsistema ARCPlot de ARC/INFO y realizar búsquedas temáticas, así como también la generación de archivos con formato de salida gráfica.

Diseño de la base de datos

La base de datos geográfica desarrollada en el presente trabajo se desarrolla en función de la información para la cuenca proveniente de la Gaceta Oficial N° 3.922 Extraordinario del 14-08-1985, Decreto Presidencial N° 1.264 y se orienta hacia la representación y caracterización de información básica del área piloto del río Mucujún, y está constituida por la información espacial proveniente de los mapas y por la información descriptiva sobre las características y cualidades de la información espacial representada.

Para el desarrollo de la base de datos se hace necesario realizar, como primer paso, el establecimiento de los requerimientos de información por parte de los usuarios. El diseño de la base de datos está conformado por:

Estudio de requerimientos

En esta fase se definieron las necesidades de los usuarios, en cuanto a la información y funciones del sistema para poder llevar a cabo la gestión de permisos de la cuenca.

Requerimientos de información, La gestión de permisos en la cuenca del río Mucujún requiere de los estratos de información siguientes:

- Cobertura de unidades de ordenamiento
- Cobertura de pendiente del terreno
- Cobertura de límites de parcelas
- Cobertura de usos del suelo
- Cobertura de hidrografía

Recolección y análisis de las fuentes de información o requerimientos

En este paso se procede a recabar los datos espaciales o datos gráficos que señalan la ubicación de las características sobre el área piloto y los datos descriptivos que permiten la descripción de esas características. Los requerimientos del sistema surgen de la necesidad de incorporar tecnología informática al proceso de permisología que contenga los datos necesarios para agilizar la toma de decisiones en el proceso de ocupación del territorio y de afectación de recursos naturales. Los documentos fuentes que se han tomado como requerimientos que hasta el momento han permitido la toma de decisiones en la cuenca de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Uso, es el siguiente:

Material cartográfico y aerofotogramétrico

a.- Mapa base o topográfico de la cuenca del río Mucujún a escala 1:5000 elaborado por el Instituto de Fotogrametría de la Universidad de los Andes en septiembre de 1992.

b.- Mapa de unidades de ordenamiento de la Zona Protectora del río Mucujún a escala 1:25.000 elaborado por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 1985.

c.- Levantamiento Aerofotogramétrico elaborado por el Ministerio de Desarrollo Urbano (MINDUR) a escala 1: 5.000 del año 1990.

d.- Mapa de uso de la tierra para la cuenca del río Mucujún a escala 1: 25.000 del año 1990 elaborado por la Ing. For. Yocoima Barreto y la Geg. Fabiola Duque el cual fue actualizado mediante chequeo de campo .

e.- Fotografías aéreas, misión 010486, a escala 1:5000, del año 1996, de la Fundación para el Manejo de Emergencias, Desastres Naturales y Defensa Civil (FUNDEN).

Recolectado el material cartográfico seguidamente se procedió a la homogenización de la información debido a que la información geográfica estaba dispersa y por tanto sus atributos estaban representados a escalas distintas, por lo tanto se llevo la información a una sola escala y un solo formato. Para determinar la escala de trabajo según García (1994) se consideraron los siguientes aspectos:

a) La escala original de la información cartográfica disponible como fuente de información y su relación con los objetivos del trabajo.

b) El nivel de detalle requerido para las características a incluir en la base de datos o requerimientos de información por parte de los usuarios y

c) La relación tiempo-costos o evaluación de rentabilidad en la obtención del material a utilizar como fuente de información.

Escala de trabajo.

La selección de la escala de trabajo parte del fundamento de ir a lo particular. Para el área de estudio, debido a su dinámica de desarrollo y a su problemática ambiental compleja, se tomó la escala 1:5000 como fuente de información ya que proporciona el nivel de detalle adecuado para conocer las características físico-naturales de las variables seleccionadas de acuerdo al Reglamento de Uso de la Zona Protectora, para la base de datos a implementarse, en función de los requerimientos de los usuarios. Por otra parte la información cartográfica a esta escala se encontraba disponible, lo que permitió una mayor rentabilidad del proyecto al no requerir otra inversión para obtener nuevos materiales como fuente de información.

Definición y descripción de la características a representar en la base de datos

En esta fase se procede a describir las características generales del área piloto en lo referente a: unidades de ordenamiento, pendiente, vegetación y uso y parcelas. En forma general, se deberán establecer las características o normas que deberán regir la elaboración de los mapas. Adicionalmente, para cada mapa se debe especificar lo siguiente:

- La identificación o título del mapa
- El tipo de mapa:
 - Mapa de puntos, líneas o polígonos
 - Mapa cuantitativos o cualitativos
 - Mapas de isolíneas o coropléticos

- Los tipos de símbolos que se emplearán en las características geográficas
- La escala del mapa

Generación de la cobertura de unidades de ordenamiento

Se tomó como fuente el mapa base realizado por el Instituto de Fotogrametría de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes a escala 1:5.000 (1992).

La información de las unidades de ordenamiento proviene del estudio realizado por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. El mapa contiene una representación de las unidades de ordenamiento de acuerdo con el Reglamento de Uso para la cuenca pero a una escala de 1:25.000.

La elaboración de la cobertura de unidades de ordenamiento se realizó mediante el vaciado de la información a escala 1:5.000, en función de las poligonales de cada una de las unidades de ordenamiento establecidas en el Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la Subcuenca del Río Mucujún, donde se representan las unidades I, II y III del área piloto.

Generación de la cobertura de pendiente

A partir del mapa base con una equidistancia de diez (10) metros entre curvas de nivel se levantó el mapa de Sectores de Pendiente a través del método del ábaco. Los rangos en porcentaje (%) fueron establecidos de acuerdo al Reglamento de Uso para la Zona Protectora de la siguiente manera:

Código	Rango	
A	0 - 15	Suave
B	15 - 30	Moderada
C	30 - 50	Fuerte
D	> - 50	Muy Fuerte

La clasificación de estas unidades con sus restricciones se observan en las Tabla 3 y 4.

Tabla 3. Actividades permitidas en la unidad de ordenamiento I según Reglamento de Uso. Zona Protectora del Río Mucujún.

Condiciones	Pendiente (%)	Sup. Mín. (ha)	Uso Antes del Reglamento	Retiro Mín. de cursos de agua (m)	Retiro Mín. de vías medidos desde el borde (m)	
Usos Permitidos					Principales	Secundaria
Cult. Permanentes	30 - 50	3	Se permite	25	10	6
Agrícola: Cult. ciclo corto	no > 16	3		25	10	6
Viveros	no > 30	3	Se permite	25	10	6
Pecuario	< 6	4	Se permite	25	10	6
Turístico: Hotel. H-Residencial	no > 30	5	*	25	10	6
Campamentos	no > 20	1	*	25	10	6
Recreacional	no > 20	*	*	25	10	6
Residencial - Rural	no > 30	0.1	uso permitido < 1000 m	25	10	6
Educacional	*	*	*	*	*	*
Investigación	*	*	*	*	*	*

Fuente: Reglamento de Uso para La Zona Protectora Subcuenca del río Mucujún.

Nota: * No existe información dentro del Reglamento.

Tabla 4. Actividades permitidas en la unidad de Ordenamiento II según Reglamento de Uso. Zona Protectora del Río Mucujún.

Condiciones	Actividades ya asentadas. Antes del Reglamento Permitidas. Sin invadir áreas de la unidad III	Pendiente %	Retiro mínimo de cursos de agua (m)	Retiro mínimo de vías medidos desde el borde (m)		Observaciones
Sectores				Secundarias	Principales	
II ₁	Se permiten		25	6	10	Ajustarse al Reglamento
II ₂	Explotación de arcilla		25	6	10	Reforestar al incorporar áreas distintas al uso
II ₃	Educacional y religioso		25	6	10	Presentar plano de instalaciones y actividades ejecutadas
II ₄	Se permiten		25	6	10	
II ₅	Turismo, explotaciones pecuarias		25	6	10	
II	Potrero extensivos, cultivos de subsistencia Residencial concentrado (Las Mercedes El Vallecito). Disperso resto del Sector. Área ya intervenidas	No < a 30 Entre 30 - 50 > a 50				Se permiten usos de la unidad I Reforestar Someter a las a planes de recuperación

Fuente. Reglamento de Uso para La Zona Protectora. Subcuenca del Río Mucujún.

Generación de la cobertura de uso de la tierra y vegetación

Se realizó la fotointerpretación de la misión 010486 a escala 1:5.000 para el año 1996, la cual describe el uso de la tierra en base a las condiciones de vegetación media y alta tal cual lo establece la Ley Forestal de Suelos y Aguas, y en función de un sistema de clasificación inductivo ajustado al sistema de clasificación de la U.G.I. Para los centros poblados se definió el centro y dentro de éste las áreas con cubierta de vegetación media y alta. Las viviendas que están a lo largo de la vía se consideraron como dispersas y fuera de los centros poblados, por ello no se incluyeron. Posteriormente se transfirió la fotointerpretación al mapa base del Instituto de Fotogrametría a escala 1:5.000. Es importante señalar que en la fotointerpretación se utilizó la técnica de delineación efectiva la cual justifica los desplazamientos que ocurren por topografía del terreno, desplazamientos, inclinación del eje de la cámara, inclinación y altura de vuelo, en las fotofrañas aéreas en las zonas de montaña (Pernía, 1989). Realizada la fotointerpretación y el vaciado de la información se hizo el correspondiente chequeo de campo.

Generación de la cobertura de parcelas

Para la elaboración de esta cobertura se tomó como base las hojas del levantamiento Aerofotogramétrico a escala 1:5000 realizado por el Ministerio de Desarrollo Urbano, posteriormente se vació la información en el mapa fuente elaborado por el Instituto de Fotogrametría, el cual fue ajustado tomando en cuenta los documentos legales de los propietarios, los planos topográficos existentes y los conocimientos que se tienen del área, además de la fotointerpretación efectuada en la misión 010486. Para ello se realizaron varias visitas al campo con la finalidad de reconocer el área y chequear el producto de la fotointerpretación y así lograr la cobertura definitiva.

Posteriormente se realizó la numeración para cada parcela a fin de asignarle un número identificador, para ello se tomó el criterio de efecto pared utilizado por la Oficina Central de Estadística e Informática OCEI a fin de llevar un orden lógico y cronológico.

Para efectos del trabajo se tomaron aquellas parcelas con una superficie mayores a seiscientos veinticinco metros cuadrados ($> 625 \text{ m}^2$).

Es importante señalar que la elaboración de los mapas de parcelas y uso de la tierra es el resultado de una aproximación debido a que se disponía de tres fuentes cartográficas a escala 1:5.000 seleccionándose la fuente de fotogrametría la cual se consideró confiable.

Generación de la cobertura de hidrografía

Se procedió a elaborar esta cobertura ya que tiene una gran importancia desde el punto de vista de conocer la existencia o no de drenajes naturales en los predios para la toma de decisiones. Se tomó como fuente el mapa del Instituto de Fotogrametría y las fotografías aéreas.

Requerimientos funcionales, Las funciones necesarias del SIG para la gestión de permisos de la cuenca son fundamentalmente las siguientes:

Funciones de edición de la base de datos, con la finalidad de poder mantenerla actualizada. Esto es muy importante ya que repercute en la toma de decisiones.

Funciones de consulta : esta será la principal y más frecuente actividad en el proceso de gestión.

Funciones de análisis: con el fin de poder generar la UPI cuando se requiera.

Para llevar a cabo estas funciones no fue necesario elaborar programas de aplicación ya que las herramientas SIG utilizadas ofrecen facilidades en este sentido.

Diseño conceptual de la base de datos espacial.

El diseño conceptual se construyó a partir de los requerimientos de información utilizando para ello el modelo entidad-relación que es un modelo lógico basado en objetos denominados entidades y sus respectivas relaciones. Las entidades se diferencian a través de los atributos o características que contienen. Así por ejemplo, la entidad unidad de ordenamiento se distingue de las otras entidades, por sus atributos, pero estos a su vez, permiten establecer su asociación con otras entidades, por medio de atributos claves para cada entidad.

La estructura de la base de datos se estableció para cada cobertura, conforme a la información necesaria orientada a la gestión de permisos en el área piloto. No se consideró la incorporación de información adicional a la necesaria para determinar los espacios donde se permiten y/o prohíben actividades, ya que esto no constituye el objetivo del trabajo. La base de datos es flexible a cualquier tipo de modificación y puede servir de base en la elaboración de otros estudios. En la Figura 3 se muestra el esquema conceptual de la base de datos.

Diseño lógico

El diseño conceptual establecido anteriormente constituye un modelo independiente del sistema manejador de la base de datos (SMBD), por ello no puede utilizarse para ejecutar la base de datos y se hace necesario efectuar un proceso de conversión del modelo de datos o diseño conceptual a un modelo ejecutable. Figura 3.

La conversión consiste en transformar las entidades y relaciones con sus atributos, a esquemas que contengan las relaciones con las claves primarias de la entidad originaria. Dado que la herramienta a utilizar es un SIG del tipo vectorial para la conversión se hace necesario realizar los siguientes pasos:

Determinación de las coberturas básicas o fundamentales: Estas coberturas fueron unidades de ordenamiento, pendiente, parcelas, vegetación y usos e hidrografía.

Conversión de las entidades en un esquema de relación: Unidad de ordenamiento (ID UNIDAD2 Tipo), pendiente (ID PENDI1 rangos), vegetación y uso (ID USOS1 clase), parcelas (ID parcela5 número de parcela)

Diseño Físico

En esta fase se procedió a ejecutar la base de datos espacial mediante la realización de los siguientes pasos:

Digitalización de los datos espaciales

Este proceso manual consiste en ingresar tanto los mapas temáticos como la base de datos al sistema, esto se lleva a cabo en varias formas y según el equipo periférico con el cual se cuente. La digitalización suele tener los siguientes pasos : la entrada de los datos espaciales (Mapas), corrección de errores (edición de mapas), automatización de los atributos y asociación de los atributos espaciales.

La digitalización consiste en transportar el mapa temático a formato digital, el cual es el único que entiende el sistema. Al digitalizar los mapas temáticos (unidades de ordenamiento, pendiente, parcelas, uso y vegetación e hidrografía) el sistema PcARC/INFO ingresa la información espacial, líneas y polígonos que ocupa una posición en el territorio bajo estudio, son sólo las formas de lo representado temáticamente, por tanto debe asociarseles la base de datos descriptiva o de atributos que identificará cada una de estas unidades. Además, en esta fase se introducen las etiquetas, lo cual, no es más que un número que se le coloca a cada elemento cartográfico como línea o polígono, con el propósito que

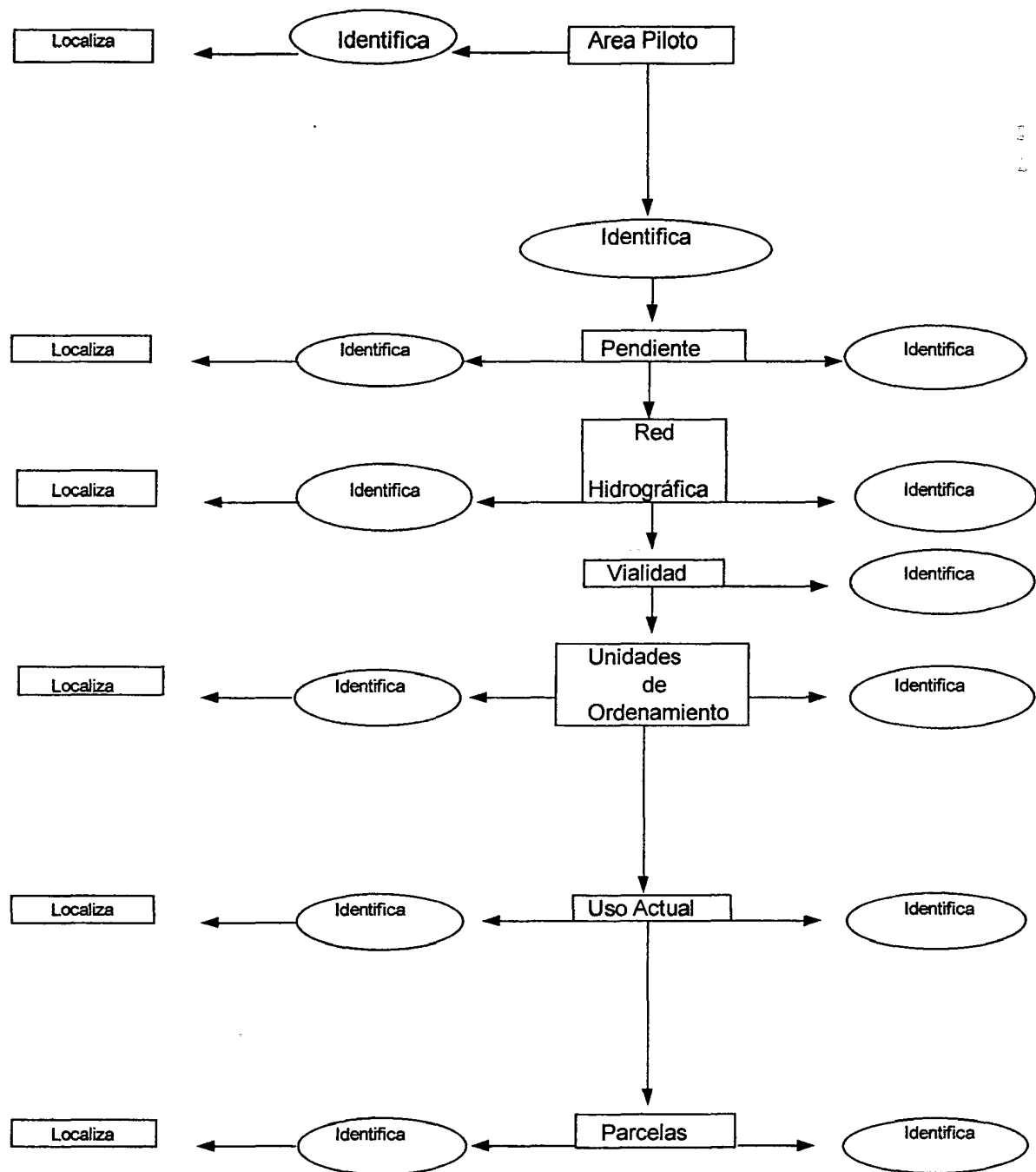


Figura 3. Esquema conceptual de la base de datos para la gestión de permisos en la cuenca del río Mucujún

permita su identificación con la estructura de códigos y la base de datos establecida para cada variable.

Corrección de errores

Una vez digitalizado el mapa se procede a corregir los errores, en forma automática, del subsistema ARCEDIT a través de un comando denominado Clean que permite limpiar el mapa de errores, siempre y cuando éstos se encuentren dentro de las tolerancias establecidas en el sistema. Los ejemplos de errores corregidos mediante este proceso son las líneas que no se intersectan, los polígonos que no cierran, y el doble registro de líneas. Si los errores persisten se corrigen de forma manual.

Diseño físico de la base de datos espacial

En relación al diseño físico de la base de datos espacial, es necesario considerar que en el proceso de creación de coberturas, en los SIG vectoriales, se generan automáticamente las tablas de relación

Desde este momento en ARC/INFO se crea la tabla de atributos de polígonos (pat.dbf) y la tabla de atributos de arcos o líneas (aat) del mapa digitalizado, la cual contiene la información básica de cada elemento (área, perímetro, longitud, identificador interno, identificador definido por el usuario). En tal sentido se procedió a anexar a las tablas ya creadas los items faltantes.

En el capítulo 5, en las tablas 5, 6, 7, 8 y 9 se observa el diseño físico de la base de datos referido a las coberturas iniciales

El modelado cartográfico

Al incorporar toda la información que se requiere dentro de la base de datos, puede generarse una nueva cobertura que representa la síntesis de las áreas de actividades permitidas y/o prohibidas de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Uso. Se tomó como base las siguientes variables: unidades de ordenamiento, pendiente, uso de la tierra y vegetación, y parcelas, las cuales conformaron las coberturas iniciales; éstas fueron sometidas a una serie de operaciones de análisis espacial temático y modelado cartográfico obteniéndose una nueva cobertura denominada " Unidad Parcelaria Integrada " (UPI)

Generación de la cobertura unidad parcelaria integrada (UPI)

La generación de la cobertura de unidad parcelaria integrada (UPI), requiere de la elaboración de cuatro coberturas originales básicas: la cobertura de de unidades de ordenamiento de la cual se obtiene el tipo de unidad y sus

restricciones para las actividades a desarrollar, la cobertura de pendiente de la cual se obtiene los rangos de pendiente, la cobertura de parcelas de la cual se obtiene los linderos y ubicación, y la cobertura de uso de la cual se obtiene el uso actual y vegetación.

La tabla de atributos de esta cobertura debido a que es generada a través de un proceso de modelado, es la agrupación de las tablas de todas las variables utilizadas en el proceso. En el capítulo 5, Tabla 10, se observa el diseño físico de la base de datos referida a la cobertura UPI.

En el modelado cartográfico se utilizó como comando básico de análisis la superposición u overlay que sólo puede ser aplicado, por pares de coberturas tal como se aprecia en la Figura 4.

El resultado de la ejecución de las etapas anteriores produce las salidas definitivas, que en su aspecto espacial comprenden la elaboración de cinco mapas a saber: mapa de unidades de ordenamiento, mapa de pendiente, mapa de vegetación y otros usos, mapa de parcelas, mapa unidad parcelaria integrada e hidrografía.

En el capítulo 5, Tabla 10, se observa el diseño físico de la cobertura final UPI.

Composición Cartográfica

En este aparte, se procederá a definir, de acuerdo a las normas cartográficas establecidas internacionalmente, la composición cartográfica de cada uno de los mapas a elaborar, indicando en forma detallada la escala, título, leyenda, la proyección o reticulado, la información marginal, los signos convencionales y colores a utilizar, nomenclatura, etc.

Para ello, se utilizará el Programa ARCVIEW GIS versión 3.0 para hacer la composición final de los mapas a producir.

MODELADO CARTOGRAFICO

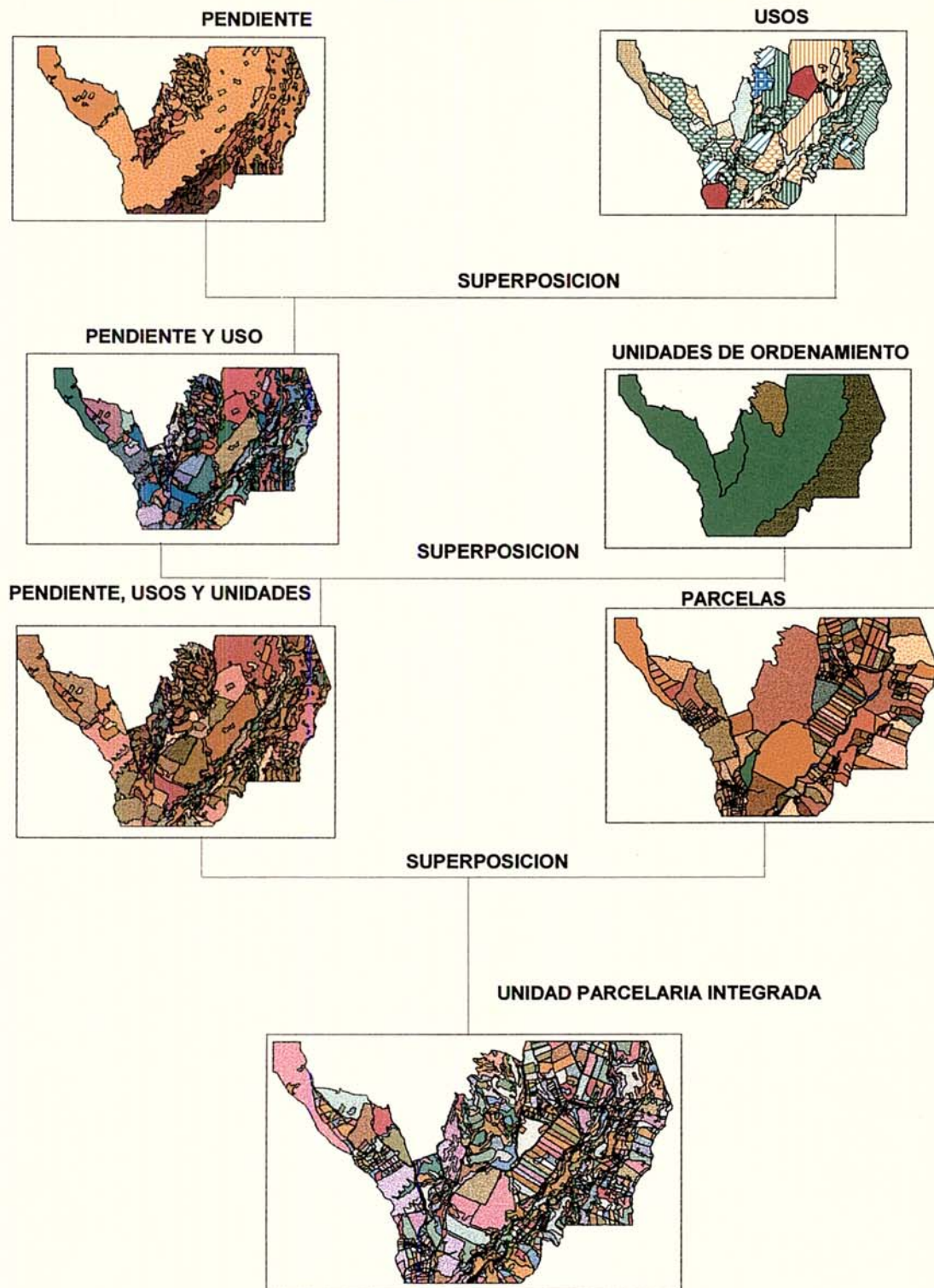


Figura 4. Modelado Cartográfico, para la obtención del mapa de unidad parcelaria integrada