

**ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA DINÁMICA DE TRANSFORMACIÓN
ESPACIAL DE LA COBERTURA POR CRECIMIENTO URBANO, EN UNA
ZONA DE LA LOCALIDAD DE SUBA, BOGOTÁ –COLOMBIA, EN EL PERIODO
1955 - 2006**

Presentado por:

Ángela María Gómez Ángel

Carrera de Ecología

Trabajo de Grado para optar por el título de

Ecóloga

Dirigido por:

Andrés Etter

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Facultad de Estudios Ambientales y Rurales

Carrera de Ecología

Bogotá, mayo de 2009

NOTA DE ADVERTENCIA
*“Los conceptos y opiniones emitidos
en este trabajo son responsabilidad del
autor y no comprometen en nada a la
Pontificia Universidad Javeriana”*
Artículo 23 Resolución No. 13 de julio de 1946

AGRADECIMIENTOS

A **Luis Gómez y Nubia Ángel** mis padres, por la vida, por su amor, su apoyo y su paciencia

A **Camilo Gómez** mi hermano por estar siempre ahí y hacerme reír

A **Federico Mendoza** por su compañía, amor y por su ayuda constante

A **Andrés Etter** por su tiempo y su asesoría durante la elaboración de este trabajo

A todas las personas que de alguna forma hicieron este trabajo posible

RESUMEN

Una de las consecuencias del acelerado crecimiento poblacional, es el crecimiento urbano; se espera que todo el crecimiento poblacional de próximos 50 años se concentre en las ciudades. Dentro de las consecuencias de dicho suceso se encuentra la extensión de las áreas urbanas en paisajes rurales, con la consecuente pérdida de tierras para cultivo y áreas naturales. Este estudio analiza la dinámica de transformación de la cobertura en una zona de 4806 ha, mediante la documentación del proceso de crecimiento urbano en la zona, la creación de mapas de cobertura que indican el cambio en el área de las coberturas y finalmente, mediante un modelo de regresión logística que permitió identificar las variables explicativas más relevantes en el crecimiento urbano en la zona de estudio. La metodología utilizada consistió en hacer una revisión bibliográfica del proceso en la localidad de Suba. Posteriormente se realizaron mapas de 3 tipos de coberturas: 1) Coberturas específicas, 2) Coberturas generales y 3) Coberturas urbana y no urbana; que sirvieron para detectar los cambios en el área de las coberturas. Finalmente se obtuvieron 5 variables explicativas: distancia a vías, perímetro urbano, zonas de inundación, pendiente y áreas protegidas; para modelar la probabilidad de presencia de cobertura urbana en el año 2006. A partir de esto se realizó una discusión del proceso de crecimiento urbano en la localidad de Suba.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. OBJETIVO GENERAL.....	14
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1 TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE POR CRECIMIENTO URBANO	16
4.2 PAISAJE	17
4.3 ECOLOGÍA DEL PAISAJE	18
4.4 SENSORES REMOTOS.....	19
4.5 CIUDAD Y PAISAJE URBANO	20
4.5.1 Crecimiento poblacional en las ciudades	21
4.5.2 Proceso de expansión urbana.....	22
4.5.3 Factores que determinan el crecimiento de las ciudades	25
4.6 MODELAMIENTO DEL CRECIMIENTO URBANO	27
4.6.1 Modelos estadísticos	28
4.6.2 La regresión logística como herramienta de modelación	29
4.6.3 Validación del modelo	29
4.6.4 Antecedentes.....	30
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	32
5.1 LOCALIZACIÓN	32
5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES	33
5.3 USOS DEL SUELO	34
5.4 HIDROLOGÍA	36

5.5 GEOLOGÍA	37
5.6 ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS Y ÁREAS PROTEGIDAS	38
5.6.1 Humedales	38
5.6.2 Cerro de Suba	41
5.6.3 Áreas rurales	43
5.7 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	44
5.8 PERÍMETRO URBANO DE LA LOCALIDAD DE SUBA	45
6. HISTORIA DEL PROCESO DE CRECIMIENTO URBANO EN BOGOTÁ Y LOCALIDAD DE SUBA.....	47
6.1 CRECIMIENTO URBANO EN BOGOTÁ	48
6.2 CRECIMIENTO URBANO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (1950-2000)	50
1950-1960	51
1960-1970	52
1970-1990	54
1990-2000	55
7. METODOLOGÍA	57
7.1 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	57
7.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	58
7.3 EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO	59
7.3.1 Mapas de cobertura.....	59
7.3.2 Matrices de transición.....	61
7.4 VARIABLES EXPLICATIVAS PARA LA MODELACIÓN	61
7.5 DESARROLLO DEL MODELO DE CRECIMIENTO URBANO Y VALIDACIÓN.....	63
8. RESULTADOS	66
8.1 CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS	66

8.2 EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO (1955-2006).....	66
8.2.1 Coberturas específicas.....	67
8.2.2 Coberturas generales.....	73
8.2.3 Cobertura urbana-no urbana.....	77
8.4 PREDICCIÓN DE LA PRESENCIA DE COBERTURA URBANA EN EL AÑO 2006 CON BASE EN LAS VARIABLES EXPLICATIVAS.....	80
9. DISCUSION.....	82
9.1 EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO (1955-1006).....	82
9.1.1 Coberturas específicas.....	83
9.1.2 Cobertura general.....	88
9.1.3 Cobertura Urbana – No Urbana.....	92
9.2 PREDICCIÓN DE LA PRESENCIA DE COBERTURA URBANA EN EL AÑO 2006 CON BASE EN LAS VARIABLES EXPLICATIVAS.....	94
9.3 CRECIMIENTO URBANO EN SUBA EN COMPARACIÓN CON OTRAS CIUDADES.....	97
9.4 LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	99
10. CONCLUSIONES.....	100
11. RECOMENDACIONES.....	102
12. BIBLIOGRAFIA.....	104
ANEXOS.....	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población y porcentaje de la población total del país residente en Bogotá. Estimados y proyecciones: 1950-2025. (UN, 2008)	22
Tabla 2. Información de las imágenes utilizadas para el estudio	59
Tabla 3. Capas de información usadas en el modelo	62
Tabla 4. Datos de salida de la función LOGISTICREG (IDRISI 15.0 The Andes Edition)	64
Tabla 5. Clasificación general de coberturas para el área de estudio	66
Tabla 6. Matriz general de cambio de las coberturas específicas (1955-2006)....	69
Tabla 7. Matriz de transición coberturas específicas (1955-1972)	70
Tabla 8. Matriz de transición de coberturas específicas (1972-1985)	71
Tabla 9. Matriz de transición de coberturas específicas (1985-2006)	72
Tabla 10. Matriz general de cambio de las coberturas general (1955-2006).....	74
Tabla 11. Tasa media de crecimiento/decrecimiento de coberturas generales (1955-2006)	75
Tabla 12. Matriz de transición coberturas generales (1955-1972).....	76
Tabla 13. Matriz de transición de coberturas generales (1972-1985).....	76
Tabla 14. Matriz de transición de coberturas generales (1985-2006).....	77
Tabla 15. Matriz general de cambio de las coberturas general (1955-2006).....	79
Tabla 16. Tasa media de crecimiento/decrecimiento de coberturas generales (1955-2006)	79
Tabla 17. Matriz de transición cobertura urbana, no urbana (1955-1972).....	79
Tabla 18. Matriz de transición cobertura urbana, no urbana (1972-1985).....	79
Tabla 19. Matriz de transición cobertura urbana, no urbana (1985-2006).....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.	33
Figura 2. Usos del suelo dentro del área de estudio. Fuente: Alcaldía de Bogotá (2004)	36
Figura 3. Diagrama del procedimiento metodológico.....	57
Figura 4. Mapas multitemporales de las coberturas específicas dentro del área de estudio. a) 1955, b) 1972, c) 1985 y d) 2006.	67
Figura 5. Mapas multitemporales de las coberturas generales dentro del área de estudio. a) 1955, b) 1972, c) 1985 y d) 2006.	73
Figura 6. Mapas multitemporales de las coberturas Urbana – No urbana dentro del área de estudio. a) 1955, b) 1972, c) 1985 y d) 2006.....	78
Figura 7. Mapa de probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana y no urbana.	81
Figura 8. Mapa que muestra la localización de las predicciones correctas e incorrectas de la cobertura para el año 2006.	82
Figura 9. Áreas por encima de los 2650 msnm y áreas actuales de protección por encima de los 2650 msnm.....	95

1. INTRODUCCIÓN

Una de las manifestaciones más importantes del acelerado crecimiento poblacional actual y de la transformación de ecosistemas a nivel mundial, es el crecimiento urbano (Zebisch *et al*, 2004), entendido como la extensión de las áreas metropolitanas en paisajes rurales adyacentes o al interior de las estructuras urbanas.

El crecimiento urbano es un fenómeno global que se ha ido acentuando en los últimos años, actualmente cerca de la mitad de la población humana, 3.300 millones de personas vive en zonas urbanas; y se espera que casi la totalidad del crecimiento poblacional esperado en el mundo para los próximos 30 años, esté concentrado en las áreas urbanas UNFPA (2007).

La expansión de las cobertura urbanas, tiene serias consecuencias para las áreas aledañas a las ciudades, debido principalmente al cambio en el uso de la tierra. Las zonas límites a la ciudad que solían tener una vocación rural, se convierten en urbanas mediante el establecimiento de la infraestructura correspondiente (Alig *et al*, 2004).

Bogotá una de las ciudades con mayor crecimiento urbano en Colombia, alberga actualmente alrededor del 20% de la población del país. Y de acuerdo con la Alcaldía de Bogotá (2004), el crecimiento urbano es un fenómeno aumento. Hacia las décadas de los setentas y los ochentas se dio un proceso fuerte de migración de familias enteras procedentes de otros municipios de Cundinamarca y de los departamentos de Boyacá, Santander y Tolima; haciendo que la ciudad creciera hacia sus áreas límites al Sur y al Occidente.

Por esta razón una de las localidades con una alta tasa de expansión urbana dentro de la ciudad es Suba. Aunque la localidad fue incluida dentro del área urbana de la ciudad el año de 1954, fue hasta el año de 1972 se da un crecimiento urbano exagerado, cuando la localidad fue incluida al Distrito Capital como

Alcaldía Menor; y se le otorga autonomía sobre las decisiones en el territorio. Dicho crecimiento ha hecho que la localidad se convierta en polo de desarrollo en el marco del Distrito Capital.

Este fenómeno ha traído serias consecuencias en la alteración de los patrones y procesos en los ecosistemas, por la conversión y fragmentación de paisajes naturales (Jacquin *et al*, 2008); así como en los paisajes rurales, donde grandes extensiones de terreno dedicadas a la agricultura y la ganadería, fueron cediendo ante la expansión urbana y la demanda de tierras, para dedicarlas a las construcción de vivienda y el uso agroindustrial principalmente con el cultivo de flores (Alcaldía de Bogotá, 2004).

El propósito de este trabajo es realizar un análisis de la transformación del paisaje por crecimiento urbano en una zona de la localidad de Suba, que incluye la totalidad del Cerro de Suba y zonas aledañas a este; durante el periodo comprendido entre los años 1955 y 2006.

2. OBJETIVO GENERAL

Analizar la dinámica de transformación espacial de la cobertura por crecimiento urbano, en una zona de la localidad de Suba, Bogotá –Colombia, en el periodo comprendido entre los años 1955 y 2006.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar y describir la dinámica del proceso de crecimiento urbano en la localidad de Suba, a partir del año 1954 hasta el año 2006.

- Analizar la dinámica de transformación de los diferentes tipos de coberturas en el periodo de tiempo estudiado.

- Desarrollar un modelo estadístico predictivo de la probabilidad de presencia de cobertura urbana y no urbana en el año 2006.

- Determinar la contribución de los factores tanto biofísicos como antrópicos en la explicación del crecimiento urbano en la localidad de Suba en el periodo de tiempo estudiado.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE POR CRECIMIENTO URBANO

La influencia humana sobre los ecosistemas comienza hace aproximadamente 10.000 años, cuando éste adopta un nivel de vida sedentario a partir de la aparición de la agricultura y la ganadería (Primack et al. 2001). Sin embargo, a partir de la revolución industrial, el hombre ha incrementado su poder modificador de los ecosistemas a nivel global (Sanderson et al. 2002). La explosión demográfica convierte al hombre en un factor determinante de la estructura y función de los paisajes, donde según Etter (1991), pueden identificarse toda una serie de cambios graduales desde los paisajes naturales menos alterados por la actividad humana, hasta los paisajes más artificializados como las ciudades y los enclaves industriales.

El poder transformador del hombre sobre el paisaje se da en escalas temporales de décadas (Etter y Mendoza, 2002), y dicho poder está representado por prácticas específicas de manejo o por factores sociales, políticos y económicos que controlan dichas prácticas de uso de la tierra; y están usualmente mediados por políticas gubernamentales de desarrollo (Pan *et al*, 1999; Abdullah y Nakagoshi, 2006). Cuando hay un crecimiento económico, el uso de la tierra cambia por intereses económicos; y se produce entonces una modificación del paisaje que altera la dinámica y la estructura del paisaje (Abdullah y Nakagoshi, 2006).

En conclusión, los cambios temporales inducidos por el hombre en el paisaje, mediante las formas en que el hombre usa la tierra determinan el patrón y los procesos del paisaje, de tal manera que el cambio regional del mismo está relacionado con las decisiones de los seres humanos en el territorio (Medley *et al*,

1995), y tienen una gran variedad de efectos tanto en los procesos bióticos como abióticos dentro del paisaje (Forman, 1995; Farina, 1998).

4.2 PAISAJE

El paisaje es definido por Etter (1991), como un espacio geográfico concreto, producto de la evolución de todos los aspectos físicos y bióticos, naturales y antrópicos, que le dan una expresión (estructura) y un funcionamiento característicos y que le permiten ser una entidad distinguible y diferente de sus alrededores; al ser una entidad espaciotemporal integrada, su morfología y funcionalidad son producto de las relaciones que se dan entre sus componentes, y no a una suma de las cualidades de estos. El paisaje es producto de la interacción de los factores formadores (clima, litología, relieve, suelos, organismos, actividades humanas) sobre un espacio y durante un tiempo determinado.

Dentro de los elementos del paisaje se encuentran:

1. Estructura: determina los patrones de configuración, composición y distribución de los elementos del paisaje. Se mide mediante la geoforma y cobertura.
2. Funcionamiento: describe las relaciones entre las estructuras
3. Temporalidad y cambio: detecta y caracteriza los patrones en la dinámica de los procesos.

El paisaje es dinámico en el tiempo y en el espacio con relación a los patrones estructurales y funcionales, la configuración espacial de los elementos del paisaje está condicionada por la combinación de fuerzas tanto biofísicas como antrópicas (Zonneveld, 1995).

El hombre ha tenido un efecto significativo en la dinámica del paisaje, debido a que la mayoría de paisajes han sido influenciados por el cambio en el uso de la tierra por parte del hombre (Turner, 1989). Esto hasta el punto que la mayoría de los paisajes actuales de la tierra son el producto, o están de alguna forma influenciados por las actividades humanas (Etter 1991).

De acuerdo con Baptiste (1996), en las regiones donde las actividades humanas han persistido durante cierto tiempo en condiciones relativamente estables, se presenta la formación de paisajes fácilmente identificables y reconocibles como paisajes culturales. Entonces se puede definir al hombre como uno de los factores formadores, especialmente del paisaje cultural.

4.3 ECOLOGÍA DEL PAISAJE

La aproximación al paisaje y a su evolución en el tiempo fue abordada desde la ecología del paisaje, una escuela reciente del pensamiento ecológico que ha venido consolidándose a partir de los años cuarenta. Básicamente ésta disciplina estudia la composición, estructura y funcionamiento de los paisajes, teniendo en cuenta su carácter dinámico a través del tiempo (Etter, 1991; Farina, 2000; Forman, 1995; Naveh, 1984).

Así mismo, realiza una aproximación holística al paisaje mediante el estudio de las relaciones espaciales y estructural-funcionales de los elementos del paisaje. El estudio de dichas relaciones, de los cambios temporales y de los patrones espaciales en el contexto de los paisajes culturales es de gran importancia para entender e identificar los factores y los efectos funcionales de la transformación antrópica del paisaje (Etter y Mendoza, 2002).

Dicha transformación puede ser estudiada mediante los atributos visibles del paisaje que tienen dos características indicadoras. Estas son la *geoforma* o

expresión visible del modelo de la superficie terrestre, y la *cobertura* que puede ser definida como el resultado de la asociación espaciotemporal de los elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales (Etter 1991).

Dentro del marco de la ecología del paisaje, cuando hay un cambio en el uso de la tierra que resulta en un cambio en los patrones de uso y de cobertura de la tierra; la composición, la configuración y la conectividad dentro del paisaje son los indicadores primarios del cambio de uso de la tierra (Turner *et al*, 2001).

Entonces, la ecología del paisaje provee un acercamiento integrado y una oportunidad de entender la relación entre el patrón del paisaje y los cambios en las condiciones ambientales por usos de tierra antrópicos (Urban *et al*, 1987; Gustafson, 1998). Y dicha herramienta sirve de soporte para la evaluación de alternativas de manejo de la tierra y estrategias de conservación ambiental (Abdullah y Nakagoshi, 2006).

4.4 SENSORES REMOTOS

Los sensores remotos han sido ampliamente usados para la creación de bases de datos espaciales que describen el uso y la cobertura de la tierra, pero se está haciendo cada vez más evidente que estos sensores representan una herramienta esencial en aspectos ambientales y socioeconómicos de las áreas urbanas. Proveen la posibilidad de determinar el cambio en el uso y la cobertura de la tierra a través de los años, para cuantificar cuáles de estos cambios han sido relevantes (Jacquin *et al*, 2008).

Las fotografías aéreas y las imágenes satelitales son ampliamente usadas para evaluar el proceso de crecimiento urbano mediante la medición del cambio en la cobertura y el uso de la tierra a diferentes escalas tanto a ciudades enteras como a regiones dentro de las ciudades (Alberti *et al*, 2002).

4.5 CIUDAD Y PAISAJE URBANO

En este estudio se entenderá la ciudad como sistema. Es decir como un conjunto de elementos dinámicamente interrelacionados entre sí (Glick, 1992), que tiene mayor o menor integración en la medida en que aumenten o disminuyan las relaciones entre los elementos.

Ferrer (1997) y Ordoñez (2001) describen los elementos que hacen parte y a su vez explican la complejidad del fenómeno urbano a partir de las múltiples relaciones interdependientes se agrupan en cuatro conjuntos de elementos:

1. LOS ATRIBUTOS: el suelo, los servicios públicos, la vivienda, el equipamiento, el transporte y el espacio público.
2. LAS DIMENSIONES: Política, económica, social, cultural y medio ambiental.
3. LAS INSTANCIAS DE ARTICULACIÓN Y REGULACIÓN: entre el Estado nacional, las entidades territoriales y la sociedad civil y,
4. EL ESPACIO URBANO, el cual en su manifestación histórico social, se puede expresar en términos físicos y colectivos.

Para Cheng y Masser (2003) las ciudades constituyen una de las estructuras más complejas creadas por el hombre. El dinamismo y el crecimiento son dos características intrínsecas de la gran mayoría de aéreas urbanas, la mezcla de

unidades relacionadas es de gran complejidad, cuyo nivel y naturaleza de relaciones es en algunos casos difícil de establecer.

En conclusión, la ciudad es la materialización de las relaciones sociales, económicas, culturales, ambientales y administrativas que establecen los seres humanos simultáneamente en el tiempo; y que están ligadas a un territorio concreto.

4.5.1 Crecimiento poblacional en las ciudades

Según los cálculos realizados por las Naciones Unidas - UN (2008), en el 2008 por primera vez en la historia, la población urbana fue igual a la población rural en el mundo. Dicho fenómeno es consecuencia del rápido crecimiento urbano en las décadas pasadas, especialmente en las regiones menos desarrolladas.

Dentro de las estimaciones realizadas por UN (2008), se cree que entre los años de 2007 a 2050, la población mundial tendrá un aumento de 2.5 billones de personas, pasando de 6.7 billones en 2007 a 9.2 billones en 2050. Así mismo, se cree que la población que vive en las áreas urbanas gane 3.2 billones, pasando de 3.3 billones en 2007 a 6.4 billones en 2050. De este modo, las áreas urbanas del mundo absorberían todo el crecimiento poblacional esperado en las próximas cuatro décadas.

De la misma forma se espera que la mayoría de la población que aumente en las áreas urbanas, esté concentrada en las ciudades y pueblos de las regiones menos desarrolladas; lo anterior convierte el crecimiento poblacional en un fenómeno urbano concentrado en los países en desarrollo (United Nations Population Division, 1997). En el contexto colombiano, cerca del 75% de los habitantes viven en áreas urbanas en la actualidad; y Bogotá alberga al 16.4% de la población del

país (DANE, 2005). En la tabla 1 se observan los estimados y las proyecciones de la población residente en Bogotá entre los años 1950 a 2025.

Tabla 1. Población y porcentaje de la población total del país residente en Bogotá. Estimados y proyecciones: 1950-2025. (UN, 2008)

Bogotá	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985
Población Colombia (miles)	679	939	1 303	1 794	2 391	3 070	3 664	4 373
Porcentaje de población total residente en Bogotá	5.4	6.5	7.7	9.2	10.6	12.1	12.9	13.8

Bogotá	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Población (miles)	4 970	5 716	6 771	7 594	8 301	8 900	9 299	9 600
Porcentaje de la población total residente en Bogotá	14.2	14.8	16.1	16.7	17.0	17.1	17.7	18.2

4.5.2 Proceso de expansión urbana

Una de las expresiones del crecimiento poblacional en las ciudades, es el aumento del área con infraestructura urbana hacia los bordes de las ciudades y la densificación (aumento viviendas por área) de las áreas urbanas (Jiménez, 2002).

El crecimiento urbano, es una forma de crecimiento del área de las ciudades y se define como la extensión de áreas metropolitanas dentro de los paisajes rurales adyacentes (Zebisch *et al* 2004; Henderson, 2003; Ordoñez, 2001), siendo el rápido crecimiento poblacional la condición más determinante en el actual crecimiento urbano acelerado (Zhu 2002). Mac Donald (2008) sostiene que a medida que un país se desarrolla, un número cada vez mayor de población vive en las áreas urbanas. Este cambio demográfico tiene dos causas principales:

crecimiento natural – mayor número de nacimientos que de muertes en las ciudades – y migración de las áreas rurales a urbanas.

El crecimiento urbano es un fenómeno global que se ha ido acentuando en los últimos años, según la UNFPD – United Nations Population Fund - (2007) en la actualidad cerca de la mitad de la población humana que es 3.300 millones de personas, vive en zonas urbanas. Se espera que en los próximos 25 años el área urbana aumente cerca de un millón de kilómetros cuadrados en decenas de miles de ciudades (Mac Donald, 2008), y que la gran mayoría del crecimiento poblacional esperado en el mundo en los próximos 30 años se concentre en dichas áreas urbanas.

El proceso de crecimiento urbano inicia cuando se da un cambio de uso del suelo de rural a urbano, donde lo primero que cambia es el valor del suelo; a medida que la ciudad se expande e incorpora suelo rural al perímetro urbano para futuros desarrollos. En este proceso se crean las áreas suburbanas, que se definen como las zonas de transición entre el suelo urbano y el rural, y por lo tanto como zonas susceptibles de incorporar al suelo urbano; son también llamadas “áreas de expansión o de desarrollo”. Dichas áreas están influenciadas por dos factores principales: las expectativas de desarrollo por parte de los propietarios; y la presión para su urbanización por parte del sector formal e informal (Ordoñez, 2001). A medida que el crecimiento urbano continúa es necesario extender la infraestructura de la ciudad: vías de transporte, equipamiento, servicios públicos, entre otros; para satisfacer las necesidades de la población que llega a ocupar estas nuevas áreas (Giraldo, 1999).

El crecimiento urbano puede darse de dos formas, dependiendo de la naturaleza de los procesos de urbanización que se den; dichos procesos son: urbanización planeada y urbanización no controlada (Molina, 1982).

Dentro de los procesos planeados se encuentran: la expansión contigua al tejido existente dado por ensanche, y la planeación de crecimiento por conjuntos residenciales dado por polígono. Dentro del proceso de urbanización no controlada se encuentran: la proliferación tugarial y el desarrollo progresivo por invasión.

Finalmente se puede decir que los patrones de desarrollo de las ciudades, son producto de las decisiones humanas en el territorio (Mc Donald, 2008), (articulación de la topografía, planes de ordenamiento, la geografía de carreteras y líneas de transporte, entre otros); así como de variables propias del territorio (Ordoñez, 2001) tales como la hidrografía (ríos, humedales, zonas inundables) o las características geofísicas, que permiten que las zonas planas inmediatas al perímetro urbano, sean las primeras en desarrollarse debido a que cuentan con la infraestructura necesaria y son de fácil acceso.

La expansión del área urbana proyectada, traerá serias consecuencias alterando significativamente el paisaje natural, creando una gran cantidad de impactos en el ambiente y los ecosistemas a todas las escalas geográficas (Lambin y Geist, 2001). Entre estos impactos se encuentra el cambio en el uso de la tierra, las zonas aledañas a la ciudad que antes eran rurales pasan a convertirse en urbanas al ser transformadas con el establecimiento de la infraestructura correspondiente (He *et al*, 2008); lo cual según Jacquin *et al* (2008), McDonnell *et al*. (1997) y McKinney (2002) tiene serias consecuencias en la transformación y desaparición de coberturas agrícolas y naturales; afectando el suministro de agua, la fauna y flora y la calidad y disponibilidad de hábitat alterando los patrones y procesos en los ecosistemas (Alig *et al* 2004). Además fragmenta, degrada y aísla las áreas naturales remanentes (Marzluff, 2001); dichas áreas tienen la misma composición de las áreas originales, y están dominadas por plantas no nativas. Como resultado de lo anterior, la vegetación natural o las áreas protegidas adyacentes y dentro de los asentamientos urbanos por extensión son más susceptibles a la invasión por

especies no nativas y muchos se vuelven dominados por dichas especies (Robinson *et al*, 2005).

Otras consecuencias son, el incremento de la superficie de escorrentía y de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, el agua y el suelo; que puede tener gran incidencia en el cambio climático (Tang, 2007). También se ha investigado que variables ambientales de gran importancia como temperatura de la superficie, escorrentía de aguas lluvias y captura de carbono; varían entre los diferentes usos urbanos de tierra y son afectados directamente por las características de la cobertura urbana, como la densidad de las construcciones y la provisión de zonas verdes (Pauleit y Duhme, 2000; Whitford *et al.*, 2001).

El estudio y entendimiento de dichos efectos es esencial para la promoción de procesos de desarrollo urbano sostenibles, tanto planeados como no planeados (Pauleit *et al*, 2005, Bruegmann, 2004)

4.5.3 Factores que determinan el crecimiento de las ciudades

Existe una gran variedad de factores sociales, económicos, culturales, ambientales y administrativos que determinan el crecimiento de las ciudades. Ferrer, (1992); Tarchópulos y Ceballos, (2003); Barredo *et al*, (2003); Cheng y Masser, (2003) los describen de la siguiente manera:

- Crecimiento de la población urbana: ocurre de dos formas: en primer lugar, cuando las tasas de natalidad superan las de mortalidad, lo que es llamado el crecimiento natural; y en segundo lugar por el efecto que tiene la inmigración de personas al interior de las ciudades, provenientes tanto del campo como de otros sistemas urbanos.
- Características ambientales: dichas características, constituyen las barreras para el crecimiento urbano (por ejemplo, pendientes, cuerpos de agua, áreas protegidas, áreas de riesgo a desastres naturales y barreras naturales, ente otras).

- Proximidad a escala local: en el contexto urbano, la influencia de un espacio en un área vecina está en función de la distancia. En el paisaje, la proximidad se observa en los patrones de uso presentes y pasados y sus dinámicas de cambio en el tiempo (cobertura y cambios en el tiempo), dichos patrones constituyen la influencia más fuerte en las dinámicas de uso de la tierra.

En este contexto, existe una característica de especial cuidado, y es la proximidad a áreas disponibles para uso urbano. La posibilidad de desarrollo de un lugar específico varía de acuerdo con su propia disponibilidad para el desarrollo, pero también de acuerdo con la disponibilidad de otros lugares localizados a diferentes distancias de centros de actividad o generadores de demanda de desarrollo.
- Características espaciales de las ciudades: dentro de esta categoría se encuentra la red vial, los sistemas masivos de transporte, la accesibilidad, la localización de los centros, subcentros y centros industriales, entre otros. De acuerdo con Kivell (1993), los cambios en dichas características constituyen variables de gran importancia que ayudan a explicar la continua demanda de tierras para uso urbano. Por ejemplo, cuando hay un desarrollo de la infraestructura vial y de transporte, se favorece la dispersión de las actividades económicas (industria y servicios) y una posterior dispersión de los centros urbanos con la respectiva acumulación de población en zonas antes rurales.
- Políticas de planeamiento regionales y urbanas: el proceso de crecimiento urbano está bajo el control de la administración local, mediante los planes de ordenamiento y zonificación de usos de tierra, entre otros. Dichas políticas de administración local definen el uso de la tierra dentro de las ciudades; y dicha definición establece la posibilidad de cambio que cierta área tiene. Por ejemplo, la definición de un lugar como destinado para la construcción o como área no desarrollable, definirá su uso futuro y el grado y velocidad de desarrollo en un periodo específico.

- Factores relacionados con preferencias individuales, nivel de desarrollo económico, sistemas políticos y socioeconómicos: aunque estos son las principales variables determinantes del desarrollo urbano, por estar mediados por las decisiones humanas que evolucionan en el tiempo, son los de mayor complejidad de modelar o predecir.

Dentro de ésta categoría se puede encontrar: el desarrollo económico ocasionado por la industria y las economías de escala (bienes y servicios), que aumentan el grado de acumulación de la población en los grandes centros y periferias urbanas. El atractivo de las áreas periféricas por: bajo costo de arriendo o impuestos, ambiente físico de alta calidad, alto nivel de servicios y de comercio. La capacidad económica de la población, que en la de bajos recursos imposibilita la capacidad de acceder a viviendas legales, lo que lleva a procesos de autoconstrucción en zonas deshabitadas principalmente en la periferia. Mientras que la población que posee un alto poder adquisitivo, buscan lugares de la periferia que ofrecen beneficios estéticos entre otros.

4.6 MODELAMIENTO DEL CRECIMIENTO URBANO

Barredo *et al* (2003) define las ciudades como sistemas complejos, teniendo en cuenta sus características intrínsecas de aparición, auto-organización, auto-similaridad y comportamiento complejo de las dinámicas de uso de la tierra que en ella se dan. En este contexto, el entendimiento de las dinámicas de uso de la tierra es de gran importancia para reconstruir cambios pasados en la cobertura y en los usos de la tierra (Hietel *et al*, 2004); así como para definir y entender los factores tanto biofísicos como antrópicos que determinan el crecimiento de las ciudades (Barredo *et al*, 2003; Lin *et al*, 2008); entender los procesos de crecimiento urbano y proveen información importante para la evaluación de los impactos del crecimiento en el ambiente y en los ecosistemas (Verburg *et al*, 1999; Li y Yeh,

2000). Además esta herramienta permite el desarrollo de modelos de uso de la tierra en escenarios futuros (Barredo *et al*, 2003; Hietel *et al*, 2004) y su variaciones en el tiempo y en el espacio (Lin *et al*, 2008).

Una vez alcanzado todo lo anterior, los resultados obtenidos con el modelamiento sirven de soporte en la creación de prácticas de manejo sostenible dentro de la planeación urbana, que apunten a la conservación de funciones esenciales del paisaje y procesos naturales (Hietel *et al*, 2004; Verburg *et al.*, 1999; Li y Yeh, 2000)

Tang, (2007) sostiene que un modelo de crecimiento urbano fiable debe tener las siguientes habilidades:

- 1- Debe proveer un marco teórico y técnico del crecimiento urbano
- 2- Debe entender y describir la dinámica histórica de las estructuras urbanas
- 3- Anticipar y predecir cambios futuros o tendencias en el desarrollo urbano
- 4- Explorar e incorporar los diferentes parámetros económicos, sociales y políticos para monitorear el crecimiento urbano

4.6.1 Modelos estadísticos

Para Lozano (2007) los modelos estadísticos permiten tomar decisiones con base en la probabilidad de ocurrencia de determinados hechos desconocidos en función de la ocurrencia de otros que son conocidos, sin importar los hechos que se estén tratando, pues lo significativo son los valores numéricos de todos ellos. Dentro de estos modelos estadísticos se recurre a los análisis de regresión como una herramienta que permite analizar información con múltiples datos e investigar relaciones funcionales entre variables.

4.6.2 La regresión logística como herramienta de modelación

Dentro de los análisis de regresión, las relaciones entre las variables son expresadas en forma de una ecuación o un modelo que conectan la variable respuesta o independiente y una o más de una variables de predicción o variables explicativas (Chatterjee *et al*, 2000).

En los análisis de regresión, la variable Y, por lo general, es una variable continua cuantitativa. Las variables explicativas, por su parte, pueden ser tanto cuantitativas como cualitativas. Hay situaciones, sin embargo, donde la variable respuesta es cualitativa, y se denota por lo general como 1 y 0 (en este caso, uso de suelo urbano o no urbano). Para resolver este tipo de situaciones, muy frecuentes en aplicaciones estadísticas, la técnica de regresión más utilizada es la regresión logística (Lozano, 2007).

Fundamentalmente, la regresión logística resuelve el objetivo de modelar como influye en la probabilidad de aparición de un suceso, la presencia o no de diversos factores y el valor de los mismos (Hosmer y Lemeshow 2000). Más que predecir los dos valores (0 y 1) que puede tomar la variable respuesta, la regresión logística busca modelar la probabilidad de que la variable respuesta tome el valor de alguno de ellos.

4.6.3 Validación del modelo

Según Lozano (2007) la etapa de validación en el proceso de modelación es de gran importancia para generar confianza del ajuste del modelo a la realidad, especialmente si el modelo es usado para tomar decisiones. La base para probar la bondad de ajuste en la regresión logística en IDRISI 15.0 The Andes Edition, es

el principio de probabilidad de radio, que, basado en un determinado número de estadísticas obtiene el valor de Pseudo R^2 . Cuando Pseudo R^2 es igual a 1, indica un ajuste perfecto, cuando Pseudo R^2 es igual a 0, indica que no existe ninguna relación entre el modelo y la realidad. Si Pseudo R^2 es mayor a 0.2, se considera que la bondad de ajuste es relativamente buena (Clark y Hosking, 1986).

Otra estadística que ofrece el programa para la validación del modelo es la ROC (Relative Operating Characteristic). Es un método excelente para calcular la validez de un modelo que predice la localización de la ocurrencia de una clase, mediante la comparación de la idoneidad de la imagen que representa la probabilidad de ocurrencia de dicha clase (por ejemplo, la imagen de salida), y la imagen "Boolean" que muestra donde dicha clase actualmente existe (por ejemplo, la imagen de referencia). Para este caso, el ROC comparará la imagen de la probabilidad modelada de ocurrencia de urbanización contra la imagen actual de ocurrencia urbanización.

Al ser una excelente herramienta para la medición de la bondad de ajuste de la regresión logística y que a partir de éste, es posible evaluar la validez global del modelo

Los valores de ROC, toman valores entre el rango del 0 al 1, donde uno indica un ajuste perfecto y 0.5 un ajuste al azar. Un valor de ROC entre 0,5 y 1 indica que existe algún tipo de asociación entre las variables X y Y. Cuando un ROC es igual a 0.75 el ajuste es aceptable y cuando el ROC es igual a 0.85 el ajuste es muy bueno (Lozano, 2007).

4.6.4 Antecedentes

El estudio de los cambios en la cobertura y el uso del paisaje, y sus efectos sobre el ecosistema, es un campo ampliamente estudiado a nivel mundial. López *et al*, (2001) realizaron un estudio en la ciudad y alrededores de la ciudad de Morelia,

México, donde se cuantificó el cambio en la cobertura y en el uso de paisaje por 30 años (1960-1990); usando fotografías aéreas y sistemas de información geográfica. El estudio exploró las relaciones entre el crecimiento urbano y el cambio en el paisaje con matrices de Markov, así como la relación entre el crecimiento urbano y el aumento de la población mediante una regresión lineal.

Jieying *et al*, (2006), realizaron un estudio integrado de las tendencias de la urbanización en la ciudad de Shijiazhuang, ubicada en la provincia de Hebei en China, usando sistemas de información geográfica (SIG) y sensores remotos. El estudio explora las características temporales y espaciales de la expansión urbana desde el año 1934 al 2001; y el cambio en la cobertura y el uso de la tierra desde 1987 al 2001.

Robinson *et al* (2005), documentaron y cuantificaron las transformaciones en la cobertura y el uso de la tierra desde el año 1974 hasta 1998 en un área al este de Seattle; mediante SIG se clasificaron y compararon coberturas y tipos de desarrollo, así como cambios al interior del hábitat de los bosques. El estudio mostró que las áreas suburbanas y exurbanas incrementaron drásticamente entre los años estudiados reemplazando y fragmentando las áreas rurales y silvestres. Los bosques se redujeron un 41%, debido principalmente a la construcción de viviendas para familias de baja densidad (proceso llamado “urban sprawl”).

A nivel nacional Gómez (2003), realiza un estudio donde se determina la factibilidad técnica y económica de utilizar imágenes de satélite, para analizar la dinámica de crecimiento urbano en Bogotá. Se calculó el crecimiento de la ciudad en los últimos diez años y se identificó un área aproximada de vivienda informal. Los resultados demostraron una alta densidad poblacional en la ciudad, comparativamente con otras grandes ciudades del mundo y se evidenciaron las localidades que más se han expandido durante el periodo de análisis. Finalmente, se concluye que las imágenes de satélite y el software para procesarlas, son

herramientas muy completas y muy prácticas con las cuales se puede ejercer un control y vigilancia adecuados en los límites de la ciudad de Bogotá.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en un área de 4806 ha dentro de la localidad de Suba, que contiene una muestra de los diferentes tipos de uso de suelo que se encuentran en la localidad. Se describirá la localidad en general y los aspectos que estén incluidos dentro del área de estudio.

La localidad de Suba se ubica en el extremo noroccidente de la capital de Colombia, Bogotá. Limita por el norte con el municipio de Chía y su prolongación con el río Bogotá; por el sur, con la calle 100 (Localidad de Barrios Unidos) y el río Juan Amarillo (Localidad de Engativá); por el occidente con el río Bogotá (municipios de Cota y Chía); y por el oriente con la Autopista Norte (Localidad de Usaquén) (Alcaldía Local de Suba, 2006).

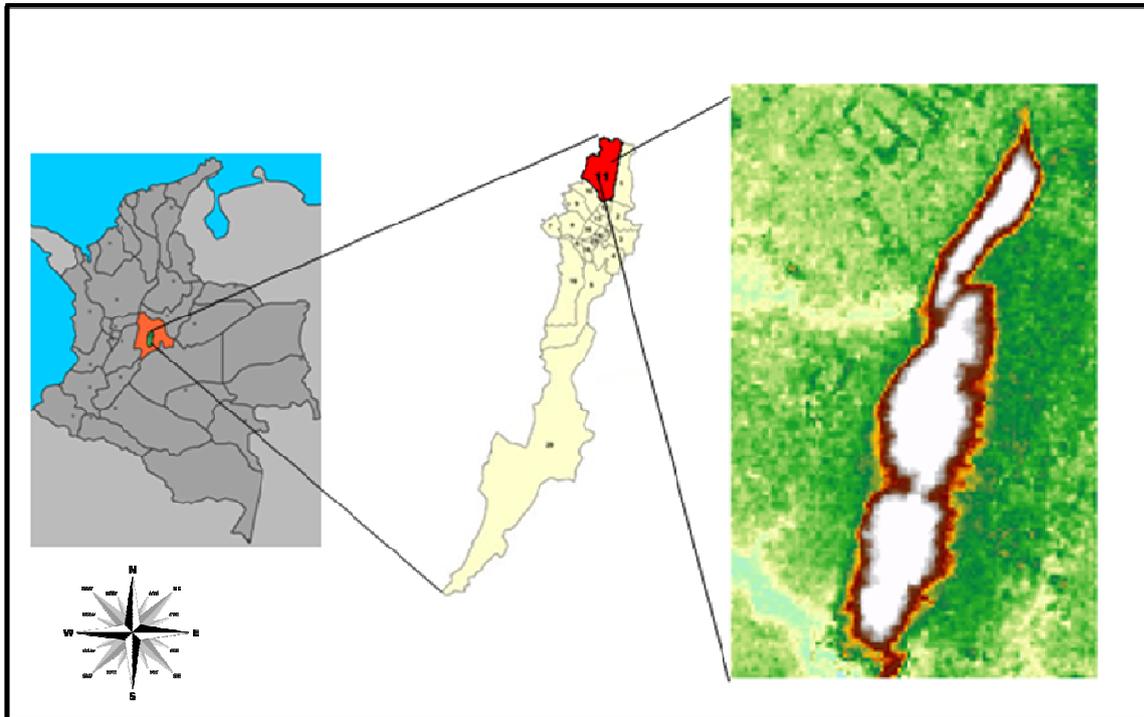


Figura 1. Localización del área de estudio.

5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Su clima es frío subhúmedo, con una temperatura promedio de 12.6 °C, presenta una precipitación media anual de 900 a 1.000 mm y una humedad relativa máxima de 77.6% (Alcaldía de Bogotá, 2004). Se encuentra una altura mínima de 2560 msnm, a orillas del río Bogotá, y una altura máxima de 2700 msnm en la cumbre la parte sur del Cerro de Suba (Alcaldía Local de Suba, 2006). Cuenta con 805 mil habitantes en la actualidad y 1756 barrios, con una densidad poblacional de 80 personas por ha, cifra que está por encima del de Bogotá que es 42 personas por ha (Cámara de Comercio de Bogotá, 2007).

5.3 USOS DEL SUELO

Suba tiene una extensión total de 10055.98 ha; de las cuales 6033.67 ha (60%) corresponden a suelo urbano, 880 ha (8.7%) corresponden a suelo de expansión y 3141.31 (31.2%) ha corresponden a suelo rural. Dentro de estos tres usos se encuentran 1754.66 (17.4%) reconocidas como suelo protegido (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007).

Según la Alcaldía de Bogotá (2004), dentro del área cuya cobertura es urbana, el proceso de desarrollo dentro de la localidad, ha estado condicionado por escasos programas de interés social, ha propiciado a gran escala asentamientos subnormales o ilegales con la consecuente degradación del ambiente, la ocupación de zonas de alto riesgo y de reserva que afectan la realización de proyectos y macroproyectos de infraestructura.

La Localidad de Suba está conformada por sectores urbanos muy bien definidos: centro, cerro norte, cerro sur, autopista, El Salitre, Tibabuyes, El Rincón y la ronda del río Bogotá (Alcaldía de Bogotá, 2004).

- Sector Centro: corresponde al casco urbano de Suba; conserva valores arquitectónicos, históricos, urbanísticos y de identidad urbana.

- Sector Cerro Norte: cuenta con usos institucionales y usos mixtos que han incidido en la infraestructura vial. La comunicación con el resto de la ciudad es directa a través de la calle 170 y la carrera 93. Las vías presentan pendiente debido a las condiciones topográficas.

- Sector Cerro Sur: las características de desarrollo, sumadas a las condiciones topográficas, conllevan dificultades de acceso y comunicación. La transversal 91

es el único eje que comunica el sector con la ciudad, generalmente en estado de congestión por ser una vía angosta habilitada para doble carril y alto tráfico.

De acuerdo con la Alcaldía Local de Suba *et al*, (2007), el Cerro de Suba en general, presenta características particulares que permiten una gran variedad de coberturas, entre ellas urbanización planificada, no planificada, diferencia de estratos, arquitectura histórica, antenas de radio o televisión y parques.

- Sector de la Autopista Norte: la mayoría de sus proyectos se desarrollan cumpliendo las normas legales y se concentran en urbanizaciones, conjuntos cerrados y multifamiliares de estratos 4, 5 y 6, que van desde el margen oriental de los cerros de Suba hasta la autopista.

- Sector Salitre: existen problemas de contaminación de la quebrada La Salitrosa por falta de infraestructura de alcantarillado y de aguas residuales. Su comunicación se hace a través de la calle 153 y la carrera 93. Existen áreas libres que potencialmente podrían utilizarse para estructurar el espacio público. En los últimos años, la dinámica urbana se ha incrementado con proyectos que contemplan la norma legal con la construcción de conjuntos multifamiliares.

- Sector El Rincón: presenta alto grado de consolidación. Su actividad económica se desarrolla sobre la transversal 91, como eje vial angosto. La mayoría de sus barrios están legalizados. Presenta problemas ambientales originados por la disposición inadecuada de aguas lluvias y residuales y por la contaminación del río Juan Amarillo. Existe ocupación de áreas afectadas por el plan vial y obras de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB); presenta déficit elevado de equipamiento social y comunitario con relación a su alta densidad demográfica.

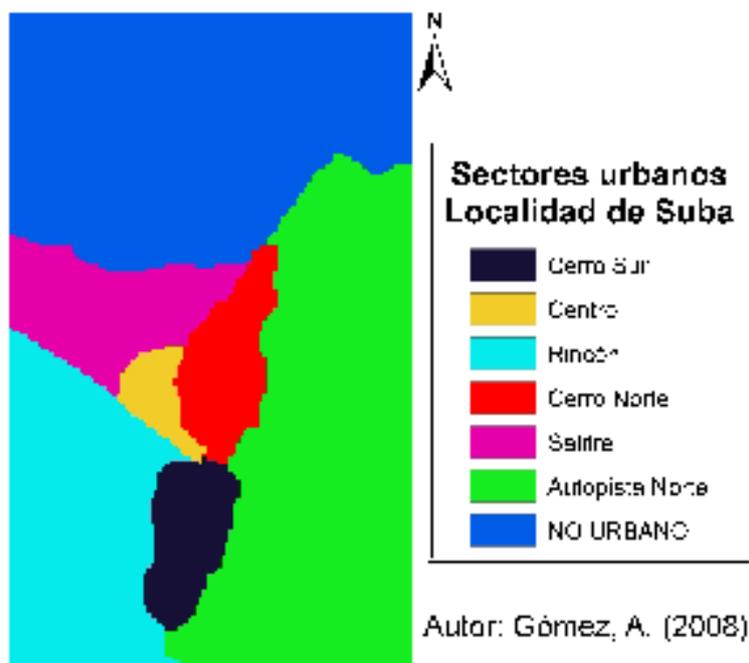


Figura 2. Usos del suelo dentro del área de estudio. Fuente: Alcaldía de Bogotá (2004)

5.4 HIDROLOGÍA

La localidad de Suba se encuentra situada entre las cuencas de Torca que alimenta a la Chucua Guaymaral, el río Bogotá, el río Salitre, la Chucua de la Conejera y el humedal de Tibabuyes.

El río Salitre, a partir de la confluencia con el río Negro a la altura de la calle 80 con avenida 68, toma el nombre de río Juan Amarillo. Desde la transversal 91 bordea la laguna de Tibabuyes hasta desembocar en el río Bogotá. En su recorrido a partir de la calle 80 con avenida 68, recibe la descarga del canal de Córdoba, al cual llegan además el canal de la calle 127 y el canal de los Molinos. El río Juan Amarillo es el depósito final de las aguas lluvias de la mayor parte del

norte de Bogotá, así como de las aguas servidas de los recolectores de aguas servidas de los barrios legales como ilegales (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007).

La laguna de Tibabuyes está localizada en un tramo del río Juan Amarillo, a partir de la transversal 91, tiene un área aproximada de 120 ha y actúa como amortiguador de las crecientes de los ríos Bogotá y Juan Amarillo.

El recurso hídrico de la localidad de Suba se ha visto afectado por vertimientos de aguas residuales o domésticas, residuos industriales arrojados sin ningún tipo de tratamiento a las redes de alcantarillado, la utilización de los cuerpos de agua para la disposición de residuos y escombros y el relleno para su invasión y construcción de nuevas viviendas y asentamientos ilegales (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2004)

5.5 GEOLOGÍA

Suba presenta una zona plana y en algunos sectores suavemente inclinada, constituida por la llanura cuaternaria de origen fluviolacustre, constituida por limos y arcillas orgánicas superficiales, es decir, por suelos blandos en proceso de consolidación, susceptibles a las inundaciones (Alcaldía Local de Suba, 2005). Dichas características del suelo en la parte plana hacen que los desarrollos urbanísticos (viviendas y vías públicas) se vean sometidos a acomodamientos constantes y riesgo de hundimiento (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007).

Así mismo posee una zona montañosa aislada o separada, conformada por sedimentos de rocas arenosas, duras y resistentes a la erosión, y por rocas arcillosas blandas, con edades del cretáceo superior al terciario superior. Presenta riesgo geotécnico medio en general y alto en puntos muy específicos como en cortes de canteras o urbanizaciones situadas en áreas montañosas (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007).

5.6 ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS Y ÁREAS PROTEGIDAS

Según la Alcaldía de Bogotá (2004), la localidad de Suba aún posee una inmensa riqueza ecológica-ambiental tanto en sus Cerros, como en la llanura, donde se encuentran ríos y humedales con gran riqueza biológica. El total de áreas protegidas en suelo rural, urbano y expansión de Suba tiene un área de 17499 ha, responden al 17,5% de la superficie total de esta localidad, estas áreas pertenecen a la Estructura Ecológica Principal, dentro del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y está compuesta por los siguientes elementos(Alcaldía Local de Suba *et al*, 2006):

5.6.1 Humedales

Suba cuenta con cuatro Parques Ecológicos de Humedal: Tibabuyes, La Conejera, Torca – Guaymaral y Córdoba, los cuales incluyen una zona de manejo y preservación ambiental, la ronda hidráulica y el cuerpo de agua, como una unidad ecológica (Alcaldía Local de Suba, *et al*, 2006).

Los humedales son cuerpos de agua de no más de seis metros de profundidad, corresponden a un ecosistema intermedio entre el medio acuático y el terrestre, con porciones húmedas, semihúmedas y secas, caracterizado por la presencia de flora y fauna muy singular (Moreno *et al*, 2002; DAMA, 2000). Sustentan una alta diversidad biológica, como especies de aves migratorias, así como extensas redes alimentarias, regulan los caudales de ríos y quebradas, contribuyen a la purificación del agua gracias a las plantas acuáticas y permiten la recarga de los acuíferos subterráneos (Moreno *et al*, 2002).

Los humedales que se encuentran en Bogotá son el resultado de la desecación paulatina del antiguo lago que cubrió el territorio de la Sabana de Bogotá; aunque

dentro de la dinámica natural de estos ecosistema se encuentra su transformación y desaparición en periodos relativamente cortos, dentro de la escala geológica de tiempo, debido al proceso natural de enriquecimiento con nutrientes que lleva a la acumulación gradual con sedimentos erosionados de las laderas vecinas, hasta convertirse en: pantanos, pastizales mal drenados, bosques y matorrales pantanosos durante algún tiempo (DAMA, 2003).

En Bogotá, el deterioro ambiental de los humedales es consecuencia de la ignorancia colectiva sobre los servicios ambientales que prestan estos ecosistemas, reflejada en su marginamiento de los procesos, muchas veces deficientes, de planificación del uso del territorio en la ciudad. Disposición final de aguas residuales domésticas e industriales sin ningún tratamiento, rellenos con basuras y escombros para crear suelo barato, que alberga gran parte de la población con menores oportunidades de ingreso, depredación de la fauna por las personas o sus animales domésticos, desecación y potrerización para actividades agropecuarias, son sólo algunos ejemplos de los usos equivocados que ha dado la sociedad a los humedales, y que prácticamente los ha desaparecido (Moreno *et al*, 2002; DAMA, 2000).

De acuerdo con la Secretaria de Ambiente (2007), los humedales o Parques Ecológicos Distritales de Humedal que se encuentran en el área de estudio son los siguientes:

- La Conejera: con una extensión 58.9 ha, está ubicado entre los cerros de Suba, la quebrada La Salitrosa (al oriente) y el Río Bogotá al occidente. El sector norte del humedal está rodeado en su mayor parte por predios rurales como la Hacienda Las Mercedes, el seminario Luis Amigo y la clínica Juan N. Corpas, mientras que al sur y oriente el humedal está rodeado principalmente por predios urbanizados con más de 14 barrios, entre ellos Compartir, Londres, Prados Salitre, Las Acacias, Salitre I, II y III. Su microcuenca está en la margen izquierda del río

Bogotá, al que vierte sus aguas, en el área comprendida entre Suba y Cota. El humedal es alimentado por la quebrada La Salitrosa, además de las aguas lluvias acopiadas por su propia microcuenca. Posee flora silvestre y fauna endémica de los humedales de la Sabana de Bogotá. La Fundación Humedal La Conejera se encarga de su manejo y constituye un ejemplo de gestión para su recuperación, defensa y conservación de ecosistemas estratégicos como son el Cerro de La Conejera, la quebrada La Salitrosa y el sector del humedal (Alcaldía de Bogotá, 2004).

- Córdoba: con una extensión de 40.5 ha, el humedal de Córdoba forma parte de la cuenca que alimenta el Humedal Juan Amarillo, al cual llega por un canal que pasa por el costado sur del Lago del Club de Los Lagartos. Se inicia al norte de la calle 127 en el barrio Niza, siguiendo luego hacia el sur enmarcado por la avenida Córdoba y los barrios Niza-Córdoba, Niza VIII y Lagos de Córdoba, hasta la avenida Suba. Está cruzado por las Avenidas Suba y Cll 127, que lo dividen en tres fracciones. Posee especies de flora y fauna silvestre y endémica, en especial una variada población de aves permanentes y migratorias que aprovechan como hábitat este corredor ecológico entre los Cerros Orientales y el sistema de humedales que comunica con Juan Amarillo y vierte sus aguas al río Bogotá (Alcaldía de Bogotá, 2004).

- Tibabuyes o Juan Amarillo: ubicado en las localidades de Suba y Engativá, tiene un área de 222.5 ha. Se localiza dentro del área inundable de los ríos, Bogotá y Juan Amarillo. Limita por el norte con los barrios el Rubí, Joroba, San Cayetano, Villa Rincón, Carolina, Atenas, Cañiza, Nueva Tibabuyes y Miramar entre otros. Por el oriente, con la transversal 91, y los barrios Almirante Colón, Bachue y Ciudad Hunza. Por el occidente con el Río Bogotá y los barrios Lisboa y Santa Cecilia. Por el sur limita con la Ciudadela Colsubsidio y los barrios El Cortijo, Bachué y Luis Carlos Galán. Es el remanente de un lago que se extendía en ese

sector de la sabana. Es hábitat natural de una amplia variedad de plantas adaptadas al medio acuático, además de mamíferos y aves nativas y migratorias. El humedal tiene dos sectores: el del lago artificial, con ciclovía y alameda; y el de la laguna de Tibabuyes,

5.6.2 Cerro de Suba

Fue declarado mediante el Acuerdo 31 de 1997, como reserva forestal Distrital que según la definición del plan de ordenamiento (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2006), según el DAMA (2003), los cerros de la Conejera y de Suba son áreas de propiedad pública o privada, destinadas preservación ecológica de la vegetación nativa que aún persiste en la zona y de plantaciones de especies foráneas, que sirven de protección al suelo y a fauna que allí se encuentra; así como por su gran valor paisajístico. Por su localización y condiciones biofísicas tiene un valor estratégico en la regulación hídrica, la prevención de riesgos naturales, la conectividad de los ecosistemas o la conservación paisajística. El Plan de Ordenamiento considera los siguientes usos para estas zonas: Conservación, Recreación pasiva, Investigación ecológica, entre otros. Y prohíbe recreación activa, agrícola, pecuario (salvo agroforestales y silvopastoriles), agroindustrial, minero, industrial (salvo el forestal asociado a los usos forestales condicionados), comercial de todo tipo, residencial (salvo vivienda campesina de baja densidad) (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2006).

- Parque Ecológico Distrital de Montaña Cerro La Conejera

Establecida mediante el Acuerdo 27 de Diciembre 28 de 1995 de la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, como reserva natural, ambiental y paisajística con unos

límites cartográficos fijos. Que posteriormente, con la expedición de los Decretos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) Distrital Nos. 619/2000, 1110/2000, 469/2003 y 190/2004 fue declarada como Parque Ecológico, integrante de la Estructura Ecológica Principal del Distrito Capital. Y les da a los Cerros de Suba la categoría de Área Forestal Distrital (Secretaría de Ambiente, 2007).

El Parque Ecológico Distrital de Montaña Cerro La Conejera, fue creado para preservar y restaurar muestras representativas y de tamaño biológico y ecológicamente sostenible, de los ecosistemas propios del territorio distrital; rescatar los ecosistemas que brindan servicios ambientales vitales para el desarrollo sostenible; garantizar el disfrute colectivo del patrimonio natural o paisajístico; promover la educación ambiental y la socialización de la conservación y fomentar la investigación científica sobre el funcionamiento y manejo de los ecosistemas.

El Parque está ubicado al norte del área de estudio y limita por el oriente: con el barrio San José de Bavaria y la zona de expansión urbana determinada por el POT (Decreto 619/2000). Por el occidente: con la Vía Suba – Cota y la zona de suelo rural determinada por el POT. Por el norte: con el Colegio Corazonista, Club Los Búhos y la zona de suelo rural determinada por el POT. Y por el sur: con la Diagonal 170 y el Cerro Sur de Suba. El Cerro se encuentra a una altura entre 2565 y 2680 msnm y tiene una extensión de 161,4 ha.

La legislación vigente restringe y en algunos casos prohíbe (altura superior a la cota de 2650 msnm) el uso urbano en el suelo del Cerro de Suba en su totalidad.

Dicha legislación es la siguiente:

- Resolución Ejecutiva 76 de 1977 del Ministerio de Agricultura, en la cual se establecen los límites de unas áreas de reserva forestal. El Artículo 2º, dicta: “Declarar como Área de Reserva Forestal Protectora – Productora la

Cuenca Alta del Río Bogotá, las tierras que estén por encima de la cota de los 2650 msnm.

- Decreto No. 0484 de Mayo 30 de 1988 de la Alcaldía Mayor del Distrito Especial de Bogotá, se reglamentan las áreas de las Veredas Conejera, Casablanca y demás veredas con presencia de desarrollos ilegales, ubicadas en el área de Reserva Forestal Protectora – Productora y en el área de densidad restringida con tratamiento de desarrollo en los cerros de Suba.

El Artículo 1 del anterior Decreto, reglamenta las áreas de reserva Forestal Protectora - Productora de los Cerros Norte y Sur de Suba ubicados por encima de la cota 2650 m.s.n.m. y 2600 m.s.n.m del Cerro La Conejera.

- Finalmente en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) Distrital, el Cerro de Suba es un Área Forestal Distrital cuyo uso urbano está restringido y debe ser de baja densidad.

De las zonas consideradas dentro del Sistemas de Áreas Protegidas del Distrito, el Parque ecológico de Montaña del cerro la Conejera se encuentra en el área rural, todos los demás se encuentran ubicados en la zona urbana de la Localidad y el Humedal la Conejera se encuentra en el límite urbano rural.

5.6.3 Áreas rurales

Dentro del POT, la política de uso y ocupación del suelo urbano y expansión, busca la consolidación urbana y evita el crecimiento de la ciudad hacia los municipios vecinos y las zonas rurales locales, mediante la protección, recuperación y mantenimiento de sus bordes. De esta forma se hace énfasis en la importancia de las áreas rurales de la ciudad, como proveedoras de bienes y servicios ambientales y busca su fortalecimiento y articulación de manera

funcional, económica y social con el área urbana, preservando su riqueza natural y aprovechando sus potencialidades.

5.7 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La problemática central de la zona de estudio de acuerdo con Alcaldía de Bogotá (2004) y la Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007), es la contaminación e intervención de ecosistemas estratégicos como los humedales Juan Amarillo, La Conejera, Córdoba, Guaymaral y los Cerros de la Conejera y Suba.

- Cambio de coberturas

Se observa en el Cerro un proceso de urbanización sin control que va desde proyectos de alta inversión, hasta invasión del territorio por parte de comunidades de escasos recursos, situación que genera una dificultad de planeación sobre el recurso de la cobertura vegetal. En otros casos el cambio de cobertura está mediado por la potrerización, que permite el ingreso de coberturas para ganadería o cultivos transitorios; o que simplemente son abandonados para la valorización del terreno. Finalmente otra problemática de cambio de coberturas vegetales nativas es la plantación de especies foráneas como eucalipto y pinos para reforestación. Lo anterior crea una alta intervención en los remanentes de vegetación de las zonas protegidas y se observa la invasión de especies como el retamo liso (*Cytissus monspesulanus*) y el retamo espinoso (*Ulex europaeus*) que se encuentran en suelos muy degradados y que han colonizado grandes extensiones del cerro en competencia con especies nativas y plantadas, conformándose en algunas zonas en núcleos densos.

- Riesgos por deslizamientos. Presencia de urbanizaciones en zonas de pendientes fuertes con riesgo geotécnico medio en general y alto en puntos muy

específicos como cortes de canteras y urbanizaciones situadas en áreas montañosas, en predios aledaños a los cerros de Suba y la Conejera (sectores de Ciudad Hunza, La Palma, Los Comuneros, Tuna Alta, Britalia y Casa Blanca).

- **Riesgos por Inundaciones.** Se presentan riesgos de inundación en las zonas cercanas a las rondas de los ríos y humedales. Se destacan los barrios Lisboa, Bilbao, Santa Cecilia y Berlín en proximidades de los humedales Juan Amarillo y la Conejera.

- **Humedal Juan Amarillo.** Es contaminado por vertimientos de origen doméstico, aporte de sólidos, procesos de potrerización y aguas lluvias, de los barrios aledaños en especial el sector de Lisboa, además de la construcción de algunas casas y adecuación de vías en zonas cerca de la ronda.

- **Humedal de la Conejera.** Se presenta contaminación por vertimientos de origen doméstico provenientes de los barrios Londres, la Gaitana, Tibabuyes y Rincón. Igualmente, se presenta contaminación por vertimientos asociados a los cultivos de flores presentes en la zona.

- **Humedal de Córdoba.** A este humedal llegan desagües de aguas negras cerca de la Avenida 127.

5.8 PERÍMETRO URBANO DE LA LOCALIDAD DE SUBA

Debido a que el área de estudio se ubica en el extremo noroccidental de la ciudad, su superficie no está completamente urbanizada y se encuentran diferentes tipos de uso (urbano, rural, de expansión, protegido). Por esta razón es necesario conocer la legislación que define los límites del perímetro urbano dentro de la localidad; dicha información es de gran utilidad como dato de entrada del modelo

de crecimiento urbano, ya que es una de las variables que determina el proceso de crecimiento urbano.

En relación con el Acuerdo 25 de 1975 del Concejo de Bogotá D. E. (Alcaldía de Bogotá, 2004), mediante el cual se adopta el Perímetro Urbano y Sanitario para el Distrito Especial de Bogotá, se define que el perímetro urbano es la línea que enmarca el área urbanizable y apta para la instalación y suministro de servicios públicos. Dentro de este límite están comprendidas las zonas desarrolladas y sin desarrollar para las cuales existe la posibilidad inmediata de prestar los servicios básicos de infraestructura.

Así mismo en este acuerdo se define los límites de la ciudad, se mencionaran los concernientes al área de estudio:

NORTE

Partiendo del punto de intersección de la Carretera Central del Norte con la calle 193, límite de la Parcelación de Tibabitá, sigue por ésta en dirección occidental hasta encontrar el eje de la Autopista Norte o Los Libertadores, continúa por este eje en dirección sur hasta la calle 191, y luego por ésta en dirección occidental hasta la prolongación de la Avenida Boyacá. Sigue por dicha prolongación en dirección sur-oeste hasta el límite de la Parcelación San José; por dicho límite continúa en dirección noroeste primero y suroeste después, hasta encontrar el camino de San José; por éste continúa hacia arriba hasta encontrar la curva de nivel de cota 2.600 metros en el Flanco Oriental de los Cerros de Suba.

Sigue por la mencionada curva de nivel hacia el suroeste hasta la depresión que separa la loma de la Conejera del resto de los Cerros de Suba; y por dicha depresión, primero en ascenso y luego en descenso, hasta reencontrar la curva de nivel de cota 2.600 metros en el flanco occidental de los mismos cerros.

OCCIDENTE

Del punto mencionado sobre la curva de nivel 2.600 metros sigue en dirección occidente hasta el punto más cercano y oriental de la curva de nivel 2.578 metros y por esta curva primero hacia el occidente y bordeando por el sur La Chucua de El Salitre, después hacia el suroeste y luego hacia el sureste bordeando los Pantanos de Tibabuyes, hasta encontrar el camino del Rincón continúa por éste hacia el sur hasta atravesar el cauce del Río Juan Amarillo y encontrar la curva de nivel cota 2.576 metros; prosigue por esta última curva de nivel, hacia el noroeste en una longitud aproximada de 1.900 metros hasta encontrar la prolongación de la carrera 110 del Barrio Garcés Navas. Prosigue por esta prolongación hasta encontrar la autopista a Medellín por la cual continúa en dirección noroeste hasta interceptar la cota 2.576, por la cual se sigue en dirección general sureste hasta encontrar la carretera que conduce a la cabecera de Engativá, sigue por dicha carretera hacia el noroeste hasta donde esta carretera voltea hacia el noroeste.

Finalmente, dicho decreto contiene un párrafo de Áreas Excluidas, donde una vez más, excluyen del perímetro urbano zonas en los Cerros de Suba, que están situadas por encima de la cota de 2650 msnm.

6. HISTORIA DEL PROCESO DE CRECIMIENTO URBANO EN BOGOTÁ Y LOCALIDAD DE SUBA

Como se mencionó anteriormente, para generar un modelo de crecimiento urbano confiable, se debe entender y describir la dinámica histórica de la estructura urbana, es por esto que se debe hacer una revisión del proceso de crecimiento urbano en la ciudad de Bogotá y más específicamente en la localidad de Suba; que sirva para entender la distribución de la cobertura urbana y su evolución hasta el patrón actual de distribución urbana que se observa en el área de estudio.

6.1 CRECIMIENTO URBANO EN BOGOTÁ

En la ciudad, el crecimiento urbano ha sido el resultado de acciones privadas desligadas de una planeación de ciudad, debido a que la legislación no ha sido ejecutada o en muchos casos debido a la ausencia misma de un plan de crecimiento urbano (Ordoñez, 2001), lo anterior hace que la ciudad hoy en día no se diferencie mucho de la antigua, en donde el proceso de crecimiento urbano en un gran porcentaje (cerca del 50% para 1997) lo lideran intereses particulares totalmente contrariados con lo que una planificación idónea podría ofrecer (Jiménez, 2002).

Según Gouëset (1998), el proceso de urbanización en Colombia se centró en cuatro principales ciudades, y a partir de los noventa se ha aumentado la primacía de Bogotá, debido a la concentración económica que derivó en la concentración urbana a partir de: la industrialización, las migraciones, la centralización, los servicios y el mejoramiento de transportes y comunicaciones, entre otros.

La forma de mancha que presenta Bogotá, la fue adquiriendo desde principios de siglo, debido a la influencia de los caminos regionales que la fueron moldeando, así como también al sistema férreo y a los barrios periféricos. Así mismo, el precario sistema de autobuses jugó un papel muy importante en el proceso de expansión urbana, ya que la urbanización acelerada fue un incentivo para el sistema de transporte colectivo en el sentido de que el crecimiento en la ocupación del suelo, aumentaba la necesidad de transporte en los desplazamientos; o simplemente el éxito de las nuevas urbanizaciones en los barrios periféricos dependía del cubrimiento que el transporte colectivo hacía ellos, haciéndose así, protagonista de la urbanización ilegal y por consiguiente la forma actual de la ciudad (Jiménez, 2002). Lo anterior dio como resultado, la expansión de la urbanización tanto legal como ilegal sobre el territorio de una forma desordenada y

desintegrada de la ciudad consolidada, con deficiencias en infraestructura, uso del suelo, accesibilidad, entre otros (Ordoñez, 2001).

Desde el desarrollo de la ciudad moderna a comienzos de siglo XX, el principal patrón de crecimiento urbano en Bogotá ha sido por barrios residenciales ubicados en la periferia, dándose el desplazamiento social hacia ésta. En la medida en que la tierra plana se fue agotando, se urbanizaron las áreas periféricas (los cerros de Suba, los del suroccidente y del sur y las zonas bajas inundables); que en su mayoría corresponden a áreas que en la actualidad tienen restringido el uso urbano. En general éstas zonas periféricas se han convertido en las zonas donde ha crecido el número de viviendas; mientras que las áreas centrales tienden a permanecer estables en el número de inmuebles, debido principalmente al incremento que proviene de otros usos como comercio y oficinas (Ordoñez, 2001).

El crecimiento urbano, en especial en la periferia, se ha dado por parcelaciones, razón por la cual se ha desarrollado espacialmente vivienda sin incluir equipamiento funcional que atienda a ésta (Ordoñez, 2001). Adicionalmente, el borde norte de Bogotá donde se encuentra el área de estudio, es un área de desarrollo reciente que surgió espontáneamente producto de ampliar continuamente el perímetro urbano, razón por la cual no está configurado ni espacial, ni funcionalmente al interior de la ciudad (Jiménez, 2002).

Producto de lo anterior es que en la actualidad, del suelo existente dentro del perímetro del Distrito Capital, un 72% es rural, un 18.4% urbano, y el 9.6 % restante es el determinado para incorporar suelo urbano, es decir, es suelo suburbano ó suelo de expansión, que se encuentra en las zonas de borde del perímetro urbano y aun no está incorporado al suelo urbano, dentro del cual se encuentra parte del área de estudio. Del 18.4 % clasificado como urbano se han

desarrollado un 92%, razón por la cual las expectativas de crecimiento y futuro desarrollo se encuentran en las áreas de expansión (Jiménez, 2002).

6.2 CRECIMIENTO URBANO EN LA LOCALIDAD DE SUBA (1950-2000)

Según la Alcaldía Local de Suba *et al* (2007), ya en el año de 1888 se evidenciaba una transformación del paisaje de la zona que hoy corresponde a la Localidad de Suba, producto de la invasión colonial; dicha transformación fue producto de la introducción de especies foráneas, el deterioro de las fuentes de agua; y el cambio en el uso y percepción del suelo y de las costumbres y creencias Muiscas.

Durante el siglo XIX, comienza el deterioro de los Cerros de Suba con la construcción de chircales, establecimientos de viviendas rústicas, la tala indiscriminada de bosques, la explotación carbonífera y búsqueda de combustibles fósiles; que trajo como consecuencia el agotamiento de las fuentes de agua y la pérdida de fauna y flora (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007). Hubo entonces una transformación en el uso y la cobertura del suelo, pasando de bosque nativo a grandes extensiones de tierra dedicadas a la producción agropecuaria reunidas casi en su totalidad en 3 haciendas que tuvieron gran importancia en el desarrollo urbano, estas son: EL Noviciado, Tibabuyes y La Conejera, que ocupaban las tres cuartas partes de las tierras de Cota y Suba (Preciado, 2005); y un pequeño centro urbano colonial, comunicado por estrechos caminos de herradura con Bogotá y los municipios de Cota, Chía, Engativá y Usaquén (Alcaldía de Bogotá, 2004). Dichos procesos de transformación se vieron agravados por la introducción de caminos y vías al interior de los remanentes de bosque, que condujo al desmonte de este y al comienzo de la lotización. La introducción de plantas foráneas y la siembra de pasto para el mantenimiento de ganado que comenzó a ganar terreno frente al bosque nativo (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007).

A inicios del siglo XX, las haciendas mencionadas anteriormente, pasaron de manos de encomenderos a sus herederos y luego a los jesuitas, a quienes les fueron expropiadas por el Rey Carlos III y puestas en subasta pública. Así fueron adquiridas por particulares que han venido distribuyéndoselas por herencia o por venta pública (Alcaldía de Bogotá, 2004).

Este estudio busca hacer un recuento del proceso de crecimiento urbano de la Localidad de Suba a partir de la década de los cincuenta, en la cual el municipio de Suba dejó de ser rural para ser parte de la ciudad de Bogotá. Por esta razón se describirá el proceso por décadas con los hechos más relevantes encontrados en la bibliografía.

1950-1960

A partir de la segunda mitad del siglo XX, inicia en Suba un proceso de transformación del uso del suelo que era casi en su totalidad agropecuario, a un uso urbano en expansión, a través de la inclusión del municipio dentro del Distrito Especial de Bogotá en el año de 1954 mediante el decreto ley 3640, bajo el gobierno del general Gustavo Rojas Pinilla (Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007). Cuando esto sucedió, Suba era un municipio independiente y centro social que canalizaba el desarrollo de la vida rural y era lugar de asentamiento de comunidades indígenas y campesinas (Veeduría Distrital *et al*, 2005). Existían doscientas casas en ladrillo en el centro, con calles regularmente arregladas y la necesidad de implementar los servicios de agua potable, luz, teléfono, vías y transporte público, acorde con el crecimiento demográfico; y grandes extensiones de terreno dedicadas a la agricultura y la ganadería (haciendas El Rincón, Tuna, Casablanca, Cerro Sur, Cerro Centro, El Prado, Santa Inés, Tibabuyes, San Ignacio, Arrayanes, La Conejera y Santa Bárbara; entre otras,) (Alcaldía de Bogotá, 2004).

De acuerdo con la Alcaldía de Bogotá (2004), en el periodo comprendido entre 1940-1960, se iniciaron procesos lentos de inmigración de familias habitantes de Bogotá hacia Suba, en la búsqueda de un lugar tranquilo para alejarse la congestión del centro de la ciudad. Esta dinámica de crecimiento trajo consigo un desarrollo social desigual, debido a que el desarrollo de las comunidades locales campesinas e indígenas quedó subordinado a los requerimientos de expansión de la capital (Veeduría Distrital *et al*, 2005), esto tiene serias consecuencias para la localidad de Suba, ya que la población al no tener acceso a vivienda y a servicios públicos, busca zonas baratas donde establecerse y los espacios disponibles eran en muchos casos los relictos de zonas de amortiguación ambiental, como rondas de ríos y humedales (Preciado 2005).

1960-1970

“En el año de 1961 la plaza de mercado de Suba quedaba en la plaza central, se lavaba en pozos y los montes tenían mucha vegetación; en el año de 1965 Suba era un barrio de pocas casas, sin servicios públicos, la mayoría de Suba era campo, y había animales en las fincas” (Relato anónimo en Alcaldía Local de Suba *et al*, 2007). Pese a no tener las condiciones apropiadas para el crecimiento urbano, el antiguo municipio de Suba fue cediendo ante la expansión urbana y la demanda de tierras para dedicarlas a la construcción de vivienda y el uso agroindustrial, principalmente con el cultivo de flores, de las que existen cerca de 35 empresas en la actualidad (Alcaldía de Bogotá, 2004). Dicha transición trajo el cambio en la mentalidad de los pobladores (campesinos, hacendados, comerciantes), lo que contribuyó al desestimulo de las actividades antiguas para adecuarse a los nuevos usos del suelo, y pasar de la producción y mercadeo agrícola y de ganado, a la venta de tierras de algunas haciendas como Santa Inés, Tibabuyes, San Ignacio, Arrayanes, La Conejera y Santa Bárbara a urbanizadores ilegales y compañías constructoras.

Tal es el caso descrito por la Alcaldía Local de Suba *et al*, (2007): “En lo que en la actualidad corresponde al barrio Ciudad Hunza, existía un potrero con árboles y dos ranchos, el Cerro era de un señor Villegas y llegó el padre Saturnino Sepúlveda y compró el terreno del barrio Ciudad Hunza, loteó y vendió muy barato, a aproximadamente \$110.000 pesos. No había prestación de servicios públicos, como el agua, que era tomada de pilas públicas; así mismo el único medio de transporte era un burro.”

Lo anterior trajo como consecuencia la promoción del crecimiento acelerado de nuevas urbanizaciones, con las consiguientes necesidades de servicios públicos, educación, salud, recreación y protección del medio ambiente (Alcaldía de Bogotá, 2004). Dicho crecimiento acelerado ha posibilitado el surgimiento de nuevas urbanizaciones y el aumento de la población, dando lugar a un nuevo espacio, que en algunos sectores de la localidad como Rincón, Gaitana y Tibabuyes, es desordenado, caótico y confuso (Preciado, 2005).

Las décadas del sesenta y el setenta, son determinantes para los procesos urbanos de la ciudad. El crecimiento urbano rebasa lo proyectado en 1951, la violencia rural continua generando un éxodo masivo que determina nuevos patrones de asentamiento urbano, teniendo como resultado que para 1970 más del 50% de la población de Bogotá estaba constituida por migrantes de otras regiones del país, provenientes principalmente de Boyacá y Cundinamarca; seguidos por los departamentos de Tolima, Santander, Valle del Cauca y Antioquia; y finalmente, la preeminencia de Bogotá como ciudad de gran atractivo migratorio y la concentración industrial, configuran el nuevo modelo urbano (Preciado, 2005); permitiendo a la ciudad crecer hacia el sur, el occidente y noroccidente, mediante procesos de construcción e invasión que contaban con las mínimas normas para su desarrollo urbano (Alcaldía de Bogotá, 2004).

1970-1990

El Acuerdo 26 de 1972 crea 19 Alcaldías Menores del Distrito Especial de Bogotá, mediante el cual se crea la Alcaldía Menor de Suba, administrada por el Alcalde Menor correspondiéndole como nomenclatura el número 11, con límites determinados, y siendo ratificada mediante el Acuerdo 8 de 1977 (Preciado, 2005). Durante la década de los 70 y los 80 es cuando Bogotá comienza su urbanización de forma acelerada, se conforman las primeras aglomeraciones en la periferia, especialmente alrededor de los cuerpos de agua (Alcaldía de Bogotá *et al*, 2004). Dicho crecimiento urbanístico acelerado y desordenado, y el desplazamiento de una buena parte de la población de Bogotá hacia el sector de Suba, convierten a Suba en una de las localidades con mayor tasa de expansión no planificada de la ciudad (DAMA, 2000). Ya se observa la transformación de las zonas de humedales y bosques en calles y casas, que traen consigo los servicios públicos, los servicios de transporte y el comercio (Alcaldía de Bogotá *et al*, 2004).

Los siguientes son dos ejemplos de que a pesar de la alta tasa de crecimiento urbano en esta década, el territorio aun no contaba con la infraestructura que dicho proceso de crecimiento urbano demandaba:

“En 1976, en lo que hoy es el barrio Rincón de Suba, tan sólo había dos casas, tres postes de luz, dos pilas de agua y las calles eran destapadas. Cuando se inicio el acelerado proceso de urbanización, la laguna Juan Amarillo fue la más afectada, ya que los orígenes de aquellos barrios eran ilegales, y los pobladores vertían aguas servidas, basuras y escombros en la laguna; cuyo deterioro persistió hasta el año 2002 cuando la empresa de Acueducto tomó el control de lugar”. “En el barrio de Tuna Alta no existía acueducto ni carreteras en el año de 1972, el barrio era un pequeño caserío.” (Alcaldía de Bogotá *et al*, 2004)

A finales de la década de 1970 y a inicios de los años 80, se aumentó en un gran porcentaje la cobertura de la prestación de servicios públicos; dicho suceso aumento la tasa de urbanización en la zona (Alcaldía de Bogotá *et al*, 2004).

1990-2000

Después del 4 de julio de 1991, la actual Constitución Política de Colombia, en sus artículos 318, 322 y 323, establece la división de Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital, en veinte alcaldías locales, como respuesta al esfuerzo por llevar a cabo la descentralización en la capital del país. Y mediante el Acuerdo 2 de 1992, se constituyó la localidad de Suba, conservando sus límites y nomenclatura, administrada por el Alcalde Local y la Junta Administradora Local, con un total de 11 ediles (DAMA, 2000). De esta forma se le asignan a las alcaldías locales facultades para la administración de los recursos de su jurisdicción. Una de las consecuencias de lo anterior fue que debido a malos manejos en la administración pública, se permitió la construcción o en otros casos la ampliación de la cobertura urbana en zonas que presentan riesgos por la poca estabilidad del territorio, como rondas de ríos y humedales o zonas con poco estabilidad geológica (Alcaldía de Bogotá *et al*, 2004).

Actualmente en la zona de estudio se encuentran una marcada diferencia entre el tipo y la velocidad de urbanización entre los sectores oriente y occidente de los Cerros. En el costado occidental se encuentran en su gran mayoría viviendas de estrato 2 y una pequeña zona de estrato 3, el tipo de urbanización en ésta zona ha sido espontáneo, sin planificación y un poco más lento; debido a que pocas personas pueden acceder a un lote y construirlo. Por esta razón, en esta parte del Cerro el proceso de urbanización se viene presentando desde hace más de 20 años, sin tener una alta densidad de población. Mientras que en costado oriental, el proceso ha sido planificado pero acelerado, en menos de 10 años se ha construido y se sigue construyendo anunciándolo como una zona exclusiva.

En general el Cerro de Suba ha cambiado su cobertura que hasta los años 50 era agropecuario, debido a los cambios y factores sociales como: el crecimiento endógeno de la población, la presencia de vendedores piratas y loteos económicos, la industrialización en Bogotá, el aumento de los ingresos y de la movilidad social; y políticos como la época de violencia que ha sufrido el país desde los años 50 que ha llevado a la migración y la búsqueda de vivienda al gusto y a la medida de la población migrante, y que en muchos casos ha sido sin planificación, que conlleva a la construcción espontánea. Todo lo anterior produjo en la localidad de Suba un patrón urbano de mosaico, en el que se encuentran barrios planificados con la infraestructura adecuada, barrios de invasión tanto en las zonas planas como en el Cerro y en las rondas de ríos y humedales, y una gran porción de terreno de suelo urbano de expansión cuyo uso es principalmente agrícola.

7. METODOLOGÍA

A partir de la idea de estudiar el proceso de crecimiento urbano y el cambio en el paisaje en una zona de expansión urbana, como lo es la localidad de Suba, se inicia esta investigación. El desarrollo metodológico seguido se describe en el diagrama presentado en la Figura 3.

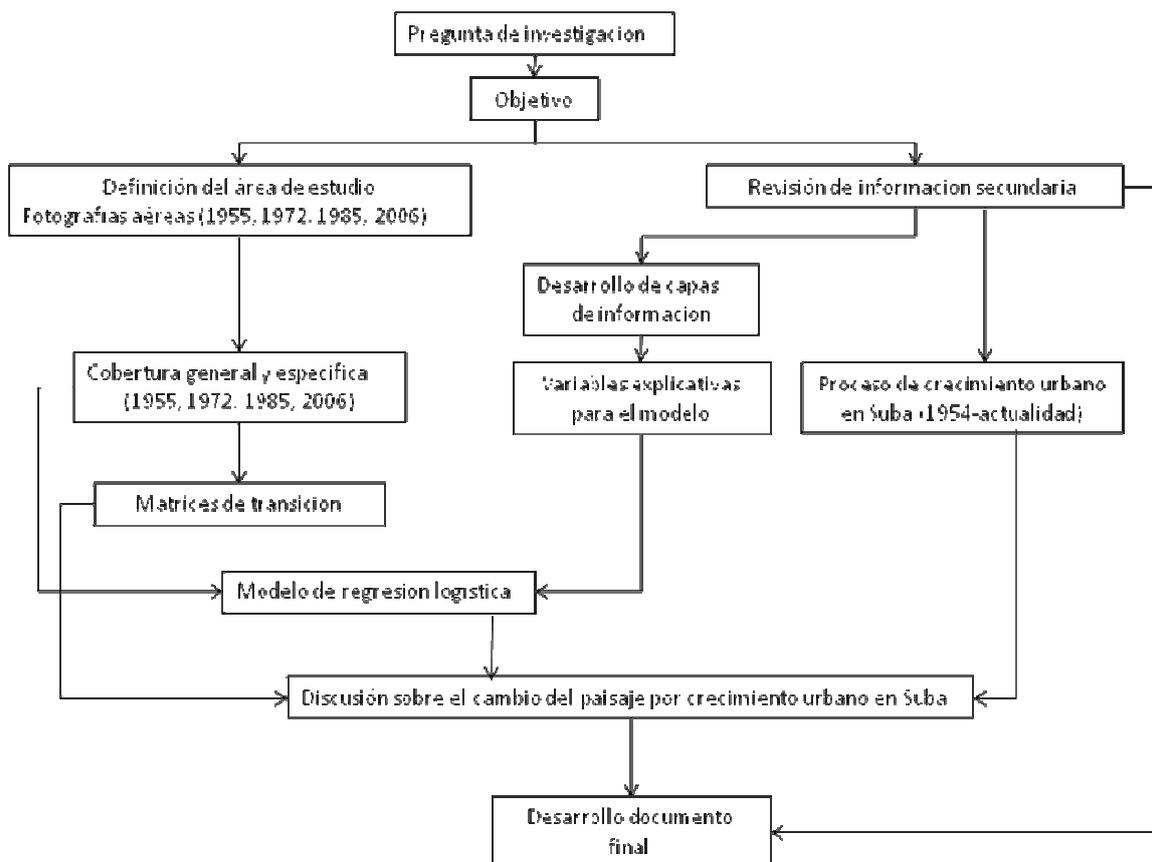


Figura 3. Diagrama del procedimiento metodológico

7.1 REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Durante esta fase se investigó acerca del proceso de crecimiento urbano, sus formas y los tipos existentes, lo cual sirvió de base para definir conceptos y para definir los objetivos de ésta investigación.

Dicha revisión permitió definir la naturaleza del modelo a aplicar (modelo estadístico); que junto con la definición de los factores determinantes del crecimiento urbano; permitió la creación de las capas de información de entrada al modelo; que corresponden a las variables explicativas del crecimiento urbano en la zona de estudio.

Así mismo, durante este proceso se investigó en varias fuentes (Archivo Distrital, Bibliotecas, Alcaldía de Suba, Corporación Autónoma Regional –CAR-, Secretaría de Ambiente, Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC-, Secretaría Distrital de Planeación - Sistema de Información de Norma Urbana y Plan de Ordenamiento Territorial), información acerca del crecimiento urbano en Bogotá y más específicamente en la localidad de Suba. Dicha información servirá de base para la creación del modelo, así como para explicar y analizar los resultados obtenidos.

7.2 DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Inicialmente esta investigación comprendía únicamente el Cerro de Suba como área de estudio, pero al investigar sobre la composición del territorio actual de la localidad de Suba, se encontró que ésta presenta una gran variedad de coberturas y usos de tierra (suelo urbano, suelo rural, áreas protegidas, urbanización legal e ilegal, entre otras), producto de una historia de la expansión urbana desde Bogotá y que dentro de un modelo espacial de crecimiento urbano constituyen una variable de gran importancia.

Aun así el área de estudio no comprende la totalidad de la localidad de Suba, debido a la disponibilidad (concordancia en vuelos, especificaciones técnicas, resolución y escala) de las fotografías aéreas para los años estudiados en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Entonces se buscó la mayor área coincidente para todos los años. En la Tabla 2 se encuentran la información detalladas de las imágenes consultadas.

Tabla 2. Información de las imágenes utilizadas para el estudio

Fuente	Año	Escala
IGAC. Formato digital. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, FEAR (2008)	1955	1:50000
IGAC. Vuelo C-1404	1972	1:32300
IGAC. Vuelo C-2233	1985	1:30200
Google Earth	2006	

Finalmente se obtuvo un área rectangular de 4806 ha que abarca la totalidad del Cerro de Suba, y una zona de la superficie plana tanto del costado oriental como occidental del Cerro.

7.3 EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Para estudiar las transformaciones en el paisaje del área de estudio se realizaron tres tipos de mapas de cobertura: cobertura general, cobertura específica y cobertura urbana-no urbana para los años 1955, 1972, 1985 y 2006, utilizando como base las imágenes referenciadas en la tabla 2. Se inicia a partir del año 1955 debido a que según la bibliografía, fue en el año de 1954 que el municipio de Suba deja su carácter rural, para ser incluido dentro del Distrito Especial; por esta razón se estima que este año es el indicado para iniciar un estudio acerca de la transformación del paisaje como consecuencia del crecimiento urbano que inició con este suceso. La creación de estos mapas se realizó utilizando la herramientas de Sistemas de Información Geográfica SIG (ESRI® ArcMap 9.2).

7.3.1 Mapas de cobertura

Aunque existen sistemas de clasificación de coberturas urbanas, para la realización de este estudio se creó una clasificación a una escala de 1:50000, por

medio de reconocimiento visual por color, textura y otras variables visibles, que fuera específica para la zona (ver anexo 1).

Posteriormente las coberturas definidas fueron agrupadas, en 6 tipos de coberturas generales:

1. Áreas agropecuarias: en esta categoría se encuentran todas las coberturas asociadas con un uso agropecuario o agroindustrial.
2. Relictos de vegetación natural: se agruparon en esta categoría todas las coberturas asociadas a remanentes de vegetación nativa de la zona, bosques, matorrales, humedales.
3. Urbanización formal: a esta categoría pertenecen las coberturas que presentan patrones simétricos en la construcción, generalmente correspondientes a conjuntos residenciales cuyas formas son poligonales; también se encuentra en esta categoría las zonas de posible urbanización y el núcleo urbano de Suba.
4. Urbanización informal: se encuentran las coberturas de urbanización tipo 1, que visualmente no presentan un patrón geométrico, se observa una distribución caótica en el espacio.
5. Quintas y fincas: se encuentran la cobertura urbana tipo 3, que cuentan con grandes espacios verdes, bosques y jardines; y que además están dispersas en el espacio. También se encuentran los Clubs y las canchas de golf debido a que también presentan grandes espacios verdes y aunque no poseen infraestructura urbana, si son una cobertura de origen urbano.
6. Otros usos: a esta categoría pertenecen las canteras.

Finalmente las coberturas generales fueron agrupadas en dos coberturas finales (urbano-no urbano) (ver tabla 5).

7.3.2 Matrices de transición

Para hacer un análisis detallado de la evolución del paisaje en la zona de estudio, se realizaron matrices de transición para los diferentes mapas de coberturas obtenidos (específico, general y urbano-no urbano).

Un matriz de transición muestra el área original de todas las coberturas de un año específico, y en qué porcentaje se transforma dicha área en las coberturas del año siguiente. Las matrices de transición se obtienen con la extensión Spatial Analyst de AcrMap 9.2 (ESRI, 1999); donde la función Tabulate Area, permite ingresar un mapa de coberturas del año inicial y el mapa de coberturas del año siguiente; de cual se obtiene la tabla que indica la transición.

7.4 VARIABLES EXPLICATIVAS PARA LA MODELACIÓN

Las variables explicativas corresponden a los factores determinantes del crecimiento urbano en la localidad de Suba. Dentro del modelo corresponden a las variables independientes o explicativas (Y), que determinaran la variable dependiente (X), que corresponde a la cobertura dentro del modelo.

Dentro de los factores determinantes se encuentran: el número de habitantes, las características ambientales (pendientes, cuerpos agua, áreas protegidas, etc), proximidad, las características espaciales de la ciudad (red vial, sistemas de transporte, etc), las políticas de planeamiento regionales y urbanas; y finalmente los factores relacionados con preferencias individuales, nivel de desarrollo económico, sistemas políticos y socioeconómicos. Aunque estos últimos son los principales factores determinantes del desarrollo urbano, por estar mediados por

las decisiones humanas que evolucionan en el tiempo, son los de mayor complejidad de modelar o predecir.

Aunque existe una gran variedad de factores determinantes del crecimiento urbano, y para este tipo de modelos el ideal es contar con la mayor cantidad de información (variables explicativas), se encontró con una ausencia de información considerable, lo cual fue un limitante que se presentó en este estudio.

Como resultado se escogieron las siguientes capas de información para el desarrollo del modelo predictivo de cobertura urbana del año 2006; todas en una grilla del mismo tamaño, con medidas de celda de 50m X 50m, la indicada para el área de 4806 ha de estudio. En la tabla 3 se observa el nombre de la capa, de dónde fue obtenida y el procedimiento para su entrada al programa que realiza el modelo. (Ver anexos 2 al 6)

Tabla 3. Capas de información usadas en el modelo

Capa	Fuente	Procedimiento
Distancia a vías (disvías)	IGAC FEAR Google Earth	Digitalización de vías sobre imágenes. Raster. Elaboración de mapa de distancias con Spatial Analyst (Distance). ArcMap 9.2
Zonas con riesgo de inundación (inundación)	Secretaría de Gobierno de Bogotá. Localidad de Suba	Digitalización y Raster. AcrpMap 9.2
Pendiente (pendiente)	DTM (Digital Terrain Model) para el altiplano cundiboyacense. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales (FEAR)	Se obtuvo pendiente, utilizando la herramienta Surface-Slope. ArcMap 9.2
Perímetro urbano (perímetro)	Secretaría de Gobierno de Bogotá. Localidad de Suba	Digitalización y Raster. AcrpMap 9.2
Áreas protegidas (areaprot)	Mapa Estructura Ecológica Principal 469 de 2003 en la localidad de Suba, Alcaldía Mayor de Bogotá – Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente	Digitalización y Raster. AcrpMap 9.2

Para la capa de Áreas protegidas, hay que aclarar que la legislación vigente restringe y en algunos casos prohíbe a una altura superior a la cota de 2650 msnm el uso urbano en el suelo del Cerro de Suba en su totalidad. Para este estudio, se tuvo en cuenta la legislación para la creación de capas de área protegidas como una entrada para el modelo de crecimiento urbano en una zona de la localidad de Suba. Mediante la abstracción del DTM de toda el área ubicada por encima de los 2650 msnm.

7.5 DESARROLLO DEL MODELO DE CRECIMIENTO URBANO Y VALIDACIÓN

Para desarrollar y validar el modelo, se utilizó el software IDRIS 25.0 The Andes Edition. Las capas ambientales debieron ser exportadas a formato Idrisi, para su entrada al programa.

Se utilizó el modelo de presencia/ausencia de LOGISTICREG. Donde la variable respuesta fue la presencia o no de cobertura urbana en el año 2006, y las variables explicativas fueron disvias, inundación, pendiente, perímetro y areaprot.

Dentro de los resultados de la modelación se encuentran, un mapa de probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana para el año 2006 y un texto de salida que incluye la ecuación de regresión y el coeficiente individual de regresión que describe cómo se relacionan las variables explicativas; así como los datos de salida que se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Datos de salida de la función LOGISTICREG (IDRISI 15.0 The Andes Edition)

Número Total de Observaciones	número de observaciones usadas en el área de estudio
Número de 0 en el área de estudio	número de observaciones con valor 0 en la variable dependiente en el estudio
Número de 1 en el área de estudio	número de observaciones con valor 1 en la variable dependiente en el estudio
Porcentaje de 0 en el área de estudio	Igual a: $100 * (\text{número de 0 en el área de estudio} / \text{número de observaciones en el área de estudio})$
Porcentaje de 1 en el área de estudio	Igual a: $100 * (\text{número de 1 en el área de estudio} / \text{número de observaciones en el área de estudio})$
Número de "Auto-sampled" observaciones	Número de observaciones muestreadas para el análisis
Número de 0 en el área de muestra (sampled area)	Número de observaciones con valor 0 en el análisis
Número de 1 en el área de muestra	Número de observaciones con valor 1 en el análisis
Porcentaje de 0 en el área de muestra	Porcentaje actual de 0 usados en el análisis
Porcentaje de 1 en el área de muestra	Porcentaje actual de 1 usados en el análisis

La validación se basó en la obtención e interpretación de los valores Pseudo R^2 y ROC.

Para visualizar la localización de las áreas urbanas y no urbanas correcta e incorrectamente predecidas, los valores de la predicción del modelo fueron divididos en dos grupos; uno que va desde el valor más bajo hasta 0.57, que fue clasificado como no urbano (0) y otro que va desde 0.57 hasta el número más alto, que fue clasificado como urbano (1). El valor de 0.57 fue escogido porque con este valor el número de celdas de cobertura urbana y no urbana observada es igual al número de celdas en el mapa de dichas coberturas predecidas.

Posteriormente el mapa reclasificado, fue sumado a la figura de coberturas observadas de cual se obtuvo un mapa que muestra la localización de las predicciones correctas e incorrectas. Del anterior mapa se obtuvieron los porcentajes de las áreas correctamente e incorrectamente predecidas.

8. RESULTADOS

8.1 CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS

Se obtuvo un total de 21 coberturas específicas, agrupadas en 6 categorías de coberturas generales, que a su vez se agruparon en dos grandes tipos, como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación general de coberturas para el área de estudio

NOMBRE	NOMBRE	UNIDADES	SUB-UNIDADES	
COBERTURA NO URBANA (NU)	ÁREAS AGROPECUARIAS	A	A1	Zonas agropecuarias 1
			A2	Zonas agropecuarias 2
			P	Potreros
			F	Viveros flores
			PM	Potreros y matorrales
			PBb	Potreros y bosques bajos
	RELICTOS DE VEGETACIÓN SEMINATURAL	R	MBb	Matorral y bosques bajos
			M	Matorral
			Ba	Bosque andino de planicie
			Eh	Espejo de agua de humedal
H			Humedal	
COBERTURA URBANA (U)	URBANIZACIÓN FORMAL	UF	Un	Asentamiento urbano núcleo
			U2b	Asentamiento urbano tipo 2 de baja densidad
			U2m	Asentamiento urbano tipo 2 de densidad media
			U2a	Asentamiento urbano tipo 2 de alta densidad
			PU	Zonas a urbanizar
	URBANIZACIÓN INFORMAL	UI	U1b	Asentamiento urbano tipo 1 de baja densidad
			U1m	Asentamiento urbano tipo 1 de densidad media
	QUINTAS Y FINCAS	Q	U3	Asentamiento urbano tipo 3
			CG	Club-Cancha golf
	OTROS USOS	O	C	Canteras

8.2 EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO (1955-2006)

Los mapas de cobertura y la obtención de sus áreas, permite hacer un análisis detallado del cambio de en el uso y la dinámica de las coberturas en el espacio y tiempo.

8.2.1 Coberturas específicas

CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

En la figura 4 se observan los cambios en las coberturas específicas, donde se resalta la desaparición de las grandes áreas agropecuarias (A2) y la persistencia de la cobertura seminatural (MBb) en el sector del Cerro de la Conejera.

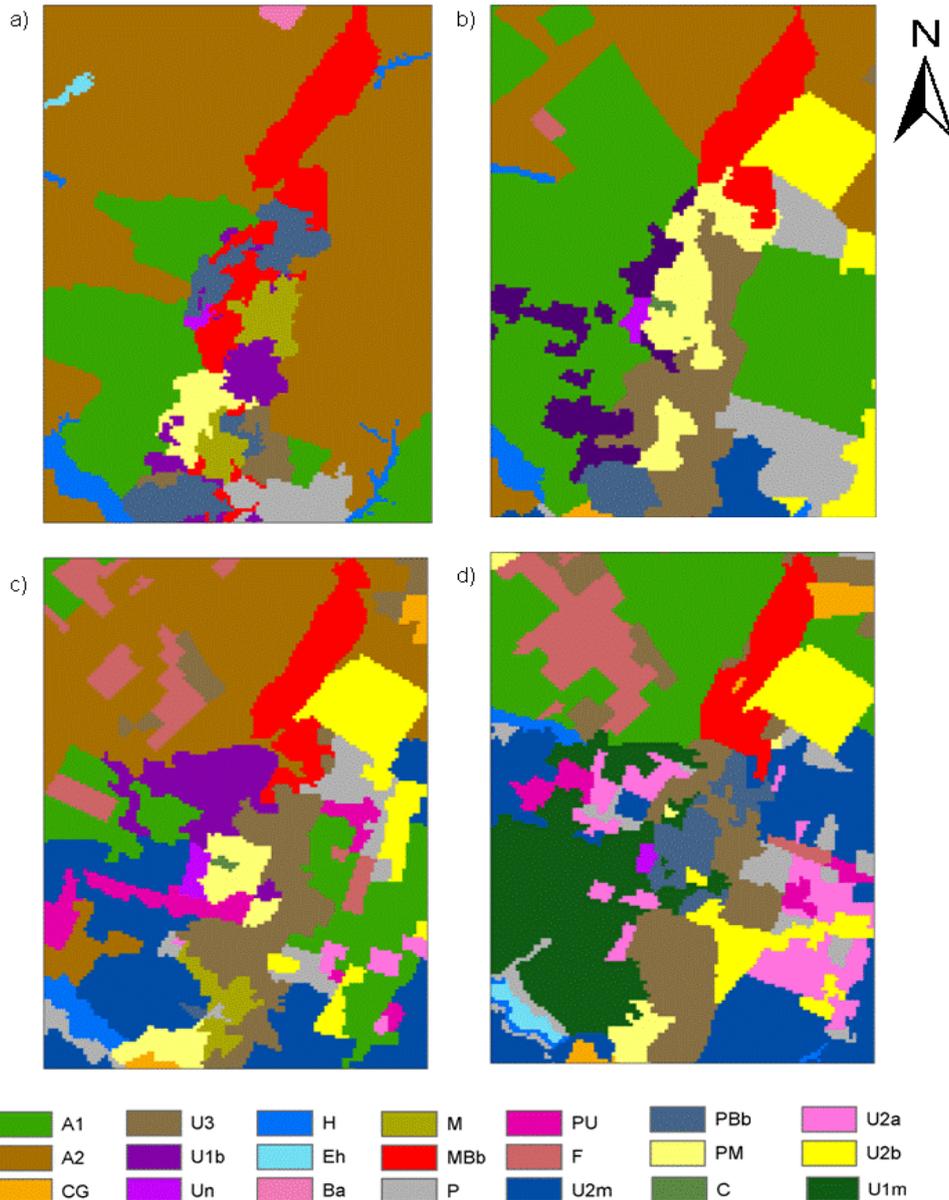


Figura 4. Mapas multitemporales de las coberturas específicas dentro del área de estudio. a) 1955, b) 1972, c) 1985 y d) 2006.

En la tabla 6 se observan las áreas de las coberturas descritas en la figura 4. Se resalta un disminución de la totalidad de las 2718 ha de A2. La cobertura F aparece en el año 1972 con 13 ha y aumentó a 371 en el 2006. MBb ha conservado más de la mitad del área que tenía en 1972 (359 ha), contando en el 2006 con 207 ha. En 1955 se observó un relicto de bosque andino de planicie Ba de 37 ha que desapareció para el año de 1985. Las coberturas asociadas a humedales tuvieron una disminución en su área en los años de 1972 y 1985; Eh pasó de 13 ha en 1955 a 8 ha en 1985 y H pasó de 125 ha en 1955 a 53 ha en 1985. Sus áreas aumentaron para el año 2006. Dentro de la urbanización formal, las coberturas que presentaron un crecimiento acelerado fueron U2m que pasó de 182 ha en 1972 a 825 en 2006; y U2a que pasó de 0ha a 715 ha en el mismo periodo de tiempo. Las zonas de PU aumentan entre 1972-1985 y posteriormente disminuyen en área. Dentro de la urbanización informal U1b desaparece para el 2006 y U1m pasa de 0 ha en 1985 a 361 ha en 2006. Los clubes y canchas de Golf aumentaron significativamente en área pasando de 21 ha en 1955 a 112 ha en el 2006. U3 pasó de 69 ha en 1955 a 497 en 2006. Las canteras fueron establecidas en el año 1972 y contaban con 7 ha, para el año 2006 desaparecieron.

Tabla 6. Matriz general de cambio de las coberturas específicas (1955-2006)

NOMBRE	CODIGO	SUB-UNIDADES	1955 (ha)	1972 (ha)	1985 (ha)	2006 (ha)
ÁREAS AGROPECUARIAS	A	A1	742	1624	572	845
		A2	2718	1030	1214	0
		P	188	308	185	155
		F	0	13	240	371
		PM	81	254	146	71
		PBb	212	78	21	149
RELICTOS DE VEGETACIÓN SEMINATURAL	R	MBb	359	215	234	207
		M	119	0	70	0
		Ba	37	0	0	0
		Eh	13	6	8	37
		H	125	63	53	68
URBANIZACIÓN FORMAL	UF	Un	8	16	24	23
		U2b	0	314	284	294
		U2m	0	182	784	825
		U2a	0	0	56	715
		PU	0	38	160	80
URBANIZACIÓN INFORMAL	UI	U1b	115	225	207	0
		U1m	0	0	0	361
QUINTAS Y FINCAS	Q	U3	69	378	460	497
		CG	21	57	85	112
OTROS USOS	O	C	0	7	5	0

DINÁMICA DE TRANSFORMACIÓN DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

En las tablas 7, 8 y 9 se observan las matrices de transición de las coberturas específicas. Los valores por encima del 30% están en negrilla y color rojo, debido a que definen un cambio significativo en una cobertura. Las celdas que describen un cambio de área no significativo se designan con el nombre no significativo (ns) y corresponden a transiciones con un valor menor a 1%. Las celdas vacías se interpretan como transiciones que no ocurrieron.

La matriz de cambio porcentual entre el año 1955 y el año 1972 muestra que las coberturas asociadas a las áreas agropecuarias, específicamente A1 y A2 perdieron casi la mitad de cobertura original quedando en 1972 con 57% y 42% de su área original. La superficie que perdieron se repartió entre coberturas de tipo urbano U2b, U1b. Las fincas U3 perdieron un 34% de su área en 1955, que también se transformó en coberturas urbanas PU y U2m. Una de las principales coberturas de tipo seminatural MBb sólo conservó el 56% de su área original en el año 1972, fue transformada principalmente en U3 y en PM. Un 47% del área de los potreros (P), fue transformada en U2m. Dentro de las coberturas asociadas a humedales Eh conservó el 85% de su área original, mientras que H sólo conservó el 28% debido a su transformación en P y áreas agropecuarias. El remanente de bosque andino de planicie, desapareció en su totalidad y se transformó en A2. Las coberturas C, PU, F y U2m aparecen en el año 1972 (ver tabla 7).

Tabla 7. Matriz de transición coberturas específicas (1955-1972)

Año 1955	Año 1972																
	A1	A2	CG	U3	U2b	U1b	Un	MBb	P	H	Eh	PBb	PM	C	PU	F	U2m
A1	57%			ns	10%	20%	ns		4%				2%				4%
A2	42%	35%		ns	9%			ns	9%							ns	2%
CG			100%														
U3				66%											18%		15%
U1b			ns			85%	10%					ns	3%				
Un							88%							13%			
M	4%			48%									48%	ns			
MBb	ns	5%		12%	ns	3%		56%					21%	ns			
P				18%	2%				13%	ns					20%		47%
H	6%	2%	ns		ns				14%	ns	28%						
Eh	8%	8%									85%						
Ba		100%															
PBb	5%		6%	20%		9%		ns				27%	32%				
PM	ns			77%		19%							3%				

Para el periodo del año 1972 a 1985, se sigue observando una disminución de A1, que en 1985 conserva el 27%; el 23% de dicha cobertura se transformó en A2 y

un 33% en coberturas urbanas: U3, U2a, U2b, U1b, PU, U2m. Se conserva el 76% de A2. La subunidad U3 conserva un 73% de su área y se transforma en coberturas urbanas principalmente: U1b, PU y U2m. U1b sólo conserva 24% de su área y se transforma principalmente en urbanización formal de media densidad (68%). La subunidad U2b conserva más de la mitad de su área (59%) y el 30% se densifica convirtiéndose en U2m. MBb conserva el 88% del área que tenía en 1972 y sólo un 9% se convirtió en A2. Los potreros (P), se convirtieron en diferentes tipos de coberturas A1, U3, U2a, U2b, PU y U2m. Se observa una dinámica fuerte de transformación en las coberturas asociadas a humedal: H y Eh, que conservaron el 40% y 43% respectivamente. El 82% de las zonas de posible urbanización (PU), se transformó en U2m. Finalmente la urbanización U2m conserva un 94% de su área en 1972 y se observa que un 5% aumentó su densidad convirtiéndose en U2a (ver tabla 8).

Tabla 8. Matriz de transición de coberturas específicas (1972-1985)

Año 1972	Año 1985																		
	A1	A2	CG	U3	U2a	U2b	U1b	Un	M	MBb	P	H	Eh	PBb	PM	C	PU	F	U2m
A1	27%	23%		7%	2%	2%	6%				2%				2%		6%	11%	11%
A2	3%	76%	3%	6%		ns				2%	ns							5%	5%
CG			94%											2%	2%				2%
U3				73%		ns	6%			ns	ns			3%	3%		3%		9%
U2b	ns				9%	59%													30%
U1b							24%	2%						ns			5%		68%
Un								100%											
MBb		9%		2%						88%									
P	23%			2%	6%	18%					29%						6%		15%
H	13%	16%			ns						23%	40%							7%
Eh											39%		43%						17%
PBb			11%	ns					3%						60%				25%
PM		5%		19%			20%	2%	8%	7%	5%			ns	28%	ns	2%		ns
C								14%									86%		
PU	13%			3%										3%					82%
F																		100%	
U2m	ns				5%														94%

Para el periodo del año 1985 a 2006, la cobertura A2 se transforma en su totalidad, principalmente en A1 (64%) y F (12%). La cobertura A1 sólo conserva un 9% de área en 1985 y se transforma en U3, U2a, U2b, P, PM, PU, F, U2m y U1m. La cobertura U1b desaparece para el 2006 y se transformó principalmente en U2a (33%) y en U1m (50%). Dentro de las coberturas urbanas de tipo 2, U2b conservó el 60% de su área y un 27% se convirtió en U2m; U2m conservó la mitad de su área (51%), mientras que el 49% se transformó en el U2a; y U2a conservó el 95% de su área. MBb conservó el 82% de área y tuvo pequeñas transformaciones en U3, PBb y U2m. Las coberturas asociadas a humedales H y Eh, conservaron un 53% y 100% de área respectivamente; H se transformó en Eh (47%). Las zonas de PU se transformaron en U1m (18%) y U2m (49%). Finalmente C desaparece para el 2006, es reemplazada en su totalidad por PBb (ver tabla 9)

Tabla 9. Matriz de transición de coberturas específicas (1985-2006)

Año 1985	Año 2006															
	A1	CG	U3	U2a	U2b	Un	MBb	P	H	Eh	PBb	PM	PU	F	U2m	U1m
A1	9%		2%	20%	10%			12%	ns			2%	5%	4%	26%	9%
A2	64%	ns	7%		ns		ns	ns	2%					12%	3%	7%
CG		97%									ns	ns			ns	
U3	ns		67%	ns	5%			7%			10%			3%	4%	ns
U2a				95%				2%	2%							2%
U2b			ns	9%	60%		ns						ns		27%	
U1b	ns			33%				3%				ns	10%		2%	50%
Un				3%		94%					3%					
M			87%	ns								11%				ns
MBb		ns	5%				82%				5%	ns			2%	
P		4%	3%	14%	9%			14%	4%	2%	ns		ns	2%	42%	3%
H									53%	47%						
Eh										100%						
PBb		4%	12%								49%	21%			11%	4%
PM		4%	ns		10%						41%	24%			10%	10%
C											100%					
PU			ns	25%	ns				ns		4%				49%	18%
F								ns				ns	11%	77%	6%	5%
U2m				49%											51%	

8.2.2 Coberturas generales

CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

En la figura 5 se observa la drástica reducción de las áreas agropecuarias (A), que se reemplaza con la urbanización tanto formal como informal (UF y UI).

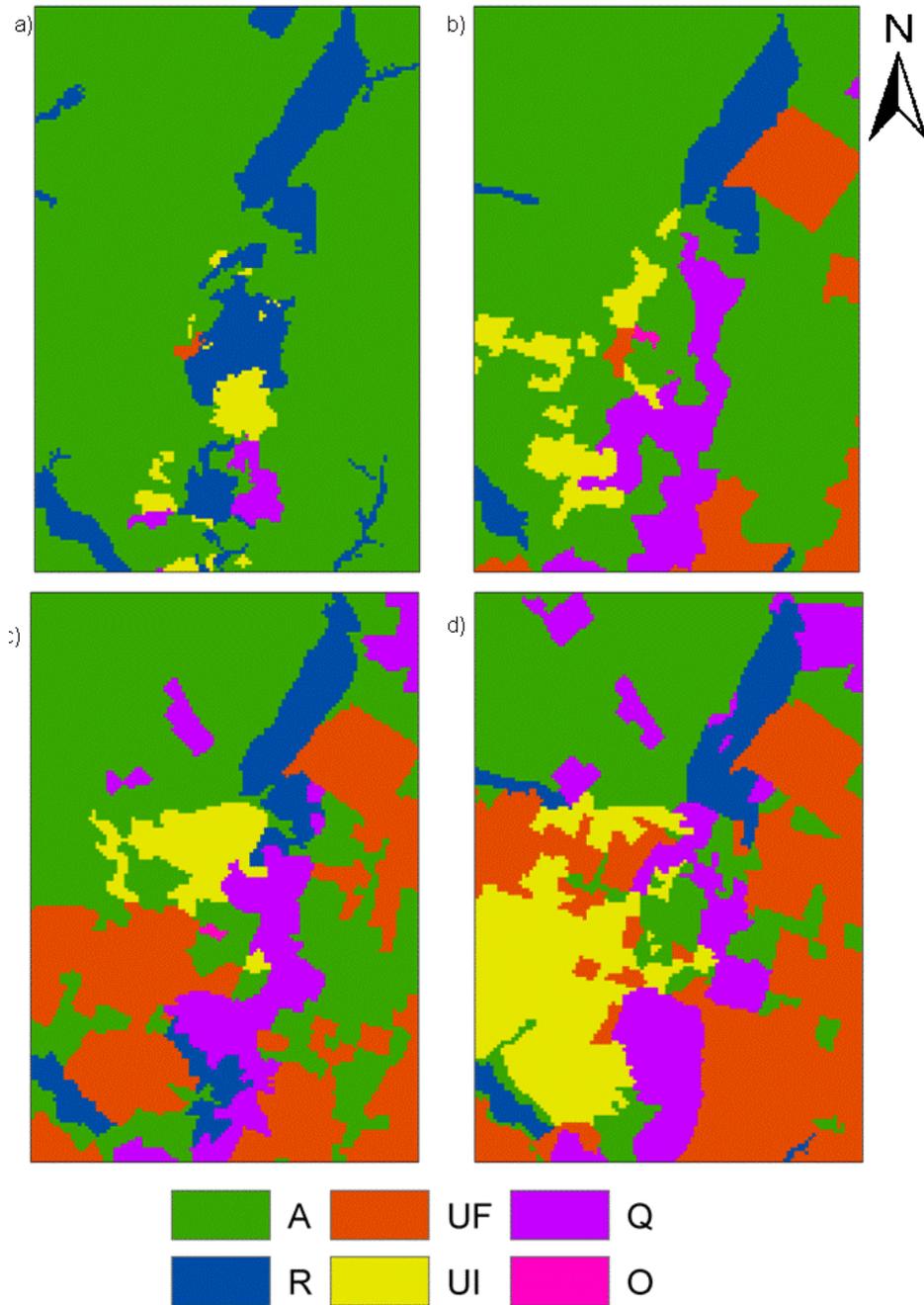


Figura 5. Mapas multitemporales de las coberturas generales dentro del área de estudio. a) 1955, b) 1972, c) 1985 y d) 2006.

En la tabla 10 se observa que A tiene un patrón de disminución con tasas medias de cambio descritas en la tabla 11. Los relictos de vegetación natural no presentan un patrón definido, pero para el periodo total estudiado pierden más de la mitad de su área, pasando de 653 ha en 1955 a 312 ha en 2006. La UF presenta un aumento constante a través de los años estudiados, pasando de 8 ha en 1955 a 1936 ha en 2006; la misma situación ocurre con Q. La UI, presenta aumentos y decrecimientos en su área pero al finalizar este estudio había ganado 146 ha entre 1955 y 2006. Las tasas medias de crecimiento o decrecimiento de estas coberturas se muestran en la tabla 11.

Tabla 10. Matriz general de cambio de las coberturas general (1955-2006)

	1955 (ha)	1972 (ha)	1985 (ha)	2006 (ha)
ÁREAS AGROPECUARIAS (A)	3941	3305	2376	1589
RELICTOS DE VEGETACIÓN SEMINATURAL (R)	653	284	365	312
URBANIZACIÓN FORMAL (UF)	8	550	1308	1936
URBANIZACIÓN INFORMAL (UI)	115	225	207	361
QUINTAS (Q)	90	435	545	609
OTROS USOS (O)	0	7	5	0

Tabla 11. Tasa media de crecimiento/decrecimiento de coberturas generales (1955-2006)

	1955-1972 (ha/año)	1972-1985 (ha/año)	1985-2006 (ha/año)
ÁREAS AGROPECUARIAS (A)	-37.4	-71.5	-37.5
RELICTOS DE VEGETACIÓN SEMINATURAL (R)	-21.7	6.3	-2.6
URBANIZACIÓN FORMAL (UF)	31.9	58.3	29.9
URBANIZACIÓN INFORMAL (UI)	6.5	-1.4	7.3
QUINTAS (Q)	20.3	8.5	3.0
OTROS USOS (O)	0.4	-0.2	-0.2

DINAMICA DE TRANSFORMACIÓN DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

Para el periodo del año 1955 a 1972, las áreas agropecuarias (A) conservan un 76% de su área original en 1955, se transformó principalmente en UF (14%) y en UI y Q con 5%. Los relictos de vegetación seminatural (R), perdieron más de la mitad de su área en 1955 conservando un 47% en 1972; se transformaron principalmente en A (34%) y en Q (16%). La urbanización formal (UF), conservó un 88% de su área y un 12% se transformó en O. la urbanización informal (UI) conservó un 85% de su área y un 10% se convirtió en UF. Las quintas (Q) conservan un 75% de área y el 25% restante se volvió UF. En el año de 1985 aparece O, que corresponde a las canteras, se ubican en el 12% de UF (ver tabla 12).

Tabla 12. Matriz de transición coberturas generales (1955-1972)

	Año 1972					
Año 1955	A	R	UF	UI	Q	O
A	76%		14%	5%	5%	
R	34%	47%	1%	2%	16%	1%
UF			88%			12%
UI	4%		10%	85%	1%	
Q			25%		75%	

En el periodo comprendido entre el año de 1972 a 1985, la cobertura A continua perdiendo área, transformándose principalmente en UF. Los R conservan el 76% de área y se transforman principalmente en A (19%). La UF conserva el 98% de su área y la UI pierde el 74% de su cobertura para transformarse en UF. Las Q conservan el 76% de su área y se transforman principalmente en UF (12%). Finalmente O conserva 86% de su cobertura y un 14% se transforma en UF (ver tabla 13).

Tabla 13. Matriz de transición de coberturas generales (1972-1985)

	Año 1985					
Año 1972	A	R	UF	UI	Q	O
A	68%	2%	18%	4%	8%	
R	19%	76%	2%		2%	
UF	2%		98%			
UI	1%		74%	24%		
Q	7%	1%	12%	5%	76%	
O			14%			86%

En el periodo comprendido entre los años 1985 al 2006, la cobertura A conservó un 60% de su área, un 25% se transformó en UF y el resto en R, UI y Q. La cobertura R conserva el 69% y un 21% de su área se convirtió en Q. La UF conserva un 92% del área que tenía en 1985; mientras que UI pierde el 50% de su área y transforma en UF (45%). Q pierde un 30% de su área, convirtiéndose en A

(19%) y UF (9%). La cobertura otros usos (O) que corresponde a las canteras se convierte en su totalidad en A (ver tabla 14).

Tabla 14. Matriz de transición de coberturas generales (1985-2006)

Año 1985	Año 2006				
	A	R	UF	UI	Q
A	60%	2%	25%	7%	6%
R	8%	69%	2%		21%
UF	1%		92%	6%	
UI	5%		45%	50%	
Q	19%		9%	1%	71%
O	100%				

8.2.3 Cobertura urbana-no urbana

CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

El reemplazo de la cobertura no urbana con la cobertura urbana, se observa en la figura 6.

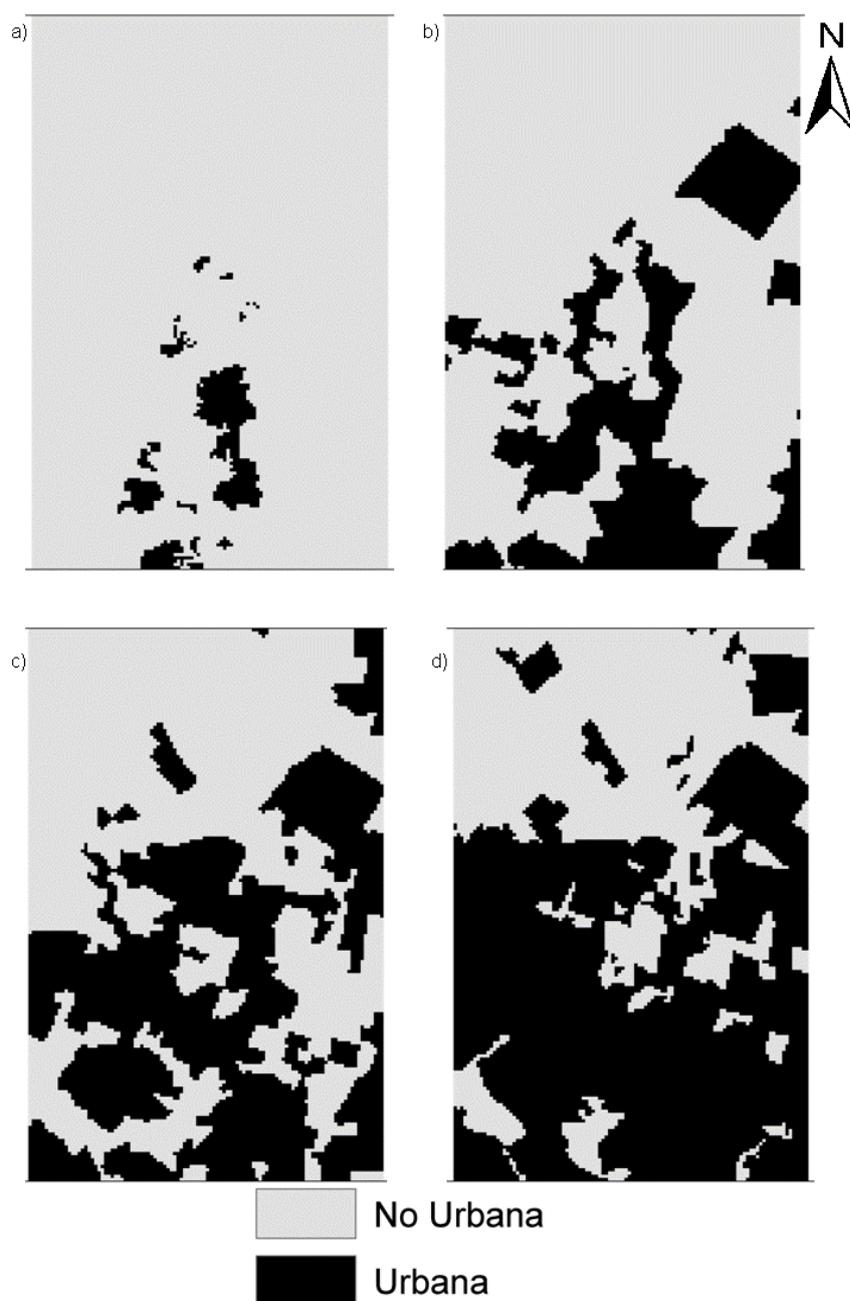


Figura 6. Mapas multitemporales de las coberturas Urbana – No urbana dentro del área de estudio. a) 1955, b) 1972, c) 1985 y d) 2006.

La cobertura urbana pasó de tener 213 ha en 1955 a tener 2906 ha en el 2006; mientras que la cobertura no urbana tenía 5494 ha en 1955 y en el 2006 cuenta con 1901 ha (ver tabla 15).

Tabla 15. Matriz general de cambio de las coberturas general (1955-2006)

	1955 (ha)	1972 (ha)	1985 (ha)	2006 (ha)
No urbana	4594	3589	2742	1901
Urbana	213	1217	2065	2906

Tabla 16. Tasa media de crecimiento/decrecimiento de coberturas generales (1955-2006)

	1955-1972 (ha/año)	1972-1985 (ha/año)	1985-2006 (ha/año)
No urbana	-59.1	-65.2	-40
Urbana	59.1	65.2	40

DINAMICA DE TRANSFORMACIÓN DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

En el periodo comprendido entre los años 1955 y 1972, la cobertura no urbana conserva un 77% de su área y un 23 % se convierte en urbano. La cobertura urbana conservó un 98% de su área (ver tabla 17).

Tabla 17. Matriz de transición cobertura urbana, no urbana (1955-1972)

	Año 1972	
Año 1955	No urbano	Urbano
No urbano	77%	23%
Urbano	2%	98%

Entre los años 1972 y 1985, la cobertura no urbana, pierde un 28% de su área para el año 1972; mientras que la cobertura urbana conserva el 96% de su cobertura para este año (ver tabla 18).

Tabla 18. Matriz de transición cobertura urbana, no urbana (1972-1985)

	Año 1985	
Año 1972	No urbano	Urbano
No urbano	72%	28%
Urbano	4%	96%

Durante el periodo comprendido entre los años 1985 y 2006, la cobertura no urbana continúa perdiendo su área (36%). La cobertura urbana conserva el 93% de su área en el año 2006 (ver tabla 19).

Tabla 19. Matriz de transición cobertura urbana, no urbana (1985-2006)

	Año 2006	
Año 1985	No urbano	Urbano
No urbano	64%	36%
Urbano	7%	93%

8.4 PREDICCIÓN DE LA PRESENCIA DE COBERTURA URBANA EN EL AÑO 2006 CON BASE EN LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

La ecuación de regresión obtenida es la siguiente:

$$\text{logit}(\text{cob06}) = -1.0430 - 0.006828 \cdot \text{disvias06i} - 2.091440 \cdot \text{inundación} - 0.071040 \cdot \text{pendiente} + 3.753394 \cdot \text{perímetro} - 1.355181 \cdot \text{areaprot}$$

donde $\text{logit}(\text{cob06})$ es la variable respuesta Y, e indica la probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana o no en la predicción.

Las estadísticas para la validación del modelo son las siguientes:

Pseudo R^2 : 0.4731; que de acuerdo con la bibliografía, un valor superior a 0.2 indica una bondad de ajuste del modelo relativamente buena.

ROC: 0.9134; de acuerdo con la clasificación descrita este valor indica que la bondad de ajuste del modelo es muy buena.

La figura 7 muestra el mapa de probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana en el año 2006. La figura tiene valores del 0 a 0.94; siendo 0 la no probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana y 0.94 la máxima probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana.

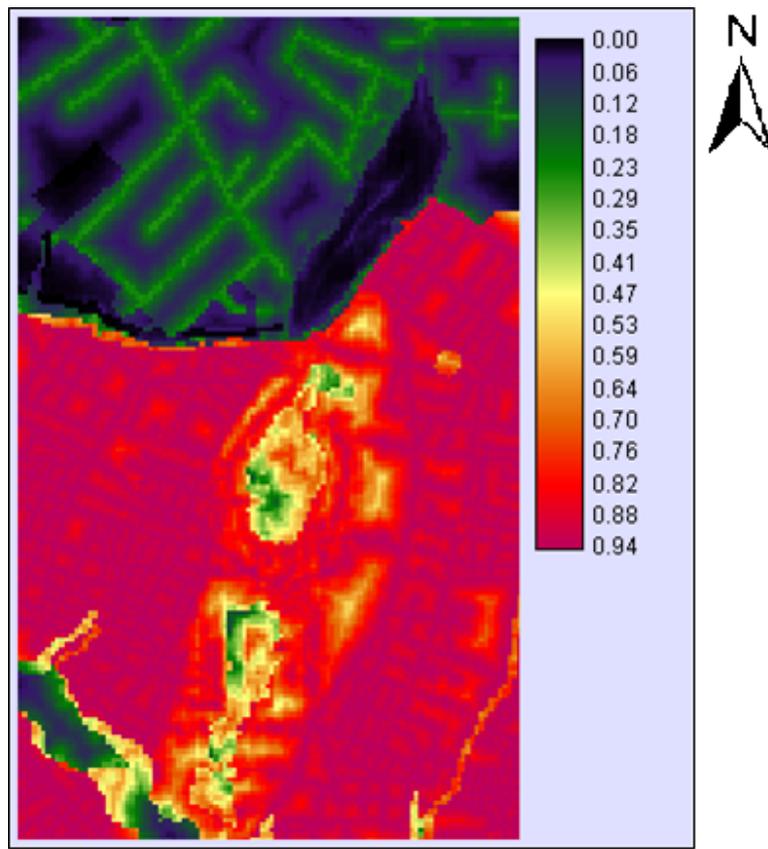


Figura 7. Mapa de probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana y no urbana.

La figura 8, muestra la localización de las predicciones correctas e incorrectas del modelo para el año 2006. El color negro indica las predicciones correctas realizadas por el modelo de cobertura no urbana (80.6%), el color naranja indica las zonas donde el modelo predijo cobertura no urbana y en la realidad hay cobertura urbana (19.4%). El color rosado indica las áreas correctamente predichas de cobertura urbana (87.2%) y finalmente, el color verde indica las áreas de cobertura urbana que el modelo definió como no urbana (12.8%).

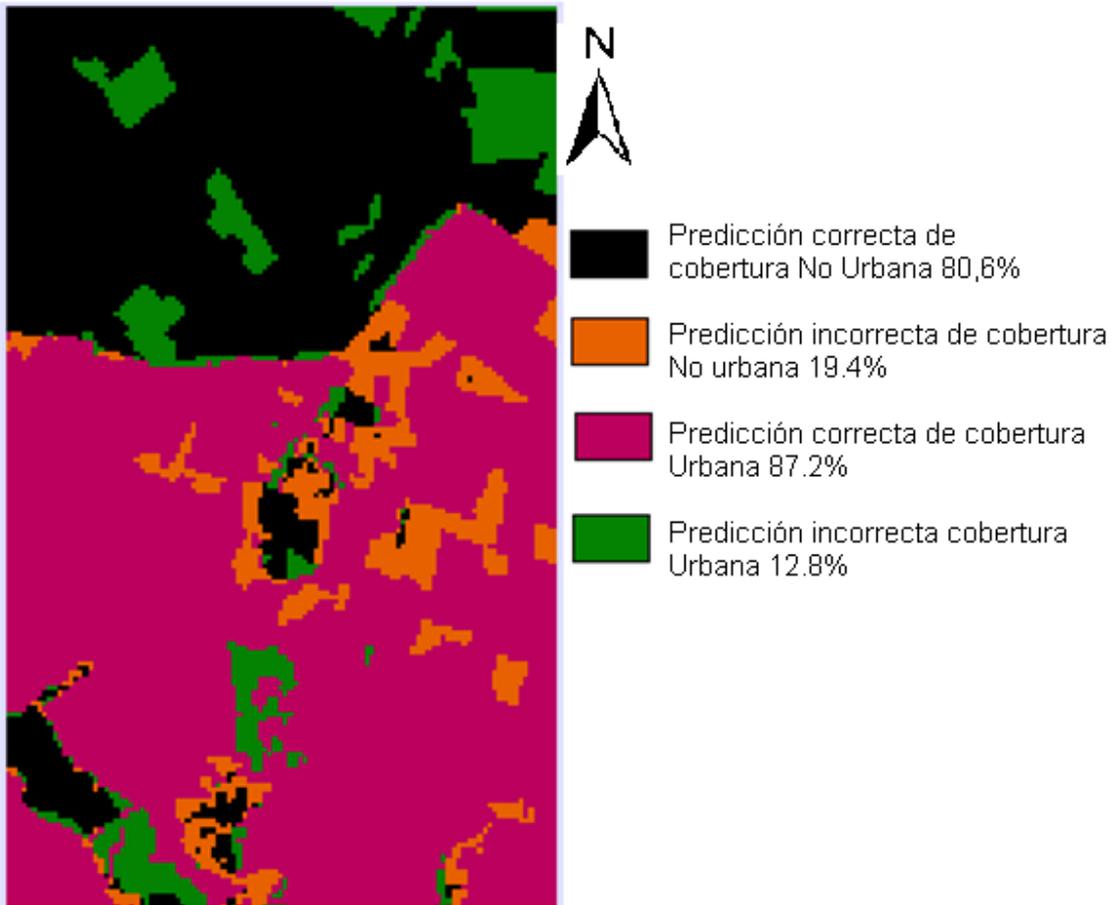


Figura 8. Mapa que muestra la localización de las predicciones correctas e incorrectas de la cobertura para el año 2006.

9. DISCUSION

9.1 EVOLUCIÓN DEL PAISAJE EN EL ÁREA DE ESTUDIO (1955-1006)

Del cambio en el área de todos los tipos de cobertura estudiados se hace evidencia del papel del hombre como un factor determinante de la dinámica de la del paisaje, hasta el punto que la totalidad de la estructura actual en zona de estudio es producto de las actividades del hombre sobre el territorio.

9.1.1 Coberturas específicas

CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

La definición de 21 coberturas dentro del área de estudio, permitió hacer una revisión exhaustiva del cambio en el tiempo de algunas coberturas en particular, que permitirá describir cómo fue el proceso de crecimiento urbano en el área de estudio.

En la figura 5 y la tabla 6, se observa una clara disminución del área agropecuaria A2, que en la década de los 50 constituía casi la totalidad de la cobertura del suelo de Suba (haciendas El Rincón, Tuna, Casablanca, Cerro Sur, Cerro Centro, El Prado, Santa Inés, Tibabuyes, San Ignacio, Arrayanes, La Conejera y Santa Bárbara; entre otras); debido principalmente al cambio en el uso de la tierra y al proceso de lotización para venta. Coberturas asociadas con la producción de ganado como potreros (P, PM, PBb) y las zonas agropecuarias A1 no presentan una tendencia clara hacia la reducción o el aumento; esto es producto de decisiones humanas concretas sobre estos territorios, como por ejemplo la adquisición de lotes de “engorde” es decir lotes que se dejan como están a la espera de su valorización por obras de urbanismo para su posterior venta.

Los cultivos de flores (F) aumentaron en área desde el año 1972, cuando los pobladores cambiaron su mentalidad y pasaron de la producción y mercadeo agrícola y de ganado a la producción agroindustrial, que en la actualidad se ubica especialmente fuera del perímetro urbano de la localidad y cuenta con un área de 371 ha aproximadamente.

Dentro de las coberturas asociadas a relictos de vegetación seminatural, las coberturas MBb y M muestran una tendencia estable; lo anterior se debe a que esta cobertura se ha conservado sin cambios durante todo el periodo de tiempo estudiado en el Cerro La Conejera. El relicto de bosque andino de planicie,

ubicado al norte del área de estudio fue reemplazado por áreas agropecuarias para 1972.

La disminución de las coberturas Eh y H hasta 1985, se debe a que durante la década de los 70 y 80 se conforman las primeras aglomeraciones en la periferia, especialmente alrededor de los cuerpos de agua (Alcaldía de Bogotá *et al*, 2004). Lo que hace que su área disminuya producto del desarrollo de esta urbanización informal con el relleno para el establecimiento de estructura urbana. Lo anterior dejó serios problema de contaminación ambiental, como es el caso del Humedal Juan Amarillo, donde los pobladores desde el año de 1976 vertían aguas servidas, basuras y escombros en la laguna. El aumento para el 2006 es producto de la legislación sobre estos espacios como zonas de protección y de uso urbano restringido y al manejo de los humedales por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAAB) en el año 2002.

El crecimiento acelerado de U2a y U2m es producto de la dinámica de expansión urbana que ha ocurrido en la zona desde el inicio de este estudio, a medida que se aumenta la infraestructura urbana (vías, prestación de servicios públicos, sistemas de transporte público, etc), éstas zonas aumentan en área; así mismo el crecimiento de esta áreas fue acelerado por la construcción de la ampliación de la avenida Boyacá desde la avenida Suba hasta la calle 170, a principios del año 2000. Dicha ampliación trajo consigo el desarrollo a gran escala de conjuntos familiares de casas y apartamentos.

El asentamiento urbano núcleo (Un) conserva su área a través del tiempo, debido a que corresponde al centro histórico de la localidad, el cual no ha sufrido cambios en cuanto a su composición urbana.

Las zonas de posible urbanización (PU), aumentaron en el año de 1972 con la venta de tierras a empresas constructoras y constructores ilegales; pero ya para el año 2006 su área disminuye por el reemplazo de estas con cobertura urbana propiamente dicha.

Dentro de la urbanización informal, se evidencia que U1b, presente hasta 1985 desapareció ante la presión por vivienda de carácter informal especialmente en el sector occidental del Cerro de Suba, transformándose en casi en su totalidad en el asentamiento tipo 1 de densidad media U1m en el año 2006.

Las quintas y las canchas de golf presentaron un comportamiento de crecimiento. CG aumentó significativamente; debido a la construcción del club Los Lagartos (establecido en la década de los 30), el club Los Búhos (establecido en la década de los 70) y el club La Montaña (establecido a finales de la década de los 70) y el único ubicado en la zona de reserva forestal del Cerro de la Conejera. El crecimiento en área de las fincas y quintas inicia a partir de la década de 1940, con una migración lenta de habitantes de Bogotá, hacia Suba en búsqueda de un lugar tranquilo lejano de la ciudad, en la actualidad esta cobertura está ubicada en el Cerro de Suba y fuera del perímetro urbano de la localidad principalmente, cerca a la vía Suba-Cota, aun hoy en día los Cerros y las áreas limítrofes a la ciudad siguen conservando un carácter rural que presenta un gran atractivo para quienes habitan en ellas; por la vista que tiene de la ciudad y una gran cantidad de zonas verdes.

Finalmente las canteras (C) ubicadas al oriente de la plaza central de Suba fueron reemplazadas por el Parque Metropolitano Mirador de los Nevados, que surgió como una estrategia de restauración ecológica dentro de la ciudad.

DINÁMICA DE TRANSFORMACIÓN DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

Las matrices de transición permiten describir los cambios de las coberturas específicas a nivel más detallado, tanto de tiempo como de superficie cubierta.

1955-1972

Para este periodo la tabla 7, se observa que las área de producción agropecuaria eran de gran importancia en la zona cuya vocación rural y sostenía comunidades indígenas y campesinas. Para el año 1972 se inicia una tendencia, que es general para todas las transiciones de las coberturas de uso agropecuario (A1, A2, P, PM) dicha tendencia es la de urbanizarse y cambiar su uso rural por el urbano mediante el establecimiento de infraestructura urbana y viviendas en su gran mayoría; así mismo la unidad U3 siguió la misma tendencia al convertirse en PU y U2m. La cobertura MBb constituía un remanente de gran importancia de vegetación seminatural y estaba ubicado en gran parte del Cerro, mientras que en las partes planas se ubicaban las áreas de producción agropecuaria; pero ésta cobertura pierde casi la mitad de su superficie al ser transformada en U3 y PM.

Los humedales H, fueron rellenados para su crear lotes para la urbanización que demandaba la ciudad, ya desde este periodo de tiempo los humedales fueron algunas de las zonas receptoras la población víctima de un desarrollo social desigual de las comunidades campesinas e indígenas que al no tener acceso a vivienda y a servicios públicos, busca zonas baratas donde establecerse.

El núcleo urbano (Un), es hoy en día aquella zona en la que se ubicaban las casas en ladrillo, que contaba calles regularmente arregladas y la necesidad de implementar los servicios de agua potable, luz, teléfono, vías y transporte público. Dicha zona corresponde a lo que es hoy en día en centro de Suba y su área permanece relativamente constante.

1972-1985

En este periodo de tiempo continúa la tendencia de transformación de las áreas de uso agropecuario por áreas de uso urbano; aunque es claro que para esta época Suba aun no contaba con las condiciones apropiadas para convertirse en un polo de desarrollo urbano, la demanda de tierras para construcción es cada vez mayor;

así mismo se observa que en este periodo la urbanización informal (U1b), también cede a la demanda de tierras por parte de empresas constructoras, lo que hace que se transforme en U2m. Ya en este periodo se observa la presencia de U2a para el año de 1985, lo que inicia la densificación de zonas como A1, U2b, P, y U2m; mediante la construcción de edificios. La cobertura MBb, se conserva ya en este periodo de tiempo, principalmente en el Cerro La Conejera. La intervención sobre los humedales continúa, transformándose en áreas agropecuarias y zonas urbanas.

La expansión urbana sobre las coberturas no urbanas, continúa debido a los procesos de desplazamiento ocurridos en el país y a la constitución de la capital como una ciudad de gran atractivo migratorio; lo cual tiene como consecuencia la conformación de las primeras aglomeraciones en la periferia.

1985-2006

A principios de los años 80 se aumenta en gran porcentaje la cobertura de la prestación de servicios públicos en la zona, lo que tiene serias consecuencias sobre la tendencia a la expansión urbana. Ya en este el área remanente de A2 que está ubicada únicamente fuera del perímetro urbano desaparece completamente y se convierte en A1, F y Q. Las áreas agropecuarias remanentes continúan su transformación hacia usos urbanos como U2a, U2b, PU, U2m y U1m.

Durante este periodo se da un incremento en la densidad de U1m que aparece en 2006, lo cual es producto del crecimiento urbano acelerado y desordenado, y el desplazamiento de población de Bogotá hacia el sector de Suba, lo cual convierte a Suba en una de las localidades con mayor tasa de expansión no planificada de la ciudad. Con la consecuente transformación de las zonas de humedales y remanentes de vegetación seminatural. El aumento en todas las coberturas urbanas es producto de varias decisiones sobre el territorio, entre ellas el POT, la construcción de vivienda de interés social, la construcción tanto legal como ilegal;

es de resaltar el crecimiento en la densificación, es decir, en el número de edificios cuya área aumentó considerablemente en el 2006.

9.1.2 Cobertura general

CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

La cobertura A, como se ha mencionado anteriormente ha visto su área reducirse ante la demanda de tierras para el establecimiento de coberturas urbanas. El periodo en cual fue más drástica su reducción fue en el de 1972-1985, debido a que es en el año de 1972 cuando se acelera el proceso de expansión urbana dentro de la localidad. Para el año de 2006 las áreas agropecuarias que aún se conservan se encuentran ubicadas en su mayoría fuera de la línea de perímetro urbano de la localidad; y se encuentran junto con otra gran variedad de usos de la tierra: fincas, colegios, industrias, restaurantes; entre otros.

Los relictos de vegetación seminatural (R) se vieron reducidos cerca de 22 ha/año en el periodo de 1955-1972, debido al establecimiento de cobertura urbana, pero también a su deforestación (en el caso de MBb o MBb) o a su desecación en el caso de (H y Eh) para el uso agropecuario. En el siguiente periodo de tiempo su tasa de crecimiento pasó a ser positiva. En la actualidad más de la mitad de los relictos de vegetación seminatural están ubicados en el Parque Ecológico Distrital De Montaña Cerro La Conejera, que cuenta con un área de 161 ha y su cobertura son matorrales y bosques bajos MBb. Los relictos de vegetación seminatural junto con las áreas agropecuarias, fueron las zonas más afectadas por la demanda de suelo de los nuevos habitantes y a las presiones de los propietarios por vender terrenos para la construcción

La cobertura UF, presenta un crecimiento acelerado desde el año 1955, debido a la demanda de tierras para construcción, lo que hizo que se cambiara el uso del suelo, para pasar de rural a urbano mediante la parcelación y venta de tierras de algunas haciendas como Santa Inés, Tibabuyes, San Ignacio, Arrayanes, La Conejera y Santa Bárbara a compañías constructoras. Aunque Suba no contaba con la infraestructura para el establecimiento de esta cobertura, fue cediendo ante la expansión urbana y a la demanda de tierras; lo que provocó que un crecimiento acelerado de la urbanización informal especialmente desde 1972; donde inicia el periodo de mayor crecimiento de esta cobertura hasta 1985, donde tuvo una tasa media de crecimiento de 58.3 ha/año, la cual pasó a 30 ha/año en el siguiente periodo (1985-2006). En la actualidad esta cobertura cuenta con 1936 ha y está concentrada en su mayoría en el costado oriental del Cerro de Suba (San José de Bavaria, Colina Campestre, Lindaraja, La Alambra, entre otros barrios); donde el proceso ha sido planificado pero acelerado y se sigue construyendo anunciándolo como una zona exclusiva.

La UI ha estado liderada por intereses privados, donde la división de grandes fincas y la parcelación se ha desarrollado espacialmente desligada de una planeación de ciudad. El loteo fue tan rentable, que trajo como consecuencia la promoción del crecimiento acelerado de nuevas urbanizaciones y el aumento de la población, que daba lugar a un nuevo espacio urbano, dentro de las condiciones rurales de la zona; lo que hizo que en algunos sectores de la localidad como Rincón, Gaitana y Tibabuyes, el crecimiento sea desordenado, caótico y confuso. Actualmente, esta cobertura cuenta con 361 ha y se concentra en el costado occidental del Cerro de Suba, se encuentran en su gran mayoría viviendas de estrato 2 y una pequeña zona de estrato 3, el tipo de urbanización en ésta zona ha sido espontáneo, sin planificación y un poco más lento. Por esta razón aún no se alcanza una alta densidad de población.

Se documentaron entonces, en el área de estudio, las dos formas de crecimiento urbano según Molina (1982), que son resultado de los procesos de urbanización planeada (formal) y no controlada (informal).

Dentro de los procesos planeados: se observa la expansión contigua al tejido existente dado por ensanche, y la planeación de crecimiento por conjuntos residenciales dado por polígono. Lo cual es claramente visible en zonas como San José de Bavaria, Niza; entre otros. Que de acuerdo con Alcaldía Mayor de Bogotá, et al (2004) son zonas de estratos medios y altos, que cuentan con infraestructura de espacio público, equipamientos colectivos y condiciones ambientales y de habitabilidad adecuados

Dentro del proceso de urbanización no controlada se encuentran: la proliferación tugurial y el desarrollo progresivo por invasión. Como se observó en las zonas del centro de Suba, El Rincón, Tibabuyes, Casa Blanca; entre otros; que de acuerdo con Alcaldía Mayor de Bogotá, *et al* (2004), son sectores de estratos 1 y 2, que presentan deficiencias en infraestructura, accesibilidad, equipamientos y espacio público.

DINÁMICA DE TRANSFORMACIÓN DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

1955-1972

Los cambios en el porcentaje de cobertura en A y R corresponden a las primeras manifestaciones de la dinámica de expansión urbana en la zona, es de resaltar que en este primer periodo R, fue la cobertura que se vio más afectada no por el crecimiento de las coberturas urbanas sino por la conversión de tierras para producción agropecuaria. El área de UF se conserva en su gran mayoría, ya se observa que su presencia predomina en el sector Autopista Norte; y el 12% que se transformó en O, es decir en canteras, se debe posiblemente a errores en la sobreposición de imágenes para el estudio multitemporal; ya que las canteras

estaban ubicadas muy cerca del centro urbano del que era el pueblo de Suba y que hoy es el la plaza central. La urbanización informal era la predominante en este periodo de tiempo, se concentra principalmente en el sector Rincón, ya que las construcciones que existían estaban sobre un territorio cuya vocación era rural, lo cual hacía que estas primeras manifestaciones urbanas no contaran con las normas básicas de urbanismo como lo son: espacios verdes, prestación de servicios públicos, vías y servicio público; como si lo cuentan la UF.

La cobertura Q se transforma en UF, principalmente en las zonas planas, que son las de más fácil acceso.

1972-1985

Las coberturas A y R, continúan la dinámica descrita en el periodo anterior; A se transforma en cobertura urbana (UF), mientras que R se transforma principalmente en A. En lo que hoy en día corresponde al sector Autopista Norte, continua el crecimiento de UF. La cobertura UI que pierde su área para transformarse a en UF, debido a que en zonas como en el sector Salitre que antes no contaban con la infraestructura urbana propia de la UF, aumentaron el acceso a servicios públicos, lo que hizo que durante este periodo de tiempo se incrementara la construcción de conjuntos multifamiliares de casas y edificios; que de acuerdo con la clasificación realizada dichas unidades con una geometría definida, corresponden a UF.

1985-2006

En la actualidad la composición de la zona de estudio, corresponde con los sectores urbanos definidos anteriormente. De esta forma A pierde el 40% de su área y se limita principalmente al sector No urbano, ubicado fuera del perímetro urbano de la localidad. Por otra parte R empieza a convertirse en Q, específicamente en el sector Cerro Norte, donde hay un uso mixto principalmente

de fincas, quintas e instituciones. La urbanización formal (UF) continúa con su expansión en el sector Autopista Norte sin perder un gran porcentaje de área; cumple con las normas legales de urbanismo y tiene forma de urbanizaciones y conjuntos residenciales de estratos 4, 5 y 6.

La cobertura UI conserva la mitad de su área en el sector Rincón y Cerro Sur, donde el patrón de vivienda es caótico y confuso, así como el acceso y la comunicación también.

9.1.3 Cobertura Urbana – No Urbana

CAMBIO EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

La dinámica de expansión urbana en el área de estudio, es resultado del desarrollo de Bogotá como ciudad moderna a comienzos de siglo XX, cuyo principal patrón de crecimiento urbano ha sido por barrios residenciales ubicados en la periferia con el correspondiente desplazamiento social hacia ésta. Adicionalmente, en el borde norte de Bogotá el desarrollo urbano se ha dado espontáneamente, producto de ampliar continuamente el perímetro urbano, razón por la cual no está configurado ni espacial, ni funcionalmente al interior de la ciudad (Jiménez, 2002).

Históricamente las décadas de los 60 y 70, son determinantes para los procesos urbanos en el área de estudio y en la ciudad en general. El crecimiento urbano es acelerado producto de la migración por violencia rural (Preciado, 2005); lo cual hace que la ciudad crezca hacia sus límites, entre ellos Suba, mediante procesos de construcción e invasión que contaban con las mínimas normas para su desarrollo urbano (Alcaldía de Bogotá, 2004).

En el área de estudio se observó que a medida que la tierra plana se fue agotando, se urbanizaron las áreas de mayor pendiente, sin llegar a una total

urbanización de estas. Y cuyo uso a pesar de ser mixto, es principalmente de aéreas de reserva y quintas.

Posteriormente cuando se aumentó la cobertura de la prestación de servicios públicos a inicios de los años 80, se aumentó la tasa de urbanización tanto formal como informal en el área de estudio.

La expansión del área urbana aquí documentada, ha alterado significativamente el paisaje natural; mediante el cambio en los usos de la tierra pasando de rural a urbano mediante el establecimiento de la infraestructura correspondiente, como vías, servicios públicos, entre otros. Lo que ha afectado el suministro de agua y la calidad del agua, debido a la desaparición y canalización de los cuerpos de agua ubicados en la zona; así mismo la reducción de las coberturas naturales tiene consecuencias sobre la disponibilidad de hábitat de fauna y flora.

Al fragmentarse las áreas vegetales, están quedan aisladas y vulnerables a la invasión de especies no nativas, como se documentó anteriormente sobre la invasión de ciertas zonas del Cerro por retamo espinos y liso.

DINÁMICA DE TRANSFORMACIÓN DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

Cuando se agrupan las coberturas generales en coberturas urbanas (UF, UI, O, Q) y coberturas no urbanas (A y R). Es evidente que en cada periodo de tiempo, el aumento de la cobertura urbana es cada vez más significativa. La cobertura urbana se consolida con el tiempo sin perder área, mientras que la cobertura no urbana cede cada vez más área. Es importante resaltar los esfuerzos institucionales para la protección de los remanentes de vegetación seminatural, como es el caso de los Parques Ecológicos Distritales de Humedal y el Parque Ecológico Distrital de Montaña Cerro La Conejera; que son esfuerzos importantes en la conservación de ecosistemas propios del territorio distrital. Pero es evidente

que la urbanización ha tenido una fuerte expansión aproximadamente de 50ha/año, y que los límites los ponen las decisiones humanas sobre el territorio, como es el caso de los Parques, o la definición del perímetro urbano que prohíbe un uso urbano más allá de esta línea, o la Resolución Ejecutiva 76 de 1977 que restringe el uso urbano por encima de la cota de 2650 msnm.

9.2 PREDICCIÓN DE LA PRESENCIA DE COBERTURA URBANA EN EL AÑO 2006 CON BASE EN LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

El modelo utilizado contó con una bondad de ajuste a la realidad buena. La ecuación muestra como se comportaría la variable respuesta Y (presencia o no de cobertura en el año 2006), en función de las variables explicativas X (disvias, inundación, pendiente, perímetro, areaprot). Los coeficientes que se observan en la ecuación muestran que:

- La única variable con coeficiente positivo (+) fue perímetro, lo cual indica que la relación entre la presencia o no de cobertura urbana y el perímetro urbano es positiva; lo cual quiere decir que la presencia de este factor (la existencia de una línea que divide entre el uso urbano y el rural) aumenta la probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana dentro de la zona. Al ser el coeficiente (3.753394) el mayor de todos los coeficientes, ésta variable es el factor más determinante en la probabilidad de ocurrencia de cobertura urbana en la zona.
- La variable inundación con un coeficiente de - 2.091440, es la segunda variable que determina la cobertura urbana en la zona, al ser negativo el coeficiente indica que las zonas con posibilidad de inundación reducen la probabilidad de ocurrencia de la cobertura urbana en la zona.
- Sigue la variable Áreas protegidas, que con un coeficiente de - 1.355181, indica que la presencia de dichas zonas reduce la probabilidad de ocurrencia de la cobertura urbana. Se puede entender que esta variable no tenga tanto peso en el

modelo ya que además de tomar todas las áreas protegidas actuales del Mapa de Estructura Ecológica Principal 469 de 2003 en la localidad de Suba, se extrajo del DTM toda el área correspondiente a la ubicada por encima de los 2650 msnm. Como se ve en la figura 21, las áreas protegidas en la realidad ubicadas por encima de los 2650 msnm, son mucho más pequeñas que lo que deberían ser en realidad, de acuerdo con el DTM (ver figura 9).

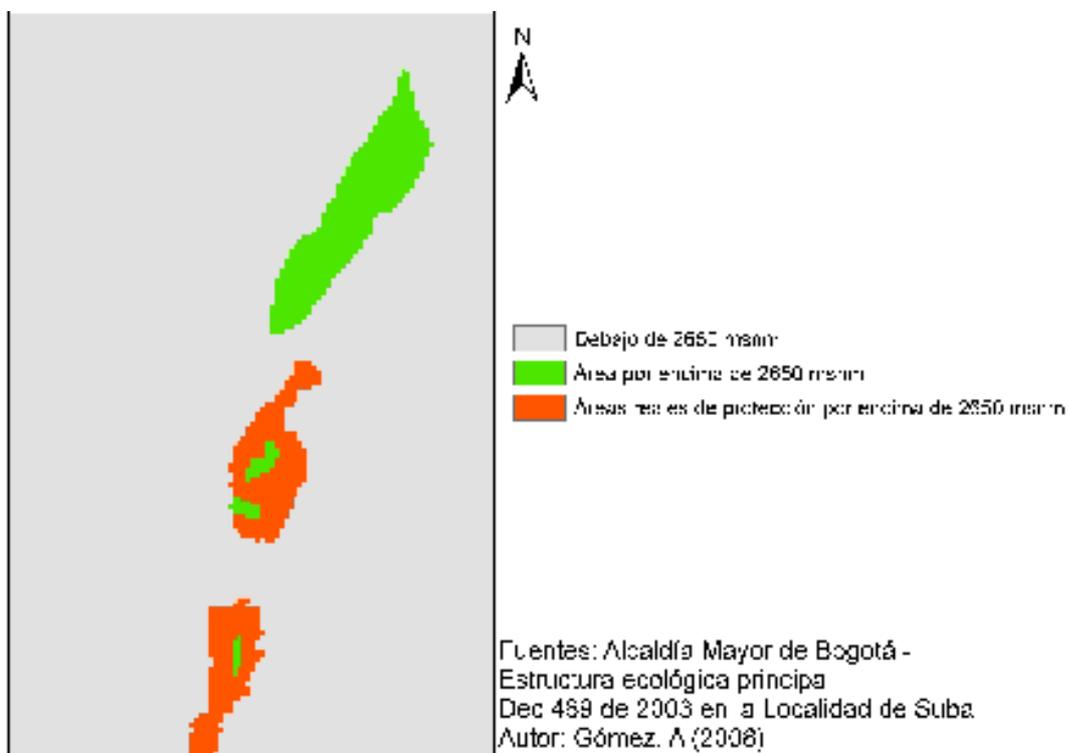


Figura 9. Áreas por encima de los 2650 msnm y áreas actuales de protección por encima de los 2650 msnm

Se siguió la estructura propuesta por Tang, (2007) para la elaboración de un modelo de crecimiento urbano confiable

- 1- Se elaboró un marco teórico y técnico sobre el crecimiento urbano, donde se explicó el proceso y las variables que lo determinan.
- 2- Se documentó el proceso de crecimiento urbano general en la ciudad de Bogotá y más específicamente en la localidad de Suba, para describir la dinámica histórica de la estructura urbana estudiada.
- 3- Mediante el modelo se obtuvo un mapa de probabilidad de presencia de cobertura urbana, que aunque no tiene un gran poder predictivo debido al área estudiada; permitió definir cuáles son los factores determinantes en el crecimiento urbano para la zona de estudio.
- 4- El último paso de incorporar los diferentes parámetros económicos, sociales y políticos para monitorear el crecimiento urbano, no se logró llevar a cabo debido a falta de información para todos los años en el área de estudio.

Mediante la figura 8 es posible determinar en cuales zonas el modelo realizó predicciones correctas e incorrectas de las coberturas urbana y no urbana. Este tipo de mapas junto con las estadísticas ROC y Pseudo R^2 , constituyen pruebas de la bondad de ajuste del modelo a la realidad. Se observó que la predicción correcta urbana, está limitada por la línea del perímetro urbano, lo que causó que la predicción incorrecta de áreas urbanas esté ubicada fuera del perímetro urbano (fincas y quintas). Así mismo otra de las zonas que el modelo predice incorrectamente como urbana, es la zona de humedal, más específicamente la zona del humedal Juan Amarillo. Finalmente hay una zona de predicción urbana incorrecta en los Cerros por encima de los 2650 msnm.

En cuanto a la predicción correcta de cobertura no urbana, básicamente se limita al exterior del perímetro urbano de la localidad, a algunas áreas protegidas en los Cerros y al espejo de agua del humedal Juan Amarillo. La predicción incorrecta de cobertura no urbana, está distribuida dentro de la zona del perímetro urbano posiblemente en zonas a urbanizar que aunque no presentan cobertura urbana como tal, tienen la infraestructura para que se establezca.

9.3 CRECIMIENTO URBANO EN SUBA EN COMPARACIÓN CON OTRAS CIUDADES

Para la ciudad de Morelia – México, así como en este estudio las áreas de cultivo fueron la categoría de mayor área al inicio del estudio, aunque dicha área disminuyó sustancialmente durante ambos estudios. La tasa media de crecimiento urbano de Morelia (88.6 ha/año) fue mucho mayor que el promedio de crecimiento de la cobertura urbana en el área de estudio (54.8 ha/año). La mayoría del área urbana (46%) en Morelia, se encuentra localizada en la llanura, ocupando tierras agrícolas de buena calidad. Tal es el caso de la localidad de Suba donde la urbanización se concentró en los costados del Cerro de Suba; ocupando tierras de producción agropecuaria.

En el caso de la ciudad de Shijiazhuang, China; la cobertura urbana creció a un tasa media de 240 ha/año en el periodo comprendido entre los años 1934 a 2001. Este crecimiento es casi 5 veces la tasa media de crecimiento del área urbana para el área de estudio de la localidad de Suba. En Shijiazhuang, la tasa de crecimiento ha sido variable en el tiempo debido a diversos factores geográficos y socioeconómicos, como crecimiento de la población, políticas, y desarrollo económico

La expansión urbana en la región de Shijiazhuang, difiere de grandes ciudades de Asia como Beijing y Tokio, cuyas tendencias de expansión se dieron a lo largo de corredores, como vías de transporte, desde el centro de las ciudades. Y también difiere de la situación en la región de Shenzhen, China; cuya expansión muestra una alta correlación con el factor geomorfológico (pendiente), la distancia al centro de negocios y las vías principales de transporte.

La tendencia de la expansión urbana en el caso mexicano, en el caso chino y en el caso aquí estudiado; es la de la extensión de los márgenes alrededor del territorio urbanizado. Este es un fenómeno muy común en el desarrollo urbano de muchas ciudades chinas y latinoamericanas.

Por otra parte, existe un tipo de crecimiento urbano que se da en ciudades Norteamericanas y es el “urban sprawl”, cuyo proceso consiste en la creación de áreas suburbanas residenciales de baja densidad poblacional e inmersas en coberturas naturales, alejadas de los centros urbanos. Para el caso de la región de la ciudad de Seattle las áreas suburbanas crecieron un 756% en 25 años mientras que las rurales y silvestres disminuyeron un 55%. En este caso la cobertura rural y silvestre se vio reemplazada, por cobertura suburbana; fenómeno que no se observó en la localidad de Suba, donde un 42.3% de la cobertura no urbana (áreas agropecuarias y remanentes de vegetación seminatural) fue reemplazada totalmente por cobertura urbana y en muchos casos de densidad media o alta.

Los factores que determinan el proceso de crecimiento urbano varían dependiendo de la región, la historia y dinámica del país. En el caso de Morelia sufrió un proceso de migración desde áreas rurales dentro del Estado de Michoacán y de áreas urbanas del centro de México, lo que hace que la población sea el principal factor de crecimiento. En Shijiazhuang los factores que más influenciaron dicha expansión fueron, la población, las vías de transporte, la industrialización y las políticas de manejo de la tierra. Y finalmente en Seattle las políticas que promueven el desarrollo disperso y de baja densidad en áreas rurales y silvestres fue el principal factor determinante del crecimiento “urban sprawl”, en esta ciudad.

El caso del área de estudio mostró la tasa media anual más baja de crecimiento urbano con respecto a los casos estudiados, sin embargo se recalca que el proceso de urbanización en el área estudiada ha sido fuerte teniendo en cuenta la reducida área estudiada en comparación con los otros estudios. Los factores determinantes del crecimiento urbano son propios de cada ciudad y dependen de las condiciones ambientales, sociales, políticas y económicas.

9.4 LIMITACIONES DEL TRABAJO

Las limitaciones de este trabajo en cuanto a la predicción de probabilidades de presencia de cobertura urbana son las siguientes:

- Distorsión en la interpretación y clasificación de coberturas
- Tipo y número de variables: Debido a que las ciudades son sistemas muy complejos donde se dan relaciones sociales, económicas, culturales, ambientales y administrativas que establecen los seres humanos simultáneamente en el tiempo; y que están ligadas a un territorio concreto. Para comprender lo mejor posible dicha complejidad, la utilización de la mayor cantidad de variables relacionadas con el fenómeno a predecir es muy importante.
- Variables socioeconómicas: a pesar de ser las variables de mayor importancia en el fenómeno del crecimiento urbano porque están relacionadas con las decisiones de los humanos sobre el territorio; la información disponible es limitada y para años como 1955, 1972 e incluso 1985 es nula. Dicha información incluye: censos de población rural y urbana de la zona, precio de la tierra, densidad poblacional, entre otros.

A pesar de lo anterior, la validación del modelo muestra que la capacidad de discriminación de las variables seleccionadas es aceptable, y permite definir los principales factores determinantes en la expansión urbana; así como explicar el proceso de crecimiento urbano que sufrió la localidad desde el año 1955. Y aunque no se hayan podido tener en cuenta los factores socioeconómicos mencionados anteriormente, el modelo contó con factores de orden biofísico (zonas inundables y pendiente) y factores de origen antrópico (distancia a vías, áreas protegidas y perímetro urbano)

10. CONCLUSIONES

El patrón de desarrollo de la estructura urbana aquí estudiada, es producto de las decisiones humanas sobre el territorio (legislación de áreas protegidas y perímetro urbano y establecimiento de vías, procesos de urbanización y poblamiento formal e informal); así como de las variables propias del territorio (zonas inundables, pendiente). Pero más específicamente el paisaje aquí estudiado es producto de los cambios temporales inducidos por el hombre.

En la zona de estudio se dio un proceso de urbanización acelerada y en muchos casos desligada de una planificación de ciudad, especialmente a partir de la década de los ochenta; cuando se cambió el uso del suelo de rural a urbano, por la incorporación del municipio a la ciudad y la presión para la urbanización por parte del sector tanto formal como informal. Por esta razón Suba es una de las localidades con alta tasa de expansión urbana dentro de la ciudad.

Las coberturas naturales y de producción agropecuaria, fueron reemplazadas por las coberturas urbanas, tanto formales, como informales.

Las zonas de producción agropecuarias están limitadas casi en su totalidad a la zona ubicada fuera del perímetro urbano.

Los humedales sufrieron una gran pérdida en su área, la cual está siendo recuperada desde su establecimiento como Parques Distritales de Humedal y su administración por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado.

Los relictos de vegetación natural ubicados en la zona, están bajo diferentes formas de protección que restringen su uso urbano.

La zona de estudio se hizo más compleja y fragmentada, teniendo en la actualidad 20 tipos diferentes de cobertura. Así mismo las coberturas urbanas se hicieron más complejas pasando de 3 en el año 1972 a 7 en el año 2006.

Aunque existe una gran cantidad de leyes y acuerdos que protegen los Cerros de Suba en su totalidad de toda incidencia de actividad humana, dichas leyes no han sido tenidas en cuenta, lo cual es evidente en el establecimiento de urbanizaciones de estratos 5 y 6, así como construcciones ilegales.

Aunque el Decreto 327 2004 define el límite de construcción hasta la cota de 2650 mnsnm en los Cerros de Suba, el área protegida es muy pequeña en relación con los parches de vegetación existentes actualmente en la zona urbana de los Cerros de Suba.

En los Cerros de Suba se observan dos procesos de desarrollo urbano, uno informal al costado occidental con barrios sin la infraestructura urbana necesaria y de estratos bajos. Y otro, al costado oriental conformado por barrios de alto estrato con infraestructura de servicios públicos, vías de transporte y zonas de recreación apropiadas.

El modelo de regresión logística desarrollado para el análisis y variación de la cobertura urbana y no urbana del año 2006, muestra una bondad de ajuste aceptable a la realidad con valores ROC de 0.9134 y PseudoR² de 0.4731, lo cual permite confiar en los resultados obtenidos en cuanto a poder explicativo de las variables independientes.

El perímetro urbano fue la variable de mayor importancia en la probabilidad de ocurrencia de la cobertura urbana, comparadas con las variables distancia a vías, zonas susceptibles a inundación, pendiente, perímetro urbano y áreas protegidas.

Los modelos estadísticos son una herramienta para el conocimiento de las variables que explican las dinámicas del uso del paisaje. Así mismo son útiles en el entendimiento de los procesos de urbanización y sirven de soporte a políticas de planeamiento y manejo urbano. Al estudiar los cambios en la cobertura y en el uso del paisaje y su proyección en el tiempo, es posible evaluar los cambios en el ecosistema y sus implicaciones ambientales en varias escalas temporales y

espaciales. A pesar de su relevancia, los datos cuantitativos que describen dónde, cuándo y cómo el cambio ocurre son incompletos o inexactos.

El proceso de crecimiento de la localidad ha sido no planificado, en parte por la autonomía de la Alcaldía Local sobre el uso del suelo y por otra parte debido a la necesidad de vivienda del sector informal y a la búsqueda de espacios verdes por parte del sector formal.

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda la inclusión de ciertas variables que podrían ser de gran importancia en el desarrollo del modelo, como:

- Número de habitantes y crecimiento de la población
- La proximidad a escala local (Cheng y Masser, 2003)
- Variables sociales y culturales: comportamiento de la población, ingresos, acceso a servicios públicos, oferta de servicios institucionales

También se recomienda realizar este tipo de estudios en un área mayor, para poder evaluar zonas que aun no se han desarrollado urbanísticamente y que no presentan ningún limitante a ello; esto para poder desarrollar planes de desarrollo urbano que sean acordes una buena organización de la estructura urbana.

Así mismo se recomienda evaluar las consecuencias a nivel ambiental de la alteración del paisaje por crecimiento urbano, como el efecto sobre, las fuentes de agua; la calidad y disponibilidad de hábitat natural; la composición de los

remanentes de vegetación natural que se fragmentan, degradan y aíslan; el incremento de la superficie de escorrentía; o el efecto las emisiones de contaminantes a la atmósfera, entre otros. El estudio y entendimiento de dichos efectos es esencial para la promoción de procesos de desarrollo urbano sostenibles, tanto planeados como no planeados.

12. BIBLIOGRAFIA

- Abdullah, S. A. Nakagoshi, N. 2006. Changes in landscape spatial pattern in the highly developing state of Selangor, peninsular Malaysia. *Landscape and Urban Planning* (77) 263–275
- Alberti, M., Weeks, R., Booth, D., Hill, K., Coe, S., Stromberg, E., 2002. Land Cover Change Analysis for the Central Puget Sound Region 1991–1999. Final Report. Urban Ecology Research Laboratory, University of Washington. Tomado de: <http://www.urbaneco.washington.edu/>, 2002.
- Alcaldía Local de Suba. 2005. Guía de Expansión Urbana en Suba.
- Alcaldía Local de Suba. Suba, Mapa Cultural. Bogotá, Colombia
- Alcaldía Local de Suba, Secretaría Distrital de Ambiente, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2006. Convenio Interadministrativo 04-06/2006
- Alcaldía Local de Suba, Fondo Desarrollo Local, Junta Administradora Local, Secretaría Distrital de Ambiente, Corpotibabuyes. 2007. Guafien Zemysty (El cerro que se ha ido)
- Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C. 2004. BOGOTÁ, Panorama turístico de 12 localidades. Ficha técnica turística Localidad de Suba. Bogotá, Colombia
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría de Hacienda, Departamento Administrativo de Planeación. 2004. Recorriendo Suba, Bogotá D.C. Aproximación a lo Local
- Alig, R. Kline, J Lichtenstein, M. 2004. Urbanization on the US landscape: looking ahead in the 21st century. *Landscape and Urban Planning* (69) 219–234

- Barredo, J. I., Kasanko, M. McCormick, N., Lavallo, C. 2003. Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata. *Landscape and Urban Planning* (64) 145–160
- Baptiste, L. 1996. Biodiversidad y ocupación del territorio: Un estudio histórico comparativo en el norte de Boyacá. Informe Final. Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo -IDEADE-. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Bruegmann, R. 2004. Urban Sprawl. *International Encyclopedia of the Social y Behavioral Sciences*.
- Cámara de Comercio de Bogotá. 2007. Perfil Económico y Empresarial de la Localidad de Suba. Bogotá, Colombia
- Chatterjee, S., A. S. Hadi, et al. 2000. Regression analysis by example, John Wiley y Sons INC.
- Cheng, J., Masser, I. 2003. Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China. *Landscape and Urban Planning* (62) 199–217
- Clark, W.A., P.L. Hosking, 1986. Statistical Methods for Geographers (Chapter 13). New York: John Wiley ySons.
- DAMA - Departamento Administrativo del Medio Ambiente. 2000. Historia de los Humedales de Bogotá con énfasis en cinco de ellos. Bogotá, Colombia.
- DAMA - Departamento Administrativo del Medio Ambiente -.2003. Plan de Ordenamiento y Manejo del Cerro La Conejera. Bogotá, Colombia
- DAMA - Departamento Administrativo del Medio Ambiente, Unidad Ejecutiva de Localidades – UEL DAMA. . 2003. LOCALIDAD 11: SUBA – FICHA AMBIENTAL

- Etter, A. 1991. Ecología del Paisaje: un marco de integración para los levantamientos rurales. IGAC. Bogotá
- Etter, A., Mendoza, J. E. 2002. Mutitemporal analysis (1940-1996) of land cover changes in the southwestern Bogotá highplain (Colombia). *Landscape and Urban Planning* (59)147-158
- Farina, A. 2000. *Principles and Methods in Landscape Ecology*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Ferrer, M. 1992. *Sistemas Urbanos, los países industrializados del hemisferio norte e Iberoamérica*. Editorial Síntesis. Madrid, España.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions*. United Kingdom. Cambridge University Press.
- Giraldo, F. 1999. *Ciudad y Crisis. Hacia un nuevo Paradigma?*. TM Editores. Bogotá, Colombia
- Glick, Robert. 1992. *Desarrollo Urbano*. ESAP. Bogotá, Colombia
- Gómez, N. 2003. *Análisis de crecimiento urbano en Bogotá con imágenes satelitales*. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia
- Gouëset, V. 1998. *Bogotá: Nacimiento de una nueva Metrópoli*. TM Editores. Bogotá, Colombia
- Gustafson, E.J., 1998. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystems* (1) 143–156.
- He, C., Okadac, N., Zhang, Q., Shi, P., Li, J. 2008. Modelling dynamic urban expansion processes incorporating a potential model with cellular automata. *Landscape and Urban Planning* (86) 79–91
- Henderson, J.V. 2003. The Urbanization Process and Economic Growth: The So-What Question, *Journal of Economic Growth*, 8(1) 47-71

- Hietel, E.; Waldhardt, R.; Otte, A. 2004. Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. *Landscape Ecology*, 19(5), 473-489
- Hosmer, D. W. and S. Lemeshow. 2000. *Applied logistic regression*. New York, John Wiley.
- Jacquín, A. Misakova, L. Gay, M. 2007. A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment. *Landscape and Urban Planning* (84) 152–165
- Jieying, X., Yanjun S., Jingfeng, G., Ryutaro T., Changyuan T., Yanqing L., Zhiying H. 2006. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. *Landscape and Urban Planning* (75) 69–80
- Jiménez, A. M. 2002. *Crecimiento Urbano en Bogotá ¿Expansión o Densificación?* Tesis Maestría en Planeación Urbana y Regional. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Arquitectura. Bogotá, Colombia
- Kivell, P., 1993. *LAND and the CITY pattern and process of urban change*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Lambin, E.F., Geist, H., 2001. Global land use and land cover change: what have learned so far? *Global Change News Lett.* (46) 27–30.
- Li, X., Yeh, A., 2000. Modeling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *Int. J. Geogr. Inform. Sci.* (14) 131–152.
- Lin, Y. P., Lin, Y. B., Wang, Y. T., Hong, N. M. 2008. Monitoring and Predicting Land-use Changes and the Hydrology of the Urbanized Paochiao Watershed in Taiwan Using Remote Sensing Data, Urban Growth Models and a Hydrological Model. *Sensors* (8) 658-680
- López, E., Bocca, G., Mendoza, M., Duhaub, E. 2001. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe. A case in Morelia city, Mexico. *Landscape and Urban Planning* (55) 271–285

- Lozano, J. S. 2007. Modelamiento espacial de la probabilidad de invasión de palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*) en bosques de galería del piedemonte llanero (Meta). Trabajo de Grado para optar el título de Ecólogo. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia
- Mac Donald, R. I. 2008. Global urbanization: can ecologists identify a sustainable way forward?. *Ecology Environment*; 6 (2):99-104
- Marzluff, J.M., 2001. Worldwide urbanization and its effect on birds. In: Marzluff, J., Bowman, M., Donnelly, R., (Eds.), *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts.
- McDonnell, M.J., Pickett, S.T.A., Groffman, P., Bohlen, P., Pouyat, R.V., Zipperer, W.C., Parmelee, R.W., Carreiro, M.M., Medley, K., 1997. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. *Urban Ecosystems* (1) 21–36
- McKinney, M.L., 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* (52) 883–890.
- Molina, H. 1982. Alternativas de mejoramiento para vivienda y asentamientos populares. Centro de Planeación y Urbanismo CPU, Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia.
- Moreno, V., García, J. F., Villalba, J. C. 2002. Descripción General de los Humedales de Bogotá, D. C. Sociedad Geográfica de Colombia, Academia de Ciencias Geográficas. Bogotá, Colombia
- Naveh Z, A. S. Lieberman, 1984. *Landscape ecology: theory and application*. Springer – Verlag. New York.
- Ordoñez, C. 2001. Crecimiento urbano del borde norte de Bogotá consolidación de la periferia urbana y su articulación con el área de expansión. Desarrollo de una unidad de actualización dentro de un plan parcial en la ciudad norte. Servicios complementarios al sector educativo. Tesis Magíster en planeación urbana y regional. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia

- Pan, D., Domon, G., De Bois, S., Bouchard, A. 1999. Temporal (1958-1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes. *Landscape Ecology* (14) 35-52
- Pauleit, S., Duhme, F., 2000. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape Urban Planning*. 52 (1) 1–20.
- Pauleit, S., Ennos, R., Golding, Y. 2005. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning* 71, 295–310
- Preciado, J. 2005. Historia ambiental de Bogotá, siglo XX elementos históricos para la formulación del medio ambiente urbano. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Bogotá, Colombia
- Primack, R., R. Rozzi, et al. (2001). Fundamentos de conservación biológica. México, Fondo de Cultura Económica.
- Robinson, L. Newwel, J. P. Marzluff, J. M. 2005. Twenty-five years of sprawl in the Seattle region: growth management responses and implications for conservation. *Landscape and Urban Planning* (71) 51–72
- Sanderson, E. W., M. Jaiteh, M. A. Levy, K. H. Redford, A. V. Wannebo, y G. Woolmer. 2002. The human footprint and the last of the wild. *BioScience* 52:891-904.
- Secretaría Distrital de Ambiente. 2007. Humedales del Distrito Capital. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá, Colombia
- Tang, Y. 2007. The analysis of spatial-temporal dynamics of urban landscape structure: a comparison of two petroleum-oriented cities dissertation. Tesis Doctorado en la Texas State University-San Marcos. Texas, USA.
- Tarchópulos, D. Ceballos, O. L. 2003. Formas de crecimiento urbano en Bogotá: patrones urbanísticos y arquitectónicos en la vivienda dirigida a sectores de bajos

ingresos. *Scripta Nova*. REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES. Universidad de Barcelona. Vol. VII, núm. 146(077)

Turner, M.G. 1989. Landscape ecology: The Effect of Pattern on Process. En: Annual Review of Ecological Systems (20)

Turner, M.G.; Gardner, R.H.; O'Neill, R.V. 2001. Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process; Springer: New York, 108-109.

United Nations Population Division, 2007. Urban and Rural Areas, 1950–2030. New York United Nations, New York, USA.

United Nations. United Nations Population Division. 2008. World Urbanization Prospects The 2007 Revision. Department of Economic and Social Affairs. USA

UNFPD – United Nations Population Fund. 2007. Estado de la población mundial 2007.

Urban, D.L., O'Neill, V., Shugart Jr., H.H., 1987. Landscape ecology: a hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *BioScience* (37) 119–127

Veeduría Distrital, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales. 2005. El Control Social de lo Público; Diagnóstico de las Localidades de Bogotá - Localidad de Suba –

Verburg, P.H., De Nijs, T., Ritsema van Eck, J., Visser, H., De Jong, K., 2004. A method to analyse neighbourhood characteristics of land use patterns. *Comput. Environ. Urban Syst.* (28) 667–690

Whitford, V., Handley, J., Ennos, R., 2001. City form and natural process—indicators for the ecological performance of urban areas. *Landscape Urban Planning.* (57) 91–103.

Zebisch, M. Wechsung, F. Kenneweg, H. 2004. Landscape response functions for biodiversity—assessing the impact of land-use changes at the county level. *Landscape and Urban Planning* (67) 157–172

Zhu, Y. *In Situ* Urbanization in Rural China: case studies from Fujian Province. *Development and Change*. 31 (2) 413 – 434.

Zonneveld, I.S. 1995. *Land Ecology*. Academic Publishing, Amsterdam

PAGINAS WEB

Secretaría de Gobierno, 2008.
www.gobiernobogota.gov.co

Localidad de Suba, 2008.
<http://www.suba.gov.co>

Portal de la ciudad de Bogotá, 2008
<http://www.bogota.gov.co>

Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008
<http://www.alcaldiabogota.gov.co>

Secretaría Distrital de Ambiente. 2009.
<http://www.secretariadeambiente.gov.co>

SITIO WEB DE LA LOCALIDAD DE SUBA.
<http://www.localidad11.com>

SOFTWARE UTILIZADOS

Environmental Systems Research Institute. 1999-2006. ArcMap GIS 9.2.
Environmental Systems Research Institute, Inc.

Clark Labs, Clark University. 1987-2006. IDRISI 15.0 The Andes Edition

Google. 2005-2007. Google Earth. Europa Technologies.

Microsoft Corporation. 1985-2003. Microsoft Office Professional edition 2007.
Microsoft Corporation.

ANEXOS

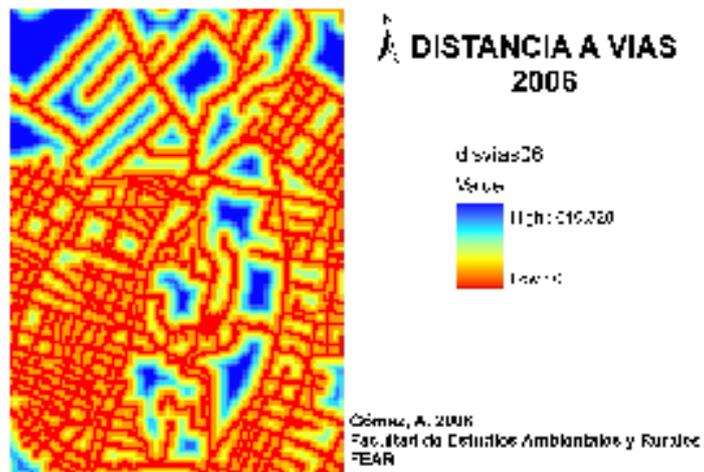
Anexo 1. Clasificación específica de coberturas para el área de estudio

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN VISUAL
Eh	Espejo de agua de humedal	Cuerpos de agua permanente de escasa profundidad (Secretaría Distrital de Ambiente)	Fuerte color negro uniforme con límites claramente definidos
H	Humedal	Zonas inundables estacionales (ronda hidráulica) contiguas a los cuerpos de agua permanentes	Franjas contiguas a los cuerpos de agua y ríos, de color gris oscuro principalmente con textura granulosa que corresponde a los diferentes tipos de vegetación existentes
A1	Áreas agropecuarias 1	Zonas de producción agropecuaria cuya área es menor a 10 ha y cuya forma corresponde a la determinada por el hombre a través de linderos y cercas.	Áreas de bordes rectos y de forma cuadrada o rectangular de varios colores dependiendo del tipo de uso agropecuario cuya área es inferior a 10 ha
A2	Áreas agropecuarias 2	Zonas de producción agropecuaria cuya área es superior a 10 ha y cuya forma corresponde a la determinada por el hombre a través de linderos y cercas.	Áreas de bordes rectos y de forma cuadrada o rectangular de varios colores dependiendo del tipo de uso agropecuario cuya área es superior a 10 ha
P	Potreros	Extensiones de territorio cubiertas de pastos sin ningún uso aparente (urbano o agropecuario)	Zonas de color gris y gris oscuro de textura uniforme. No presentan una forma definida por bordes rectos, la forma es aleatoria
PM	Potreros y matorrales	Extensiones de territorio con cobertura mixta de potreros y matorrales, sin ningún uso aparente (urbano o agropecuario)	Zonas de color gris claro de textura uniforme con zonas de textura granulosa dispersa de color gris oscuro. No presentan una forma definida por bordes rectos, la forma es aleatoria
PBb	Potreros y bosques bajos	Extensiones de territorio con cobertura mixta de potreros y bosques bajos, sin ningún uso aparente (urbano o agropecuario)	Zonas de color gris claro de textura uniforme con zonas de textura granulosa densa de color negro. No presentan una forma definida por bordes rectos, la forma es aleatoria

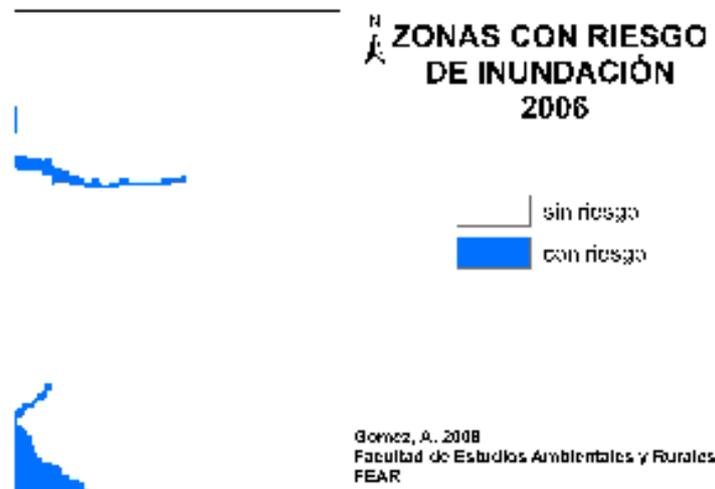
MBb	Matorral y bosques bajos	Extensiones de territorio con cobertura mixta de matorral y bosques bajos sin ningún uso aparente (urbano o agropecuario)	Zonas de color gris oscuro y negro de textura granulosa muy densa. No presentan una forma definida por bordes rectos, la forma es aleatoria
M	Matorral	Zonas cuya cobertura corresponde a matorrales sin ningún uso aparente (urbano o agropecuario)	Zonas de textura granulosa dispersa de color gris oscuro
Ba	Bosque andino de planicie	Área que corresponde a último relicto de bosque andino de sabana	Área cuadrada de textura granulosa de alta densidad de color negro
CG	Club-Cancha golf	Zonas de correspondientes a los clubes, área de infraestructura de servicios y canchas de golf	Zonas claramente delimitadas donde se observan construcciones, y zonas de pastos con trampas de arena
C	Canteras	Zonas de extracción de rocas y arena para materiales de construcción , no presentan ningún tipo de cobertura vegetal o urbana	Zonas de color blanco de textura uniforme
Un	Asentamiento urbano núcleo	Corresponde a la zona del pueblo de Suba y posteriormente a la zona ubicada alrededor de la plaza central	Ubicación de lo que era la plaza del antiguo pueblo de Suba (fotografía del año 1955), es la misma área en todos los años
U1b	Asentamiento urbano tipo 1 de baja densidad	Zonas con cobertura urbana, que corresponde a barrios origen informal no planificados, caracterizado por grupos de casas o áreas residenciales discontinuas con baja densidad poblacional	La principal característica visual de los asentamientos tipo 1, es el patrón caótico en la construcción de las viviendas. No existe simetría en la construcción por cuadras y se observan de color blanco sin observarse cobertura vegetal correspondiente a bosques bajos, matorrales o grandes jardines. Las de baja densidad corresponden a casa muy separadas.
U1m	Asentamiento urbano tipo 1 de densidad media	Zonas con cobertura urbana, que corresponde a barrios origen informal no planificados de baja densidad poblacional	Características de los asentamientos tipo 1 descritas anteriormente, pero se observa una densidad mayor, es decir se observan las casas juntas, no se observan grandes espacios entre ellas.
U2b	Asentamiento urbano	Zonas con cobertura urbana, que corresponden a	La principal característica visual de los

	tipo 2 de baja densidad	barrios planificados, caracterizado por grupos de casas o áreas residenciales discontinuas con baja densidad poblacional	asentamientos tipo 2, es la simetría en las construcciones debida a cuadras y vías planeadas que lucen como cuadrículas en el espacio o a conjuntos residenciales. Las de baja densidad tienen la simetría descrita anteriormente, pero se observan casas muy separadas; no se observa cobertura vegetal correspondiente a bosques bajos, grandes jardines o matorrales.
U2m	Asentamiento urbano tipo 2 de densidad media	Zonas con cobertura urbana, que corresponden a barrios planificados de densidad poblacional media	Presentan las características básicas de los asentamientos tipo 2 descritas anteriormente, pero las casas están juntas no se observan grandes espacios entre ella.
U2a	Asentamiento urbano tipo 2 de alta densidad	Zonas con cobertura urbana de barrios planificados con áreas residenciales correspondientes a edificios, que sostienen una alta densidad poblacional en un espacio reducido.	Presentan las características básicas de los asentamientos tipo 2 descritas anteriormente, los edificios se observan directamente por la resolución de las fotografías aéreas, se observan como construcciones de 4 pisos o más.
U3	Asentamiento urbano tipo 3	Zonas con cobertura urbana, caracterizadas por casas dispersas dentro de zonas de bosques bajos, potreros y matorrales. Corresponde a las quintas y fincas	Corresponden a casas con un patrón caótico en su distribución en el espacio, es decir no están construidas sobre vías o cuadras de patrón geométrico; están muy separadas en el espacio y se observan junto con cobertura de bosques bajos, matorrales o grandes jardines.
PU	Zonas a urbanizar	Zonas que aún no presentan una cobertura urbana, pero ya están preparadas para el establecimiento de dicha cobertura. Zonas loteadas con vías de acceso y acceso a servicios públicos	Se observan como zonas con cobertura de pasto generalmente de color gris, donde se observan líneas rectas de color blanco que corresponden a vías trazadas
F	Viveros flores	Zonas dedicadas a la floricultura, que corresponden a invernaderos	Se observan como estructuras cuadradas o rectangulares de color blanco o gris muy claro

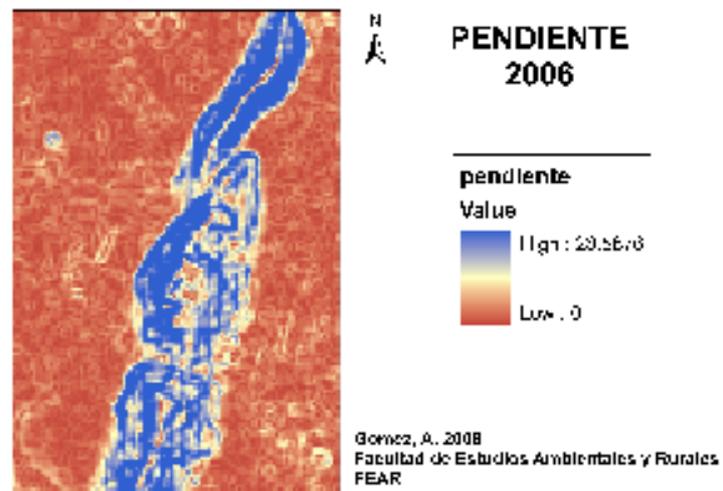
Anexo 2.



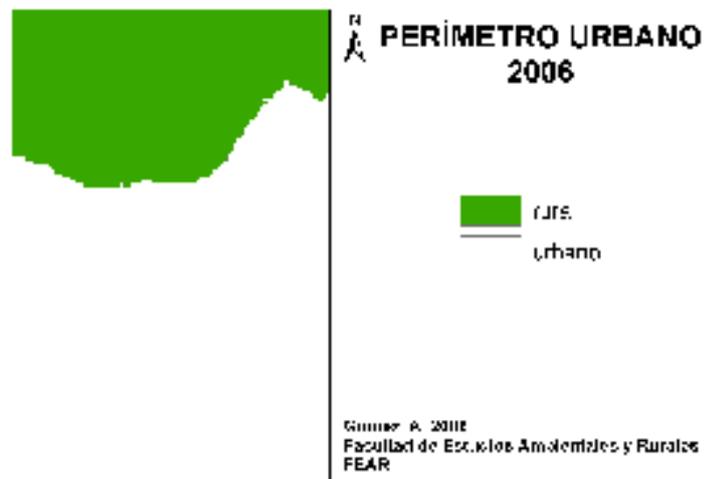
Anexo 3.



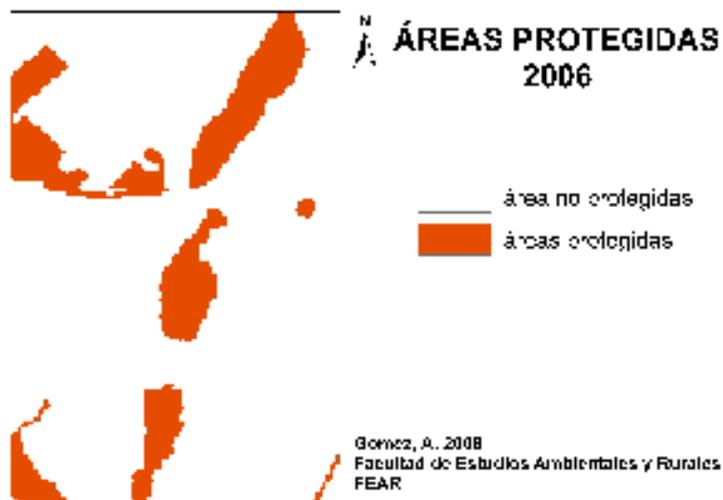
Anexo 4.



Anexo 5.



Anexo 6.



Anexo 7. Texto de salida de LOGISTICSREG, IDRISI 15.0, The Andes Edition
 Logistic Regression Results:

Regression Equation :

$$\text{logit}(\text{cob06}) = -1.0430 - 0.006828*\text{disvias06i} - 2.091440*\text{inundacionI} \\ - 0.071040*\text{pendientel} + 3.753394*\text{perimetro} - 1.355181*\text{areaprot}$$

Individual Regression Coefficient

Variables	Coefficient
Intercept	-1.04299431
disvias06i	-0.00682834
inundacionI	-2.09143956
pendientel	-0.07104048
perimetro	3.75339417
areaprot	-1.35518132

Regression Statistics :

Number of total observations = 19224
 Number of 0s in study area = 8129
 Number of 1s in study area = 11095
 Percentage of 0s in study area = 42.2857
 Percentage of 1s in study area = 57.7143

Number of auto-sampled observations = 1777
 Number of 0s in sampled area = 733
 Number of 1s in sampled area = 1044
 Percentage of 0s in sampled area = 41.2493
 Percentage of 1s in sampled area = 58.7507

-2logL0 = 2408.7344
 -2log(likelihood) = 1269.1587
 Pseudo R_square = 0.4731
 Goodness of Fit = 1955.4007
 ChiSquare(5) = 1139.5757

Means and Standard Deviations

Mean	Standard Deviation
------	--------------------

disvias06i	86.160383	90.739328
inundacionl	0.042206	0.201115
pendientel	3.469330	4.387006
perimetro	0.672482	0.469440
areaprot	0.128306	0.334525
cob06	0.587507	0.492422

Classification of cases & odds ratio

Observed	Fitted_0	Fitted_1	Percent Correct
0	575	158	78.4447
1	90	954	91.3793

Odds Ratio = 38.5759

Reclassification of cases & ROC (Sample-based computation when applicable):

- (1) Select a new threshold value such that, after reclassification, the number of fitted 1s matches the number of observed 1s in the dependent variable

New cutting threshold = 0.6231

Classification of cases & odds ratio by using the new threshold

Observed	Fitted_0	Fitted_1	Percent Correct
0	612	121	83.4925
1	121	923	88.4100

Adjusted Odds Ratio = 38.5818

True Positive = 97.7754%

False Positive = 16.5075%

- (2) ROC* Result with 100 thresholds (Sample-based computation when applicable):

ROC = 0.9134

* ROC=1 indicates a perfect fit; and ROC=0.5 indicates a random fit.

Anexo 8. Imágenes - Mayo de 2009



Costado suroccidental de los Cerros de Suba, desde El Rincón (vivienda informal), al fondo laguna Juan Amarillo



Avenida Boyacá con calle 156. Polo de desarrollo de vivienda de carácter formal y de alta densidad



Uso agrícola del suelo (cultivo de papa) al costado noroccidental del Cerro La Conejera



Edificio de estrato 6, ubicado sobre la cota permitida para construcción de este tipo de vivienda



Quebrada la Salitrosa al llegar al humedal La Conejera, al fondo costado occidental del Cerro de Suba



Humedal Córdoba, rodeado de construcciones de carácter formal de alta densidad



Urbanización Del Monte, en el costado oriental de los Cerros de Suba, en la Avenida Boyacá con calle 170



Fincas y Quintas en los Cerros de Suba



Barrio Casablanca, de origen informal y ubicado sobre la cota permitida para este tipo de construcciones en los Cerros de Suba



Relleno y creación de vías, en el suelo de vocación agrícola en la localidad de Suba. Vía a Cota



Barrio Tuna Alta de carácter informal, ubicado sobre la cota permitida para los Cerros de Suba



Barrio Lindaraja, ubicado en el costado oriental de los Cerros de Suba, de carácter formal estrato 5 y 6