TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN **15**

1 INTRODUCCIÓN **17**

2 BOGOTÁ. ELEMENTOS DE SU GEOGRAFÍA E HISTORIA URBANA **23**

2.1 Características ambientales de Bogotá. Situación y emplazamiento 23

2.2 Etapas del desarrollo urbano de Bogotá e impacto sobre los humedales 25

2.2.1 Época prehispánica *26*

2.2.2 Época hispánica *27*

2.2.3 Desde la independencia hasta el Bogotazo *28*

2.2.4 Época contemporánea (siglos XX y XXI) *34*

2.2.5 Reconstrucción y síntesis del impacto de la dinámica urbana en la extensión de los complejos lagunares de Bogotá *37*

2.3 Aspectos de la dinámica urbana actual 38

2.3.1 La organización espacio-metropolitana de Bogotá *38*

2.3.2 El crecimiento demográfico *41*

2.3.3 La inmigración intensa *43*

2.3.4 La desigualdad económica y social *44*

2.3.5 Urbanización informal y su legalización en Bogotá *46*

2.4 Externalidades negativas del crecimiento urbano 49

2.4.1 Expansión del suelo urbano y construcción de grandes infraestructuras viarias *49*

2.4.2 Insuficiencia de zonas verdes y arbolado urbano *54*

2.4.3 El aumento en las tasas de motorización y la contaminación atmosférica *56*

2.4.4 Aumento en las temperaturas y disminución en las precipitaciones *59*

2.5 Reconstrucción del impacto de la historia urbana de Bogotá en sus humedales 60

3 LA PROTECCIÓN Y GESTIÓN DE LOS HUMEDALES URBANOS DE LA CONVENCIÓN RAMSAR AL CRECIMIENTO VERDE **63**

3.1 Consideraciones conceptuales de humedales 63

3.2 La Convención Ramsar. Referencias internacionales y estrategias para la protección de humedales en Francia, España y Colombia 65

3.3 *Crecimiento verde*. Un enfoque novedoso desde la OCDE 83

3.3.1 Origen y definición del crecimiento verde *83*

3.3.2 El crecimiento verde. Una atención preferente por los espacios urbanos *85*

3.4 El *crecimiento verde* y los espacios urbanos de interés natural 93

3.5 Políticas urbanas que contribuyen al *crecimiento verde*: instrumentos y efectos 94

TESIS DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

2021

10

Gina Paola González Angarita

El impacto de la dinámica urbana sobre los humedales de Bogotá (Colombia)

Director/es

Escalona Orcao, Ana Isabel

http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis

ISSN 2254-7606

Prensas de la Universidad
Universidad Zaragoza

© Universidad de Zaragoza
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606

SOME RIGHTS RESERVED

Universidad Zaragoza
1542

Tesis Doctoral

EL IMPACTO DE LA DINÁMICA URBANA SOBRE LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ (COLOMBIA)

Autor

Gina Paola González Angarita

Director/es

Escalona Orcao, Ana Isabel

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Escuela de Doctorado

2018

Repositorio de la Universidad de Zaragoza – Zaguan http://zaguan.unizar.es

4 LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y SU APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE LOS HUMEDALES URBANOS 97

4.1 Dinámica de sistemas. Definición y elementos 97

4.2 Ejemplos de modelización en zonas protegidas y humedales 99

5 ANÁLISIS Y MODELIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA DINÁMICA URBANA EN LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ 105

5.1 Los humedales objeto de estudio, caracterización y localización 105

5.2 Políticas recientes de la protección de los humedales de Bogotá 117

5.3. Determinación de los componentes del modelo propuesto 123

5.4. Construcción del modelo de simulación 125

5.5. Fuentes de información para la alimentación del modelo 129

5.5.1. Integración de una plataforma de gestión de base de datos 129

5.5.2. Reconstrucción documental 131

5.5.3. Trabajo de campo 134

5.5.4. Entrevistas semiestructuradas 137

5.6. Análisis pormenorizado de los indicadores descriptivos que integran el modelo propuesto 141

5.6.1. Indicadores económicos 141

5.6.2. Indicadores sociales 148

5.6.3. Indicadores urbanísticos 152

5.6.4. Indicadores ambientales 157

5.6.5. Indicadores de crecimiento verde 161

6 EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DE LOS HUMEDALES EN DIFERENTES ESCENARIOS 167

6.1 Diagnóstico previo. Evolución de los conflictos en los usos de los suelos próximos a los humedales e impacto en su extensión entre 2005 y 2015 167

6.2. Modelización de la dinámica de los humedales de Bogotá entre 2015 y 2030 en diferentes escenarios 194

6.3. Resultados obtenidos 195

6.3.2. Área de los humedales 195

6.3.2. Zonas en conflicto 196

6.3.3. Asentamientos ilegales 197

6.3.4. Área urbana 198

6.3.5. Proporción de la inversión predial respecto del PIB 200

6.3.6. Saneamiento predial 201

6.3.7. Empleos verdes 202

6.3.8. Demanda de productos y servicios verdes 203
6.3.9. Atractivo urbano 204

7 PROPUESTAS DE ACTUACIÓN Y GESTIÓN FUTURA DE LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ EN EL MARCO DEL *CRECIMIENTO VERDE* 207

7.1. Construcciones verdes 207
7.2. Selección y delimitación de humedales 215

8 CONCLUSIONES 219

8.1. Síntesis del trabajo 219
8.2. Limitaciones 222
8.3. Líneas futuras 222

9 SELECCIÓN DE CAPÍTULOS EN FRANCÉS PARA OPTAR A LA MENCION INTERNACIONAL / SELECTION DE CHAPITRES EN FRANCAIS EN VUE DE POSTULER POUR UN DOCTORAT INTERNATIONAL 225

9.1. RESUMÉ 225
9.2. INTRODUCTION 227

9.3. PROPOSITIONS D'ACTION ET DE GESTION FUTURE DES MILIEUX HUMIDES DE BOGOTÁ DANS LE CADRE DE LA *CROISSANCE VERTE* 233

9.3.1. Constructions vertes 233
9.3.2 Sélection et délimitation de milieux humides 241
9.4. Conclusions 245
9.4.1 Synthèse du travail 245
9.4.2 Limitations 248
9.4.3 Lignes futures 249

10. AGRADECIMIENTOS 251

11. BIBLIOGRAFÍA 253

12. ANEXOS 273

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de los humedales en la ciudad de Bogotá.. 24
Figura 2. Cambio del área de humedales desde el siglo XVII.. 24
Figura 3. Procedimiento para la elaboración de la cartografía de crecimiento urbano y efecto en los humedales 1539-2015 25
Figura 4. Localización de la zona urbana de Bogotá en el año 1539.. 27
Figura 5. Plano de Bogotá en 1890.. 30
Figura 6. Inicio de las zonas urbanas y pila de abastecimiento de agua.. 31
Figura 7. Plano "Bogotá futuro" 33
Figura 8. Evolución del crecimiento urbano y su afectación a los humedales.. 36
Figura 9. Localización de las localidades de Bogotá.. 39
Figura 10. Localización UPZ de Bogotá.. 40
Figura 11. Escalas de organización territorial de Bogotá.. 40
Figura 12.Crecimiento de la población, proyección poblacional entre los años 1995-2020.. 41
Figura 13. Población total por UPZ en 2015. . 42
Figura 14. Avenida Ciudad de Cali y su afectación en los humedales. 52
Figura 15. Avenida Longitudinal de Occidente y su posible afectación en los humedales de Bogotá.. 53
Figura 16. Cantidad de vehículos de servicio particular por clase.. 56
Figura 17. Procesos, efectos y factores que inciden en el deterioro de los humedales de Bogotá. 61
Figura 18. Sitio Ramsar Marais d'Orx et zones humides associées.. 68
Figura 19. Espátula eurasiática y anguila europea. 69
Figura 20. Reserva natural Marais d'Orx. 69
Figura 21. Zona húmeda Barthes de l'Adour, Francia.. 70
Figura 22. Localización Barthes de l'Adour en la plataforma Natura 2000. 71
Figura 23. Aves de Barthes de l'Adour en la Red Natura 2000.. 72
Figura 24. Localización general del corredor ecológico de Estrasburgo. 73
Figura 25. Evolución del sitio.. 74
Figura 26. Localización general laguna de Gallocanta.. 75
Figura 27. Grullas en los campos de Gallocanta.. 76
Figura 28. Figuras de protección del humedal Gallocanta.. 76

Figura 29. Galacho de Juslibol inundado en la crecida del río Ebro.. 77
Figura 30. Humedal Galacho de Juslibol.. 78
Figura 31. Visitantes haciendo reconocimiento de aves en el Galacho de Juslibol. 79
Figura 32. Meandro de Ranillas y bosques de soto del río Ebro.. 80
Figura 33. Sistema lacustre de Chingaza.. 81
Figura 34.Localización general del sistema lacustre de Chingaza.. 81
Figura 35. Tingua Bogotana (Rallus semiplumbeus). . 82
Figura 36. Crecimiento verde y desarrollo sostenible.. 83
Figura 37. Planos de la ecociudad Tianjin.. 86
Figura 38. Ecodistritos en Tianjin.. 87
Figura 39. Corea del Sur, un ejemplo de crecimiento verde.. 88
Figura 40. Oasis d'Aboukir.. 89
Figura 41. Notre Dame de París. . 90
Figura 42.Infraestructura verde en Zaragoza. 91
Figura 43. Vía Verde en Ciudad de México. . 93
Figura 44. Modelo de secuencia del crecimiento verde. 95
Figura 45. Elementos del diagrama de flujos.. 98
Figura 46. Diagrama causal de un modelo de áreas urbanas y humedales. 99
Figura 47. Diagrama de flujo de la dinámica de sistemas en la gestión de humedales de ciudad Tianjin (China).. 100
Figura 48. Modelo de gestión territorial en la ciudad de Quevedo (Ecuador).. 101
Figura 49. Modelo de simulación del crecimiento urbano de ciudad la Paz.. 102
Figura 50. Modelo de simulación de los efectos de la agricultura extensiva en la cultura Maya.. 103
Figura 51. Localización general de los humedales de Bogotá. 106
Figura 52. Ubicación general del humedal Torca-Guaymaral.. 107
Figura 53. Ubicación general humedal La Conejera.. 108
Figura 54. Ubicación general del humedal Tibabuyes.. 109
Figura 55. Ubicación general del humedal Jaboque.. 110
Figura 56. Ubicación general del humedal Santa María del Lago.. 111
Figura 57. Ubicación general del Meandro del Say. . 112
Figura 58. Ubicación general del humedal Capellanía. 113
Figura 59. Ubicación general del humedal La Vaca. . 114
Figura 60. Ubicación general humedal de Techo. . 115

Figura 61. Ubicación general del humedal Tibanica. 116
Figura 62. Actividades generales para la adquisición de predios..... 121
Figura 63. Factores determinantes del impacto de la dinámica urbana en los humedales de Bogotá. 123
Figura 64. Diagrama de flujo y la dinámica urbana en torno a los humedales de Bogotá. 126
Figura 65. Modelo de simulación de la dinámica urbana sobre los humedales de Bogotá..... 128
Figura 66. Conectividad de datos externos con Excel..... 130
Figura 67. Sistema de operación e ingreso de datos para el modelo de simulación..... 131
Figura 68. Procedimiento para la selección de ortofotos. 132
Figura 69. Procedimiento para identificar propiedad privada al interior de los humedales. 133
Figura 70. Delimitación del área en conflicto en el humedal La Vaca en 2005(a) y 2015 (b).. 135
Figura 71. Delimitación de la superficie del humedal Torca-Guaymaral.. 137
Figura 72. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Tibanica en 2005(a) y 2015(b). 140
Figura 73. Valor económico de los suelos delimitados por barrios limítrofes en los humedales de Bogotá..... 146
Figura 74. Población de las localidades limítrofes de los humedales.. 150
Figura 75. Evolución de la densidad predial en las localidades limítrofes a los humedales.. 156
Figura 76. Empleos verdes en el área de estudio.. 166
Figura 77. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Capellanía en 2004 y 2015.. 168
Figura 78. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal La Vaca en 2004 y 2015.. 171
Figura 79. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Tibabuyes en 2004 y 2015.. 173
Figura 80. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Torca-Guaymaral en 2004 y 2015..... 175
Figura 81. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal El Burro en 2004 y 2015.. 177

Figura 82. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Meandro del Say en 2004 y 2015.. 179
Figura 83. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Tibanica en 2004 y 2015.. 181
Figura 84. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal de Techo en 2004 y 2015. 183
Figura 85. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Córdoba en 2004 y 2015.. 185
Figura 86. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Santa María del Lago en 2004 y 2015.. 186
Figura 87. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Jaboque en 2004 y 2015.. 188
Figura 88. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal La Conejera en 2004 y 2015.. 190
Figura 89. Dimensiones de las columnas para los vehiculares verdes.. 208
Figura 90. Equivalencia de un jardín vertical con número de árboles. 209
Figura 91. Delimitación de nuevos humedales a partir de las zonas inundables de Bogotá..... 216
Figura 92. Plano general de propuestas bajo el marco del crecimiento verde para la ciudad de Bogotá.. 218

Índice de Tablas

Tabla 1. Migrantes y tasas de migración de la ciudad de Bogotá, clasificado por localidades 43
Tabla 2. Tendencia del coeficiente de Gini en la ciudad de Bogotá..... 45
Tabla 3. Comparación del coeficiente de Gini por localidades 45
Tabla 4. Legalización de predios en la ciudad de Bogotá desde 1992 hasta 2007. 48
Tabla 5. Tasa de árboles por habitante en las localidades de la ciudad de Bogotá 2004-2007 55
Tabla 6. Matriz de análisis de contaminantes del aire en la ciudad de Bogotá 2005-2013. 58
Tabla 7. Localización, extensión y año de aprobación de los PMA de los humedales de Bogotá..... 119
Tabla 8. Predios de adquisición en los humedales de Bogotá 122
Tabla 9. Indicadores y variables descriptivas del modelo de simulación del impacto de la dinámica urbana de los humedales de Bogotá. 124
Tabla 10. Herramientas y sistemas de coordenadas para la ejecución del trabajo de campo 134
Tabla 11. Identificación de algunas áreas en conflicto en los humedales de Bogotá..... 136
Tabla 12. Actores claves en la gestión y saneamiento predial de los humedales de Bogotá..... 138
Tabla 13. Subsistema de factores económicos en los humedales de Bogotá (SFERH) 142
Tabla 14. Subsistema de factores sociales en los humedales de Bogotá (SFSH)..... 148
Tabla 15. Subsistema de factores urbanísticos en los humedales de Bogotá (SFERH) 153
Tabla 16.Subsistema de factores ambientales en los humedales de Bogotá (SFAH)..... 158
Tabla 17. Subsistema de factores de crecimiento verde en los humedales de Bogotá (SFCVH)..... 162
Tabla 18. Identificación de zonas de saneamiento predial y su área de ocupación en el humedal Capellanía 169
Tabla 19. Intensidad de la recuperación de predios privados en los humedales de Bogotá..... 191
Tabla 20. Presencia de asentamientos ilegales y edificaciones 192
Tabla 21. Intensidad del deterioro a partir de la fragmentación vial 193

Tabla 22. Síntesis de los resultados de la simulación de la dinámica de los humedales de Bogotá en los tres escenarios. 206

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Crecimiento informal por décadas 1950-2010.. 47
Gráfica 2. Área urbanizada por localidades.. 50
Gráfica 3. Tasa de motorización en la ciudad de Bogotá. 57
Gráfica 4. Actividades relacionadas con los empleos verdes. 164
Gráfica 5. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Capellanía.. 170
Gráfica 6. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal La Vaca.. 172
Gráfica 7. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Tibabuyes. 174
Gráfica 8. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Torca-Guaymaral. 176
Gráfica 9. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal El Burro. 178
Gráfica 10. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Meandro del Say. 180
Gráfica 11. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Tibanica. 182
Gráfica 12. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal de Techo. 183
Gráfica 13. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal de Córdoba. 185
Gráfica 14. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Jaboque. 187
Gráfica 15. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal La Conejera. 189
Gráfica 16. Porcentaje de adquisición de predios privados en los humedales de Bogotá. 191
Gráfica 17. Porcentaje de asentamientos ilegales y edificaciones en los humedales de Bogotá. 192
Gráfica 18. Porcentaje de deterioro de los humedales de Bogotá debido a la fragmentación vial. 193

Gráfica 19. Tendencia de la superficie de los humedales en tres escenarios hipotéticos en el marco del crecimiento verde. 196
Gráfica 20. Zonas en conflicto en los humedales en tres escenarios hipotéticos. 197
Gráfica 21. Asentamientos ilegales dentro de los humedales en tres escenarios hipotéticos..... 198
Gráfica 22. Área urbana en tres escenarios hipotéticos..... 199
Gráfica 23. Participación monetaria en tres escenarios hipotéticos.. 201
Gráfica 24.Saneamiento predial en tres escenarios hipotéticos..... 202
Gráfica 25. Tendencia de los empleos verdes en tres escenarios hipotéticos.. 203
Gráfica 26. Tendencia de la demanda de servicios verdes en tres escenarios hipotéticos. 204
Gráfica 27. Tendencia del atractivo urbano en tres escenarios hipotéticos..... 205

Índice de Fichas

Ficha 1. Puentes vehiculares con infraestructura verde. 210
Ficha 2. Jardines verticales y ecotechos en zonas de conflicto..... 212
Ficha 3. Programa de construcciones de puentes verdes. 214
Ficha 4. Delimitación de los nuevos humedales. 217

Índice de Anexos

Anexo 1. Tabla general de datos del modelo de simulación. 273
Anexo 2. Guía técnica del modelo de simulación de la dinámica urbana y su impacto en los humedales de Bogotá 276
Anexo 3. Formulario de las entrevistas semi estructuradas y sus resultados……...…281
Anexo 4. Plano general de propuestas bajo el marco del crecimiento verde para la ciudad de Bogotá. 303

ACRÓNIMOS

Avenida Longitudinal de Occidente	ALO
Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento	CODHES
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	CAR
Departamento Administrativo Nacional de Estadística	DANE
Departamento Distrital de Medio Ambiente	DAMA
Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	EAAB
Estructura Ecológica Principal	EEP
Estudio de Impacto Ambiental	EIA
Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Capital	IDECA
Instituto de Desarrollo Urbano	IDU
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	IDEAM
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático	IDIGER
Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis	JBB
Observatorio Ambiental de Bogotá	OAB
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos	OCDE
Plan de Manejo Ambiental	PMA
Plan de Ordenamiento Territorial	POT
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá	RMCAB
Ronda Hidráulica	RH
Secretaría Distrital de Ambiente	SDA
Secretaría Distrital de Movilidad	SDM
Secretaría Distrital de Planeación	SDP
Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital	UAECD
Unidades de Planeamiento Zonal	UPZ
United States Dollar (dólar estadounidense)	USD
Zona de Manejo y Preservación Ambiental	ZMPA
Zonas de Especial Protección de Aves	ZEPA

RESUMEN

En este trabajo presentamos una herramienta de diagnóstico y elaboración de propuestas para la gestión futura de los humedales de Bogotá según los principios del *crecimiento verde*. Para comprender la investigación el documento se compone de ocho partes. En una primera parte se hace una introducción que identifica las problemáticas, objetivos, hipótesis y las generalidades de cada uno de los capítulos. En una segunda parte se presentan los elementos de geografía del área de estudio y su historia urbana a fin de comprender su dinámica urbana y sus externalidades. En una tercera parte definimos los humedales desde un enfoque normativo y científico. Este enfoque se dedica a la definición de esta noción para ilustrar su potencial de aplicación en la gestión de los ecosistemas húmedos de los territorios urbanos. Seguidamente se deriva de nociones de protección propuestos por la Convención de Ramsar, luego se reanuda los principios del "*crecimiento verde*" y de su potencial de aplicación en la gestión de los ecosistemas urbanos. En el cuarto tema, se analiza la dinámica de sistemas y aplicación en el análisis de los humedales en medios urbanos. En el quinto tema se identifican los humedales objeto de estudio y los factores socioeconómicos y urbanos que influyen sobre la dinámica espacial de los humedales. Las interacciones entre estos factores y su impacto en la dinámica de los humedales han sido objeto de una propuesta de modelización a partir de la dinámica de sistemas. Para dar cuenta del impacto y las propuestas de gestión en el marco del *crecimiento verde*, el modelo introduce indicadores específicos de atractivo urbano, empleos y servicios verdes. El funcionamiento del modelo se encuentra formulado con información exhaustiva procedente de diversas fuentes estadísticas, que fue completada mediante trabajo de campo y entrevistas con las partes interesadas. En el sexto tema se hace una evaluación de la dinámica de los humedales en diferentes escenarios que analizan desde las políticas actuales, control del crecimiento urbano hasta el impulso de políticas de *crecimiento verde*. Luego en capitulo siete se presentan propuestas de actuación y gestión futura de los humedales. De esta manera los resultados obtenidos contribuyen a una mejor comprensión de la vulnerabilidad y necesidades de gestión de los humedales y confirman el potencial de las medidas de *crecimiento verde* aplicadas, con la expectativa de que puedan ser tomadas en consideración por las autoridades competentes en la toma de decisiones locales, regionales y nacionales en la gestión de los humedales de Bogotá. Finalmente, en las conclusiones inician con la síntesis del trabajo, que permite entender las limitaciones y las líneas futuras de la investigación.

1 INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas de gran importancia por su capacidad para la depuración de aguas residuales, la reducción del dióxido de carbono, la regulación de las temperaturas y su rol como refugio para aves migratorias. Debido a estas características los humedales son considerados como los "riñones de la tierra" y "supermercados ecológicos" (Ma *et al.,* 2012). Sin embargo, el crecimiento urbano y el desarrollo de actividades antrópicas han disminuido el tamaño de estos ecosistemas. De acuerdo con algunas investigaciones de Ramsar (2015), se identifica que en el siglo XX los humedales han perdido entre un 64% y 71% de su extensión. En el caso particular de Bogotá, la pérdida de superficie de humedales en zonas urbanas es de gran magnitud: según el DAMA[1] (2000) los humedales han perdido el 98% de su tamaño en los últimos cuarenta años. Como consecuencia, el número de estos ecosistemas se ha reducido a quince, de los cuales solo doce se encuentran gestionados por Planes de Manejo Ambiental. Así pues, la situación actual de los humedales se relaciona directamente con la evolución de un área urbana que ocupa más de 38.000 hectáreas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004) y cuya población ha ido en aumento hasta alcanzar aproximadamente siete millones ochocientos mil habitantes (SDP y DANE, 2016).

El crecimiento poblacional trae como resultado el fortalecimiento del sector de la construcción. De acuerdo con la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD, 2015), el área urbana construida se incrementa con una tasa de cambio del 2,85%, es decir que la ciudad ha tenido un crecimiento predial[2] de 1.833.994 en el 2005 hasta 2.429.238 predios en el 2015. Paralelamente, la urbanización informal en los últimos veinte años ha disminuido considerablemente; sin embargo, continúan los asentamientos ilegales dentro de la superficie de los humedales. De acuerdo con los Planes de Manejo Ambiental, son numerosos los procesos de parcelación dentro y fuera del perímetro de los humedales de Bogotá (EAAB y Adessa, 2006). De hecho, esta situación genera una serie de conflictos alrededor de los humedales. Según estimaciones propias, el 48% de la extensión de estos ecosistemas en la ciudad presenta una situación de conflicto por efectos de la invasión de asentamientos ilegales, fragmentación vial,

[1] Departamento Distrital de Medio Ambiente (DAMA), actual Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).
[2] Construcciones, propiedades en áreas urbanas.

multiplicidad predial y su relación con la propiedad privada (Escalona y González, 2016).

Esta investigación busca plantear nuevas estrategias para abordar las problemáticas anteriormente mencionadas a partir del *crecimiento verde*, concepto reseñado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) en el 2011. Asimismo, se incluyen en el análisis algunas políticas de la Unión Europea que integran diferentes lineamientos para la protección del medio natural como Ramsar, *Natura 2000* y *LIFE*. Estas convenciones y redes internacionales ayudan a promover la conservación de los recursos naturales y en particular, de los humedales.

Para la identificación de la dinámica urbana y su impacto en los humedales fue necesario determinar los factores socioeconómicos, ambientales y geográficos que influyen en el área de estudio. Las interacciones entre los citados factores y su incidencia en la dinámica de los humedales conforman cinco subsistemas (urbanístico, social, económico, ambiental y *crecimiento verde*), que posteriormente son objeto de un ensayo de modelización. En ese ejercicio se tienen en cuenta las técnicas propuestas por (Forrester , 1969) (Estrada , 2014) (Arquipino, 2012) (Garcia, 2012) (Ma, Zhang, Zhang, Zhou, & Mao, 2012), autores que parten de un enfoque sistémico para articular el análisis de las zonas de protección natural y sus realidades sociales. De esta manera se identifican las variables principales, secundarias y terciarias en relación con la complejidad característica de las dinámicas urbanas. El modelo hace uso de información exhaustiva procedente de diversas fuentes estadísticas de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP), El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), entre otros. Esta información se complementa con trabajo de campo y entrevistas con agentes cualificados. De este modo queda puesta a punto una herramienta con la que es posible recrear los cambios observados en la extensión de los humedales entre 2005 y 2015 y hacer unas primeras previsiones al horizonte 2030 en diferentes escenarios. Los resultados que se presentan en la parte final del trabajo contribuyen a una mejor comprensión de la vulnerabilidad y necesidades de gestión de los humedales y a identificar el potencial de la aplicación de las medidas de *crecimiento verde* y de otros escenarios posibles, con la expectativa de que todo ello pueda ser tomado en consideración por las autoridades competentes.

El propósito de esta investigación no es analizar la política de humedales como tal, sino la importancia que dicha política le atribuye a la recuperación de la extensión de estos ecosistemas para su conservación. Por este motivo el análisis se ha centrado en las inversiones económicas que hace el Estado en torno a la compra de predios privados, las gestiones para la recuperación de áreas construidas y el impacto que va en aumento por efectos de la fragmentación vial y las construcciones urbanas dentro de los humedales.

En razón a lo anterior se asume que es preciso un mejor conocimiento de la dinámica urbana de los humedales, así como una actualización de las herramientas de diagnóstico y de elaboración de propuestas de gestión. Este convencimiento conduce a formular dos hipótesis de trabajo:

El crecimiento del área urbana es una de las causas principales de la pérdida de superficie de los humedales de Bogotá

El crecimiento verde es un principio oportuno para impulsar la gestión sostenible de la extensión de los humedales y, en general, del desarrollo urbano en la zona estudiada

Las hipótesis presentadas anteriormente son complejas y, por tanto, la obtención de la respuesta requiere el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Identificar los diferentes factores que interactúan en la dinámica urbana actual y futura en torno a los humedales
- Establecer los fundamentos teóricos y metodológicos para el análisis de los humedales en la ciudad de Bogotá en el marco del *crecimiento verde*
- Modelar tres escenarios futuros de la dinámica urbana y su impacto en los humedales en el año 2030
- Evaluar la dinámica urbana actual y futura de los humedales aplicando criterios del *crecimiento verde*
- Proponer estrategias de gestión de los humedales basadas en los principios del *crecimiento verde*

Esta tesis se encuentra estructurada en doce capítulos. Luego de la presente introducción, el segundo capítulo se enfoca en los humedales y la historia urbana de Bogotá, alrededor de cuatro temas principales. El primero contextualiza el área de estudio con la revisión de algunas nociones básicas de la geografía urbana, sus características climáticas y la extensión inicial de los complejos lagunares en el área urbana de la ciudad de Bogotá. El segundo analiza la evolución del desarrollo urbano para comprender cómo la invasión urbana de la ciudad de Bogotá ha venido afectando el medio natural de sus humedales. En el tercer tema se revisan los aspectos de la dinámica urbana, la organización metropolitana, el crecimiento demográfico, la desigualdad económica y la urbanización informal. Por último, se abordan las externalidades negativas del crecimiento urbano, la expansión, la insuficiencia de zonas verdes, y los aumentos en las tasas de motorización y temperaturas.

En el tercer capítulo se presenta una definición de los humedales desde las aportaciones de algunos investigadores y la convención Ramsar, se estudian algunos sitios Ramsar y sus estrategias de protección. Se inicia con un análisis del funcionamiento del sistema normativo para la protección de los complejos lagunares en España, Francia y Colombia. Luego se identifican diferentes líneas de protección de los humedales urbanos teniendo como referencia desde la convención Ramsar hasta el *crecimiento verde*. Finalmente, en este apartado se presenta la definición de *crecimiento verde* como un enfoque novedoso desde la OCDE y su potencial de aplicación en la gestión de políticas en los ecosistemas urbanos.

La dinámica de sistemas y su aplicación en el análisis de los humedales urbanos son el eje del cuarto capítulo. En primer lugar, se estudia la definición y los elementos de la dinámica de sistemas y se exponen algunos ejemplos de modelización en áreas de protección. Seguidamente, se hace una determinación de los componentes del modelo propuesto, teniendo como referencia distintos indicadores y variables que evalúan la dinámica de los humedales en diferentes escenarios del *crecimiento verde*. En el modelo elaborado se introducen algunos indicadores de atractivo urbano, empleos, demanda de productos y servicios verdes, entre otros.

La quinta sección de la tesis se enfoca en el análisis y modelización del impacto de la dinámica urbana sobre los humedales. En primer lugar se realiza una descripción del área de estudio y sus políticas recientes en materia de humedales. Seguidamente se

identifican los factores socioeconómicos y urbanos que influyen en la dinámica espacial de los humedales. Posteriormente, las interacciones entre los citados factores y su incidencia en la dinámica de los humedales son objeto de un ensayo de modelización aplicando las técnicas de la dinámica de sistemas propuestas por Forrester (1969) y García (2017), entre otros autores.

En el capítulo seis se elabora un diagnóstico y análisis previo de las zonas en conflicto de los humedales y se realiza una evaluación de la dinámica urbana en estos ecosistemas en tres diferentes escenarios. En el primero se identifican las políticas actuales en materia de humedales propuestas por algunas entidades ambientales (Alcadía Mayor de Bogotá, 2004; DAMA, 2006). En el segundo escenario se estudia el control del crecimiento urbano y su incidencia en la extensión de los humedales, de acuerdo con las propuestas de Ma *et al.* (2012). En el último escenario se analizan las políticas de *crecimiento verde* propuestas por Hammer *et al.* (2011), que incluyen inversiones económicas en materia de humedales y su atractivo urbano en la ciudad. Un marco de programas de gestión en el marco del *crecimiento verde* se formula en el capítulo siete. Las estrategias propuestas se encuentran sustentadas a partir de construcciones verdes propuestas por París (Francia), la isla Jeju (Corea del Sur), Tianjin (China), Zaragoza (España) y Ciudad de México (México), casos destacados a nivel mundial por su práctica en la recuperación de zonas verdes en áreas urbanas. Los programas propuestos enfatizan en la mejora de las condiciones naturales del área de estudio y su apropiada delimitación teniendo como referencia sus cotas de inundación (Pellicer, 2016). El capítulo ocho referido a las conclusiones se desarrolla en principio una síntesis de trabajo realizado, en este apartado se analiza el desarrollo de las hipótesis y objetivos de trabajo, con la situación concreta de la modelización de la dinámica urbana entorno a los humedales de Bogotá, identificando las políticas actuales en materia de humedales y criterios del *crecimiento verde* entre otros. Seguidamente se hace una descripción de las limitaciones y líneas futuras que se tienen previstas para el desarrollo de las propuestas de investigación.

En la novena parte de la tesis se hace una selección de algunos capítulos traducidos al francés para optar a la mención internacional. Seguidamente en el capítulo diez se dan los agradecimientos a las diferentes instituciones que hicieron posible el desarrollo de la investigación. Luego en capitulo diez se identifica la Bibliografía general, que incluye los textos analizados y citados en todo el documento, así como los

artículos de revistas científicas e informes de instituciones internacionales, nacionales y locales, que permitieron el sustento teórico y metodológico. Finalmente, el último apartado contiene los anexos, que complementan el texto, incluyen una guía para la instalación y funcionamiento de modelo de simulación. Además se incluye las encuestas realizadas algunos lides y funcionarios públicos, que complementan la información de algunas variables del modelo de simulación.

2 BOGOTÁ. ELEMENTOS DE SU GEOGRAFÍA E HISTORIA URBANA

Establecer de forma retrospectiva las relaciones entre Bogotá y sus humedales requiere tener en cuenta las condiciones fisiográficas y climáticas de la ciudad. De este modo es posible perfilar el escenario en el que han surgido y evolucionado estos ecosistemas, cuestiones que se abordan a continuación.

2.1 Características ambientales de Bogotá. Situación y emplazamiento

Bogotá se emplaza en el centro del país en la cordillera oriental de los Andes, en una meseta de 2.640 metros de altitud y tiene una extensión urbana de 307,39 km^2. La ciudad se encuentra a 4°35'53" latitud norte y 74° 4'33" longitud oeste. Limita al norte con el municipio de Chía; al oriente con los cerros orientales y los municipios de La Calera y Choachí; al sur con el municipio de Soacha; y al occidente con los municipios de Funza y Mosquera (Molina, 1996). En la llanura bogotana y dentro del espacio urbano del Distrito Capital se encuentran en la actualidad 15 humedales que ocupan 725,01 hectáreas (SDA, 2017). Esta red de humedales se extiende en la cuenca del río Bogotá, zona caracterizada por tener un alto riesgo de inundación. De acuerdo con los indicadores registrados por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático (IDIGER, 2015), la ciudad tiene 328.299 viviendas en zonas inundables y ubicadas en ocho localidades: Suba, Usaquén, Engativá, Fontibón, Kennedy, Bosa, Barrios Unidos y Tunjuelito (ver Figura 1).

El clima característico de la ciudad (según fuentes históricas y datos confirmados por los registros modernos) es frío de montaña y se desarrolla mediante un ciclo anual con tendencia bimodal, es decir, cuenta con dos temporadas: una de lluvia (invierno) y otra seca (verano). El promedio de precipitaciones durante la época de lluvias es de 137 mm mensual; durante el periodo seco este promedio baja hasta los 50 mm. En cuanto a las temperaturas, se observa que los meses de temperatura máxima media son marzo, abril y mayo con valores que oscilan entre los 24,4 ºC y los 26,6 ºC; mientras que, para los meses de julio y agosto, hay un descenso que alcanza

temperaturas medias entre 18,6 ºC y 18,8 °C. En los meses de diciembre y enero se presentan heladas y generalmente los vientos son de baja intensidad (IDEAM, 2011).

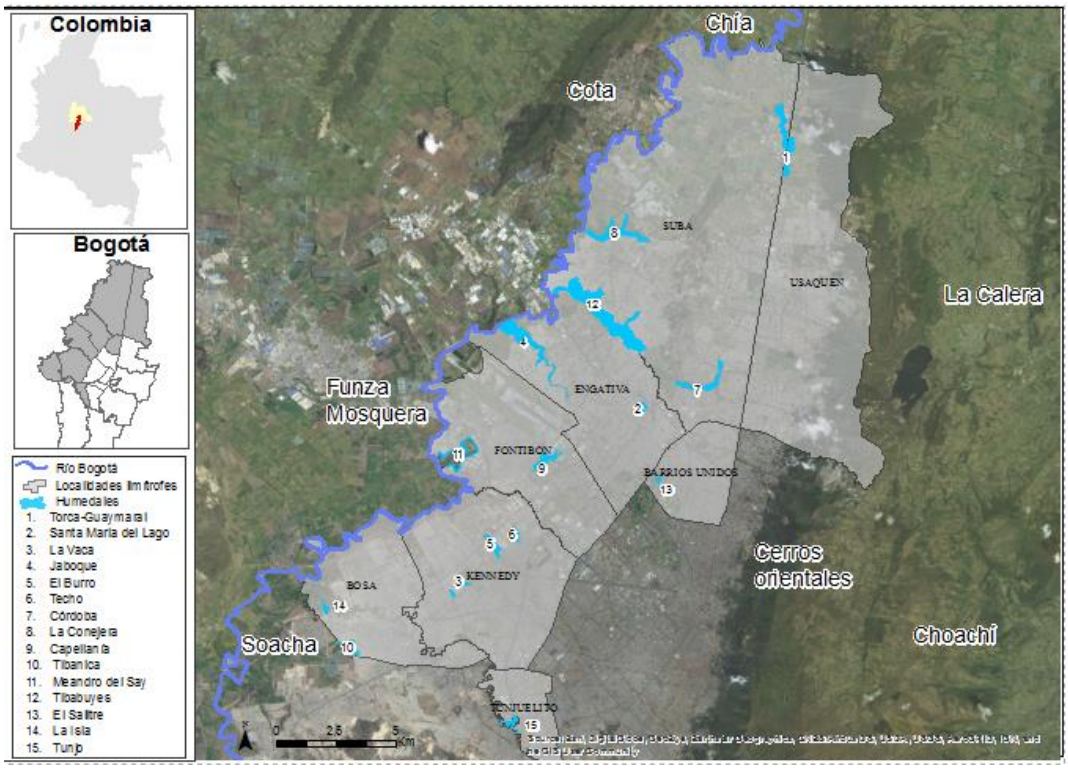


Figura 1. Localización de los humedales en la ciudad de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

La extensión actual de los humedales de Bogotá es de aproximadamente 700 hectáreas, área significativamente menor a la existente a principios del siglo XX, ya que según diversas estimaciones los complejos lagunares de Bogotá superaban las 50.000 hectáreas (DAMA, 2000) (ver Figura 2).

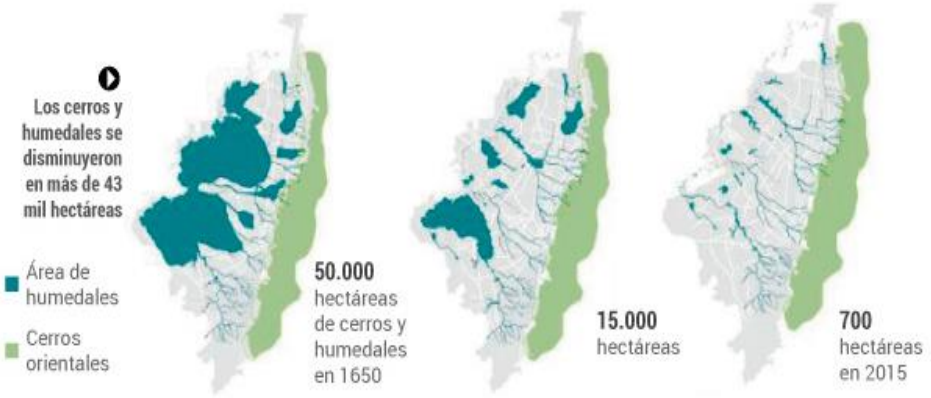


Figura 2. Cambio del área de humedales desde el siglo XVII. Fuente: Baena *et al.* (2016).

Las claves de la evolución de los complejos lagunares de Bogotá se encuentran sin duda en su historia urbana. A continuación se analizan con detalle varias épocas

históricas (desde la prehispánica hasta la actualidad) y para este fin se presenta la cartografía original, cuya elaboración siguió el esquema presentado en la Figura 3.

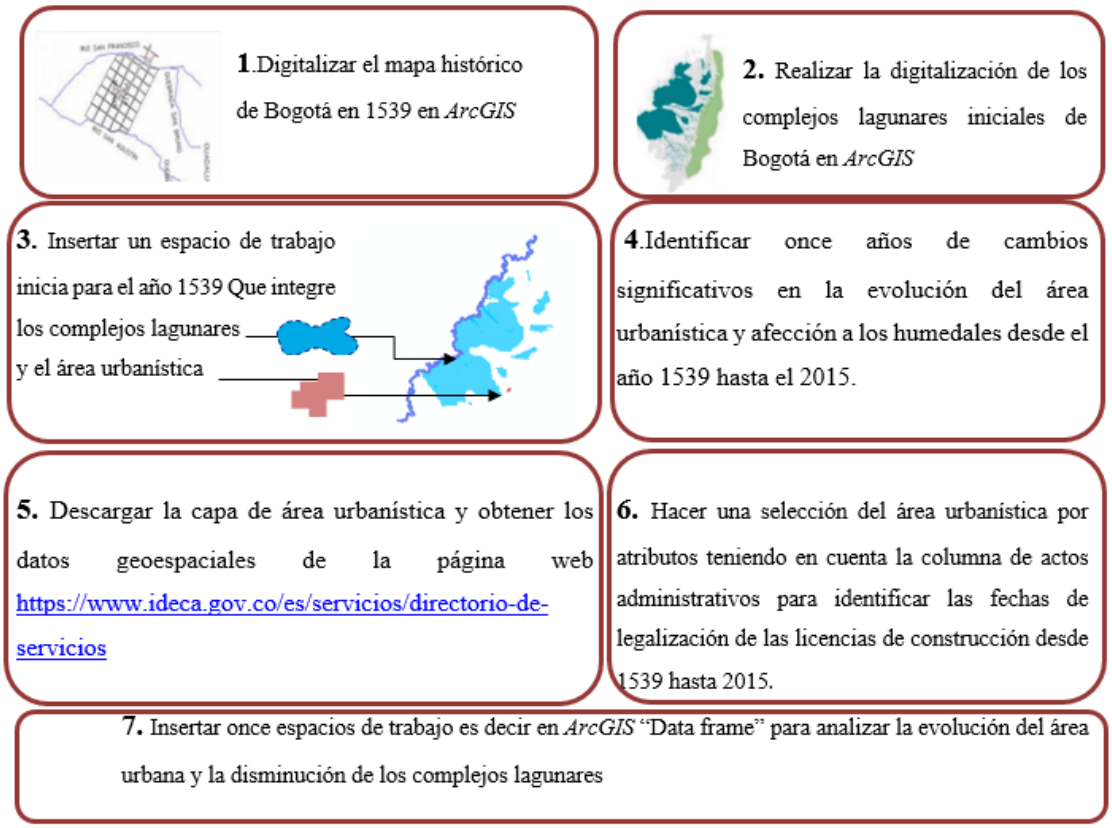


Figura 3. Procedimiento para la elaboración de la cartografía de crecimiento urbano y efecto en los humedales 1539-2015. Fuente: elaboración propia.

2.2 Etapas del desarrollo urbano de Bogotá e impacto sobre los humedales

La evolución del crecimiento urbano de Bogotá y su impacto en los humedales se fundamenta a partir de las investigaciones de Rojas, de Meulder y Shanon (2015), Delgado (2010), Preciado, Leal y Almanza (2005), dado que estos autores introducen las etapas de desarrollo urbano que tuvo la ciudad desde 1539 hasta 1936. Estas etapas se han sintetizado del siguiente modo:

- En la época prehispánica (antes de 1539) los humedales y sus zonas de inundación fueron explotados por asentamientos indígenas. Los terrenos fueron usados para la construcción de sistemas agrícolas (Rojas *et al.,* 2015).
- Durante la época hispánica (1538- 1810) se desarrolla la ciudad colonial que genera presiones en la zona aluvial de los ríos San Francisco y San Agustín

(Secretaría de Hacienda, 2017). Además, continúan los asentamientos de los pueblos indígenas, que generan afectaciones de mayor magnitud a los humedales por los cambios de tenencia de la tierra (Delgado, 2010).

- Desde la Independencia al Bogotazo[3] (1810-1948) inician los vertimientos de aguas residuales y el secamiento de los complejos lagunares, efectos que a largo plazo traen consecuencias para el estado de los recursos hídricos (Preciado *et al*., 2005).
- Desde 1948 (Bogotazo) a la actualidad. Este periodo se caracteriza por una evolución de presiones y estrategias de la revolución urbana, con proliferación de asentamientos ilegales y otros fenómenos que fragmentan los principales complejos lagunares de la ciudad de Bogotá.

2.2.1 Época prehispánica

En la época prehispánica los pueblos indígenas se encontraban en las zonas inundables del río Bogotá y las tierras eran explotadas para el desarrollo de cultivos (Rojas *et al.*, 2015). Según Bernal (1990), los suelos acanalados servían como zonas de amortiguamiento para manejar el drenaje y controlar las temperaturas del suelo. Esto significaba que los sistemas de cultivos funcionaban con montículos elevados que favorecían la producción de papa, maíz, entre otros (DAMA, 2000). Posteriormente, Boada (2006) identificó 7.451 hectáreas de zonas de cultivo en la sabana de Bogotá. Además, las comunidades asentadas eran los muiscas, quienes realizaban actividades que propendían por la conservación del medio natural, pues reforestaban con diversos árboles para el control de las inundaciones y los caudales. En general los humedales fueron considerados por los muiscas como tierras aptas para el cultivo por la gran cantidad de nutrientes que contenían sus suelos. Un ejemplo de lo anterior es el territorio donde se ubica actualmente el humedal Tibabuyes, que era considerado como tierra de labranza por la ausencia de sequía y por la gran cantidad de nutrientes que quedaban después de las inundaciones (EAAB, 2010). Según Correa (2004), en líneas generales y en un sentido estrictamente ecológico, la época prehispánica tuvo impactos benignos para los humedales ya que los muiscas tenían vínculos simbólicos con el agua

[3] El Bogotazo fue una revuelta popular ocurrida el 9 de abril de 1948, como resultado de las grandes contradicciones políticas entre los partidos liberal y conservador. De hecho, esta situación fue causada por el asesinato de Jorge Eliecer Gaitán, quien era candidato presidencial del partido liberal (Jaramillo, 2002).

y la manejaban de tal modo que contribuyera a mejorar la producción de alimentos. En esencia, los recursos utilizados eran orgánicos y fácilmente degradables.

2.2.2 Época hispánica

En la época hispánica inician los cambios para el medio natural. En este contexto la ciudad colonial "Santafé" (actual ciudad de Bogotá) se ubicó en terrenos más seguros de las estribaciones, en la franja aluvial cerca de los ríos San Francisco y San Agustín, áreas que tenían suelos bien drenados. El suministro hídrico y la vista panorámica de la meseta fueron fundamentales en la selección de ubicación de Santafé (Rojas *et al.*, 2015) (ver Figura 4). De acuerdo con Martínez (1988), la ciudad fue trazada a partir de la actual Plaza de Bolívar, la cual estaba conformada por la plaza mayor, la iglesia y viviendas ubicadas en lotes medianos. La ciudad estaba compuesta por aproximadamente 500 habitantes, quienes ocupaban 20 hectáreas en el año 1539 y posteriormente el número ascendió a 21.394, distribuidos en 170 hectáreas en el año 1801 (SDP, 2010). En la Figura 4 se observan los planos históricos de la ciudad en el año 1539 propuestos por Martínez (1988).

Figura 4. Localización de la zona urbana de Bogotá en el año 1539. Fuente: elaboración propia a partir de DAMA (2000).[4]

[4] Nota: Los planos fueron sistematizados con el *software ArcGIS.* El proceso requirió la digitalización de las manzanas teniendo como puntos de control los ríos San Francisco y San Agustín. Para su adecuada

El desarrollo urbano de la época de la colonia trajo consigo la contaminación de los principales ríos de la ciudad, puesto que en el año 1580 la población consumía el agua de los ríos San Agustín, San Francisco, Salitre, Fucha y Tunjuelo. Las aguas residuales producidas por la ciudad se devolvían a los ríos mediante zanjas improvisadas que infectaban el agua de consumo. En cambio, los lagos y los humedales no tenían grandes problemas de contaminación ni de pérdida de superficie ya que estaban localizados en la periferia de la ciudad. Así, estos ecosistemas eran muy productivos por su diversidad biológica y algunas de las especies que podían encontrarse allí eran los cangrejos, los peces "capitán" y sauces, entre otros (DAMA, 2000). En principio la localización de Santafé era muy estratégica por la oferta de bienes y servicios ambientales que se atribuía a ese lugar.

Después de la fundación colonial de Santafé los españoles tomaron posesión del resto del territorio. Por ejemplo, en el área cercana a la cuenca del río Tintal se asentaron los pueblos indios coloniales de Bosa en 1539 y Fontibón en 1594 (Rojas *et al.*, 2015). En ese sentido era evidente el cambio de la tenencia de la tierra y esto significó el abandono progresivo de las técnicas agrícolas tradicionales y la introducción de métodos extranjeros. En efecto, el mayor impacto surgió con la sistematización de fincas que dieron lugar al pastoreo y a la tenencia de ganado (Delgado, 2010).

2.2.3 Desde la independencia hasta el Bogotazo

En esta época la ciudad se caracterizaba por numerosos conflictos sociopolíticos que fueron producto de las múltiples guerras civiles de la época. Tal y como lo reseña Tirado (1976), los acontecimientos políticos representaron un estancamiento para la población y en especial para el desarrollo del área urbana. Un ejemplo de lo anterior fue la Guerra de los Mil Días, que se desarrolló entre 1899 y 1902 con más de 80.000 muertos. Otro acontecimiento importante fue la guerra civil denominada el Bogotazo, que estalló por el asesinato del candidato presidencial Jorge Eliecer Gaitán el 9 de abril de 1948 y que dejó como resultado la destrucción del tranvía y de una parte importante del centro de la ciudad (Braun, 1985).

---

localización fue necesario identificar las actuales avenida Jiménez y calle sexta, ya que estos ríos se encuentran canalizados y cubiertos por esas vías.

Así pues, los conflictos socio políticos dinamizaron la urbanización y esto significó escasez de viviendas. La población más pobre se asentaba en inquilinatos, caracterizados por la ausencia de servicios sanitarios y altas condiciones de insalubridad (SDP, 2010). La falta de salubridad y contaminación eran generalizadas debido al vertimiento de residuos sólidos y orgánicos en las vías públicas y a la carencia de sistemas de acueducto y alcantarillado, que con las consiguientes epidemias y plagas afectaban a la población (Preciado *et al.*, 2005). Sin embargo, estos hechos no interferían en el crecimiento poblacional: a finales del siglo XIX, Bogotá contaba con entre 50.000 y 60.000 habitantes en una superficie de 4 a 5 kilómetros cuadrados (Hettner, 1990).

Con respecto a la localización de los habitantes de Santafé, la Ley Orgánica en 1863 dividió el territorio en 4 distritos parroquiales: La Catedral, Las Nieves, San Victorino y Santa Bárbara. Mejía Pavony (2000) agrega la existencia de los barrios Egipto, Las Aguas y San Diego. En términos generales, el desarrollo urbano de la época era ascendente pese a los múltiples conflictos sociopolíticos. Los habitantes aumentaron de 28.341 a 100.000 desde 1832 hasta 1907 aproximadamente (Preciado *et al.*, 2005). De este modo, la población ocupaba una superficie aproximada de 4 a 5 kilómetros cuadrados, sobrepasando los límites de los ríos San Francisco y San Agustín (SDP, 2010). En este contexto, la estructura de la zona urbana se localizaba en el centro de la ciudad y contaba con 49 calles, 33 carreras, 8 fuentes públicas, 22 puentes, 120.000 habitantes, 20 iglesias, 4 bancos, y 4 distritos parroquiales. En la Figura 5 se observa el primer plano construido por Agustín Codazzi, identificando las principales plazas y otros elementos de la ciudad.

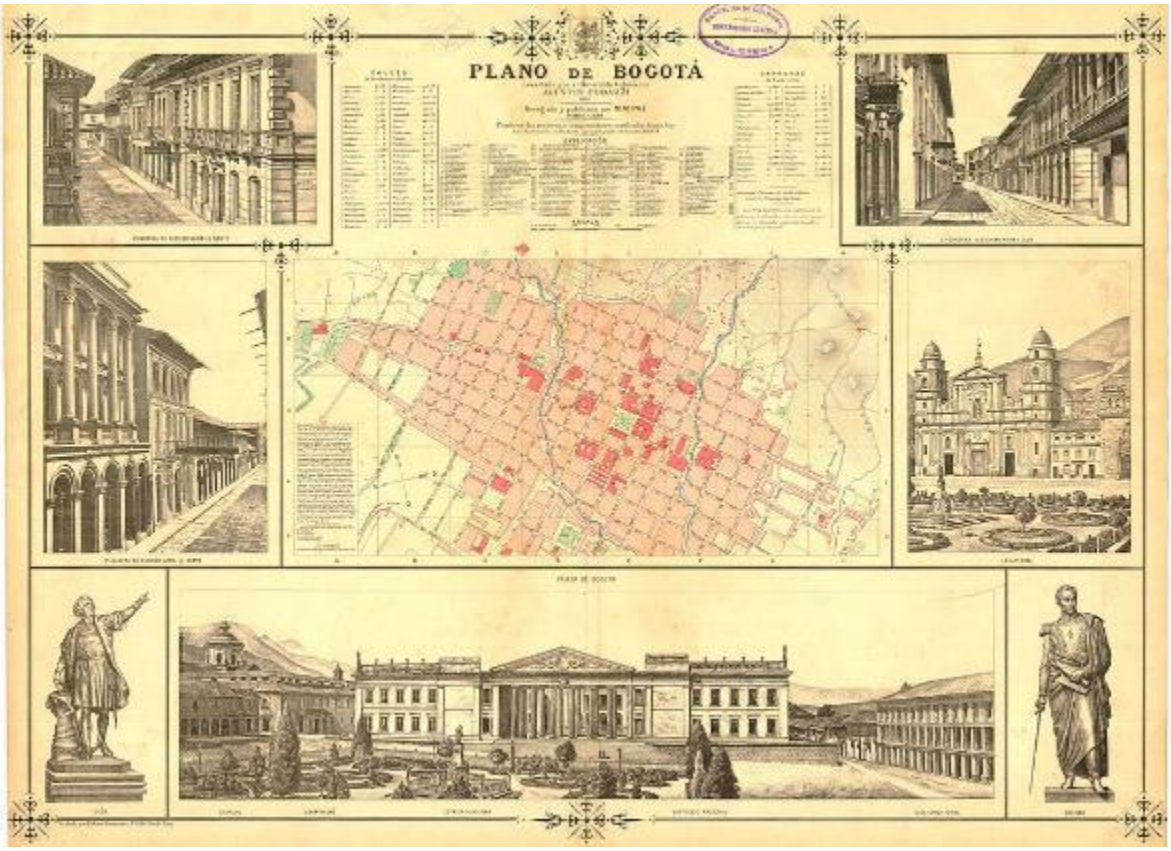


Figura 5. Plano de Bogotá en 1890. Fuente: Codazzi, Paz y Pérez (1889).

Posteriormente, en el año 1902 nace el Acuerdo Municipal N° 10, norma que reglamentaba la expedición de licencias de construcción y las normas particulares para la urbanización de terrenos (SDP, 2010). Según los archivos de la Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Capital (IDECA, 2017), la primera licencia de construcción se llevó a cabo con la legalización del barrio Santafé a través del Acuerdo 15 del 23 de marzo del 1905, información de gran importancia para analizar la evolución del crecimiento urbano de la ciudad pues permite identificar el momento en el que se realizaron las primeras construcciones. Adicionalmente, los mapas elaborados por Martínez (1976) señalan los principales barrios de la estructura urbana de la ciudad: San Victorino, Las Nieves, Las Aguas, La Catedral, Egipto, Santa Fe y Chapinero. Este último es identificado por Martínez como un barrio satélite que surgió porque la población buscaba nuevos lugares de urbanización libres de los problemas de saneamiento básico que tenía en ese entonces la ciudad (ver Figura 6).

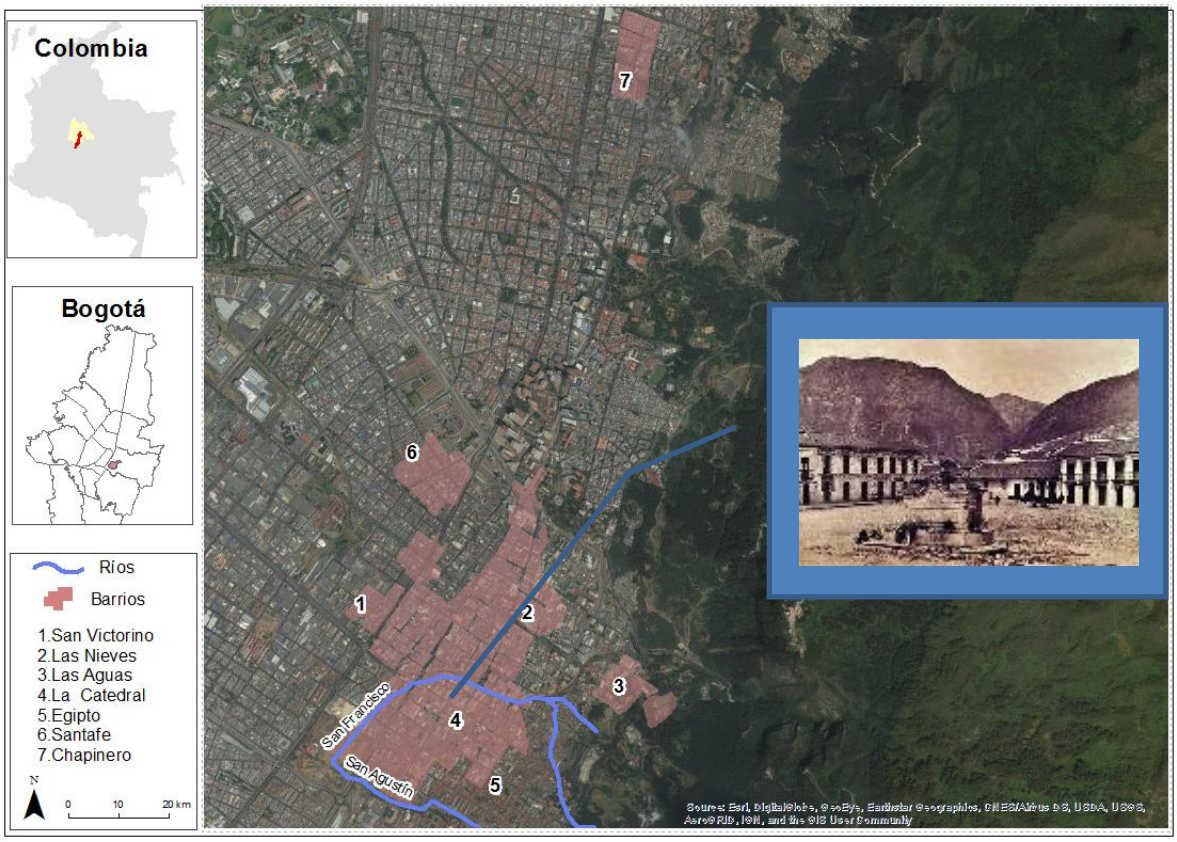


Figura 6. Inicio de las zonas urbanas y pila de abastecimiento de agua. Fuente: elaboración propia a partir del mapa de referencia de áreas urbanas del IDECA (https://www.ideca.gov.co/es/servicios/mapa-de-referencia) y Preciado *et al.* (2005).

En esta época se inician las actividades de saneamiento básico en la ciudad, tal y como lo reseñan Preciado *et al.* (2005), quienes identificaron la construcción del primer acueducto en el año 1886 y cuya función consistía en la provisión de aguas a la ciudad por tubería de hierro. El líquido era distribuido en el centro de la ciudad por medio de 37 pilas públicas que funcionaban para la captación de agua en los ríos San Francisco, Arzobispo y San Agustín. En la fotografía que acompaña a la Figura 6 (ver arriba) se observa la pila de agua y su localización en la plaza de San Victorino.

Los ríos San Francisco y San Agustín fueron una pieza fundamental en el desarrollo urbano de la ciudad, puesto que las poblaciones realizaban diferentes actividades cotidianas en torno a estas fuentes hídricas, como el aseo personal y encuentros sociales. En efecto, los ríos se convirtieron en las vías de evacuación de los residuos sólidos, escombros y vertimientos. Otro factor que contribuyó a la reducción de los caudales de los ríos que abastecían la ciudad fue el aprovechamiento desmesurado de los bosques

adyacentes a los cerros orientales y la explotación de las canteras. La carencia de un acueducto en óptimas condiciones generaría un problema de salud pública en una ciudad que paradójicamente tenía gran riqueza hídrica. Los problemas de saneamiento básico crecían continuamente por la forma de las calles, puesto que su trazado era en forma de "V". Esto incidía directamente en la contaminación de los ríos de la ciudad, porque las vías tenían como función captar los residuos que lanzaban los habitantes y su influencia era directa hacia los ríos San Francisco y San Agustín. En temporada de invierno se presentaban avalanchas por la cantidad de residuos sólidos que saturaban las vías y se formaban torrentes que generaban fuertes inundaciones en las viviendas (Preciado *et al.*, 2005).

Los humedales también se vieron seriamente afectados, puesto que a finales del siglo XIX el gobierno propuso numerosas leyes para convertir dichos ecosistemas en áreas de producción agropecuaria. Este es el caso de la Ley 23 de 1887, que estableció la regulación para secar los lagos y humedales con el fin de controlar las inundaciones y aumentar las tierras para cultivos o ganado (Rojas *et al.*, 2015). Seguidamente, el Decreto 40 de 1905 estableció el secado de lagos, lagunas y humedales (Guío y Palacio, 2008). En términos generales, a escala global, los humedales eran zonas combativas porque representaban medios dañinos y se encontraban ligados al paludismo y diversas enfermedades (Tran, 2017).
La construcción de zanjas permitió la ocupación de áreas inundables al sur-oriente de la ciudad, construcciones que inducían directamente al secado de los humedales (Guío y Palacio, 2008). Además, la introducción del eucalipto a finales del XIX fue otra medida para secar los humedales, puesto que estos árboles requerían grandes cantidades de agua para su sostenimiento (Van der Hammen, 2006).

El crecimiento urbano que presenta ciudad en esta etapa fue de 218.116 personas en 1928 a 330.312 en 1938 (DANE, 1954). La presión sobre la vivienda era tan fuerte que surgieron nuevos barrios espontáneos en el sur de la ciudad: San Francisco, Villa Javier, Policarpa y 20 de Julio. Era evidente el déficit habitacional para la creciente población bogotana, pues se requerían 29.963 casas para suplir la necesidad de la población teniendo como base una ocupación de ocho personas por vivienda; es decir que la escasez de viviendas era aproximadamente de 11.969. Además, las condiciones de las construcciones de esos barrios eran pésimas porque se usaban materiales de baja calidad

y no había acceso a servicios públicos y a las vías (DAMA, 2000). La localización de los habitantes con mayor nivel adquisitivo fue decisiva ya que abandonaron el centro de la ciudad para ubicarse al norte (Preciado *et al.*, 2005).

La regulación urbanística surge con el plano de Bogotá Futuro (1923-1925), adoptado a través del Acuerdo 74 de 1925 y cuyos antecedentes se relacionaban con teorías del *City Planning*, que apoyaba parcialmente la modernización de la administración municipal. Este fue considerado un plano de ensanche porque contenía propuestas de intervenciones para sus calles centrales, que fueron reinterpretadas por Karl Brunner en sus proyectos de 1934 y 1935 (Alba Castro, 2013) (ver Figura 7).

Figura 7. Plano "Bogotá futuro". Fuente: Uribe Ramírez (1924).

En este contexto se da inicio a nuevas construcciones de viviendas y vías, y por ello inicia la explotación de los cerros orientales con una extracción artesanal desde el año 1922 y que iría en aumento para suplir la demanda de materiales de construcción requeridos por las nuevas urbanizaciones de la ciudad de Bogotá. Para la extracción de arena era necesario quemar la vegetación antes de iniciar la explotación directa, actividad que degradaba continuamente los cerros ya que en temporada de lluvias se producía la escorrentía que arrastraba los materiales hacia la ciudad (Preciado *et al.*, 2005).

2.2.4 Época contemporánea (siglos XX y XXI)

La época contemporánea cubre el periodo de 1930 a 1950. En esta etapa las ciudades colombianas experimentan cambios particulares debido a la crisis del capitalismo en la década de 1930, puesto que las principales actividades económicas del país se habían enfocado en la exportación de café y oro. Este contexto exacerbó la crisis en las zonas rurales y el bajo impacto de la reforma agraria generó fuertes procesos de migración de comunidades campesinas que buscaban nuevas opciones de sustento económico (Preciado *et al.*, 2005). En la misma línea, David Burbano (profesor de arquitectura de la Universidad Javeriana y experto en periferias y sostenibilidad) afirma que el crecimiento urbano fue explosivo hace 60 años debido a la recepción de pobladores campesinos (Baena *et al*., 2016), hecho que se vio reflejado en un aumento poblacional de 237.004 habitantes en 1930 a 640.324 en 1951 (DANE, 1954).

La demanda de bienes y servicios de la creciente población implicó la expansión urbana de la ciudad y del país. De esta manera surgen los barrios populares y posteriormente la vivienda popular entra en auge, lo que condujo a la creación del Instituto de Crédito Territorial en 1939. En el año1951 iniciaron los planes de autoconstrucción, que consiste en la construcción de viviendas con participación administrativa, financiera y trabajo comunitario (SDP, 2010). A finales de la década de los cuarenta y durante la década de los cincuenta grandes referentes urbanísticos se establecieron al suroccidente de la ciudad, propiciando la desecación y ocupación de grandes complejos lagunares. Algunos ejemplos de lo anterior fueron la urbanización del sector de Techo, la construcción de su hipódromo y de la avenida Américas, obras que fueron decisivas en la fragmentación de la laguna del Tintal. Según Mayorga (2016), esta laguna perdió un área aproximada del 38% y como consecuencia se conformaron los humedales La Vaca, El Burro, Techo y el lago Timiza. Posteriormente, la construcción de la autopista Norte fragmentó los complejos lagunares ubicados al norte de la ciudad, dando lugar a los humedales Guaymaral y Torca (DAMA, 2000).

En el año 1961 se inicia la edificación de la urbanización Ciudad Salitre en la localidad de Fontibón, que requirió la construcción de la avenida La Esperanza para mejorar la conectividad de esta localidad con el centro de la ciudad. Esta vía desecó y fragmentó los complejos lagunares del oriente de la ciudad y como resultado se conformó el

humedal Capellanía (DAMA, 2000). Luego en el año 1980 se presentaron grandes inundaciones, producto de las modificaciones requeridas para el abastecimiento de agua al sistema eléctrico de Mesitas, alimentado por el embalse del Muña. La represa de Chingaza, cuyo objetivo principal era el suministro de energía eléctrica para la ciudad de Bogotá, también entró en operación en la misma época. Para su adecuado funcionamiento la represa requirió una ampliación del río Bogotá. El diseño incluyó la desviación del río en diferentes tramos, los cuales seccionaron algunos meandros (entre ellos, el denominado Meandro del Say). En consecuencia, en el año 1982 se presentaron cambios notorios en el cauce del río por la elevación de diques y la construcción de compuertas que desviaron su flujo, hecho que contribuyó con el aumento de la eutrofización de la zona (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2015). La Figura 8 ilustra el impacto de la dinámica urbana en la extensión de los complejos lagunares de Bogotá a través del tiempo. El mapa tiene dos procesos convergentes (el área urbanizada y los humedales) que tienen una relación inversamente proporcional, pues el surgimiento del área urbanizada redujo la extensión de los complejos lagunares. De igual manera los procesos de evolución del crecimiento urbano de Bogotá coinciden con cuatro fases del modelo de ciudad Latinoamericana propuesto por Borsdorf (2003), que inicia sus procesos de urbanización desde la colonia, la sectorización, la polarización y la fragmentación urbanas. Cuestiones que describimos a continuación

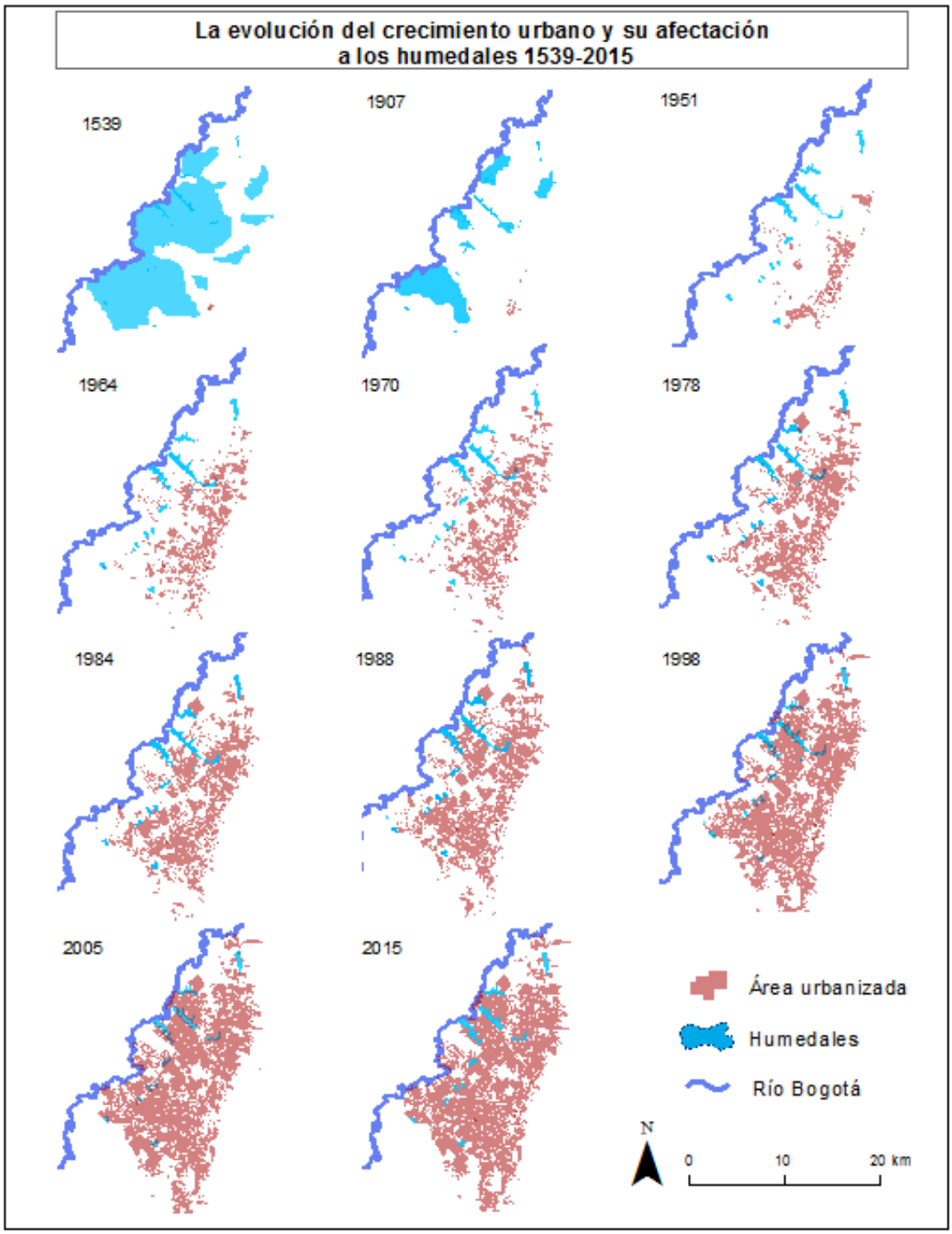


Figura 8. Evolución del crecimiento urbano y su afectación a los humedales. Fuente: elaboración propia a partir de Baena et al 2016; IDECA, (2014)[5]

[5] Nota: Los planos fueron sistematizados con el *software ArcGIS.* El proceso requirió la digitalización de los complejos lagunares teniendo como referencia el comunicado de Baena. En cambio, la evolución del crecimiento urbano toma como referencia los registros de los shapes files del IDECA, y en especial la columna de actos administrativos, que indica la fecha en la que fueron aprobadas las licencias de construcción. De esta manera se hace la construcción de la cartografía para analizar la evolución del crecimiento urbano en la ciudad de Bogotá desde 1539 hasta 2015.

2.2.5 Reconstrucción y síntesis del impacto de la dinámica urbana en la extensión de los complejos lagunares de Bogotá

Desde 1539 hasta 1907 la expansión urbana de la ciudad se extendió de forma radio-céntrica (desde su núcleo de fundación hacia la periferia), que representa el modelo de ciudad compacta, presenta un lento crecimiento (Borsdorf, 2003). Por tanto, el crecimiento urbano no representó mayores afectaciones a los complejos lagunares. Seguidamente, en los años cincuenta se identifica un crecimiento tipo mancha de aceite (*ribbon-urbanization)*, que describe el desplazamiento masivo de la población hacia el norte y occidente de la ciudad. Las condiciones geográficas del lugar (la presencia de los cerros al oriente y el río Bogotá al occidente) limitaron este proceso al menos en esas dos direcciones (Herbert y Thomas, 1982; Henríquez,2014; Mayorga, 2016).

Posteriormente en los años sesenta, las inmigraciones de las poblaciones campesinas aumentaron por el conflicto armado en las zonas rurales, aspecto determinante para la re-densificación de la ciudad (Romero, 2010). También se incrementaron los procesos de urbanización legal e ilegal que fragmentaron los humedales al norte y sur de la ciudad, como son los casos de los humedales Tibabuyes y Córdoba (ver la Figura 8 en la anterior página). En los años ochenta se inicia el establecimiento de barrios de baja densidad hacia la periferia, caracterizados mayormente por las construcciones informales. Esto significó la fragmentación de los complejos lagunares del suroccidente de la ciudad (Mayorga, 2016).

En los años noventa Bogotá se expandió hacia el norte, occidente y sur. Posteriormente, en el año 2005 es evidente el crecimiento urbano desordenado y caracterizado por un trazado viario irregular, con calles que no se adaptaban a ninguna directriz y carecían de una organización (Romero, 2010). Además, surgió la política de humedales, que define el perímetro de dichos ecosistemas (tema que se desarrolla en el siguiente capítulo). En el año 2015 se observan algunos cambios y la recuperación de zonas de manejo y preservación de los humedales de Bogotá, producto de la gestión de la política de humedales (Escalona y González, 2016). Los procesos que han hecho parte de la dinámica urbana actual son muy variados y se abordan con profundidad en el siguiente epígrafe. Los intensos cambios que se presentaron en el periodo 2005-2015 son el objeto de estudio de la tesis y se abordarán con detalle en los siguientes capítulos.

2.3 Aspectos de la dinámica urbana actual

Los principales procesos analizados en este apartado describen una ciudad polarizada y fragmentada por efectos del fuerte crecimiento demográfico, la inmigración, la desigualdad socio económica y la urbanización informal en Bogotá. Cuestiones que nos ayudan a entender la organización y el emplazamiento metropolitano de la ciudad.

2.3.1 La organización espacio-metropolitana de Bogotá

El sistema de organización territorial de la ciudad de Bogotá se caracteriza por la superposición de diferentes escalas. Existen tres niveles desde la entrada en vigor de la Constitución Política del año 1991: localidades, Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) y barrios. [6]Las localidades se encuentran definidas como unidades territoriales que ayudan a la administración de recursos económicos por medio de la ejecución de proyectos urbanos, ambientales y sociales. Existen actualmente 20 localidades que fueron definidas por el Consejo Distrital bajo la iniciativa de la Alcaldía Mayor de Bogotá, de modo que sus límites y funciones administrativas están claramente determinados (Alcaldía Mayor de Bogotá, 1992). La Figura 9 presenta la ubicación de las localidades de la ciudad.

[6] "La División política administrativa de Colombia se encuentra conformada por: 32 departamentos, 1.123 municipios y 5 distritos. El Departamento es la entidad territorial constituida por una porción del territorio colombiano en la cual se han creado varios Municipios. Su creación corresponde al Congreso previo el cumplimiento de los requisitos señalados en la Constitución. Los Municipios son las entidades territoriales fundamentales de la división político - administrativa del Estado colombiano, cuya creación, o supresión. Los Distritos obedecen a un concepto y a una concepción de la realidad sociopolítica de las conurbaciones (núcleos urbanísticos que exceden la dimensión de los Municipios). Desde el punto de vista administrativo y jurídico, el Distrito es una entidad territorial, del orden local, creada por la Constitución política de Colombia" (DNP, 2010 pág. 63,67 y 72).

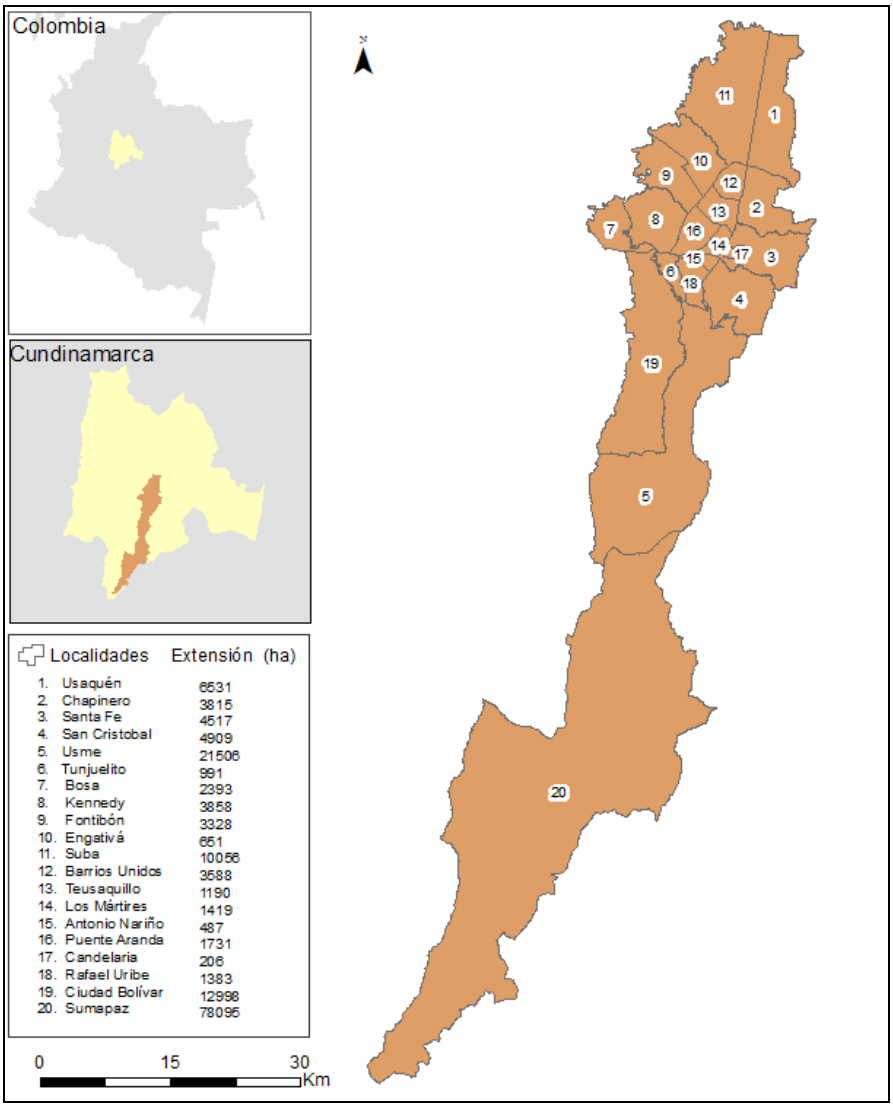


Figura 9. Localización de las localidades de Bogotá. Fuente: elaboración propia

Las UPZ son 117 unidades de planeamiento que ayudan en la gestión territorial a escala zonal, esto significa que su escala de trabajo es menor en comparación con la de las localidades. La función de las UPZ se fundamenta en la planificación del desarrollo urbano y la aplicación de instrumentos para desarrollar la norma urbanística. La planificación de esta escala es requerida para definir el uso del suelo que puede ser comercial, industrial o residencial (SDP, 2015) (ver Figura 10).

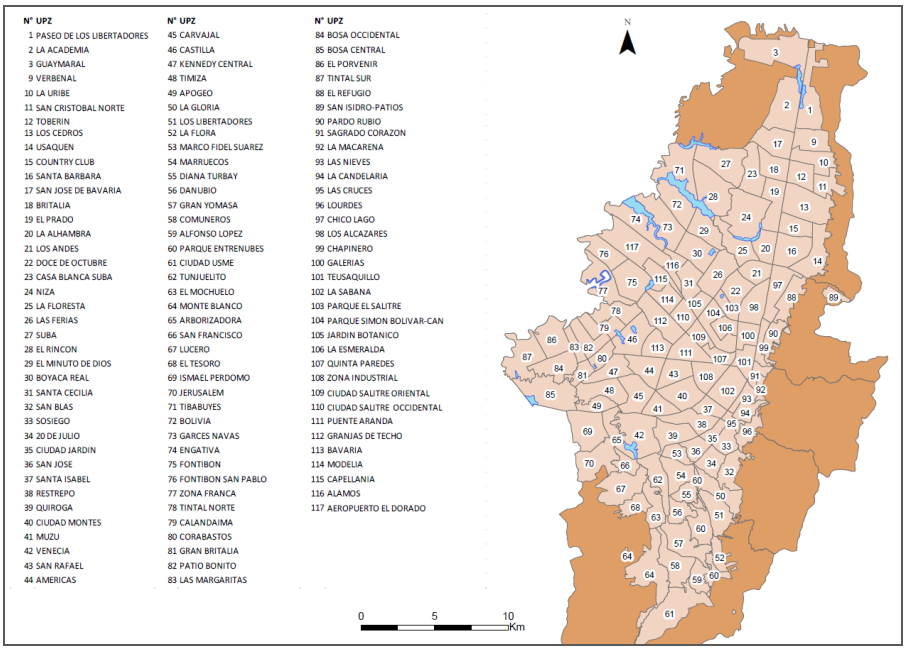


Figura 10. Localización UPZ de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

Respecto a los barrios, la SDP identifica 5.502 de ellos que se encuentran conformados por más de 1.515.380 edificaciones para cubrir las necesidades de aproximadamente 7.878.783 habitantes (DANE, 2014; UAECD, 2015). En la Figura 11 se integran las diferentes escalas territoriales que tiene la ciudad de Bogotá para su organización territorial.

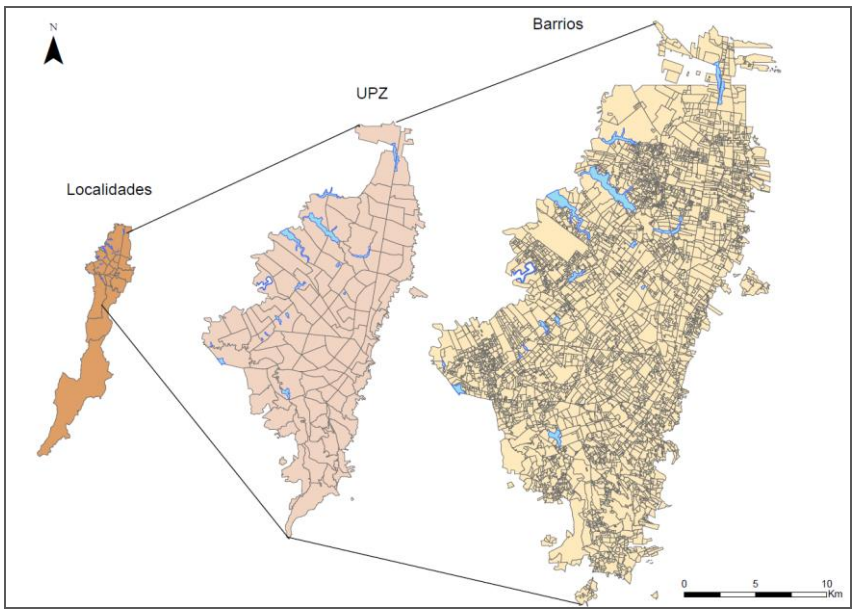
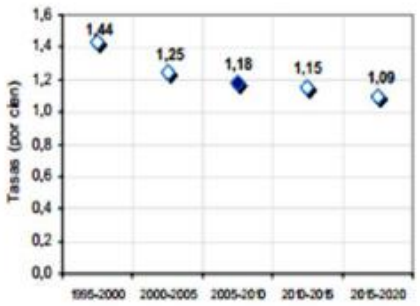


Figura 11. Escalas de organización territorial de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

2.3.2 El crecimiento demográfico

La escala y la velocidad del crecimiento demográfico de Bogotá son significativas a nivel nacional, puesto que la ciudad cuenta con más de siete millones de habitantes de acuerdo con las últimas estadísticas (SDP y DANE, 2016). Las estimaciones de crecimiento poblacional en Bogotá se derivan del DANE, institución colombiana que se acoge a las recomendaciones internacionales, lo que permite hacer algunas comparaciones a escala global. Así pues, Bogotá ocupa el puesto 37 en el listado de las ciudades más sobrepobladas, superando a otras como Washington, Chengdú y San Francisco[7].

El actual crecimiento poblacional del Distrito Capital de Bogotá se presenta por efectos de la migración interna que obliga a la ciudad a acoger habitantes de diversas regiones del país. De acuerdo con los datos emitidos por el DANE (2013a), Bogotá presenta una tasa media anual aproximada de crecimiento de un 1,48%, ubicándose en el quinto lugar a nivel nacional (ver Figura 12).



Departamentos	2005-2010	Departamentos	2005-2010
Nacional	1,18	Magdalena	0,88
Antioquia	1,31	Meta	2,12
Atlantico	1,32	Nariño	1,23
Bogota	1,48	N. de Santander	0,85
Bolivar	1,05	Quindio	0,56
Boyaca	0,20	Risaralda	0,61
Caldas	0,20	Santander	0,53
Caqueta	1,26	Sucre	0,98
Cauca	0,77	Tolima	0,32
Cesar	1,35	Valle del Cauca	1,04
Cordoba	1,50	Arauca	1,29
Cundinamarca	1,66	Casanare	1,95
Choco	0,95	Putumayo	1,00
Huila	1,37	San Andres	0,77
La Guajira	3,67	Amazonia	1,65

Figura 12.Crecimiento de la población y proyección entre los años 1995-2020. Fuente: DANE (2013a).

En el último decenio se ha registrado una tasa de natalidad del 16,37% (SDP y DANE, 2016), factor que contribuye al incremento de la población urbana de Bogotá. Las estimaciones demográficas para esta ciudad se derivan de las estadísticas de la SDP, institución que trabaja en convenio con el DANE para el registro de población por localidades y UPZ. De acuerdo con la SDP (2013), las diferencias de población entre las

[7] De acuerdo con www.citypopulation.de.

UPZ son evidentes. Las más pobladas en 2015 fueron Rincón, que cuenta con 355.346 habitantes, y Tibabuyes con 275.556 habitantes. Estas UPZ contrastan por su gran volumen poblacional con Guaymaral (239 habitantes) y el Aeropuerto El Dorado (1.027 habitantes) (ver Figura 13). En términos generales, los estudios demográficos de la SDP (2017) identifican que la tasa de natalidad de Bogotá ha disminuido de 16,83%[8] en 2005 hasta 15,91% en 2015. Por el contrario, la tasa de mortalidad ha aumentado desde 4,32% en 2005 hasta 4,47% en 2015 por efectos de las falencias del sistema de seguridad pública. No obstante, la población urbana continúa creciendo, factor que puede relacionarse con la acogida de inmigrantes, como se explica a continuación.

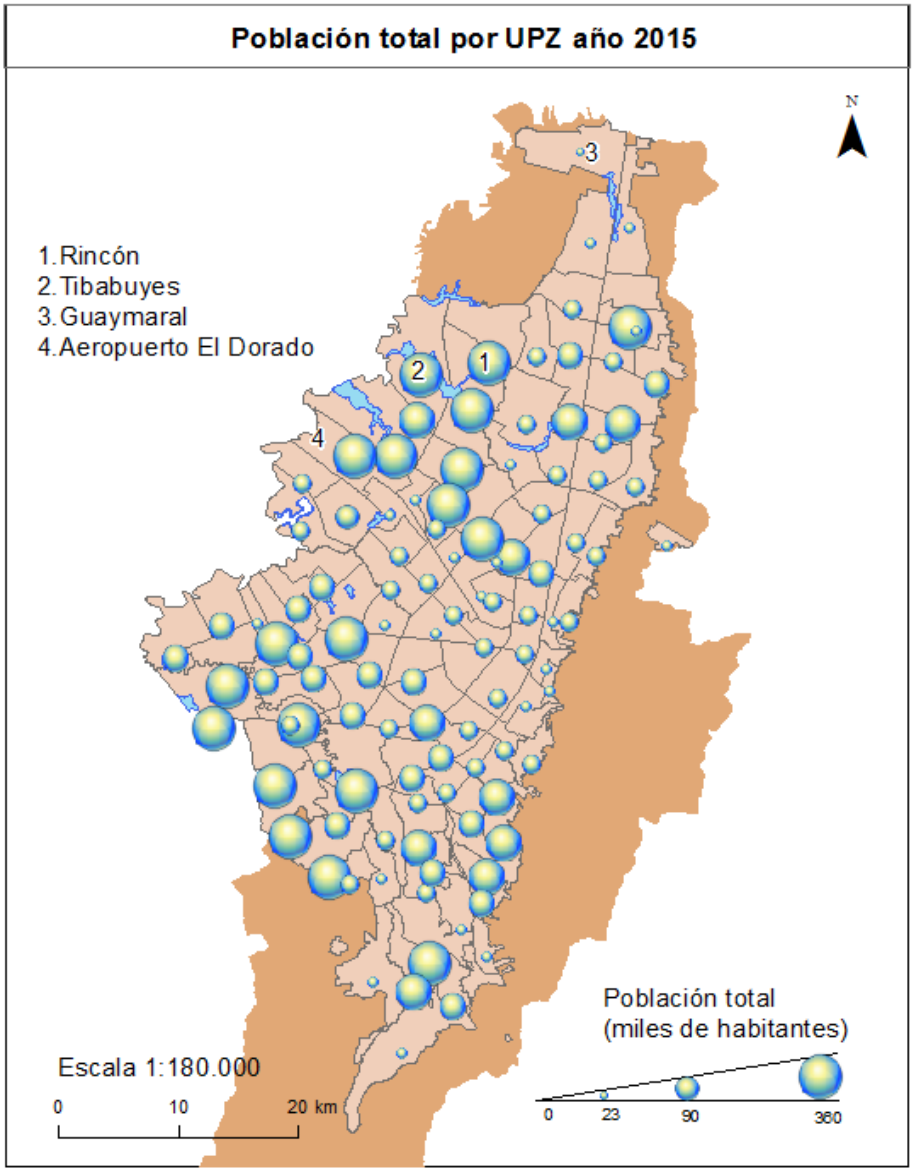


Figura 13. Población total por UPZ en 2015. Fuente: elaboración propia a partir de SDP (2013).

[8] Por cada mil habitantes.

2.3.3 La inmigración intensa

Desde la década de los noventa el crecimiento demográfico de Bogotá se ha derivado de la migración interna. Este suceso histórico ha sido causado por los desplazamientos permanentes de los pobladores rurales, quienes buscan mejores condiciones de vida y se movilizan a lugares con mejores perspectivas, tanto económicas como sociales (Granados Jiménez, 2010). De acuerdo con Banguero y Banguero (2013), los múltiples desplazamientos forzados de la población rural hacia zonas urbanas en Colombia durante la segunda mitad del siglo pasado se han visto reflejados en las altas tasas de crecimiento poblacional en la ciudad de Bogotá.

De hecho, según los registros de la Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento (CODHES, 2013), aproximadamente 219.405 personas fueron desplazadas en el año 2013, de las cuales al menos 25.502 llegaron al Distrito Capital. En consecuencia, el 40,4% de la población residente de la ciudad es migrante, y aquellos que han migrado recientemente han tendido a ubicarse en las zonas periféricas. De acuerdo con Banguero y Banguero (2013) existen notables diferencias de las tasas de migración entre las localidades; las siguientes son las que cuentan con un número mayor de inmigrantes internos: Barrios Unidos (49,8%), Los Mártires (47,3%), Chapinero (46,8%), Teusaquillo (44,6%), Kennedy (43,0%), Bosa (42,6%), La Candelaria (42,5%), Engativá (42,1%) y Usaquén (41,9%). En contraste, las localidades con menores tasas de migración son Santa Fe (30,2%) y San Cristóbal (32,2%). Estos datos se sintetizan en la Tabla 1.

Tabla 1. Migrantes y tasas de migración de la ciudad de Bogotá, clasificado por localidades

Localidad	Migrantes	Población total	Tasa de migración (%)
Barrios Unidos	109.585	219.952	49,8
Los Mártires	44.344	93.690	47,3
Chapinero	57.026	121.771	46,8
Teusaquillo	60.665	135.996	44,6
Kennedy	403.494	937.828	43
Bosa	213.633	501.324	42,6
La Candelaria	9.515	22.405	42,5

Localidad	Migrantes	Población total	Tasa de migración (%)
Engativá	333.747	793.527	42,1
Usaquén	176.095	419.827	41,9
Suba	366.175	910.142	40,2
Puente Aranda	100.173	250.451	40
Ciudad Bolívar	219.036	562.937	38,9
San Antonio	44.400	114.507	38,8
Tunjuelito	69.035	181.574	38
Fontibón	112.343	297.200	37,8
Usme	107.672	294.483	36,6
Rafael Uribe	134.815	373.200	36,1
San Cristóbal	129.687	402.044	32,3
Santa Fe	30.891	102.293	30,2
Disperso	1.210	5.708	21,2
Total	**2.723.541**	**6.740.859**	**40,4**

Fuente: DANE (2008).

Los estudios de migración interna de la SDP (2017) indican que las localidades revelan una disminución del sistema de crecimiento demográfico natural ha disminuido en tanto en la medida que la inmigración cobra mayor relevancia, y esta es precisamente una de las principales causas de la actual fragmentación de los humedales en Bogotá.

2.3.4 La desigualdad económica y social

La desigualdad de ingresos en Colombia es particularmente alta debido a los profundos problemas sociales y económicos del país. El coeficiente de Gini[9] es el indicador propuesto por la OCDE para analizar la distribución de la riqueza y pobreza, y de acuerdo con algunas estimaciones de esta organización (OCDE, 2016), Colombia es el país más desigual a nivel mundial con un coeficiente de Gini de 0,56, frente al promedio de 0,31 que reportan los demás países miembros. A pesar de esto, Bogotá ha mejorado en los últimos años en este aspecto, pues ha pasado de un coeficiente de 0,571 a 0,498 (ver Tabla 2).

[9] El coeficiente de Gini es un número entre 0 y 1, en donde 0 corresponde con la perfecta igualdad (todos tienen los mismos ingresos) 1 corresponde con la perfecta desigualdad.

Tabla 2. Tendencia del coeficiente de Gini en la ciudad de Bogotá

Ciudad	2002	2003	2004	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Barranquilla	0,52	0,53	0,53	0,51	0,50	0,48	0,49	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43
Bogotá	0,57	0,54	0,55	0,55	0,53	0,52	0,52	0,52	0,49	0,50	0,50	0,49
Bucaramanga	0,48	0,48	0,45	0,47	0,43	0,45	0,45	0,44	0,43	0,43	0,42	0,40
Cali	0,53	0,51	0,51	0,54	0,51	0,50	0,52	0,50	0,51	0,50	0,48	0,46
Cartagena	0,48	0,47	0,47	0,45	0,46	0,49	0,48	0,48	0,48	0,47	0,48	0,46
Cúcuta	0,48	0,50	0,50	0,45	0,45	0,49	0,47	0,47	0,44	0,44	0,44	0,44
Ibagué	0,47	0,48	0,49	0,48	0,47	0,48	0,49	0,44	0,45	0,45	0,44	0,44
Manizales	0,49	0,50	0,51	0,49	0,50	0,51	0,49	0,47	0,45	0,47	0,46	0,45
Medellín	0,54	0,55	0,54	0,52	0,54	0,53	0,53	0,50	0,50	0,50	0,52	0,48
Montería	0,52	0,51	0,49	0,50	0,49	0,52	0,52	0,23	0,50	0,52	0,45	0,44
Pasto	0,51	0,50	0,49	0,50	0,53	0,51	0,52	0,52	0,50	0,51	0,49	0,48
Pereira	0,48	0,48	0,47	0,46	0,47	0,46	0,45	0,45	0,45	0,48	0,47	0,43
Villavicencio	0,47	0,45	0,46	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44
Promedio nacional	0,57	0,55	0,55	0,55	0,56	0,55	0,56	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52

Fuente: DANE (2016).

A pesar de estos progresos, Bogotá sigue siendo una ciudad inequitativa por la marcada estratificación socioeconómica, puesto que la población se encuentra clasificada de acuerdo con su nivel adquisitivo. Por esta razón, la población se divide en tres grandes grupos: el primero se refiere a los estratos uno y dos, habitantes con menos recursos económicos en la escala de nivel adquisitivo; en el segundo lugar se encuentra el estrato tres, correspondiente a la población con un nivel adquisitivo medio; y los estratos cuatro, cinco y seis agrupan a los habitantes con altos ingresos económicos y por ende, mayor nivel adquisitivo (González y Aparicio, 2016).

La desigualdad al interior de las localidades de Bogotá se caracteriza por su alta inequidad en la distribución del ingreso. En la Tabla 3 se muestra una comparación del coeficiente de Gini por localidades entre 2003, 2011 y 2014, periodos en los cuales se registran cambios en los ingresos económicos de estos sectores.

Tabla 3. Comparación del coeficiente de Gini por localidades

Localidades	Coeficiente de Gini 2003	Coeficiente de Gini 2011	Coeficiente de Gini 2014
Usaquén	0,58	0,54	0,488
Chapinero	0,57	0,513	0,52
Santa Fe	0,54	0,587	0,498

Localidades	Coeficiente de Gini 2003	Coeficiente de Gini 2011	Coeficiente de Gini 2014
San Cristóbal	0,45	0,397	0,404
Usme	0,41	0,393	0,379
Tunjuelito	0,45	0,424	0,422
Fontibón	0,50	0,51	0,488
Bosa	0,40	0,366	0,435
Kennedy	0,45	0,409	0,433
Engativá	0,44	0,407	0,433
Suba	0,56	0,524	0,506
Barrios Unidos	0,53	0,497	0,45
Teusaquillo	0,41	0,415	0,452
Los Mártires	0,49	0,48	0,468
Antonio Nariño	0,50	0,453	0,435
Puente Aranda	0,43	0,424	0,431
La Candelaria	0,56	0,587	0,526
Rafael Uribe	0,46	0,43	0,399
Ciudad Bolívar	0,43	0,38	0,402

Fuente: Los datos para 2003 son obtenidos por el Departamento Administrativo de Planeación Nacional y Centro de Investigaciones para el Desarrollo (2005). Los datos para 2011 y 2014 son obtenidos de SDP (2016).

Al observar los datos de la Tabla 3 se evidencia que las mayores disparidades se encuentran en las localidades de Usaquén, Chapinero y Santa Fe, donde habitan las familias con mayores ingresos. En cambio, las localidades con mejor distribución de la riqueza son las que tienen menos ingresos económicos, como Usme, San Cristóbal, Kennedy y Ciudad Bolívar.

2.3.5 Urbanización informal y su legalización en Bogotá

La presencia de asentamientos ilegales es un fenómeno de difícil medición por su naturaleza. De acuerdo con algunas investigaciones elaboradas por el Observatorio del Mercado Informal de Tierras de Bogotá, la venta y compra de suelo informal se

encuentra sujeta a la capacidad de pago de familias con escasos recursos económicos. Por tanto, es necesario identificar el comportamiento de los actores implicados y las actuaciones del gobierno en la legalización de dichos territorios. En la actualidad la ocupación ilegal del territorio se presenta en áreas con restricciones ambientales que se encuentran a cargo de entidades gubernamentales y son propiedades de uso público, es decir que el crecimiento urbano informal se encuentra condicionado al suelo privado. En el último periodo censal se edificaron 875.831 viviendas, de las cuales solo 262.569 tenían licencia de construcción, esto significa que aproximadamente 613.200 viviendas son producto de mecanismos informales y que el 70 % del crecimiento de viviendas es de origen ilegal (Camargo y Hurtado, 2013).

En su gran mayoría, los asentamientos se encuentran localizados en zonas periféricas que presentan riesgos por inundación y remoción en masa y están distribuidos en tres zonas: borde oriental, borde occidental y zona sur. El área que presenta mayor crecimiento informal es la zona sur con un total de 3.650 hectáreas, seguida por la zona de borde occidental, con un total de 3.596 hectáreas y en último lugar se ubica el borde oriental con un total de 789,18 hectáreas. No obstante, en los últimos 20 años han disminuido las construcciones informales con una tasa de cambio -0,46%, tal y como se ilustra en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Crecimiento informal por décadas 1950-2010. Fuente: Camargo y Hurtado, pág. 85 (2013).

La Gráfica 1 revela el decrecimiento de la urbanización informal en el borde oriental. En efecto, esta tendencia ha venido causando un agotamiento del suelo urbano. El crecimiento urbano afecta directamente la superficie de los humedales, como es el caso del humedal Techo, en cuya área de influencia se incrementaron considerablemente los asentamientos ilegales. El barrio Lagos de Castilla ocupa en la actualidad el 35,85% de dicho humedal (Fundación Humedales Bogotá, 2017).

Adicionalmente, otra de las grandes problemáticas es el proceso de legalización de los barrios informales. De acuerdo con la SDP (2010), en los años sesentas la tendencia de áreas ilegales era del 7,50%, aumentando en el año 2007 hasta alcanzar un 20,32% del área urbana. Esto significa que se han desarrollado y legalizado 7275,42 hectáreas de asentamientos de origen informal. Así, las localidades que presentan mayores áreas informales son Ciudad Bolívar con 16,5%, le sigue Bosa con 14,4% y en tercer lugar Suba con un 11,9%. En la Tabla 4 se identifican las acciones urbanísticas asumidas por la administración distrital en el tema de legalización. Las acciones de legalización son un buen ejemplo que demuestra que la urbanización ilegal no ha disminuido, pues este tipo de acciones se han presentado desde el año 1992 hasta el 2007.

Tabla 4. Legalización de predios en la ciudad de Bogotá desde 1992 hasta 2007

Alcalde	Periodo de administración	Legalización de viviendas
Jaime Castro	1992-1995	113
Antanas Mockus	1995-1997	395
Enrique Peñalosa	1998-2000	449
Antanas Mockus	2001-2003	32
Luis Eduardo Garzón	2004-2007	93

Fuente: SDP (2010).

2.4 Externalidades negativas del crecimiento urbano

El área metropolitana de la ciudad ha crecido sustituyendo los espacios naturales (entre ellos los humedales) con usos inadecuados del suelo urbano. Dentro de las principales afecciones se encuentran la expansión del suelo urbano, asentamientos ilegales, multiplicidad predial y fragmentación vial. Estos aspectos negativos no son internalizados por los planes de gobierno actuales y ello trae consigo la degradación ambiental de los principales ecosistemas estratégicos que forman parte de la Estructura Ecológica Principal (EEP)[10] de la ciudad.

2.4.1 Expansión del suelo urbano y construcción de grandes infraestructuras viarias

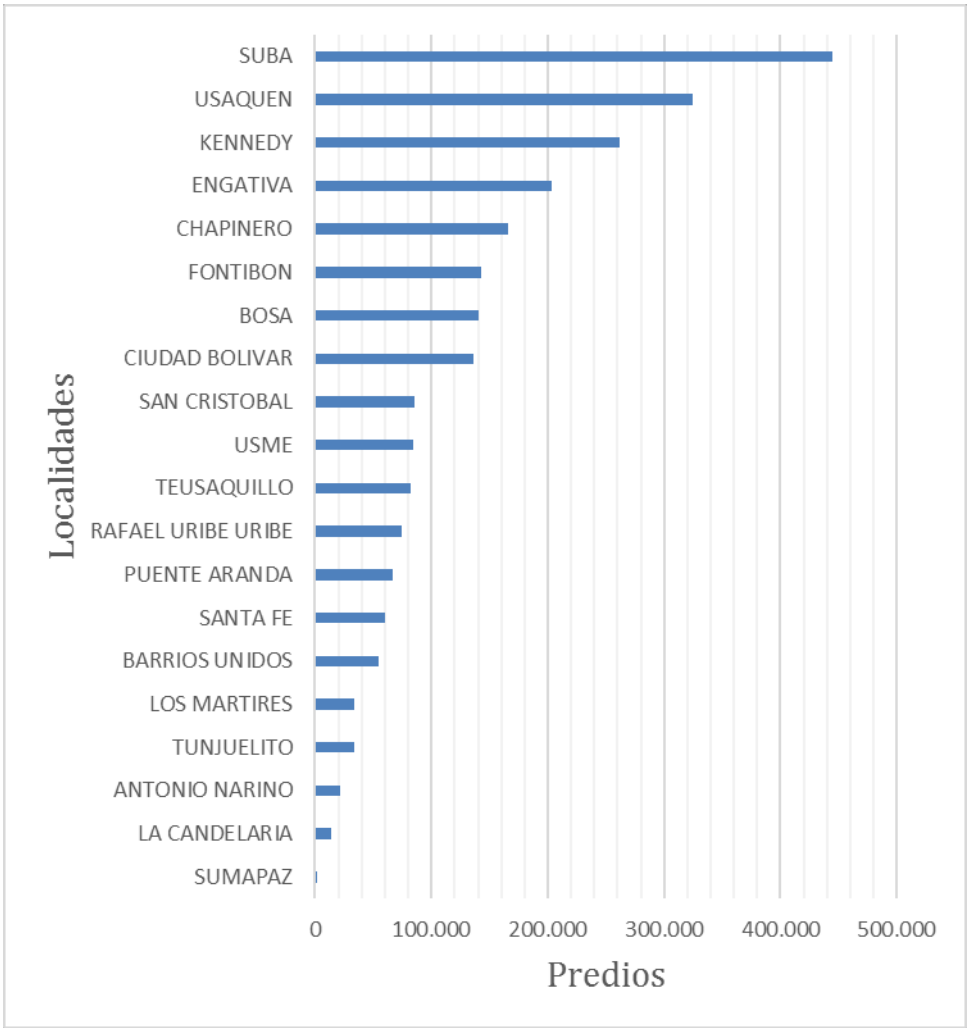
La velocidad de la urbanización de Bogotá no tiene precedentes a nivel nacional. De acuerdo con las últimas estadísticas de la UAECD (2015), el proceso de urbanización ha estado en curso desde hace más de diez años. Desde entonces la población urbana se ha venido triplicando, lo que supone un incremento de más de 2.429.238 predios y un aumento total del área construida de 4.822.479 m^2 en el 2015 (Alcaldía Mayor de Bogotá y UAECD, 2015). En la misma línea, Inostroza, Baur y Csaplovics (2013) afirman que la expansión urbana en los últimos 20 años en la ciudad ha sido persistente y se refleja en el consumo de tierra de Bogotá, que es de 0,4 m^2 por año. Si el consumo promedio de tierra continúa con la misma tasa anual, el área del núcleo urbano se habrá duplicado para el 2035.

Por otro lado, la expansión del suelo urbano de Bogotá es diferente de acuerdo con cada localidad. De acuerdo con la UAECD (2015), las localidades con mayor número de predios[11] son Suba (444.274), Usaquén (325.001), Kennedy (261.202), Engativá

[10] La Estructura Ecológica Principal (EEP) es un instrumento central de la planificación y ordenamiento territorial de Bogotá que surge desde el plan de urbanismo propuesto por Le Corbusier e incluye árboles, parques urbanos, humedales y zonas de rondas hidráulicas del río Bogotá. De acuerdo con Bennett (2003) la EEP se define como los espacios que forman parte de una red ecológica por sus diversas funciones ambientales y sociales. En la misma línea, Andrade, Remolina y Wiesner (2013) resaltan su importancia en la integración potencial de las zonas verdes.

[11] "Es un inmueble no separado por otro predio público o privado, con o sin construcciones y/o edificaciones, perteneciente a personas naturales o jurídicas. El predio mantiene su unidad, aunque esté atravesado por corrientes de agua pública. * Se incluyen en esta definición los baldíos, los ejidos, los vacantes, los resguardos indígenas, las reservas naturales, las tierras de las comunidades negras, la propiedad horizontal, los condominios (unidades inmobiliarias cerradas), las multipropiedades, las

(203.063), Fontibón (142.736) y Bosa (139975). En contraste, Sumapaz (1.744), La Candelaria (1.3945) y Antonio Nariño (2.1560) cuentan con una menor cantidad de predios. En términos generales, aproximadamente el 50% de los predios se concentran en las localidades de Suba, Usaquén, Kennedy, Engativá y Chapinero (ver Gráfica 2).



Gráfica 2. Área urbanizada por localidades. Fuente: UAECD (2015).

La construcción de la malla vial principal de Bogotá surge a partir del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y su ejecución se encuentra a cargo del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU[12]). Durante la última década, la ciudad de Bogotá ha invertido moderadamente en construir y mejorar las redes urbanas con calles y autopistas: la

parcelaciones, los parques cementerios, los bienes de uso público y todos aquellos otros que se encuentren individualizados con una matrícula inmobiliaria, así como las mejoras por edificaciones en terreno ajeno" (UAECD, 2018).

[12] Institución destinada a ejecutar obras viales y de espacio público para el desarrollo urbano de Bogotá.

longitud de las vías construidas en la ciudad llegó 8.403.173,35 metros lineales en 2015, frente a 8.186.941,17 en 2005 (IDU, 2017).

Los efectos de las inversiones moderadas representan el retraso en las construcciones viarias, y este es el caso de la avenida Ciudad de Cali y la Avenida Longitudinal de Occidente (ALO). La construcción de la avenida Ciudad de Cali comenzó en 1998 (Montoya, 2014) con el objetivo de descongestionar las localidades de Bosa y Kennedy, garantizando una mejor movilidad y acceso al sector de la Autopista Sur. Su punto de partida fue el sur de la ciudad, puntualmente en el barrio La Libertad de la localidad de Bosa. La avenida se dirige hacia el norte, recorriendo las localidades de Kennedy, Fontibón y Engativá, hasta la localidad de Suba, cerca al humedal Tibabuyes y la calle 80. En 2008 se realizó una extensión de la avenida Ciudad de Cali hasta la calle 131, en donde se unió con un tramo previamente construido que pasa por la calle 145 (Portal de Transmilenio de Suba) y la calle 153 (Hospital de Suba), y finaliza en la calle 170, en donde se planea una extensión adicional en el futuro (IDU, 2013). En la actualidad el IDU y la Alcaldía Mayor de Bogotá iniciaron la ampliación de la avenida Ciudad de Cali para mejorar la movilidad del suroccidente de la ciudad; la obra inicia en la avenida Bosa hasta la avenida San Bernandino con una expansión de 2,3 kilómetros (Mantilla, 2017).

La construcción de la avenida Ciudad de Cali ha representado beneficios para la movilidad de la ciudad. Sin embargo, sus obras han generado la fragmentación[13] del 1,86% de los humedales Tibabuyes y El Burro desde los años noventa, de acuerdo con estimaciones propias. La mayor fragmentación se ha presentado en El Burro (1,81%) y el humedal Tibabuyes presenta una afectación de su extensión del 0,05% (ver Figura 14).

[13] Para calcular la fragmentación de los humedales con la avenida Ciudad de Cali se realizó una cartografía de conflicto de usos del suelo, teniendo como referencia la capa de dicha vía y humedales. Seguidamente de hizo un intersecto para identificar el área que se encuentra en conflicto. Además, la información se validó con el trabajo de campo realizado en los humedales de Tibabuyes y el Burro.

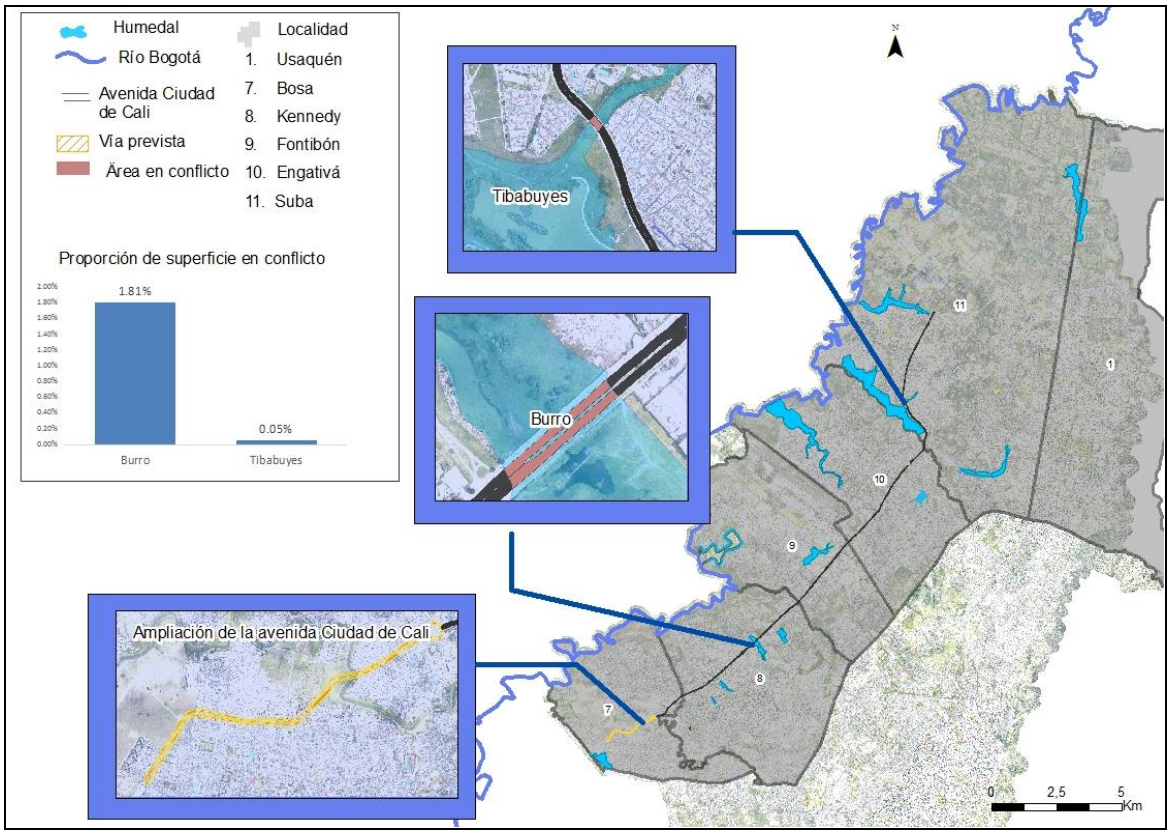


Figura 14. Avenida Ciudad de Cali y su afectación en los humedales. Fuente: elaboración propia.

La ALO es otra de las grandes infraestructuras previstas para Bogotá y se encuentra categorizada como un elemento clave para mejorar la movilidad del norte y el occidente de la ciudad. La planeación de la ALO inició en el año 1996 con su estudio de impacto ambiental que identificó posibles afectaciones en los humedales La Conejera, Tibabuyes y Capellanía (Ortiz Muñoz, 2015). De hecho, según estimaciones propias, el 20,62 % de la extensión de estos humedales se puede fragmentar[14] considerablemente, ubicándose la mayor pérdida de superficie en el humedal Capellanía con un 12,50%, seguido de La Conejera con un 6,46%, y finalmente Tibabuyes tendría una pérdida de casi 1,66 % (ver mapa en la Figura 15).

[14] Para determinar la fragmentación que genera la futura construcción de la ALO se realiza también una cartografía de conflicto de usos del suelo, teniendo como referencia las capas de humedales y la ALO del IDECA y el IDU. Posteriormente se hace un intersecto para determinar el área de afectación dentro del humedal

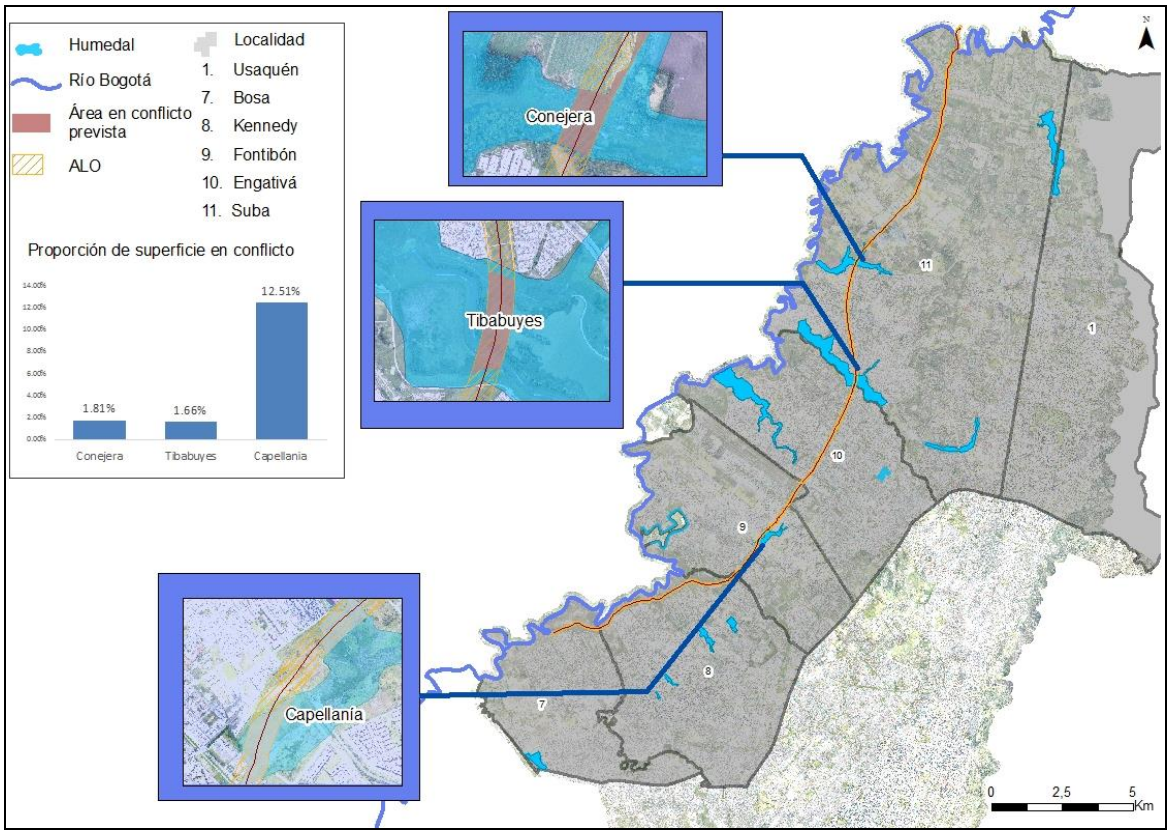


Figura 15. Avenida Longitudinal de Occidente y su posible afectación en los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

El proceso de construcción de la ALO se ha visto también afectado por la lenta adquisición de predios debido a los bajos presupuestos en los planes de gobierno. De acuerdo con las declaraciones del Concejal Horario Serpa[15], es necesario adquirir aproximadamente 518 predios privados y 176 predios públicos, que representan una inversión económica de 231.000.000 dólares. Asimismo, el concejal Serpa señala que "La ALO lleva más de 40 años en planeación y construcción. En ese sentido Bogotá lleva décadas de atraso en desarrollo vial y esta avenida es fundamental para mejorar la movilidad de la ciudad y la calidad de vida de los capitalinos" (Redacción Bogotá, 2016).

[15] Redacción Bogotá. (16 de marzo de 2016). Hacen falta 694 predios para iniciar construcción de Avenida Longitudinal de Occidente. El Espectador. Obtenido de: https://www.elespectador.com/noticias/bogota/hacen-falta-694-predios-iniciar-construccion-de-avenida-articulo-622605.

En términos generales, las construcciones de las grandes infraestructuras viarias se han desarrollado a fin de superar los problemas de movilidad y mejorar el desarrollo económico de la ciudad y del país. Sin embargo, estas obras no han sido sostenibles con el medio natural, por lo que es necesario repensar el desarrollo de infraestructuras futuras de acuerdo con nuevas estrategias de *crecimiento verde* para mejorar las condiciones actuales de la red de humedales en la ciudad de Bogotá.

2.4.2 Insuficiencia de zonas verdes y arbolado urbano

La insuficiencia de zonas verdes en Bogotá se relaciona con la presencia de urbanizaciones ilegales (Camargo y Hurtado, 2013). El crecimiento de urbanizaciones sin zonas verdes aumenta la presencia de agentes contaminantes, incrementa las temperaturas y, por ende, enfermedades respiratorias. Según el Observatorio Ambiental de Bogotá (OAB, 2012), la cantidad de zona verde per cápita en la ciudad es de 4,10 m^2/hab, muy por debajo de los estándares internacionales de 10 m^2/hab (Gebre-Egziabher, 2004). Estos datos dan cuenta de la escasez de infraestructura verde en la ciudad, lo que se ve reflejado en espacios limitados para el espacio público y para el arbolado urbano.

De acuerdo con las estadísticas reportadas por el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB, 2012), la tasa de árboles por habitante en la ciudad presenta una tendencia decreciente en la mayoría de las localidades. En la actualidad la ciudad tiene 1194 árboles para siete millones de habitantes en la zona urbana, siendo esta una cantidad insuficiente, puesto que los árboles funcionan como intercambiadores de dióxido de carbono (CO_2) y también como filtros de control de la polución. Idealmente la relación habitante/árbol debería ser uno a uno, entonces existe claramente un déficit de árboles en la ciudad. En la Tabla 5 se ilustran los porcentajes de cambios que han ocurrido en materia de arbolado urbano en los últimos catorce años.

Tabla 5. Tasa de árboles por habitante en las localidades de la ciudad de Bogotá 2004-2007

Árboles por habitante					
Localidad	**2014**	**2007**	**Diferencia**	**División**	**% de cambio**
Usaquén	0,23	0,26	-0,03	-0,130	-13,043
Chapinero	0,26	0,27	-0,01	-0,038	-3,846
Santa Fe	0,81	0,82	-0,01	-0,0123	-1,234
San Cristóbal	0,12	0,1151	0,008	0,0717	7,177
Usme	0,21	0,29	-0,08	-0,380	-38,095
Tunjuelito	0,17	0,16	0,01	0,058	5,882
Bosa	0,04	0,039	0,001	0,025	2,5
Kennedy	0,10	0,104	-0,0004	-0,003	-0,386
Fontibón	0,13	0,149	-0,0165	-0,124	-12,452
Engativá	0,10	0,108	-0,0006	-0,005	-0,558
Suba	0,22	0,28	-0,052	-0,228	-22,807
Barrios Unidos	0,14	0,136	0,006	0,042	4,225
Teusaquillo	0,14	0,136	0,004	0,028	2,857
Los Mártires	0,06	0,061	0,002	0,031	3,174
Antonio Nariño	0,15	0,134	0,024	0,154	15,404
Puente Aranda	0,13	0,149	-0,016	-0,124	-12,452
La Candelaria	0,19	0,039	0,155	0,798	79,896
Rafael Uribe	0,13	0,0136	0,125	0,902	90,215
Ciudad Bolívar	0,06	0,6	-0,533	-8,036	-803,614

Fuente: JBB (2012).

Al revisar las tasas de árboles por habitante de la ciudad se observa que la localidad que presenta un mayor decrecimiento es Ciudad Bolívar, porque su porcentaje de cambio es de -803%. Esta tendencia es el resultado del crecimiento urbano en zonas periféricas de la ciudad que ha contribuido a un aumento considerable de la densidad poblacional de esta localidad. En segundo lugar se ubica Usme con un porcentaje de cambio de -38%, tendencia que se atribuye a los cambios de usos de suelo, puesto que en los últimos años pasó de ser un municipio rural a una localidad de la ciudad de Bogotá. Por último, Suba presenta un decrecimiento en su tasa de arborización con un porcentaje de cambio de -22,8%; esta es una localidad densamente poblada y su uso del suelo es de tipo residencial.

2.4.3 El aumento en las tasas de motorización y la contaminación atmosférica

El retraso del sistema de transporte público y el aumento en los niveles de ingresos han tenido como resultado un incremento del uso masivo de vehículos privados, con las externalidades negativas asociadas. La urbanización en Bogotá ha estado acompañada de un crecimiento sin precedentes en la tasa de propiedad de automóviles: la flota de vehículos particulares ha estado aumentando a un ritmo de 10,67 % por año y alcanzó 2 .017.779 en 2015, frente a 732.092 en 2005. De acuerdo con la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM, 2015), el parque automotor se encuentra conformado por diversos tipos de vehículos, siendo el automóvil y la motocicleta los de mayor participación con 53,25% y 22,27% (respectivamente), seguidos de las camionetas (12,85%) y los camperos (10,32%), y finalmente el 1,31% representa otra clase de vehículos (ver Figura 16).

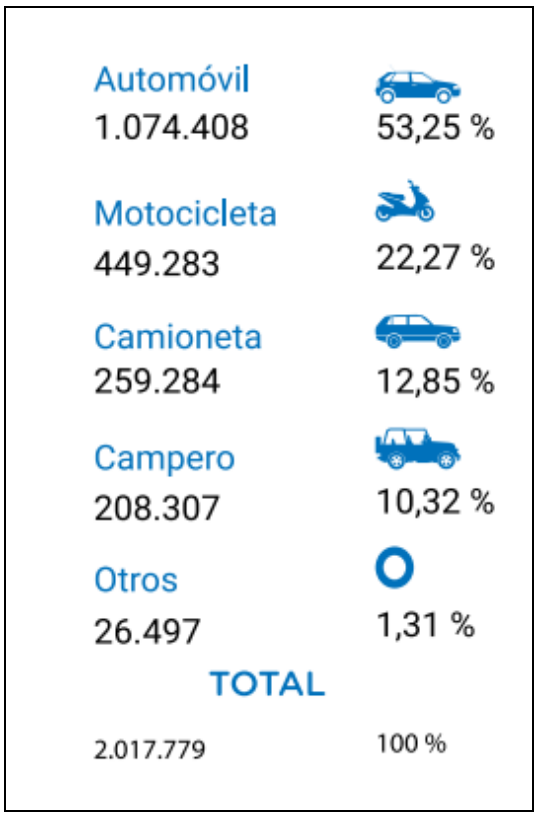
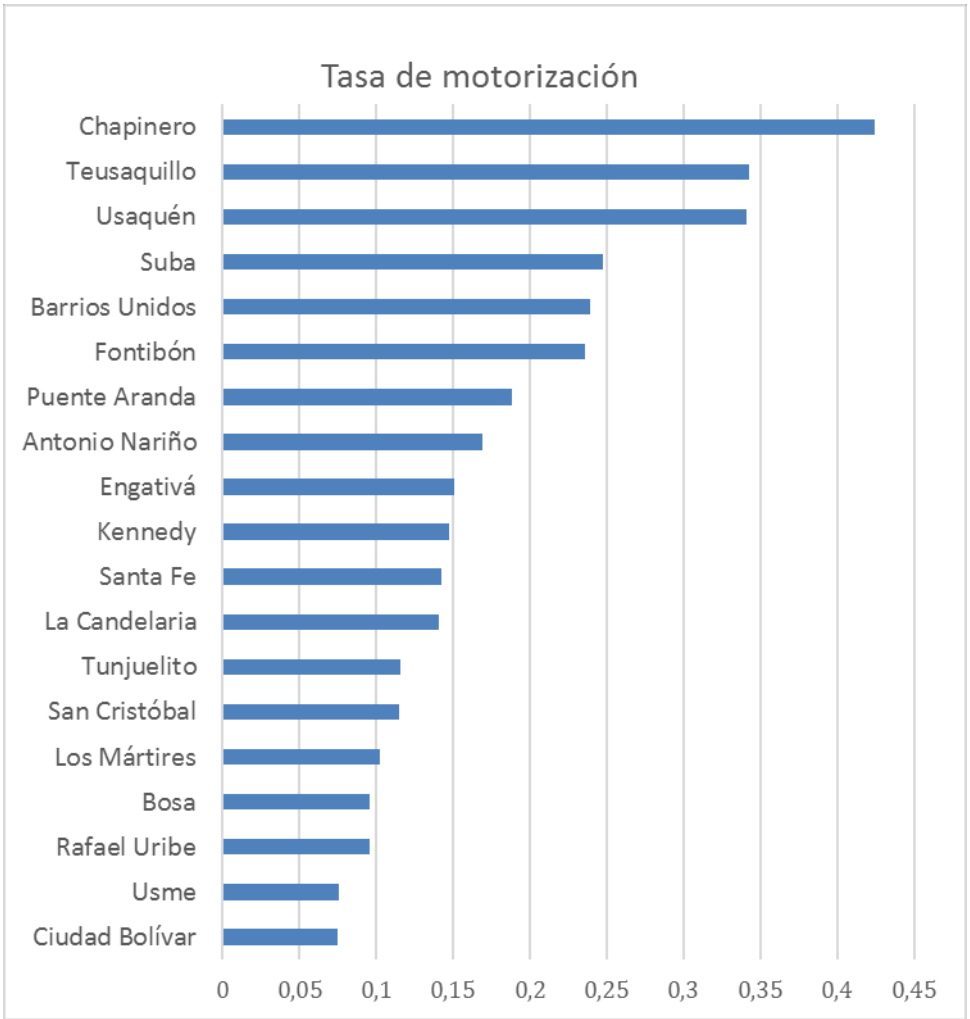


Figura 16. Cantidad de vehículos de servicio particular por clase. Fuente: SDM (2015).

La distribución de los automotores en la ciudad de Bogotá se concentra en las localidades con mayor nivel adquisitivo económico, como Chapinero (0,424), Teusaquillo (0,343), Usaquén (0,341) y Suba (0.247). Por el contrario, las localidades con menores ingresos económicos y por ende menores tasas de motorización son Ciudad Bolívar (0,074), Usme (0,075), Bosa (0,0957) y Rafael Uribe (0,0956) (ver Gráfica 3).



Gráfica 3. Tasa de motorización en la ciudad de Bogotá. Fuente: SDM (2015).

El aumento de las tasas de motorización está directamente relacionado con los índices de contaminación atmosférica. Las sustancias contaminantes típicas del entorno urbano de Bogotá son las partículas en suspensión, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y ozono, entre otros. Particularmente, la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) se ha enfocado en el seguimiento de las partículas en suspensión, el dióxido de azufre y los óxidos de

nitrógeno debido a sus efectos residuales y permanencia en el ambiente urbano de Bogotá.

La ciudad ha experimentado problemas de contaminación atmosférica, siendo el material particulado (PM_{10}) el de mayor preocupación por su diámetro aerodinámico de 10 µm (Pérez Peña *et al*., 2017). La producción del PM_{10} se origina de la combustión del carbón y del transporte motorizado (Borderías y Roda, 2006). Según la RMCAB (2016), la observación promedio del PM_{10} se encuentra presente en casi todas las localidades en un rango de 34-84 µg/m^3, y su porcentaje de cambio es decreciente.

Con respecto al segundo contaminante, el dióxido de azufre (SO_2), su emisión es producto de la combustión de carbón en vehículos diésel (Borderías y Roda, 2006). La concentración de SO_2 es más alta en las localidades de Suba, Kennedy y Puente Aranda, en un rango de 2,4 a 5,7 ppb. La tendencia del contaminante desde el año 2005 ha sido decreciente hasta el año 2016. Por otra parte, las emisiones del dióxido de nitrógeno (NO_2) son causadas por el transporte motorizado y se concentran principalmente en Puente Aranda, Kennedy y Barrios Unidos; su tendencia se encuentra en un rango de 9 a 18 ppb (RMCAB, 2013). En la siguiente Tabla se consigna la emisión de dichos contaminantes en cada una de las localidades.

Tabla 6. Matriz de análisis de contaminantes del aire en la ciudad de Bogotá 2005-2013.

Estación	**Localidad**	**PM_{10}**		**SO_2**		**NO_2**	
		2013	**% de cambio**	**2013**	**% de cambio**	**2013**	**% de cambio**
		(µg/m3)	**2005-2013**	**(ppb)**	**2005-2013**	**(ppb)**	**2005-2013**
Guaymaral-Escuela	Suba	50	-10,71	NR	NR	NR	NR
Usaquén-Bosque	Usaquén	37	-17,7	NA	NR	NR	NR
Suba-Corpas	Suba	55	-38,8	2,4	-4	NR	NR
Las Ferias-Carrefour	Engativá	34	-60,4	NA	NR	NR	NR
Parque Simón Bolívar- IDRD	Barrios Unidos	32	-56,1	NR	NR	9	-18,77

Estación	Localidad	PM_{10}		SO_2		NO_2	
		2013	% de cambio	2013	% de cambio	2013	% de cambio
		(µg/m3)	2005-2013	(ppb)	2005-2013	(ppb)	2005-2013
Sagrado Corazón	Santa Fe	45	NA	NA	NR	NA	NA
Fontibón	Fontibón	47	-53,4	NR	NR	NR	NR
Puente Aranda	Puente Aranda	47	-37,1	1,7	-90,5	21	-57,27
Kennedy	Kennedy	71	-27	NA	NA	NR	NR
Carvajal- Sony	Kennedy	81	37,6	5,7	-66,86	18	285,4
Tunal	Tunjuelito	43	NR	NR	NR	16	NR
San Cristóbal	San Cristóbal	34	NR	NR	NR	NA	NR

Fuente: elaboración propia a partir de RMCAB (2013), SDA (2013) y SDA (2005).

2.4.4 Aumento en las temperaturas y disminución en las precipitaciones

La contaminación y el clima son dos factores que interactúan y ejercen influencia mutua, pues la contaminación producida por emisiones atmosféricas contribuye a la configuración y modificación de microclimas. En la actualidad el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) identifica cambios significativos en las precipitaciones y las temperaturas de la ciudad de Bogotá, los cuales se describen continuación.

En el año 2002 el río Tunjuelito se desbordó generando inundaciones y las localidades con mayor afectación fueron Suba, Engativá, Fontibón y Barrios Unidos. Seguidamente, en el 2010 el nivel del río Bogotá aumentó de forma significativa y fueron 3.000 hectáreas inundadas en la sabana de la ciudad, perjudicando a los municipios de Mosquera, Chía y Cajicá. Es necesario mencionar que estas inundaciones se relacionan con el fenómeno de La Niña[16].

Escobar (2012) examinó los cambios de temperatura y precipitación con el modelo PRECIS, que consiste en un análisis de re-escalado a nivel local a partir del factor

[16] El fenómeno de La Niña se manifiesta cuando las temperaturas del Océano Pacífico disminuyen alcanzando anomalías negativas de -0,5°C.

cambio[17]. Los principales resultados de dicha investigación señalan un aumento del 80% del volumen de precipitación en los meses de marzo, abril y mayo, lo que significa que la variabilidad climática se encuentra asociada al fenómeno de La Niña. Los resultados de la investigación pronostican que la temperatura media aumentará aproximadamente 3,6 °C a lo largo del siglo XXI. Este aumento coincide con las predicciones expuestas por Peña Angulo, D. (2016), quien analiza los cambios de temperatura de acuerdo con los datos representativos que las estaciones del Aeropuerto El Dorado y el Jardín Botánico han almacenado desde 1979. El método utilizado para el análisis es Mann-Kendall, que permite predecir un aumento de temperaturas para la ciudad: se pronostica una tasa de incremento de 0,020 °C/año en las dos estaciones (Peña Angulo, 2016).

2.5 Reconstrucción del impacto de la historia urbana de Bogotá en sus humedales

Las problemáticas sociales, económicas y ambientales de la ciudad inciden en el deterioro de los humedales. La inmigración intensa, el crecimiento poblacional, la desigualdad económica, el consumo de agua potable, la ocupación de nuevas vías y sus vehículos son *procesos* que aumentan las *externalidades* e inciden en la expansión urbana y en la insuficiencia de zonas verdes, lo que contribuye al aumento de las temperaturas en la zona urbana y de la contaminación atmosférica. En la Figura 17 se presenta la interacción de los diferentes procesos que inciden en el deterioro de los humedales.

[17] La información utilizada para las predicciones fue una serie de temperaturas superficiales que presentaban anomalías en el mar, información obtenida de la *Nacional Oceanic and Atmospheric Administration* (http://spei.csic.es/map/maps.html#months=1#month=2#year=2018).

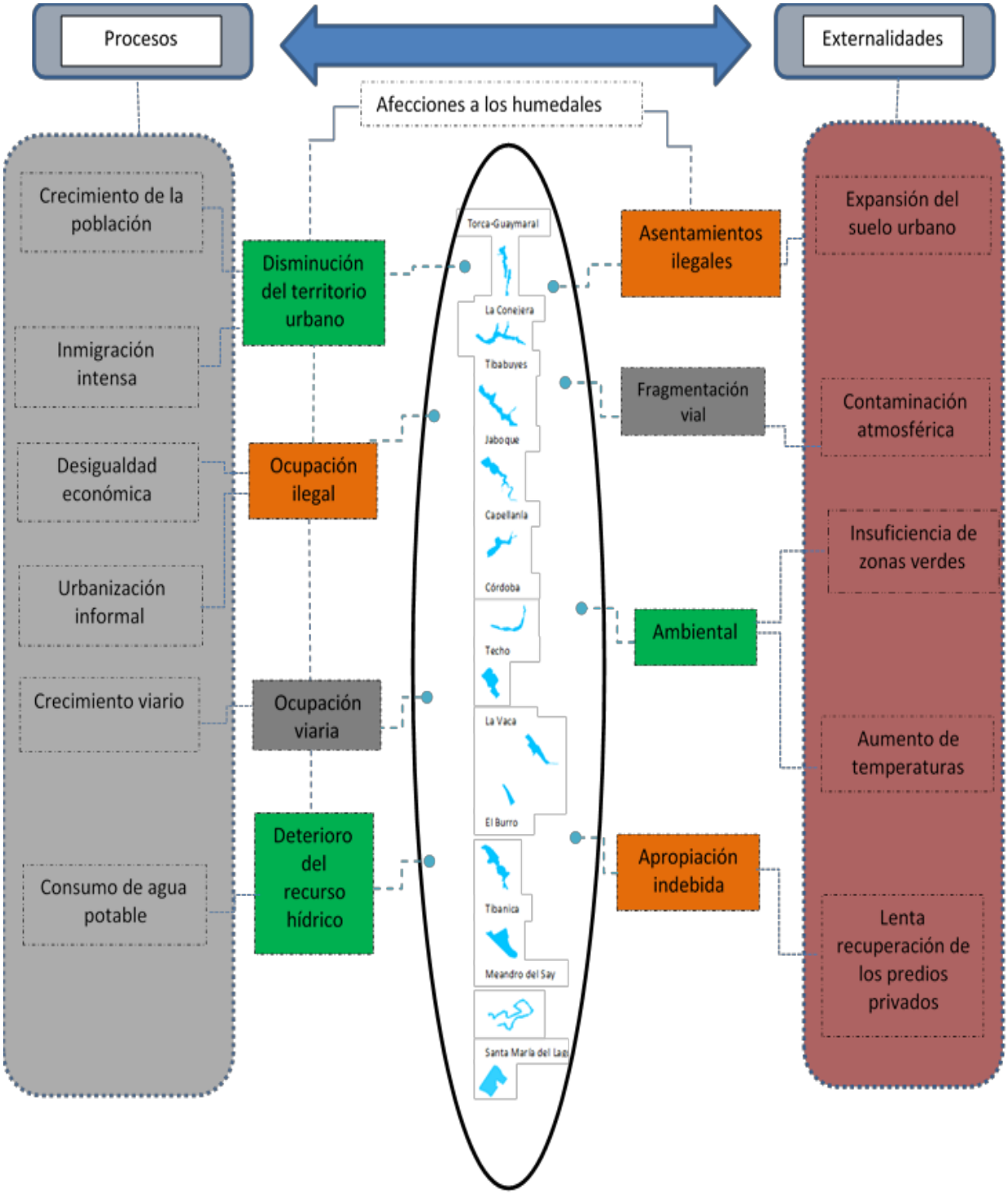


Figura 17. Procesos, efectos y factores que inciden en el deterioro de los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

En síntesis, los impactos ambientales inician en 1951 desde los procesos de urbanización, que agotaron los suelos considerablemente y en especial los humedales, que superaban las 50.000 hectáreas y en la actualidad tan solo quedan aproximadamente 700 hectáreas (DAMA, 2000; SDA, 2018). Las afectaciones directas en la superficie de dichos ecosistemas se presentaron desde la fundación y ocupación de territorio en la ciudad de Bogotá. Según estimaciones propias, el 42% de la superficie de los humedales presenta conflicto de usos de los suelos por diversas situaciones que serán explicadas más adelante. De igual manera esta tendencia es semejante en muchos países Latinoamericanos como es el caso del Noroeste de México, que desde 1973 hasta 1977 el área urbana se ha extendido sobre la vegetación natural reduciendo menos de la mitad a los humedales Escopama y el Sabalo (Ruiz y Berlanga, 2003).

En razón a lo anterior, los humedales se encuentran en un deterioro continuo, por lo que estas y otras cuestiones deben ser líneas de actuación para alcanzar un *crecimiento verde* en la ciudad de Bogotá.

3 LA PROTECCIÓN Y GESTIÓN DE LOS HUMEDALES URBANOS DE LA CONVENCIÓN RAMSAR AL CRECIMIENTO VERDE

Los complejos lagunares urbanos se han beneficiado en los últimos años de las diversas figuras de protección que se han ido promulgando a nivel internacional, nacional y local. Un hito en dichas figuras fue la Convención Ramsar de 1971. A continuación se expone en detalle su naturaleza y efectos como introducción a los principios del *crecimiento verde*, concepto de protección que amplía años después el enfoque de la Convención sobre la protección de los complejos lagunares. Se incluyen referencias breves a ejemplos de políticas de gestión de humedales en Francia y España sobre espacios visitados en el transcurso de esta tesis. Del mismo modo, se aborda la política de humedales en Colombia.

3.1 Consideraciones conceptuales de humedales

Los humedales son ecosistemas capaces de almacenar grandes cantidades de agua y se caracterizan por la presencia de una vegetación adaptada a las condiciones de humedad e inundación, esto justifica la presencia de la vegetación hidrófila y suelos hidromorfos. Estas características hacen atractivo el espacio natural a todas las aves que hacen viajes estacionales y buscan un hábitat con mejores condiciones climáticas (Mitsch y Gossenlink, 1986).

De acuerdo con Tran (2017), las "zonas húmedas" engloban diferentes apelaciones como ciénagas, lagos, lagunas y los *ripisylves*, que son las riberas de los ríos con una vegetación hidromorfa muy específica que se desarrolla en las zonas húmedas. Igualmente, este término describe las turberas como zonas húmedas en medios muy ácidos en donde se descompone la turba. Dentro de la categoría "zonas húmedas" también se pueden encontrar los medios húmedos de litoral y los manglares, que se encuentran en la interface entre la tierra y el mar, con gradientes de pH diferentes a los del agua salada, el agua salobre y el agua dulce. Se observa entonces que dentro del término "zonas húmedas" existe todo un panel de medios cuyo componente principal es el agua, normalmente dulce pero también salobre y salada, y también

existen los medios de aguas estancadas. Estas pueden ser zonas húmedas que pueden permanecer todo el año o zonas húmedas temporales, como pequeños pantanos que pueden desaparecer y secarse por temporadas.

En términos ecológicos, los humedales se emplazan entre los ecosistemas biológicamente más productivos, siendo importantes fuentes de diversidad biológica. Estas zonas están principalmente constituidas por reservorios de agua y por lo tanto brindan este importante elemento a las especies. Adicionalmente, los humedales son responsables de una alta cuantía de productividad primaria, que constituye la base de la cadena trófica sobre la cual se sostienen los organismos vivos (Smith y Romero, 2009).

Sin embargo, para realizar una aproximación al tema de estudio de la presente investigación es importante ubicarse en la definición de humedales urbanos. Según Bolund y Hunhammar (1999) los humedales ubicados al interior de la ciudad adquieren aún más importancia debido a las funciones y mecanismos naturales que desarrollan estos ecosistemas, entre los que se encuentran la regulación de la temperatura, reducción de ruido, drenaje de aguas lluvias, tratamiento de aguas residuales y oferta de espacios para la recreación. Debido a lo anterior se justifica la decisión de conservar estos sectores de áreas verdes dentro de una ciudad.

En la misma línea, Ma *et al.* (2012) plantean que los humedales son ecosistemas de gran importancia por su capacidad para el tratamiento de aguas residuales, su rol como hábitats naturales y albergue para aves migratorias, y su papel en la reducción del dióxido de carbono y la regulación de la temperatura. Por esta razón estos autores identifican los humedales como "riñones de la tierra" y "supermercados ecológicos" (Ma *et al.,* 2012).

En razón a lo anterior, los humedales emplazados en zonas urbanas representan una alternativa para la atenuación del cambio climático, la reducción de las emisiones atmosféricas y la disminución en las temperaturas por sus características diversas en la flora y la fauna. Por lo tanto, su protección es de vital importancia para mitigar los impactos urbanos y esto aplica al caso de los humedales que se encuentran al interior de la ciudad de Bogotá.

3.2 La Convención Ramsar. Referencias internacionales y estrategias para la protección de humedales en Francia, España y Colombia

La Convención Ramsar (llamada así por la ciudad iraní en donde fue promulgada en 1971) es la normativa más significativa de protección de humedales a nivel internacional y surgió para propiciar el uso racional de los humedales por medio de acciones locales, regionales y nacionales. Por esta razón la Convención apunta a la cooperación internacional para poder alcanzar objetivos precisos en la construcción de políticas en humedales (Convención de Ramsar, 2013). Posteriormente, en el marco de las llamadas "Agendas 21" se estableció que los humedales debían estar considerados en los sistemas generales de áreas protegidas, entonces se hicieron las siguientes recomendaciones para el desarrollo de los distintos programas de acción (United Nations Sustainable Development, 1992):

i. Promover y rehabilitar los ecosistemas para la recuperación de las especies en peligro de extinción.

ii. Fomentar políticas para la conservación de la biodiversidad.

iii. Promover el desarrollo ambientalmente sano y sostenible en áreas adyacentes a áreas protegidas con miras a fomentar la protección de estas zonas.

iv. Introducir procedimientos apropiados de evaluación del impacto ambiental para proyectos.

La definición de humedal propuesta por Ramsar es la más utilizada en diferentes leyes internacionales. Por ejemplo, en el caso de la Ley de Aguas de Francia del año 1992, la normativa define a los humedales como terrenos explotados o no, habitualmente inundados de agua dulce, salobre o salada con una permanencia temporal, cuya vegetación predominante son las plantas hidrófilas que permanecen gran parte del año. Los humedales se caracterizan por tener una profundidad baja y suelos hidromorfos o sin desarrollar, adicionalmente son refugio de especies animales que dependen de ese tipo de ecosistemas. El concepto deduce la necesidad de conservar la humedad a partir de los suelos y la vegetación hidromorfa, característica de gran importancia para ayudar a la conservación del espejo de agua en zonas húmedas. Queda patente que Francia

viene liderando desde la Ley de Aguas los estudios de geomorfología en suelos como alternativa para la delimitación de los humedales.

En España entra en vigor la Ley de Aguas 29 (1985) y en su artículo 103 define que las zonas pantanosas o encharcadas, incluso las creadas artificialmente, tendrán la consideración de zona húmeda. En este concepto se destaca la presencia del agua, que supone un factor determinante para el control de inundaciones. Así pues, surge la necesidad de delimitar el perímetro de los humedales pues este es un determinante para la reglamentación de dominio público hidráulico. En el artículo 275 del Decreto 849 se define esa reglamentación y además se describe a los humedales como los marismas, turberas o aguas rasas (permanentes o temporales) que estén integradas por aguas remansadas o corrientes, ya se trate de aguas dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales. Esta definición también incluye las márgenes de los humedales y las tierras limítrofes, con el objetivo de evitar daños graves a la fauna y a la flora que allí habitan (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1986).

Además de las citadas hay muchas otras normas españolas que buscan proteger a los humedales a nivel comunitario, estatal, autonómico y municipal.

En Colombia la definición de humedales surge la convención "Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas" con la Ley 357 de 1997. En esta norma se definen estos ecosistemas como reguladores de los regímenes hidrológicos y como hábitats para la flora y la fauna. Asimismo, la norma tiene en cuenta la migración estacional de algunas aves que pueden atravesar las fronteras y en consecuencia deben ser consideradas como un recurso internacional, razón por la cual estos ecosistemas constituyen un recurso de gran valor económico, cultural, científico y recreativo. Luego surge la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia del 2002, la cual adopta la definición de la convención Ramsar (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Seguidamente, en el año 2006 el concepto de humedales es complementado por la Política de Humedales Distritales de Bogotá, y en su numeral 3.3 se plantea que dichos ecosistemas están constituidos por un cuerpo de agua y una zona a su alrededor que puede cubrirse por inundaciones periódicas (conocida como Ronda Hidráulica o RH) y

un área de terreno no inundable (Zona de Manejo y Preservación Ambiental o ZMPA). Estas áreas deben tener un tamaño acorde con sus particularidades ecosistémicas. Los humedales están asociados a los desbordes de los ríos, y por ende su biota, los flujos de nutrientes, materia y energía están adecuados a las fluctuaciones y comportamientos de sus sistemas hídricos asociados (Alcaldía Mayor de Bogotá y DAMA, 2005).

Queda patente que la convención Ramsar es el principal eje articulador para definir los humedales como ecosistemas que ayudan al control de inundaciones. Por ello es importante la delimitación de las zonas de inundación y la conservación de la vegetación y suelos hidromorfos. La protección de estos ecosistemas requiere un marco de políticas nacionales encaminadas en las líneas señaladas para conseguir el uso racional de los humedales y alcanzar un desarrollo sostenible de los mismos a nivel mundial. En este apartado de la tesis se abordarán los casos de España y Francia, porque estos países fueron visitados durante el desarrollo de esta investigación doctoral.

En el caso de Francia, la Convención entró en vigor desde el 1 de diciembre de 1986, lo que permitió la protección de 47 sitios Ramsar que actualmente ocupan una superficie de 3.634.182 hectáreas. Un ejemplo es el "Marais d'Orx et zones humides associées". El sitio juega un papel importante en el control de inundaciones por su emplazamiento en la región de Aquitania. La zona húmeda se encuentra a 43°35'52" latitud norte y 001°23'50" longitud oeste, está principalmente formado por lagos, lagunas, marismas, prados húmedos y rodeado por una red de canales que ocupan una extensión de 962 hectáreas (Ramsar, 2014) (Ver Figura 18).

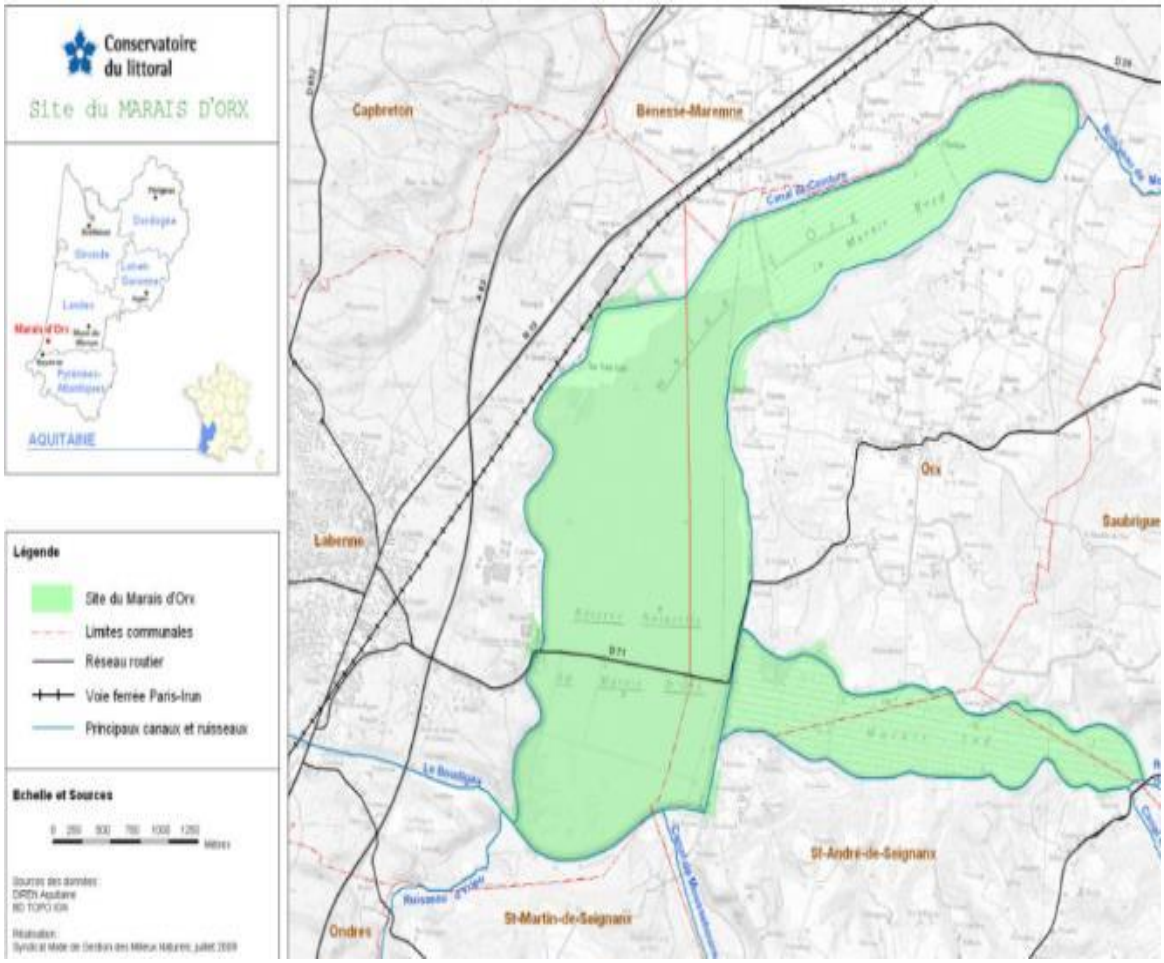


Figura 18. Sitio Ramsar Marais d'Orx et zones humides associées. Fuente: sitio web de la reserva Marais d'Orx (http://www.reserve-naturelle-marais-orx.fr/fr/bienvenue-au-marais.html).

Esta zona húmeda actúa como un área importante de parada e invernada para numerosas especies de aves acuáticas y es uno de los pocos sitios de anidación de la espátula eurasiática (*Platalea leucorodia*) o ave zancuda blanca (ver Figura 19), que mide de 80 a 90 centímetros, tiene pico negro con punta amarilla y en forma de espátula, y es el emblema del Marais d'Orx. Además, el sitio es de gran importancia por la gran cantidad de especies de insectos, anfibios, reptiles, peces y mamíferos, incluyendo especies amenazadas como la anguila europea y el visón europeo (*Mustela lutreola*), ambas catalogadas en peligro de extinción (Ramsar, 2014).

Figura 19. Espátula eurasiática y anguila europea. Fuente: fotografías de Andreas Trepte.

En 2014 el Comité Departamental de Turismo reportó una asistencia de 26.000 personas por año al Marais d'Orx. La evolución de la asistencia de turistas durante todo un año aún no se conoce, pero supone un aumento del 184% para todo el año (Horiot, Diazabakana y Binet, 2016). Son muchas las gestiones que adelanta la Asociación Conjunta de la Administración de Medios Naturales (SMGMN, por sus siglas en francés) para promover el turismo verde, ejemplo de ello es la promoción de esta reserva natural como un sitio importante de ornitología, como se ilustra en la Figura 20.

Figura 20. Reserva natural Marais d'Orx. Fuente: http://www.reserve-naturelle-marais-orx.fr/fr/visites-guidees.html.

La reserva natural también se encuentra protegida por Natura 2000, una red de áreas protegidas de 28 países de la Unión Europea que busca proteger especies y hábitats amenazados y cuyos lineamientos incluyen directivas de protección para aves y hábitats. El Barthes de l'Adour es una zona circundante del Marais d'Orx que pertenece a esta red, se emplaza al sur de Francia (43°44'42.953 latitud norte y 0°56'36.943"

longitud oeste) y tiene una extensión de 12.844 hectáreas. El área se ubica cerca de Salies-de-Béarn, finaliza río arriba de Bayona y su principal zona de expansión se encuentra en el lecho principal de l'Adour aguas abajo. Este es un ecosistema de gran interés por sus llanuras de inundación y es considerado de gran importancia debido a los diversos ecosistemas que lo confluyen: bosques aluviales, llanuras de inundación, marismas interiores, carrizales, turberas, plantaciones de álamos artificiales y diversos cultivos[18]. Estos y otros puntos de referencia se ilustran en la Figura 21.

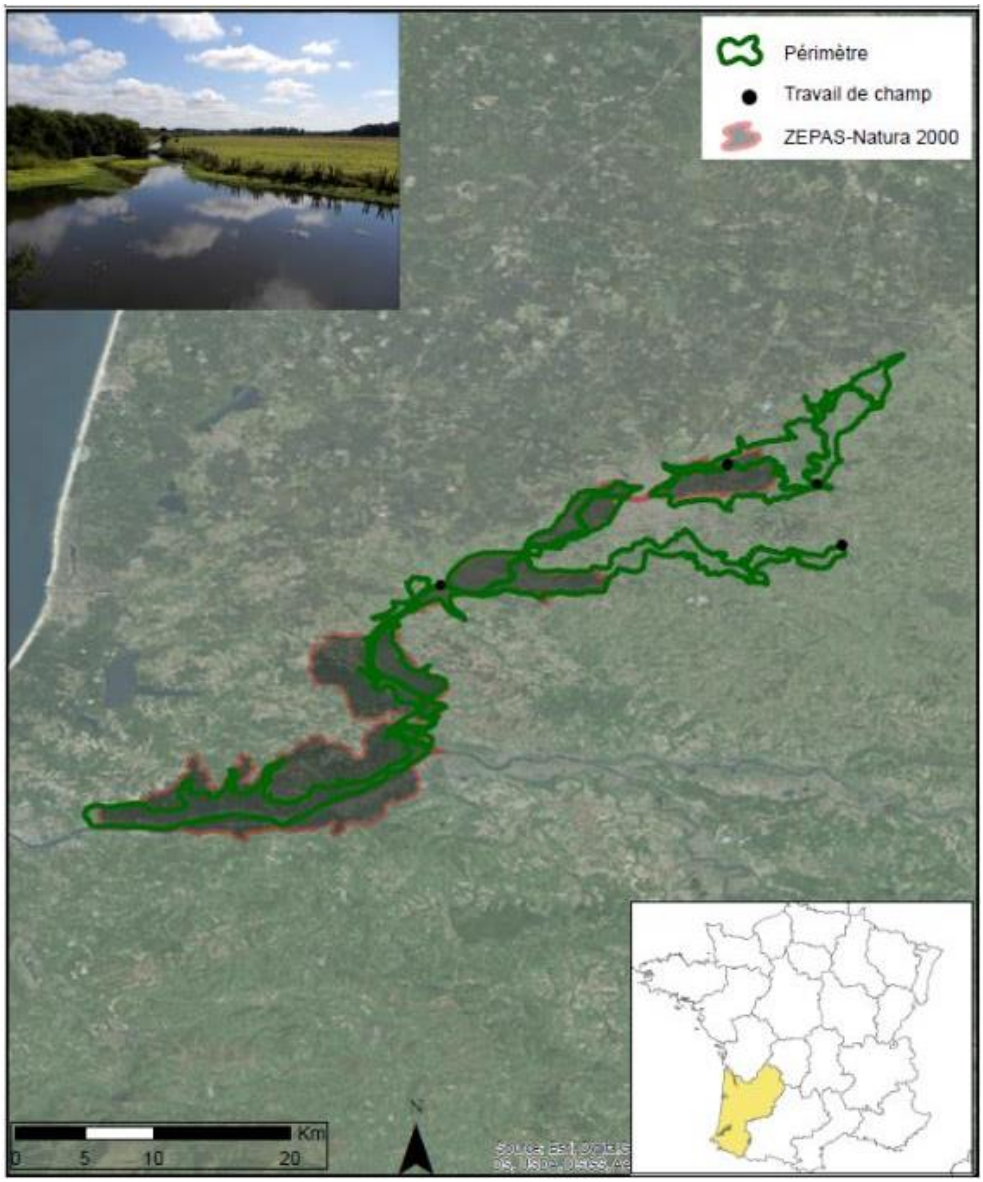


Figura 21[19]. Zona húmeda Barthes de l'Adour, Francia. Fuente: elaboración propia a partir de visita de campo y Natura 2000.

[18] Información obtenida del sitio web de Marais d'Orx, http://www.reserve-naturelle-marais-orx.fr/fr.
[19] La cartografía es construida a partir de la visita de campo del 25 de junio de 2017 en compañía de funcionarios del observatorio del agua de la Universidad de Pau y Países de L'adour.

El funcionamiento de la red de protección Natura 2000 es interesante puesto que registra las especies en peligro de extinción en una base de datos con una georreferenciación de cada ave y su localización en los hábitats naturales. El ecosistema Barthes de l'Adour se encuentra categorizado dentro de las Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA) de Natura 2000; en la Figura 22 se señala la ubicación de este sitio en la plataforma de esta red.

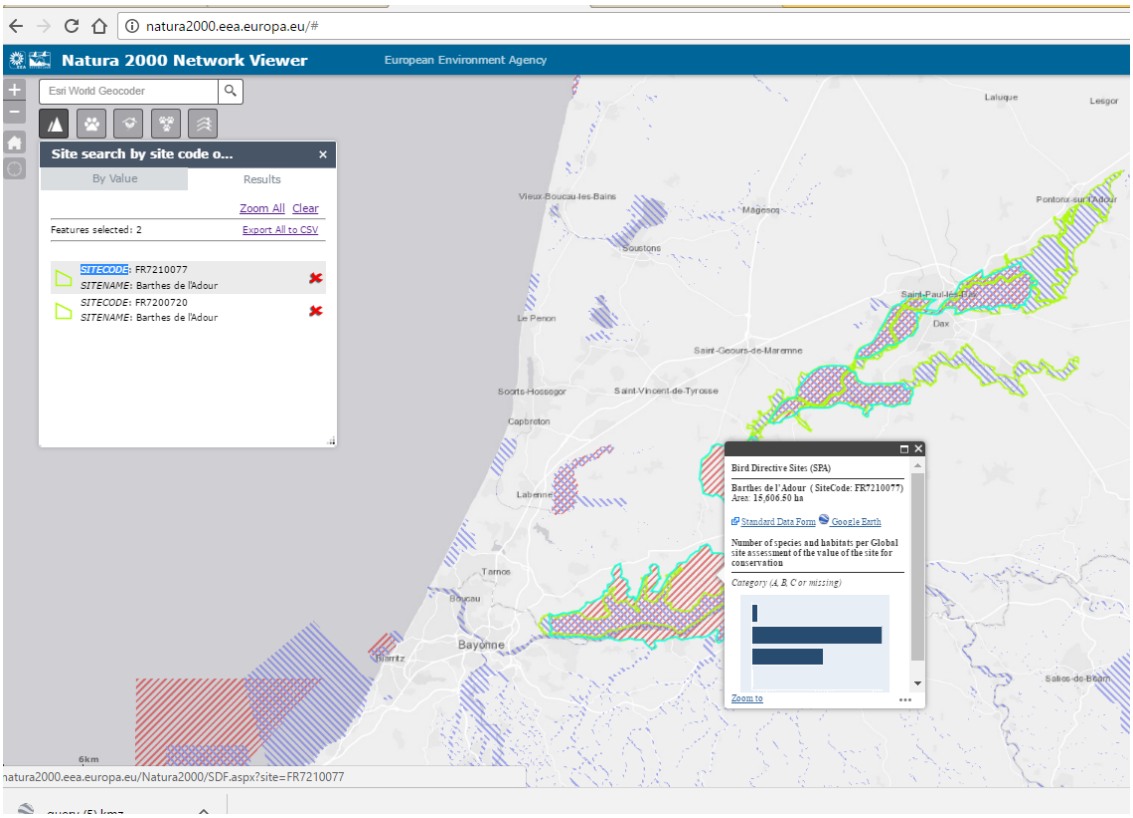


Figura 22. Localización Barthes de l'Adour en la plataforma Natura 2000. Fuente: http://natura2000.eea.europa.eu/#.

En la plataforma Natura 2000 los Estados Miembros de la Unión Europea designan las ZEPA con criterios adecuados y deben asegurarse de que se designen todos los "territorios más adecuados", tanto en número como en superficie. Los datos específicos del sitio se transmiten a la Comisión Europea utilizando formularios de datos estándar. Sobre la base de la información proporcionada por los Estados Miembros, la Comisión Europea determina si los sitios designados son suficientes para formar una red coherente para la protección de estas especies vulnerables y migratorias. Para el caso de Barthes

de l'Adour se identifican alrededor de 67 aves en una extensión 12.844 hectáreas. Las especies endémicas son reglamentadas bajo la figura de la Directiva de Aves de 2009/147 del artículo 4 y 92/43[20]. En la Figura 23 se señalan algunas aves de dicho ecosistema.

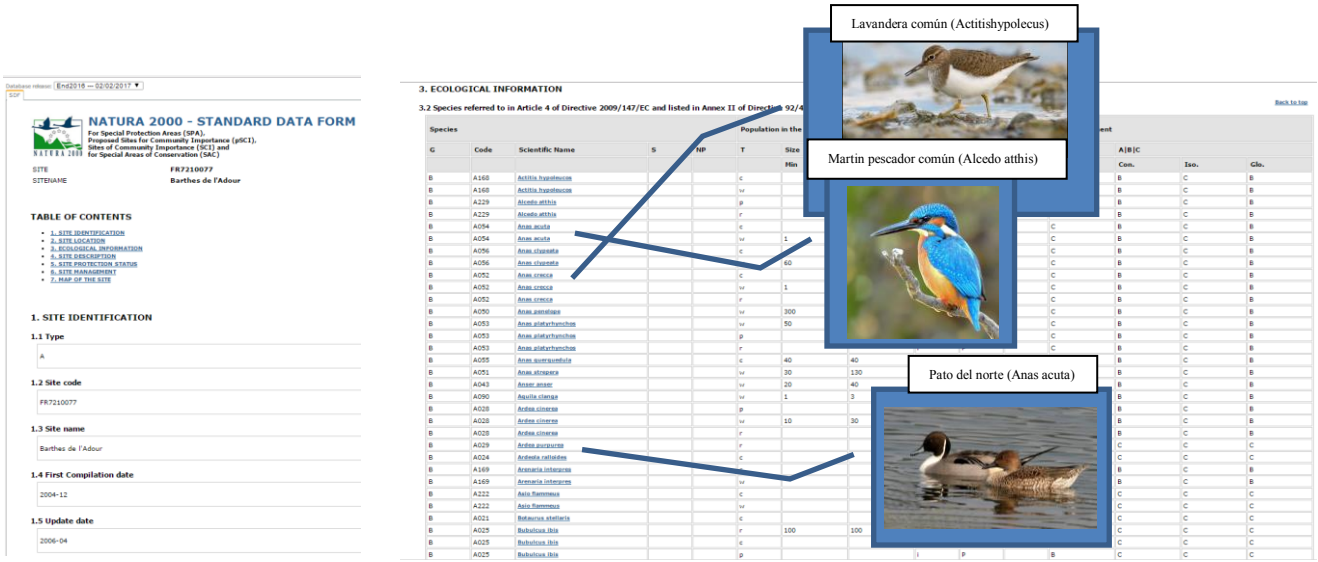


Figura 23. Aves de Barthes de l'Adour en la Red Natura 2000. Fuente: http://natura2000.eea.europa.eu/#.

En el contexto urbano es importante destacar las acciones desarrolladas por Estrasburgo, una aglomeración urbana en Francia que se compromete con una política de preservación de especies amenazadas. El proyecto inicialmente estaba enfocado en la restauración de los cursos de agua de Ostwaldergraben, pero se descubrió la presencia del sapo verde europeo (*Bufo viridis*) en ese lugar y la comunidad urbana de Estrasburgo decidió inscribir el proyecto de restauración en el plan nacional, y posteriormente el proyecto se dirigió hacia la creación de un biotipo húmedo favorable para la movilidad de la especie. Así pues, el proyecto consiste en la creación de un corredor ecológico en la zona urbanizada entre Estrasburgo y Ostwald, que se encuentra emplazado a 48°33'32.94" latitud norte y 7°42'42.41" longitud oeste en Francia, en el límite de tres comunidades: Lingolsheim, Ostwald y Estrasburgo (ver Figura 24). El sector se caracteriza por la diversidad de usos en los suelos agrícolas, naturales y urbanos. Así, el medio natural se compone de los cursos de agua de Ostwaldergraben,

[20] Información obtenida de la página web de Natura 2000, http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm.

bosques aluviales y tierras baldías urbanas. El proyecto planea restaurar todo el sitio para recuperar su función como corredor ecológico y mejorar las condiciones de supervivencia del sapo verde, especie inscrita en la Convención de Berna[21] por encontrarse en peligro de extinción (Cerema, 2015).

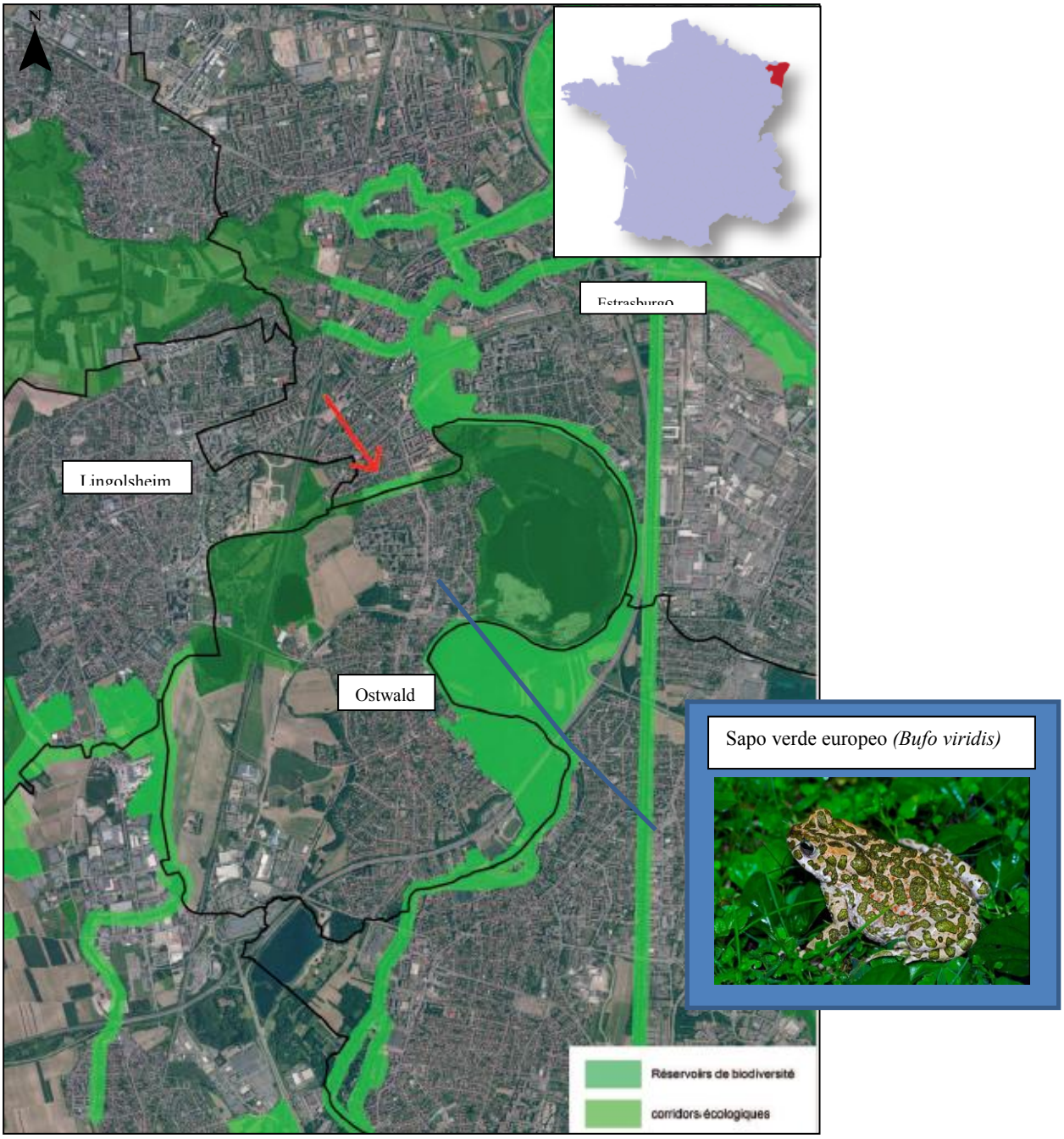


Figura 24. Localización general del corredor ecológico de Estrasburgo. Fuente: http://www.trameverteetbleue.fr/sites/default/files/biodiv_strasbourg.pdf.

[21] La Convención de Berna busca preservar el patrimonio natural, en tanto protege la biodiversidad de la flora y fauna silvestre. Francia ha firmado dicho Convenio en el Decreto 90-756 del 22 de agosto de 1990, sobre la publicación del Convenio sobre la Conservación de la Vida Silvestre y de los Hábitats Naturales de Europa (los 4 apéndices), abierto a la firma en Berna el 19 de septiembre de 1979.

Para la recuperación del corredor, el proyecto modificó la corriente de agua de Ostwaldergraben y su operación inició con una excavación de 3.100 m^3 de tierra para formar una isla central en medio del curso de agua. El ancho se redujo de 8 a 2 metros, lo que revitalizó los flujos para evitar la sedimentación y crear nuevos hábitats. El proyecto también incluyó una red de piscinas para mejorar las condiciones típicas del humedal y así promover la expansión del sapo verde hacia el este. La sección hidráulica comienza desde Ostwaldergraben y cruza un prado húmedo de una longitud aproximada de cien metros, para luego dar lugar a un área boscosa de unos trescientos metros (ver foto en la Figura 25).

Figura 25. Evolución del sitio. Fuente: archivo fotográfico de la comunidad urbana de Estrasburgo.

Continuando con las referencias internacionales es necesario resaltar el caso de España por sus buenas gestiones en materia de humedales. En este país la Convención

entró en vigor el 4 de septiembre de 1982 y actualmente cuenta con 74 sitios Ramsar, con una superficie mayor a las 300.000 hectáreas. Uno de estos sitios es la laguna de Gallocanta, un importante lago salino endorreico de la península Ibérica. El humedal se encuentra a 40°58' latitud norte y 001° 33' longitud oeste, y su extensión supera las 6.000 hectáreas. El Refugio Nacional de la Laguna de Gallocanta ocupa parcialmente los términos municipales de Gallocanta, Las Cuerlas, Santed y Berrueco en el extremo sudoccidental de la provincia de Zaragoza; y los de Bello y Tornos en el noroeste de la provincia de Teruel (Ramsar, 1999) (ver Figura 26).

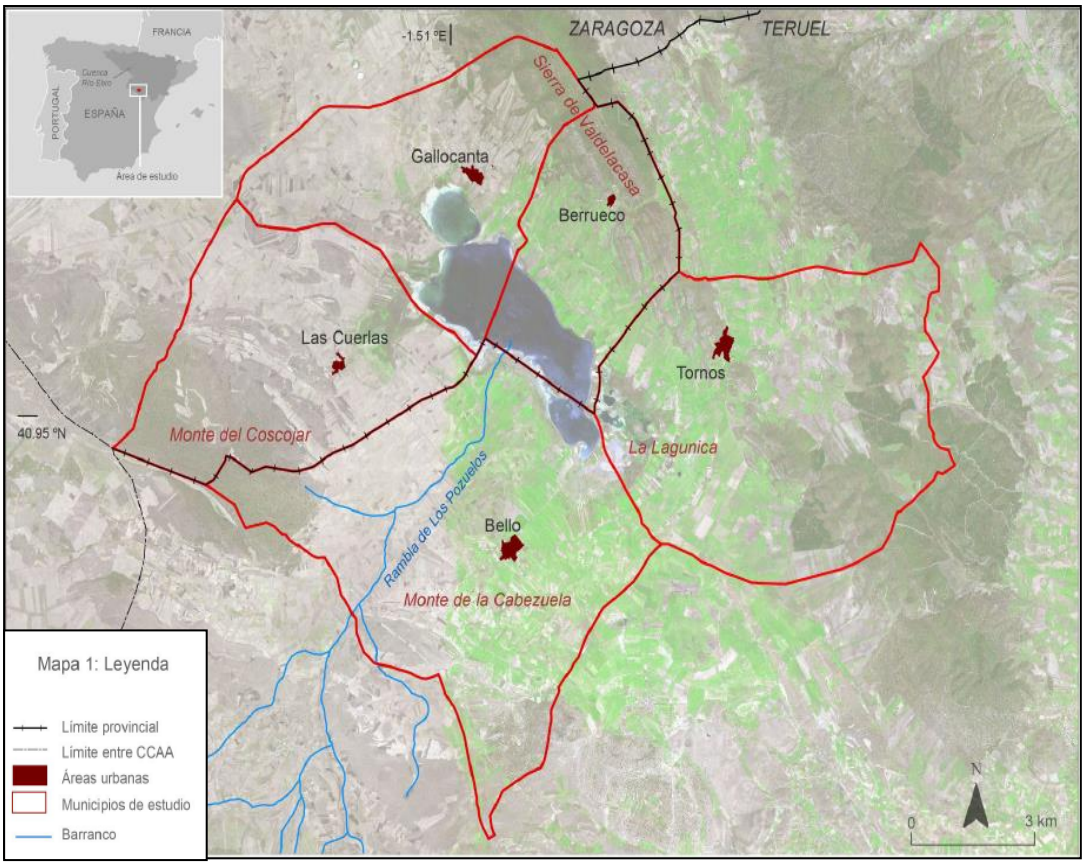


Figura 26. Localización general laguna de Gallocanta. Fuente: Jiménez Castañeda (2014).

La laguna cuenta con más de 220 especies de aves, entre las que se destacan los buitres, las grullas, las abudillas y las fochas. Este lugar constituye el enclave más importante de aves acuáticas de Aragón y el segundo de la península Ibérica. Entre los mamíferos se pueden encontrar corzos, comadrejas comunes, zorros, gatos monteses, ciervos, jabalíes, martas, conejos y tejones. En la Figura 27 se ilustran las grullas, aves que utilizan la laguna como área de descanso durante sus viajes migratorios anuales que tienen lugar entre la segunda mitad de octubre y la primera quincena de marzo. Se han documentado hasta 65.000 ejemplares de paso y unos 10.000 ejemplares invernantes (Ramsar, 1999).

Figura 27. Grullas en los campos de Gallocanta. Fuente: http://www.canto-pajaros.es/grulla-comun/.

El humedal Gallocanta cuenta con diversos niveles de protección. En 1987 fue declarada ZEPA, aplicando la Directiva de Conservación de Aves Silvestres de la Comunidad Europea (79/409/CEE). En 1994 pasó a formar parte de la lista internacional de humedales del Convenio Ramsar junto a Chiprana (BOE nº135, de 07/06/94), especialmente como hábitat de aves acuáticas. En 2006 se aprobó la lista de Lugares de Importancia Comunitaria de la Región Biogeográfica Mediterránea (a la cual pertenece este sitio) por decisión de la Comisión Europea de 19 de julio, conformando así la red de Zonas de Especial Conservación de la red Natura 2000 (Jiménez Castañeda, 2014) (ver Figura 28).

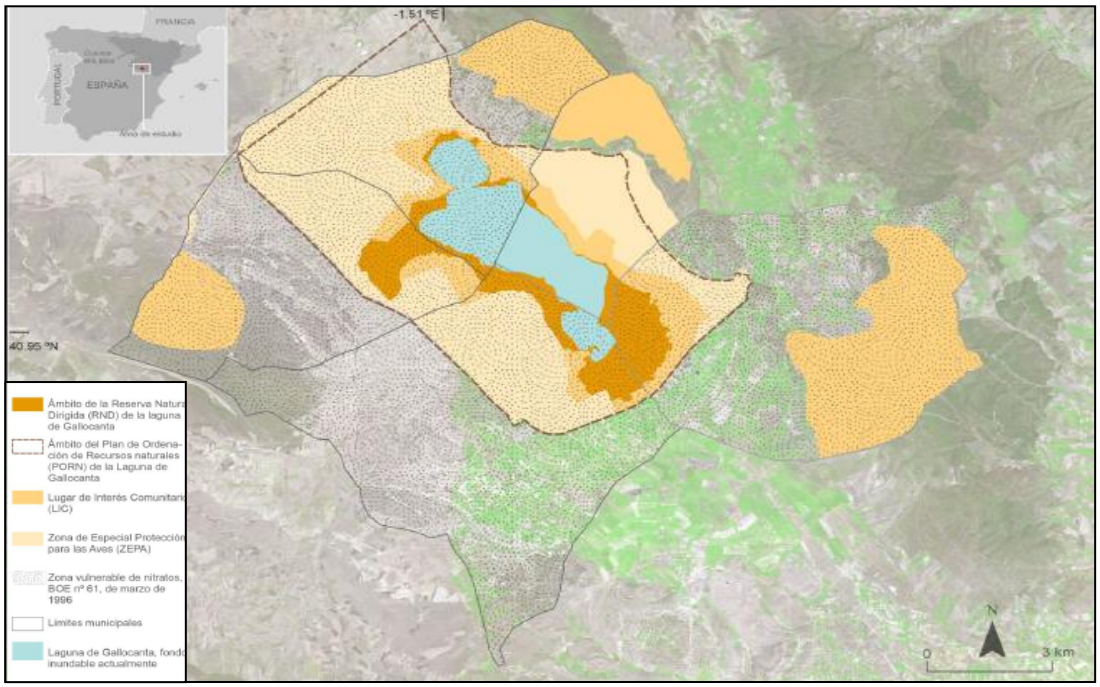


Figura 28. Figuras de protección del humedal Gallocanta. Fuente: Jiménez Castañeda (2014).

Otro humedal de interés en España es el Galacho de Juslibol, destacado por tener sus propias directivas de hábitats naturales y por el control de inundaciones en el acuífero del río Ebro. De acuerdo con la base de datos de Natura 2000[22], el humedal se encuentra reconocido por los sotos[23] y mejanas del Ebro, los cuales forman parte de los ecosistemas estratégicos de dicha red. En la misma línea, Ollero (2002) afirma que los sotos ocupan los lóbulos de meandro y así actúan como barras sucesivas con forma de media luna entre las cuales hay depresiones que constituyen cauces funcionales en momentos de crecida (ver Figura 29).

Figura 29. Galacho de Juslibol inundado en la crecida del río Ebro. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Galacho_de_Juslibol#/media/File:Anegado.jpg.

Este humedal se emplaza en el barrio Juslibol, tiene una extensión de 107,86 hectáreas y sus coordenadas geográficas son 41°42'13.578" latitud norte y 0°55'53.101" longitud oeste (Ayuntamiento de Zaragoza, 2012). Estos y otros puntos de referencia se ilustran en la Figura 30.

[22] http://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=ES2430081.

[23] Son bosques de ribera del río Ebro, que constituyen un conjunto de formaciones vegetales de carácter freático. Incluyen comunidades palustres y acuáticas carrizales, pioneras, herbáceas de juncal y pardo. Los sotos propiamente dichos son la trilogía *Populus nigra*, *Populus alba* y *Salix alba* (Ollero, Sánchez y del Valle, 2004).

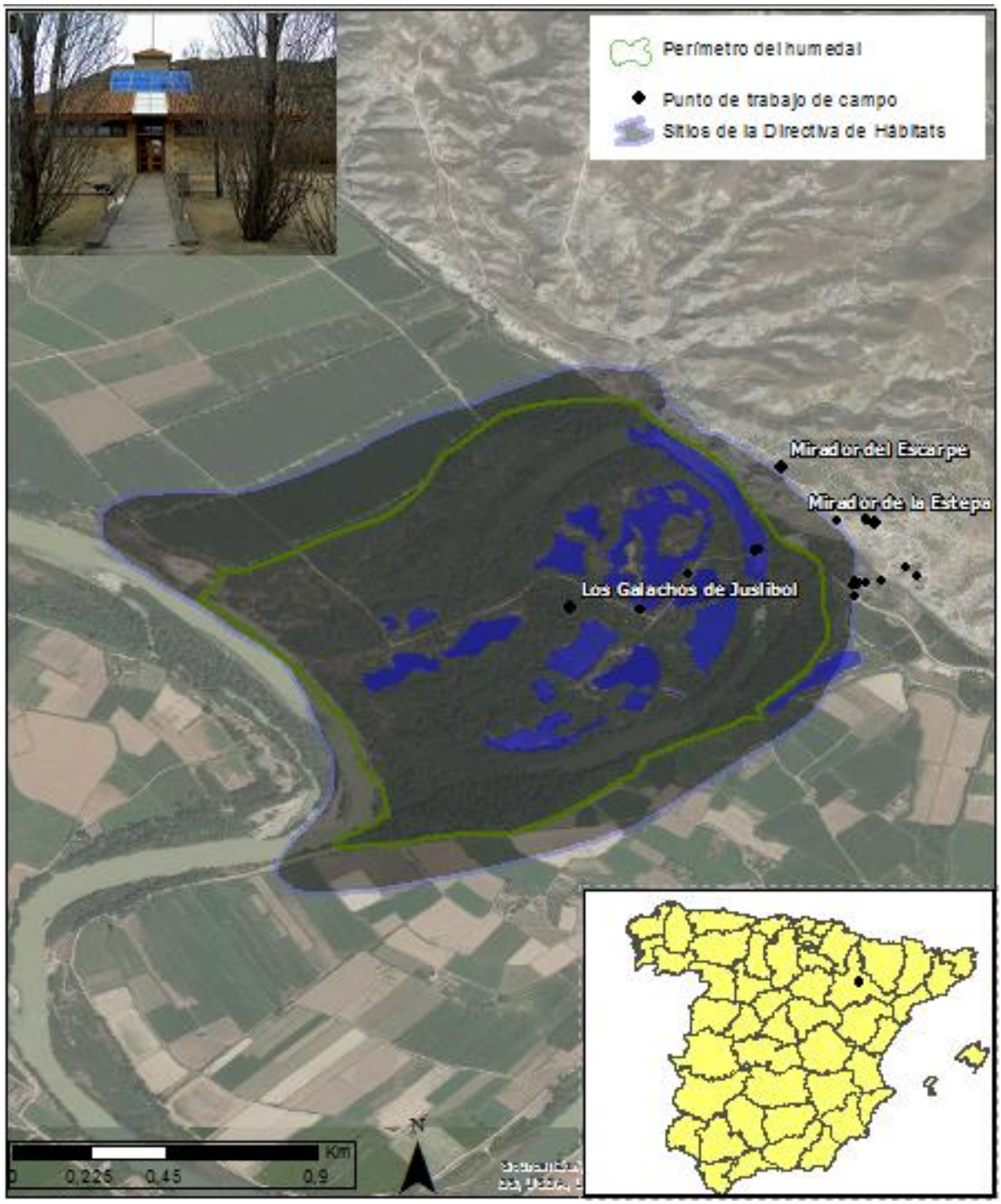


Figura 30. Humedal Galacho de Juslibol. Fuente: elaboración propia[24].

Aunque el Galacho de Juslibol no está reconocido como sitio Ramsar, sí se encuentra protegido por diversas normas españolas. A nivel comunitario lo cubre la Directiva

[24] La cartografía fue construida a partir de la visita de campo que tuvo lugar el 8 de septiembre de 2016 en compañía de funcionarios de la Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad del ayuntamiento de Zaragoza. En el recorrido se identificaron algunos puntos de referencia por su importancia turística como el centro de interpretación, los miradores, y los ecosistemas de escarpe y estepa.

1992/43/CEE del consejo del 21 de mayo de 1992 y cuenta con protección jurídica estatal a través de la Resolución de la Confederación Hidrográfica del Ebro dictada el 26 de septiembre de 2014. A nivel autonómico, este sitio está incluido en el Decreto 89/2007, el cual aprueba el plan de ordenación de los recursos naturales de los sotos y galachos del río Ebro, y a nivel municipal cuenta con el cubrimiento del Plan General de Ordenación Urbana del Ayuntamiento de Zaragoza de 2007, que determina el suelo no urbanizable y lo categoriza como zona de especial protección para la determinación de los ecosistemas naturales (Manso y Hernández, 2016).

El Galacho de Juslibol es un espacio de alto valor paisajístico, ecológico y cultural que tiene su propio programa de educación y participación. Algunas de sus actividades se desarrollan en el centro de visitantes[25], que tiene una exposición permanente sobre la historia y los valores del Galacho. De acuerdo con los registros del Ayuntamiento de Zaragoza, el programa de educación vincula 5.000 estudiantes y 5.000 personas de los barrios rurales de la Alfocea, Juslibol y Monzababa, pues su objetivo principal es resaltar el valor de los elementos históricos y culturales de estas poblaciones para favorecer la información relacionada con los planes de ordenación del entorno del Galacho de Juslibol[26]. En la Figura 31 se ilustran las actividades que se desarrollan bajo el programa "rincón del pajareo", que consiste en visitas de identificación de aves al interior del humedal.

Figura 31. Visitantes haciendo reconocimiento de aves en el Galacho de Juslibol. Fuente: fotografías del Ayuntamiento de Zaragoza.

[25] El centro de visitantes tiene células fotovoltaicas**,** cámaras de aire bajo (apertura de trampillas que permiten la entrada de aire fresco), aislamiento del edificio (muros gruesos y dobles cristales), chimenea solar (torre que funciona por tiro natural y es regulada por el termostato, capaz de sustituir aire caliente por fresco) y lamas de tejado (permiten el paso de la luz y calor en el invierno). La utilización de dichos elementos ayuda a disminuir los consumos del sistema eléctrico convencional (https://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/espacios/galacho/edificio.htm).

[26] https://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/espacios/galacho/educacion.htm.

Por otro lado, es necesario mencionar al Meandro de Ranillas por sus directrices para la estrategia de mejoramiento urbano. De acuerdo con Pellicer (2016), el Galacho de Juslibol y el Meandro de Ranillas integran la estrategia de los humedales y forman parte importante de las zonas de conservación de zonas de soto. Estas áreas ayudan a mitigar los efectos de las riadas y aumentan la interacción de la flora y la fauna de los cinturones verdes de la ciudad de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, 2012). En la Figura 32 se ilustra el Meandro de Ranillas, ecosistema adaptado y recuperado dentro de la zona urbana de la ciudad, y en la fotografía se muestran los bosques de soto localizados en el borde izquierdo del Meandro, que funcionan como espacios de transición, filtro de contaminación y corredores naturales de biodiversidad.

Figura 32. Meandro de Ranillas y bosques de soto del río Ebro. Fuente: http://www.arcadiamediatica.com/libro/el-urbanismo-de-la-expo-el-plan-de-acompanamiento_5556.

La Convención Ramsar entró en vigor en Colombia el 18 de octubre de 1998 y por esta razón el país solo cuenta con seis sitios designados de importancia internacional. Se destaca el sistema lacustre de Chingaza por su conjunto de lagunas y humedales de origen continental, que proveen el agua a la ciudad de Bogotá (Ramsar, 2014). La Figura 33 muestra una parte del complejo lagunar del páramo de Chingaza.

Figura 33. Sistema lacustre de Chingaza. Fuente: http://www.aida-americas.org/es/blog/seis-humedales-colombianos-de-importancia-mundial.

El emplazamiento de la red de humedales de Chingaza en los Andes septentrionales colombianos en el departamento de Cundinamarca tiene una extensión de 4.058 hectáreas. El páramo de Chingaza se encuentra a 4° 30’ 26,56” latitud norte y 73° 45’ 18,13” longitud oeste; limita al norte con el municipio de Guasca, al oriente con el municipio de Junín y al occidente con el municipio de Fómeque (Ramsar, 2014) (ver Figura 34).

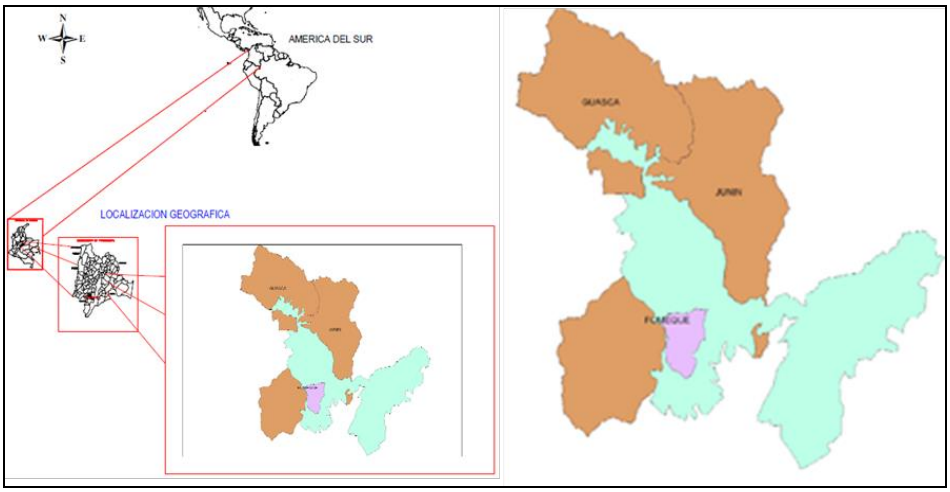


Figura 34.Localización general del sistema lacustre de Chingaza. Fuente: mapa elaborado por Julio Benítez en 2006 para el proyecto “Sistema Lacustre de Chingaza. Sitio Ramsar”.

El complejo lagunar de Chingaza está compuesto por 20 lagunas y es de gran importancia para las aves migratorias, de las cuales se registraron para el área protegida y su zona de influencia directa un total de 289 especies, reunidas en 207 géneros, 47 familias y 19 órdenes, que equivalen al 15,2% de las 1903 especies registradas para Colombia. En cuanto a especies en peligro de extinción, la Fundación Proaves identifica a la Tingua Bogotana como una especie endémica de Colombia (ver Figura 35) que se encuentra presionada por la pérdida de humedales de la sabana de Bogotá. Por lo tanto, se supone que su población posiblemente no supera los 2.500 individuos. Algunas poblaciones de la Tingua se encuentran dentro del Parque Nacional Natural Chingaza y en algunos humedales de Bogotá (Fundación Proaves, 2014). Según Chaparro y Ochoa (2015), Bogotá es la ruta de migración principal de las aves que se dirigen hacia Suramérica y que continúan hasta el pie de monte de los Andes, lo que supone que muchas de estas especies migran hacia los humedales de la ciudad de Bogotá; sin embargo, el estudio de aves en estos hábitats es aún incipiente.

Figura 35. Tingua Bogotana (*Rallus semiplumbeus*). Fuente: Fundación Proaves (2014).

Queda patente que las referencias internacionales de la Convención Ramsar articuladas con la red Natura 2000 son una oportunidad para proteger las especies en peligro de extinción y para integrar a las comunidades alrededor de diferentes programas de turismo verde. Sin embargo, en el caso colombiano no existe una red con países del norte para una previa identificación de humedales estratégicos y aves en vía de extinción. Por ello es necesario aumentar el número de sitios Ramsar para la

protección de especies endémicas y activar el modelo del ecoturismo para promover un aprovechamiento razonable de los humedales urbanos de Colombia.

3.3 *Crecimiento verde*. Un enfoque novedoso desde la OCDE

El *crecimiento verde* es un paradigma de desarrollo propuesto por la OCDE y caracterizado por la pretensión de alcanzar objetivos económicos y medioambientales simultáneamente (Hammer *et al*., 2011). Este paradigma coincide en el tiempo con otras iniciativas internacionales que van en la misma línea, teniendo como telón de fondo la crisis financiera interna y la presión de las amenazas climáticas y ambientales.

3.3.1 Origen y definición del *crecimiento verde*

El supuesto del que parte el *crecimiento verde* es la existencia de sinergias entre los objetivos ambientales y económicos, lo que –en opinión de sus impulsores- supone una oportunidad para repensar el desarrollo económico. Es importante señalar que *crecimiento verde* no es sinónimo de desarrollo sostenible, ya que pone énfasis en solo dos de los tres pilares del mismo, el económico y el ambiental, hasta alcanzar una equidad social. (Hammer *et al*., 2011). En la Figura 36 se recoge esta idea mostrando cómo la economía y el medio ambiente deben trabajar de la mano para minimizar la carbonización creciente de la economía, utilizando los recursos de forma eficiente para mejorar las condiciones sociales, aumentando la empleabilidad.

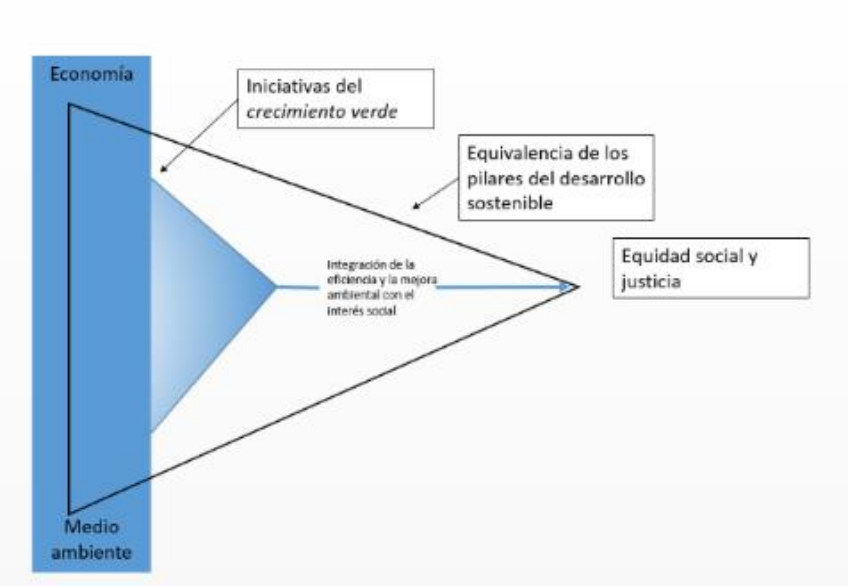


Figura 36. *Crecimiento verde* y desarrollo sostenible. Fuente: Hammer *et al.* (2011).

Por lo anterior, el *crecimiento verde* es una nueva oportunidad para la construcción de una economía sostenible con el medio ambiente; sin embargo, su concepto no sustituye al desarrollo sostenible, sino que es un complemento de este, ya que su alcance es el desarrollo de nuevas políticas que permitan una interacción entre la economía y el medio ambiente. Además, es necesario incluir estrategias que presten atención a los temas sociales.

Como se recuerda en otro lugar (Escalona y González, 2016), el *crecimiento verde* no es desconocido en Colombia, lo que queda patente en el informe titulado *Evaluaciones del desempeño ambiental: Colombia 2014* (OECD y ECLAC, 2014). En dicho documento se lleva a cabo un completo análisis para destacar la larga tradición de leyes y políticas del país, los avances realizados, así como los importantes retos pendientes. En concreto en el capítulo tres se analiza la política fiscal como medio para perseguir objetivos ambientales o disuadir actividades perjudiciales para el medio ambiente. Se incluye también un análisis de las inversiones públicas y privadas en la infraestructura y servicios relacionados con el medio ambiente y, por último, se evalúa el desempeño de Colombia en materia de innovación, incluidos los temas relacionados con el medio ambiente (OECD y ECLAC, 2014, p. 79). Fruto de este informe son dos recomendaciones que vienen a avalar el presente trabajo: "*Hacer del crecimiento verde un elemento medular del Plan Nacional de Desarrollo 2014- 2018; fortalecer el sistema de información ambiental y promover apoyo en favor de las medidas de carácter ambiental, mediante una mejor comunicación de la información ambiental a los encargados de la formulación de políticas y al público* (OECD y ECLAC, 2014, p. 4). De la primera recomendación se deduce la necesidad de aumentar los recursos y el gasto público en actividades de medio ambiente, que es bajo en comparación con los países miembros de la OCDE. La segunda recomendación destaca el interés de la herramienta metodológica presentada en el capítulo 4 de este trabajo, la cual maneja información dispersa y la dispone de modo que pueda facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades responsables.

En dicho informe se proponen también acciones para la protección de la biodiversidad en Colombia, ya que aproximadamente un 55% de su superficie está compuesta de bosques. No obstante, la biodiversidad se ha venido deteriorando por

efectos de la expansión agropecuaria, infraestructura, industrias extractivas y conflicto armado. En consecuencia, se ha presentado un desplazamiento de más del 8% de la población que incrementa la deforestación, el deterioro de la biodiversidad y la pérdida de ecosistemas estratégicos. Por lo tanto, la OCDE propone la eliminación de incentivos para el aumento de la ganadería extensiva y pone fin al desarrollo de actividades mineras en zonas de importancia ecológica. En efecto, la propuesta busca la formulación de un plan de acción que permita hacer un seguimiento a la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (OECD y ECLAC, 2014). De acuerdo con las recomendaciones expuestas, parece oportuno profundizar en las propuestas que hace la OCDE con el *crecimiento verde*, para fortalecer el sistema de políticas de áreas protegidas de Colombia y así garantizar una conexión a escala nacional, regional y local. Por tanto, es necesario estudiar este concepto desde su definición, hasta su escala y políticas de aplicación.

3.3.2 El *crecimiento verde*. Una atención preferente por los espacios urbanos

En la actualidad se promueven inversiones en el sector verde que van desde el 10% hasta el 40% a nivel mundial. Por su parte, China hace una inversión del 40%, Corea del Sur 32% y Francia 18%. Dentro de las estrategias importantes se destaca la inversión de Corea del Sur que incluye acciones específicas que abordan directamente las zonas urbanas, así como disposiciones vinculantes a nivel nacional para que los gobiernos desarrollen sus propias acciones políticas de *crecimiento verde* en sus planes quinquenales (Kamal-Chaoui, 2011).

Las ciudades constituyen un ámbito privilegiado para la aplicación del *crecimiento verde* por diversos motivos. En primer lugar, destaca su alto impacto ambiental y, a la vez, su vulnerabilidad ante las amenazas del cambio climático. Por otra parte, la forma y la densidad urbana resulta determinante en el consumo energético y especialmente en el transporte. Además, las ciudades proporcionan mercados a gran escala para las innovaciones verdes, tanto en servicios como en infraestructuras. En los últimos años la relación entre el *crecimiento verde* y el desarrollo urbano ha quedado recogida en varias publicaciones que se han mencionado en esta tesis (OECD, 2011).

El crecimiento verde en las ciudades 2013 (OECD, 2013a) es un informe en el cual se identifican diferentes políticas verdes adoptadas por diferentes países miembros de la OCDE para minimizar los impactos potenciales ambientales en zonas urbanas. Algunos casos interesantes de *crecimiento verde* surgen en China, Corea del Sur, Francia, España y América.

El caso concreto de China es tratado en la publicación *La urbanización y el crecimiento verde en China* (OECD, 2013b), estudio que expone diferentes metodologías de planificación urbana para organizar y sistematizar la creciente densidad poblacional, mercados de trabajo y accesibilidad a centros urbanos. Este documento sitúa por primera vez el tema del *crecimiento verde* dentro del nexo de la urbanización y propone la construcción de ecobarrios en terrenos abandonados o no aptos. Este es el caso actual de la construcción de Tianjin, una ecociudad ubicada al norte del país con una extensión de 30 kilómetros cuadrados con una capacidad aproximada de 35.000 habitantes. El proyecto introduce edificios inteligentes que consumen menos del 48% de energía y menor cantidad de agua, reduciendo los consumos en casi un 58%. Los principios de planificación de dicha ciudad inician con un plan maestro que propone estrategias de mezcla de usos de los suelos, transporte sostenible, y la creación de una red verde y azul (Singapore Government, 2017) (ver Figura 37).

Figura 37. Planos de la ecociudad Tianjin. Fuente: http://www.tianjinecocity.gov.sg/.

Además, la planificación de la red verde de Tianjin se encuentra sustentada por ecocélulas formadas por bloques de 400 metros de largo por 400 metros de ancho, para así llegar a la formación de ecodistritos (ver Figura 38).

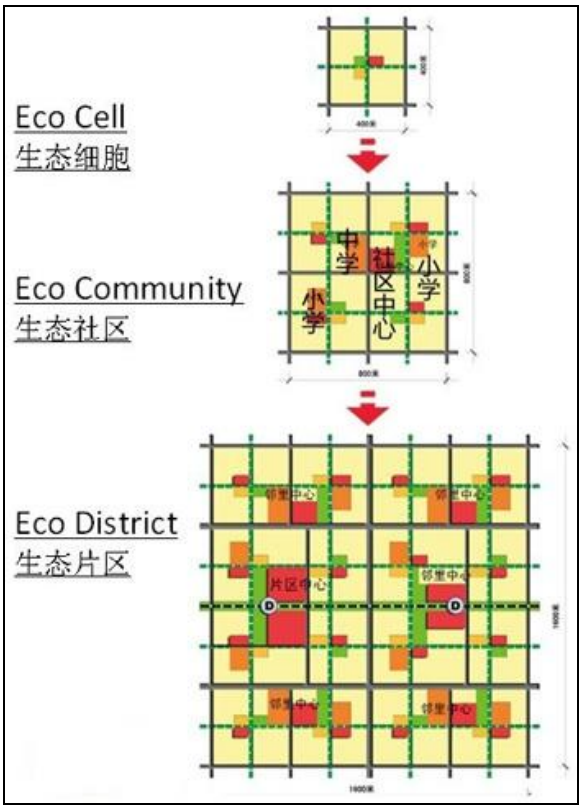


Figura 38. Ecodistritos en Tianjin. Fuente: http://www.tianjinecocity.gov.sg/.

En la misma línea del *crecimiento verde* se ubica Corea del Sur con la propuesta de una Nueva Política Verde. Una Comisión Presidencial sobre *crecimiento verde* con miras a facilitar su realización se creó en 2009 y en 2010 se promulgó una Ley Marco sobre el c*recimiento verde* bajo en carbono. La estrategia se dirige a: (1) iniciar nuevos motores de crecimiento ecológicos; (2) optimizar la calidad de vida de las personas; y (3) contribuir a los esfuerzos internacionales para combatir el cambio climático.

La Nueva Política Verde incluye planes a cinco años para proporcionar un programa de acciones gubernamentales que contienen asignaciones presupuestarias específicas y tareas detalladas para los ministerios y las entidades gubernamentales locales. De acuerdo con el plan, el gobierno gastó cerca del 2% del PIB anual en programas y proyectos de *crecimiento verde.* Algunas de las inversiones se encuentran situadas en Jeju, una isla en Corea del Sur ubicada a 64 kilómetros de Seúl. La ciudad de 600 hectáreas busca emitir solo un tercio de los gases de efecto invernadero de una ciudad

con un tamaño similar y convertirse en el núcleo comercial del noreste de Asia (OECD, 2013a; OCDE, 2011) (ver Figura 39).

Figura 39. Corea del Sur, un ejemplo de crecimiento verde. Fuente: OCDE (2011).

Continuando con las iniciativas de *crecimiento verde*, París-IDF es la principal región europea de investigación, desarrollo e innovación, pues cuenta con 17 universidades y más de 300 establecimientos de investigación que emplean a casi 90.000 investigadores. La región alberga al 18% de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME) innovadoras,

o casi 20.000 empresas, especialmente en los sectores de informática, arquitectura/diseño, equipamiento eléctrico, electrónica e ingeniería de máquinas (Kamal-Chaoui y Plouin, 2012). Como ejemplo de estas iniciativas surge el Observatorio de Ciudades Verdes en Francia, un programa liderado por empresas de paisaje y arquitectura que buscan ampliar los espacios naturales y zonas verdes. Un ejemplo de sus iniciativas es el muro vegetalizado instalado en la calle d'Abokur en París (ver Figura 40).

Figura 40. Oasis d'Aboukir. Fuente: https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/realisations/paris/loasis-daboukir-paris.

Asimismo, los planes futuros de Francia continúan en el marco del *crecimiento verde* con el proyecto "2050 Paris Smart City", que consta de 8 edificios principales con infraestructuras naturales y fuentes de energía sostenibles. Todos estos serán localizados en el corazón de la metrópolis densamente poblada. Las ocho piezas principales de este plan arquitectónico sostenible son: torres de montaña, torres anti-smog, torres de nido de bambú, torres de nido de abeja, entre otros. El proyecto Smart City propone la utilización de tecnologías innovadoras; por ejemplo, el exterior de la ciudad estará

constituido de “torres de manglar” compiladas a partir de celdas individuales, formando un recubrimiento electroquímico sensible a la luz para obtener el máximo uso de la luz solar y con suficiente energía para todo el edificio[27] (ver Figura 41).

Figura 41. Notre Dame de París. Fuente: https://www.archdaily.com/585254/vincent-callebaut-s-2050-parisian-vision-of-a-smart-city.

En la actualidad España hace notables progresos para mejorar el desempeño ambiental, puesto que genera un 20% menos de CO_2 por unidad de PIB que en el 2000, debido al porcentaje creciente de energías renovables en la generación de electricidad. Las subvenciones a la energía renovable han sido las segundas más elevadas de Europa, ascendiendo a 91.000 millones de euros en 2013. Esta ayuda incrementó considerablemente la proporción de energías renovables en el suministro energético y favoreció el desarrollo competitivo del sector de las energías renovables (OECD, 2016).

Entre los muchos ámbitos para la aplicación del *crecimiento verde* en las áreas urbanas, destacan los espacios de interés natural como superficies y cursos de agua, bosques urbanos, áreas de agricultura urbana, humedales u otros diversos hábitats naturales, todos ellos esenciales para el fomento de una calidad de vida satisfactoria, la prevención de la contaminación y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos (Hammer *et al*.,

[27] http://www.observatoirevillesvertes.fr/.

2011). Corresponde a las autoridades locales, como propietarias del suelo y/o responsables de su planeamiento, establecer políticas apropiadas, entre las que destacan las que se hacen a través de la regulación de los usos del suelo. En la Unión Europea existen diversos programas para apoyar a las autoridades locales en estas iniciativas mediante líneas extraordinarias de financiación. Una de ellas es *LIFE,* programa que desde 1992 ha cofinanciado alrededor de 2.750 proyectos por un total de 1,35 billones de euros (Puértolas, 2015). Un ejemplo es el proyecto *Zaragoza + Natural*, desarrollado desde 2013 y de próxima finalización. Algunos de sus objetivos son: dar naturaleza y protección jurídica a la *infraestructura verde* de la ciudad; mejorar su estado ecológico mediante intervenciones concretas y altamente demostrativas; integrar todos los espacios de interés en la *matriz verde* (espacios naturales de carácter forestal o estepario) y la *matriz azul* (espacios fluviales y humedales), mejorando su conectividad dentro del casco urbano y su conexión con los anillos verdes (senderos, vías pecuarias, caminos) y corredores ecológicos que rodean la ciudad. Se pretende también aumentar el grado de conocimiento de la población sobre los espacios naturales de Zaragoza y convertir estos espacios en un recurso turístico, para promover la economía verde y el turismo de calidad (ver Figura 42).

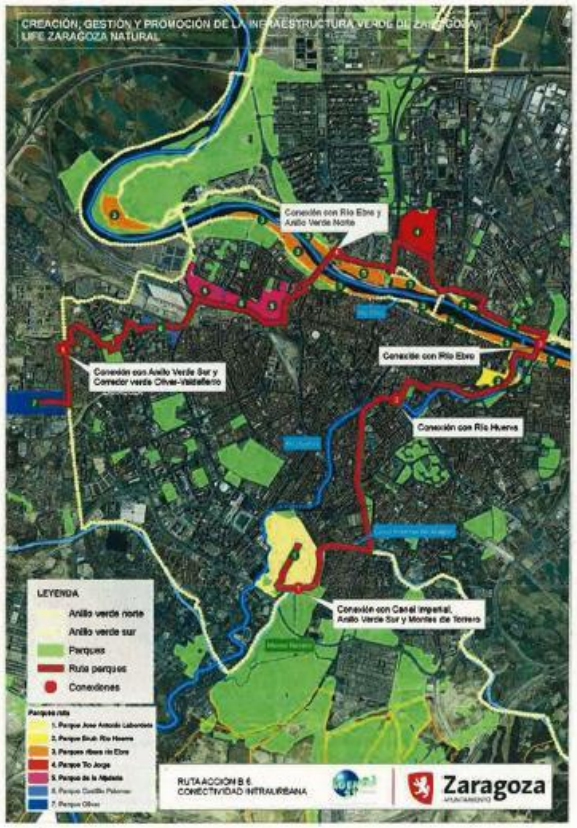


Figura 42.Infraestructura verde en Zaragoza. Fuente: www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/Zaragozanaturallifesenves.pdf.

Pasando al caso de Estados Unidos, la estrategia alianza Misión Verde de San Antonio (Texas) surge por iniciativa de algunos líderes empresariales, investigadores, educadores y en general la comunidad que se encuentra comprometida con la sostenibilidad y las tecnologías limpias. Esta misión contempla el desarrollo y uso de tecnologías limpias para una economía sostenible en dicha región, a través de la promoción, la educación y la divulgación. Asimismo, su visión se fundamenta en el crecimiento de la tecnología limpia, la transición de un sector empresarial y una comunidad que actúa con principios sostenibles, y sus principales iniciativas verdes se presentan en diversos eventos en temáticas que estudian el agua, la calidad del aire y el consumo energético (OCDE 2013a).

Queda patente la participación de San Antonio en el informe titulado *crecimiento verde* en ciudades de la OCDE (2013a). En dicho documento se destaca el desarrollo de energías limpias en construcciones de edificios de alto rendimiento, sistemas de transporte público, sistemas de energía fotovoltaica, programas de manejo y auditorías energéticas. En consecuencia, se llevaron a cabo ochenta capacitaciones para programas de nueva formación en áreas de auditorías energéticas, inspección de construcciones verdes, trabajos para la disminución de asbesto y plomo, entre otras (Institute for Sustainable Communities, 2010).

En la misma línea del *crecimiento verde*, surgen algunas iniciativas en México con la Ley General de Cambio Climático, que establece reducir las emisiones de gases efecto invernadero en un 50% para el año 2050 (OCDE, 2017). Algunas de sus estrategias integran la recuperación de espacios verdes. Como ejemplo de su gestión se identifica la construcción de la Vía Verde, que plantea la instalación de 6.000 m^2 de infraestructura verde en más de 10.000 columnas. La técnica consiste en la adecuación de jardines verticales que se encuentran articulados con sistemas prefabricados, estructuras de anillos metálicos, aislantes plásticos y textiles de hidroponía sobre los cuales se instalan las especies vegetales. Las columnas de concreto funcionan como soporte para la infraestructura verde y le dan rigidez a la vía, mientras que su sistema de mantenimiento tiene una estructura de captación pluvial de asfalto superior que distribuye el agua con un sistema de riego por goteo (Excélsior TV, 2017; Ortiz

Monasterio, 2016). En la Figura 43 se observa la Vía Verde y sus adecuaciones de infraestructura verde en las columnas del puente vehicular.

Figura 43. Vía Verde en Ciudad de México. Fuente: http://indianexpress.com/article/opinion/web-edits/mexicos-via-verde-shows-path-for-indian-cities-to-tackle-pollution-4467582/.

3.4 El *crecimiento verde* y los espacios urbanos de interés natural

Entre los muchos ámbitos para la aplicación del *crecimiento verde* en las áreas urbanas destacan los espacios de interés natural como superficies y cursos de agua, bosques urbanos, áreas de agricultura urbana, humedales u otros diversos hábitats naturales, todos ellos esenciales para el fomento de una calidad de vida satisfactoria, la prevención de la contaminación y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos (Hammer *et al.*, 2011). El deterioro de los recursos naturales es evidente en algunas investigaciones realizadas por la OCDE debido a la escasez de agua, ya que este factor podría afectar al 33% de la población mundial en el año 2025. Además, la insuficiencia alimentaria es evidente por la sobrepoblación, puesto que se pronostica la existencia de más de nueve mil millones de personas urbanas para el año 2050. Del mismo modo, el cambio climático se relaciona con la pérdida aproximada del 10% de la biodiversidad para el año 2030 (OCDE, 2008). La necesidad de reducir los impactos ambientales actuales en las áreas urbanas ofrece la oportunidad a los gobiernos de llevar a cabo políticas ambientales que puedan fomentar nuevas fuentes de crecimiento económico.

En ese sentido, la OCDE recomienda el desarrollo de políticas a escala local por la integración económica y ambiental que se presenta en los actuales planes de gobierno, de esta manera resulta más fácil abordar las problemáticas actuales en forma directa. Corresponde a las autoridades locales, como propietarias del suelo y/o responsables de su planeamiento, establecer políticas apropiadas, como aquellas que se hacen a través de la regulación de los usos del suelo.

El análisis de los espacios naturales urbanos desde el punto de vista del *crecimiento verde* deja patente que las ciudades dependen en gran medida de los recursos naturales, como el agua, los espacios abiertos, la biodiversidad local, la silvicultura y agricultura urbana para mantener la vida y la actividad económica, y proporcionar otras funciones de servicios ecosistémicos. Sin embargo, los recursos naturales están sujetos al desarrollo de actividades de saneamiento básico y a menudo se les da una prioridad más baja para la inversión pública. Las autoridades locales deben garantizar un suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales, parques y hábitats naturales, que son esenciales para fomentar una calidad de vida satisfactoria, prevenir la contaminación y mantener los servicios ecosistémicos (Hammer *et al.*, 2011).

3.5 Políticas urbanas que contribuyen al *crecimiento verde*: instrumentos y efectos

Las políticas destinadas a contribuir al c*recimiento verde* se encuentran enfocadas en la mejora del crecimiento económico y esto requiere entender sus dinámicas para influir de manera positiva en el crecimiento regional y ambiental. La Figura 44 permite comprobar que los tipos de políticas que aplican los principios del *crecimiento verde* son relativamente convencionales o genéricas (regulación, gasto público, financiación e información). Tales políticas se centran en el capital humano, las infraestructuras y la innovación. Lo que resulta más destacable de la Figura es que hace explícitos los indicadores para evaluar la eficiencia del *crecimiento verde*. Tales indicadores son un aumento en los empleos, una mayor demanda local de productos y servicios verdes y, en definitiva, un mayor atractivo urbano. Estos tres indicadores son los que se incorporan en la propuesta metodológica que se propone en el presente trabajo para el análisis y diagnóstico de los humedales de Bogotá.

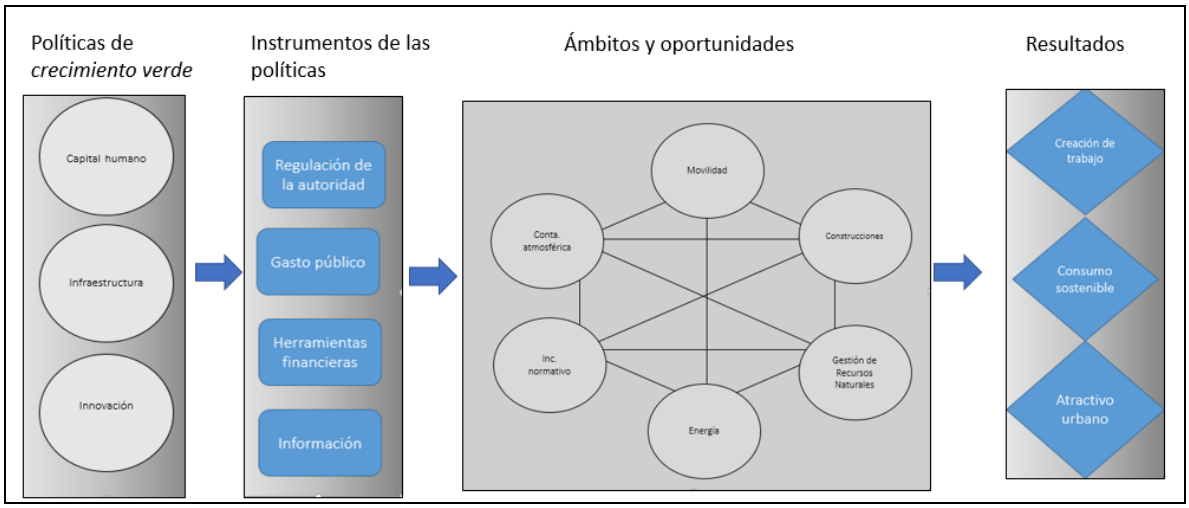


Figura 44. Modelo de secuencia del crecimiento verde. Fuente: Hammer *et al*. pág.37 (2011).

Mejorar las habilidades de la mano de obra local es uno de los grandes retos que deben asumir los sectores industrial y educativo, porque el cambio de paradigma implica la planeación de los nuevos empleos teniendo en cuenta las demandas del mercado. En términos generales, las instituciones educativas deben reformular sus planes de estudio para generar profesionales, tecnólogos y técnicos competentes para trascender hacia un *crecimiento verde.* Además, el sector empresarial debe adoptar medidas para capacitar a sus empleados, de modo que estos sean capaces de asumir las nuevas actividades que demandan los retos del calentamiento global. Así, el surgimiento de nuevos sectores verdes debe ser una estrategia para mitigar los impactos ambientales.

4 LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y SU APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE LOS HUMEDALES URBANOS

Este capítulo se desarrolla a partir de tres temas principales. En el primero se define la dinámica de sistemas y sus elementos; en el segundo se aborda la definición de los humedales; y en el tercero se muestran algunos ejemplos de modelización a partir del análisis de algunos casos en zonas protegidas y humedales, como insumo para la construcción del modelo de simulación propuesto.

4.1 Dinámica de sistemas. Definición y elementos

La determinación de los componentes en el ámbito de la dinámica de sistemas vincula los indicadores y los categoriza como variables, que interactúan entre sí para estudiar los problemas de la sociedad urbana y el deterioro del medio natural. Las primeras variables que se han identificado son las de ***nivel***, las cuales almacenan gran cantidad de datos, abstrayendo ecuaciones diferenciales para determinar las tendencias de las variables en un lapso. Este hecho permite hacer una predicción futura de la evolución. Las variables se representan por medio en una caja, que se ilustra en la Figura 45.

Seguidamente, las variables de ***flujo*** simbolizan los cambios de las variables de nivel durante un periodo de tiempo y que se encuentran intervenidas por componentes temporales, como: personas/año, personas/hectáreas y hectáreas/año, entre otros (Forrester, 1969; García, 2017). Su representación gráfica se ilustra en la Figura 45 con una flecha, que tiene un regulador de entradas y salidas. Las variables ***auxiliares*** son pasos intermedios, (tasas de cambio demográfico, urbano, entre otros) que son alimentados por bases estadísticas para determinar secuencias temporales (Aracil, 1995). La construcción del diagrama de flujos reúne tres elementos, que en conjunto relacionan variables de diferentes características (Goñi y García, 2006).

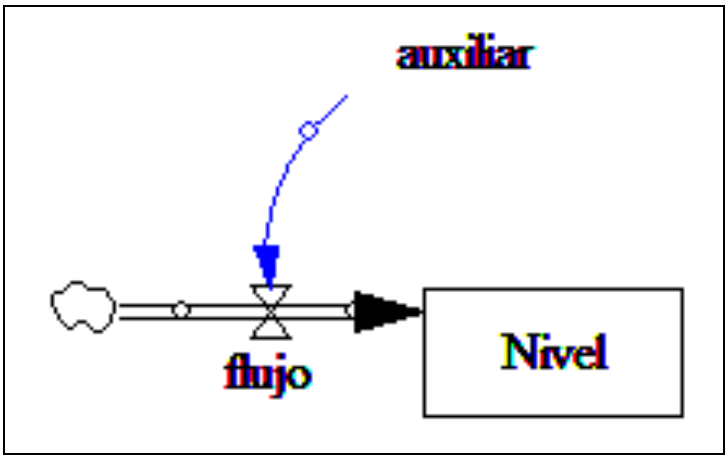


Figura 45. Elementos del diagrama de flujos. Fuente: elaboración propia a partir de García (2017).

Los diagramas causales son instrumentos utilizados en la dinámica de sistemas para hacer las primeras aproximaciones hacia el futuro del modelo. Dichos diagramas sirven especialmente para la detección de las ***interacciones*** positivas y negativas de las variables de nivel (Goñi y García, 2006). Las relaciones se rigen por bucles de realimentación que representan procesos dinámicos y son trasladados por una cadena de causas y efectos a través de un conjunto de variables, que acaban volviendo a la causa original.

Los bucles de realimentación son grupos de variables interconectadas por relaciones causales que forman un sistema cerrado. Cada bucle de realimentación tiene una coherencia semántica que describe un suceso sobre la base de relaciones de causa y efecto. Los bucles se encuentran clasificados en dos tipos: *bucles de realimentación positiva*, que se propagan de manera continua y acentúan su variación inicial. Esa variación puede ser tanto un incremento o una disminución de un valor determinado. Este tipo de tendencia genera una desestabilización de los sistemas en forma exponencial formando un círculo virtuoso. En cambio, *los bucles de realimentación negativa* actúan como elementos estabilizadores del sistema cuando se encuentran orientados hacia un objetivo determinado; estos bucles surgen cuando el número de relaciones es impar. De este modo, los bucles negativos llevan al modelo hacia una situación estable (García, 2012; Morlán, 2010). Por tanto, el diagrama causal en un modelo de dinámica urbana y su impacto en humedales identifica que su principal interacción es un bucle positivo, en tanto el número de relaciones negativas es par. Esto significa que mientras la población del área ocupada en el área urbana es ascendente,

menor será el área de los humedales y, como es lógico, existe un desequilibrio en el sistema (ver Figura 46).

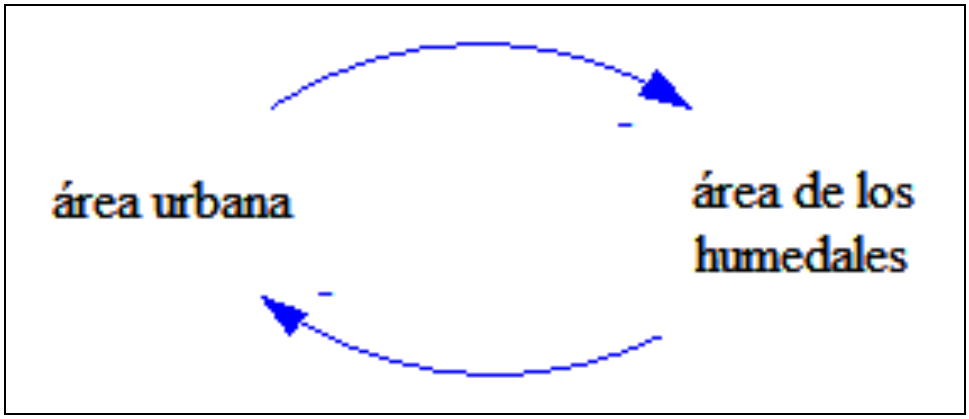


Figura 46. Diagrama causal de un modelo de áreas urbanas y humedales. Fuente: elaboración propia a partir de García (2017).

4.2 Ejemplos de modelización en zonas protegidas y humedales

El modelado se ha utilizado como una herramienta importante para el diseño y la gestión de los humedales (Konyha, Shaw y Weiler, 1995). La modelización de la dinámica urbana se puede generalizar utilizando modelos preexistentes, como los usados por Ma *et al*. (2012) en el modelo de simulación en la ciudad de Tianjin (China). Otros ejemplos son dados por los modelos de gestión territorial en zonas de protección en Quevedo (Ecuador), la simulación del crecimiento urbano de la ciudad de La Paz (Bolivia) y los efectos de la agricultura intensiva en el colapso de la población Maya (Estrada,2014; Arquipino, 2012;Garcia, 2012).

El modelo dinámico de Tianjin (China) fue desarrollado para la construcción de escenarios y la realización de experimentos de políticas para el manejo de humedales. La investigación establece un diagrama de flujo para identificar diferentes asociaciones en cada una de las partes, que hacen referencia al manejo de los humedales. La dinámica del modelo está determinada por los ciclos de retroalimentación del diagrama que se encuentran relacionadas con flechas e indican la influencia de los diferentes elementos. Además, la simulación precisa cinco subsistemas: población, económico, ecológico-ambiental, estructura social y ciencia-tecnología. Las relaciones causas-efectos entre los cinco subsistemas se visualizan en la Figura 47. Así pues, los principales resultados comparan siete escenarios que giran en torno al control del área

urbana. No obstante, el autor concluye que dichas políticas deben incluir programas sociales y gestión sostenible para garantizar el futuro de los humedales (Ma *et al.*, 2012).

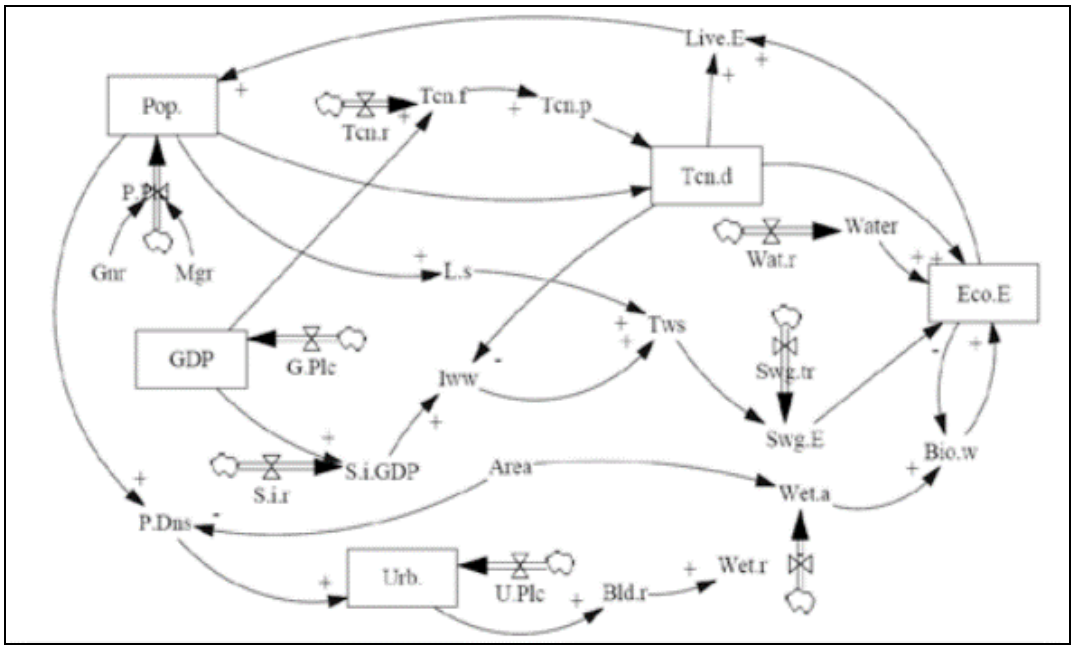


Figura 47. Diagrama de flujo de la dinámica de sistemas en la gestión de humedales de ciudad Tianjin (China). Fuente: Ma *et al.* (2012).

Nota: Bio.w-Productividad de los humedales, Bld.r-Ratio del área de construcción urbana, Eco.E-ecológico y ambiental, G. Plc-política económica, Gnr-neta de natalidad, ambiente habitable, Mgr- tasa neta de inmigración, P. Dns-densidad poblacional, P. Plc-tasa de crecimiento poblacional, pop-población total, SiGDP-valor de producción secundaria de la industria, Sir-proporción de la industria secundaria, Swg.E-descarga de aguas servidas, Swg.tr- tasa de tratamiento de aguas residuales, Tcn.d- nivel de desarrollo tecnológico, Tcn.f- fondos de ciencia y tecnología para humedales, Tcn.p-número de investigadores de ciencia y tecnología para humedales, Tcn.r- índice de inversión de investigación científica y tecnológica para humedales, U. Plc-tasa de urbanización, Urb-nivel de urbanización, Wet.r-tasa de cambio de los recursos hídricos, recursos hídricos, humedal húmedo-húmedo, húmedo-proporción del área de humedal. Iww-aguas residuales industriales, L.s- descarga de aguas residuales domésticas.

Por otro lado, Estrada (2014) propone un modelo de gestión territorial en las zonas de protección de Quevedo en Ecuador. El estudio introduce el sistema socio ecológico y sus condiciones estructurantes en el territorio, y su punto de partida son los registros de la Secretaría de Planeación del Estado para articular en el territorio políticas de planificación y presupuesto municipal. El modelo propone cuatro factores que fueron sistematizados con el *software Vensim.* En la Figura 48 se ilustran los subsistemas socioeconómico, social, natural, institucional y natural, los cuales interactúan con las Zonas de Gestión Territorial (ZGT) por medio de variables de nivel, flujo, y auxiliares. Además, muchas de sus variables tienen una representación cartográfica que ayuda a

identificar zonas de conservación y protección de bosques, áreas de manejo forestal, zonas de conservación de bosques de manglar y sitios Ramsar, entre otros.

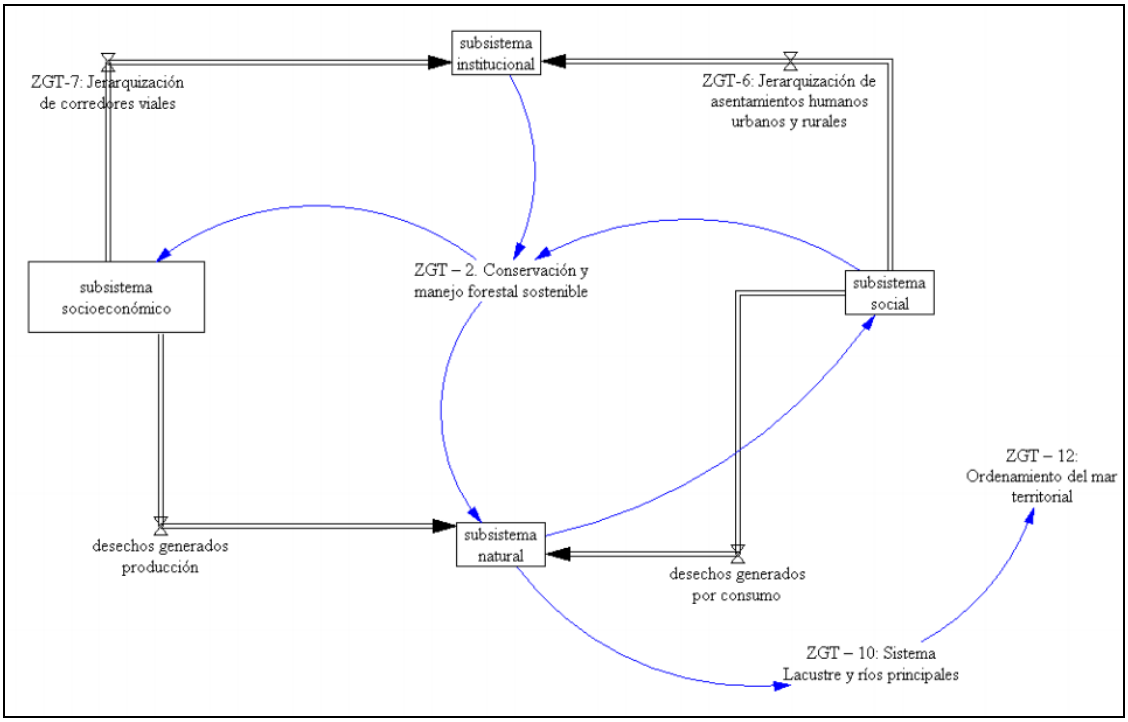


Figura 48. Modelo de gestión territorial en la ciudad de Quevedo (Ecuador). Fuente: Estrada (2014).

En la misma línea, Arquipino (2012), propone un modelo de simulación de crecimiento urbano para la ciudad de La Paz en Bolivia, el cual se encuentra conformado por seis subsistemas: población, suelo residencial, hogares, número de viviendas, área verde urbana y renta per cápita. Las variables se encuentran relacionadas estratégicamente por flechas que determinan las relaciones. La población es un subsistema del cual surgen las relaciones principales, puesto que esta incide con el aumento de viviendas, que a su vez se relaciona con los ingresos per cápita. Además, el incremento de la población incide también en la expansión del suelo urbano y la ocupación de las zonas verdes y de los nuevos hogares. Estas y otras interrelaciones se observan en la Figura 49. Este modelo se obtiene a partir del *software Stella,* herramienta que utiliza una interfaz similar a *Vensim* por el tipo de símbolos que utiliza en cada una de las variables. La simulación deja patente su vinculación con variables urbanas que miden su crecimiento en la ciudad de La Paz desde el año 2001 hasta el 2041.

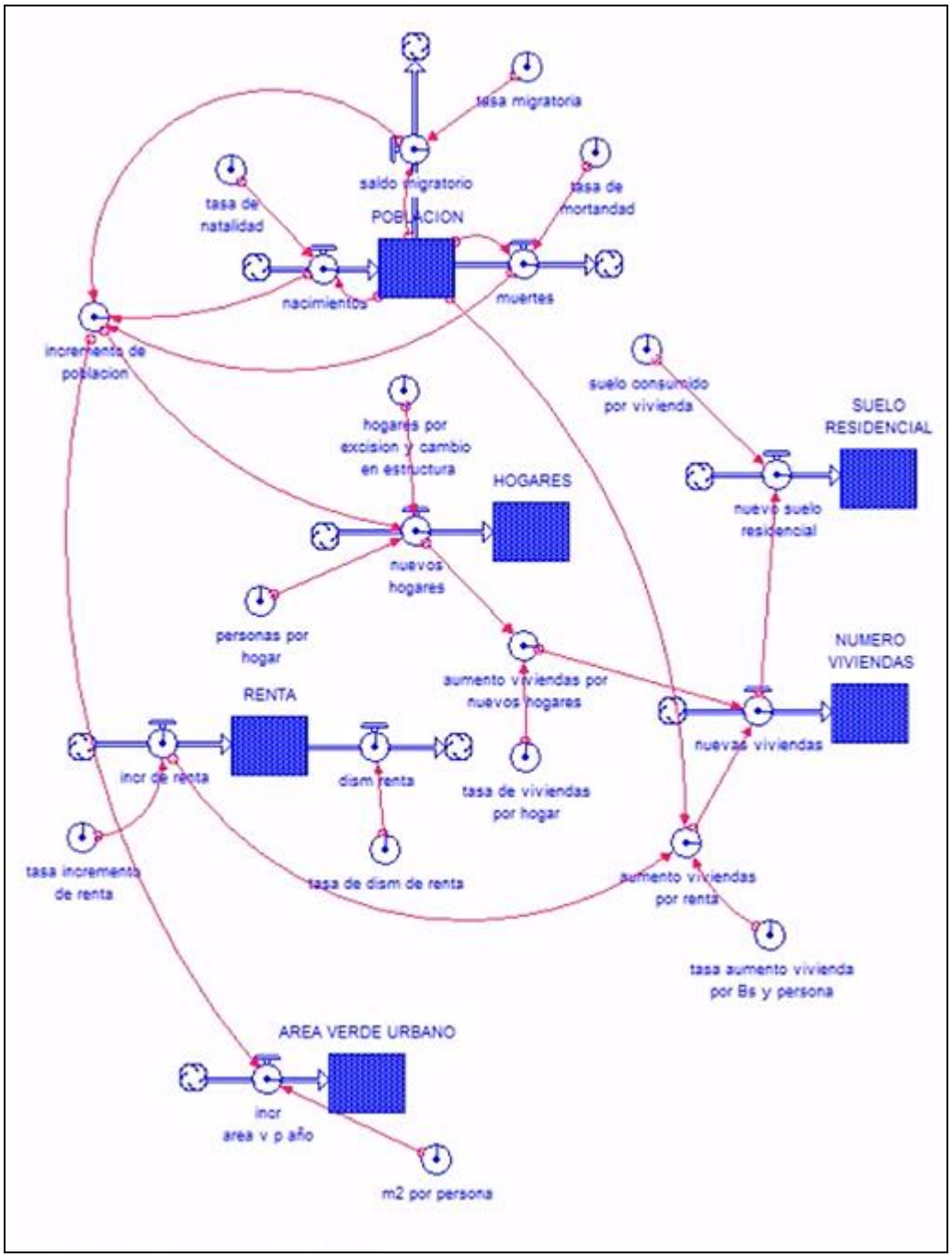


Figura 49. Modelo de simulación del crecimiento urbano de ciudad la Paz. Fuente: Arquipino (2012).

Finalmente, es necesario mencionar el modelo propuesto por García (2012), ya que analiza los efectos de la agricultura extensiva y su impacto en la caída de la civilización Maya. El estudio muestra la presión de la población sobre el medio ambiente y que surge por efectos del crecimiento exponencial de los habitantes, que incide en la expansión de la agricultura. Así pues, la población aumentó los cultivos agrícolas y en efecto se incrementó el contenido de fosfatos que contaminaron los principales lagos al norte de Guatemala, razón por la cual se dio el colapso de los Mayas

(Schmeck, 1979). Así pues, desde la dinámica de sistemas (García, 2012) se integran diversos factores que analizan desde la población y la productividad del suelo agrícola hasta la superficie selvática y agrícola. El autor trabaja con diferentes ecuaciones para determinar áreas deforestadas y erosión, entre otros factores, y sus técnicas dejan patente la propuesta de políticas de control de la población que en retrospectiva habrían podido evitar el agotamiento de los recursos naturales y el exterminio de los Mayas (ver Figura 50). Algunas de las ecuaciones de este modelo fueron empleadas en el área de estudio de esta investigación y se describen en el capítulo cinco.

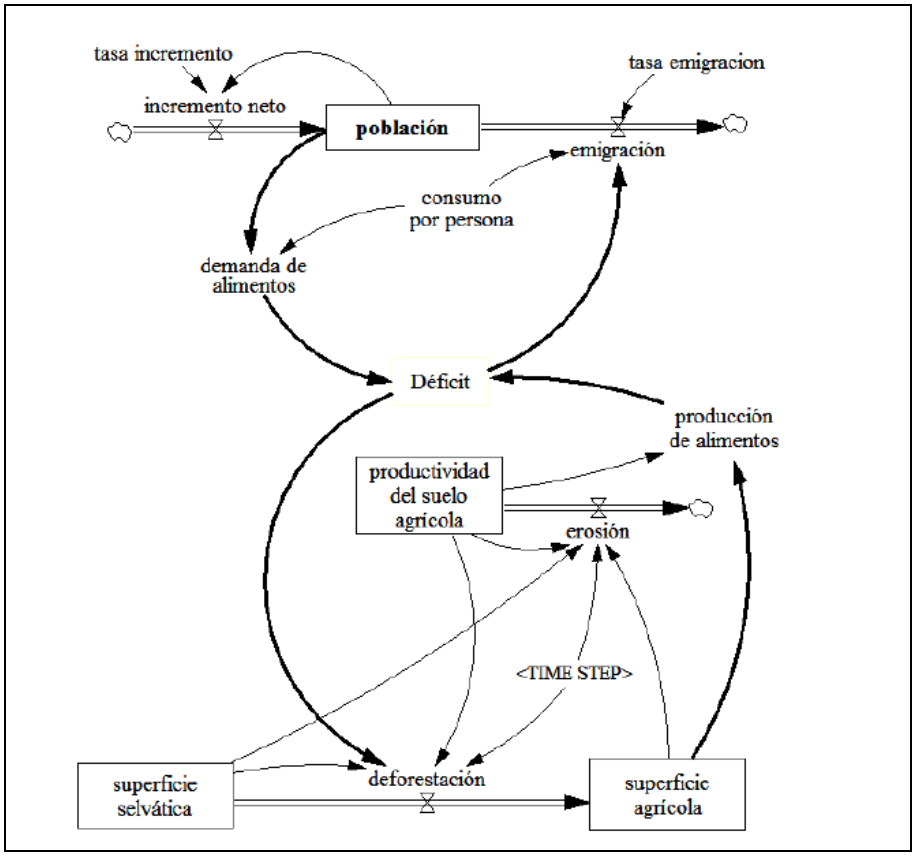


Figura 50. Modelo de simulación de los efectos de la agricultura extensiva en la cultura Maya. Fuente: García (2012).

5. ANÁLISIS Y MODELIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA DINÁMICA URBANA EN LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ

En este capítulo se analiza el impacto de la dinámica urbana en los humedales de Bogotá en los últimos diez años a partir de la modelación de cinco componentes que analizan aspectos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales para impulsar un *crecimiento verde*. Las fuentes de información son varias instituciones gubernamentales dedicadas a la planeación y gestión ambiental de la ciudad de Bogotá.

5.1 Los humedales objeto de estudio, caracterización y localización

El área de estudio seleccionada para realizar esta investigación está conformada por doce humedales en Bogotá que tienen una extensión de 674 hectáreas, lo que supone el 93% del total de la extensión de la red de humedales (727,06 hectáreas) Las características de los humedales en cuanto a flora y fauna son decisivas para para el desarrollo de muchas especies, que se encuentra en peligro de extinción como es el caso algunas aves: pato de pico azul (*Oxyura jamaicensis)*, la Tingua de pico amarillo (*Fulica americana*), Tingua de pico rojo (*Gallinula galeata*), la Tingua de pico azul (*Porphirio martinica*) Garza ganadera (*Bubulcus ibis*) (DAMA, 2000).

Además, la ubicación estratégica de dichos ecosistemas al norte de la cordillera de los Andes; son un espacio importante para la llegada de aves migratorias. Es el caso de la Garza castaña, los cardenales y los patos canadienses, que migran desde Norte américa durante el invierno para su reproducción. En ese sentido de las 188 especies de aves registradas en los humedales de Bogotá el 35% son especies migratorias (Chaparro y Ochoa, 2015). En la Figura 51 se detalla su ubicación en seis localidades del borde occidental de la ciudad a una altura promedio de 2.640 msnm. Los límites geográficos de los humedales objeto de estudio son: al norte los municipios de Chía y Cota, al occidente los municipios de Funza y Mosquera, al oriente los municipios de La Calera, Choachí y los cerros orientales, y al sur el municipio de Soacha. La elección del área de estudio corresponde a la importancia de estos humedales como ecosistemas estratégicos y las implicaciones de la pérdida de su superficie debido al crecimiento explosivo de la dinámica urbana actual de la ciudad de Bogotá.

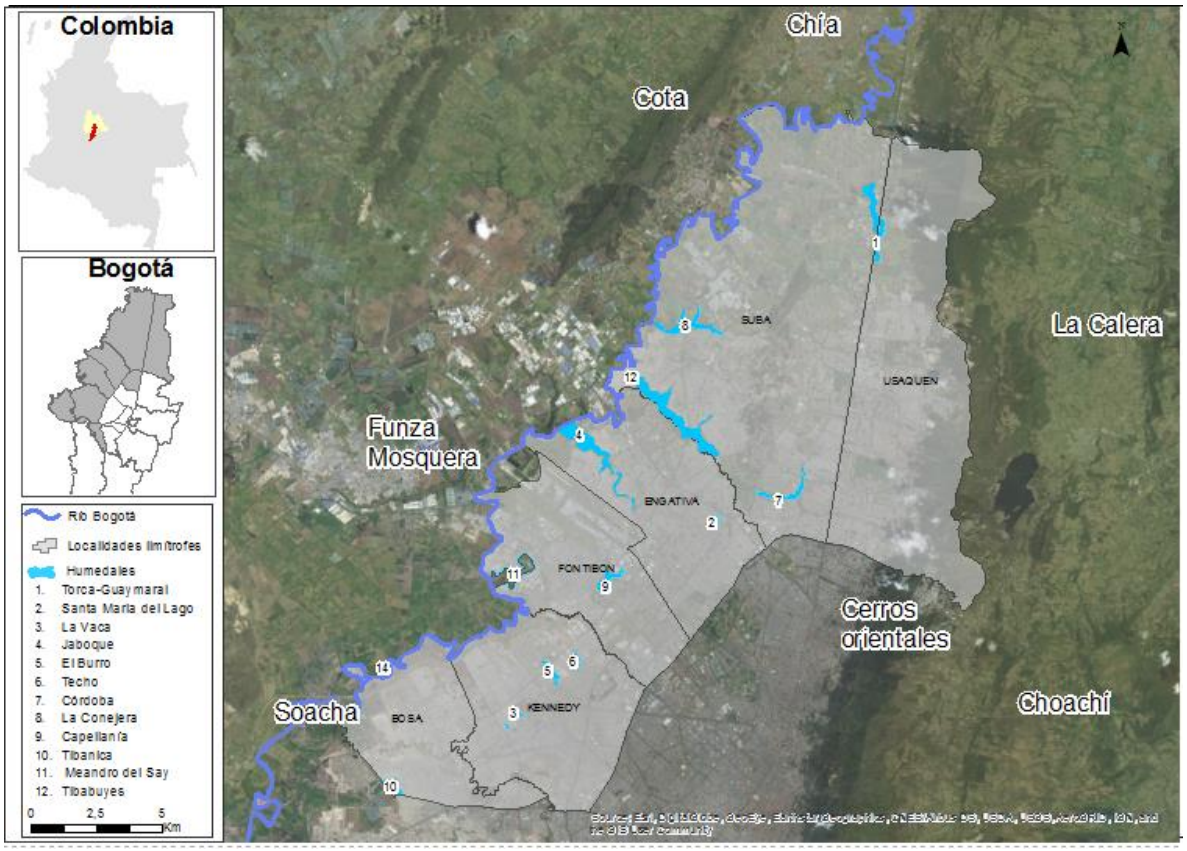


Figura 51. Localización general de los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

La distribución de los humedales se emplaza desde el norte hasta el sur por el costado occidental de la ciudad. El humedal Torca-Guaymaral está localizado en el extremo norte en las localidades de Usaquén y Suba, tiene una extensión de 49 hectáreas y se encuentra a 4°48’ 21,38” latitud norte y 74°02’ 29,47” longitud oeste. Hacia el norte limita con el barrio Encenillal y la urbanización Parque Comercial Bima, al oriente con el Club Deportivo Millonarios y los barrios Lucerna y Mazda, al occidente con la vereda Casablanca Suba, y al sur con el colegio San Viator y el Cementerio Jardines de Paz (Universidad Nacional de Colombia y EAAB, 2012) (ver Figura 52).

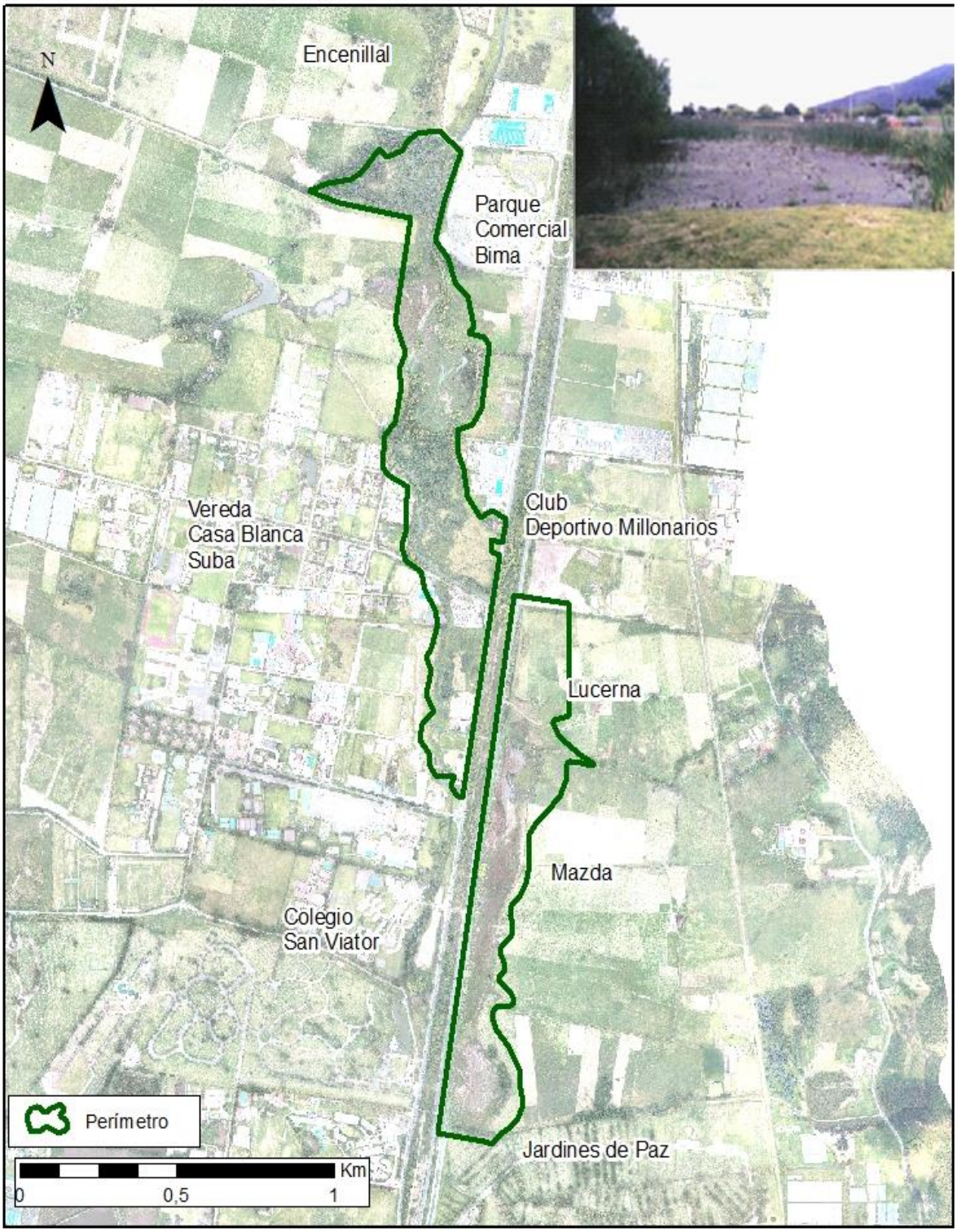


Figura 52. Ubicación general del humedal Torca-Guaymaral. Fuente: elaboración propia.

El humedal La Conejera se emplaza en la localidad de Suba y tiene una extensión de 58,84 hectáreas. Limita al norte con la hacienda Las Mercedes y el Seminario Luis Amigó, al oriente con la clínica Corpas, al occidente con el río Bogotá, al sur-oriente con el barrio Monarca, y al sur con la hacienda Fontanar del Río y las urbanizaciones Hato, Compartir, Los Arrayanes y Londres (Fundación Humedal La Conejera y EAAB, 2003) (ver Figura 53).

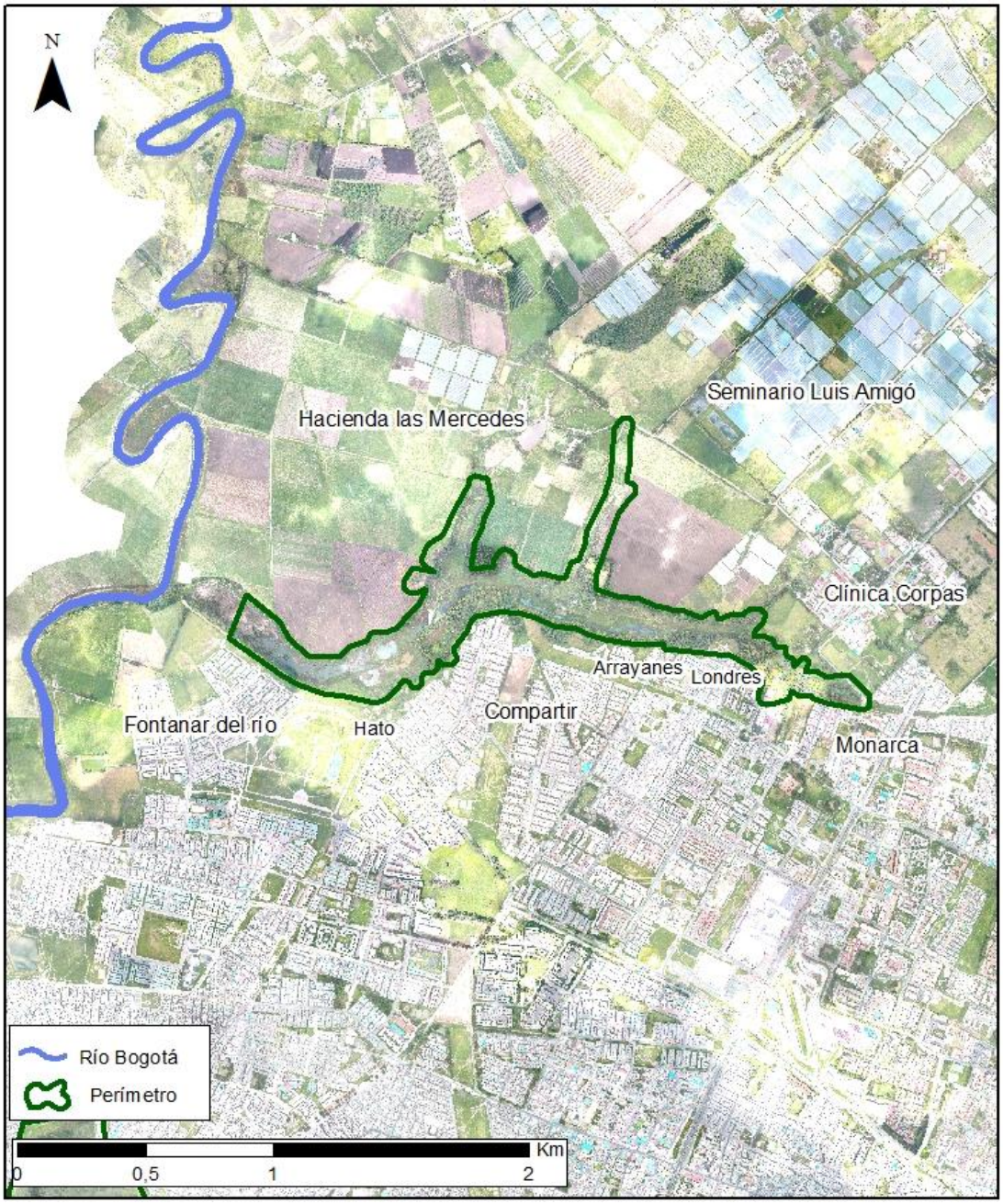


Figura 53. Ubicación general humedal La Conejera. Fuente: elaboración propia.

El humedal Tibabuyes o también llamado Juan Amarillo se emplaza en la localidad de Suba y tiene una extensión de 222,54 hectáreas. Limita al norte con la urbanización Lisboa y el río Bogotá, al oriente con las urbanizaciones La Gaitana, Nueva Tibabuyes y San Cayetano, al occidente con la Planta de Tratamiento de Agua Residual El Salitre, las urbanizaciones Ciudadela Colsubsidio y Bochica Compartir, y al sur con el Club Los Lagartos (Conservación Internacional Colombia y EAAB, 2010) (ver Figura 54).

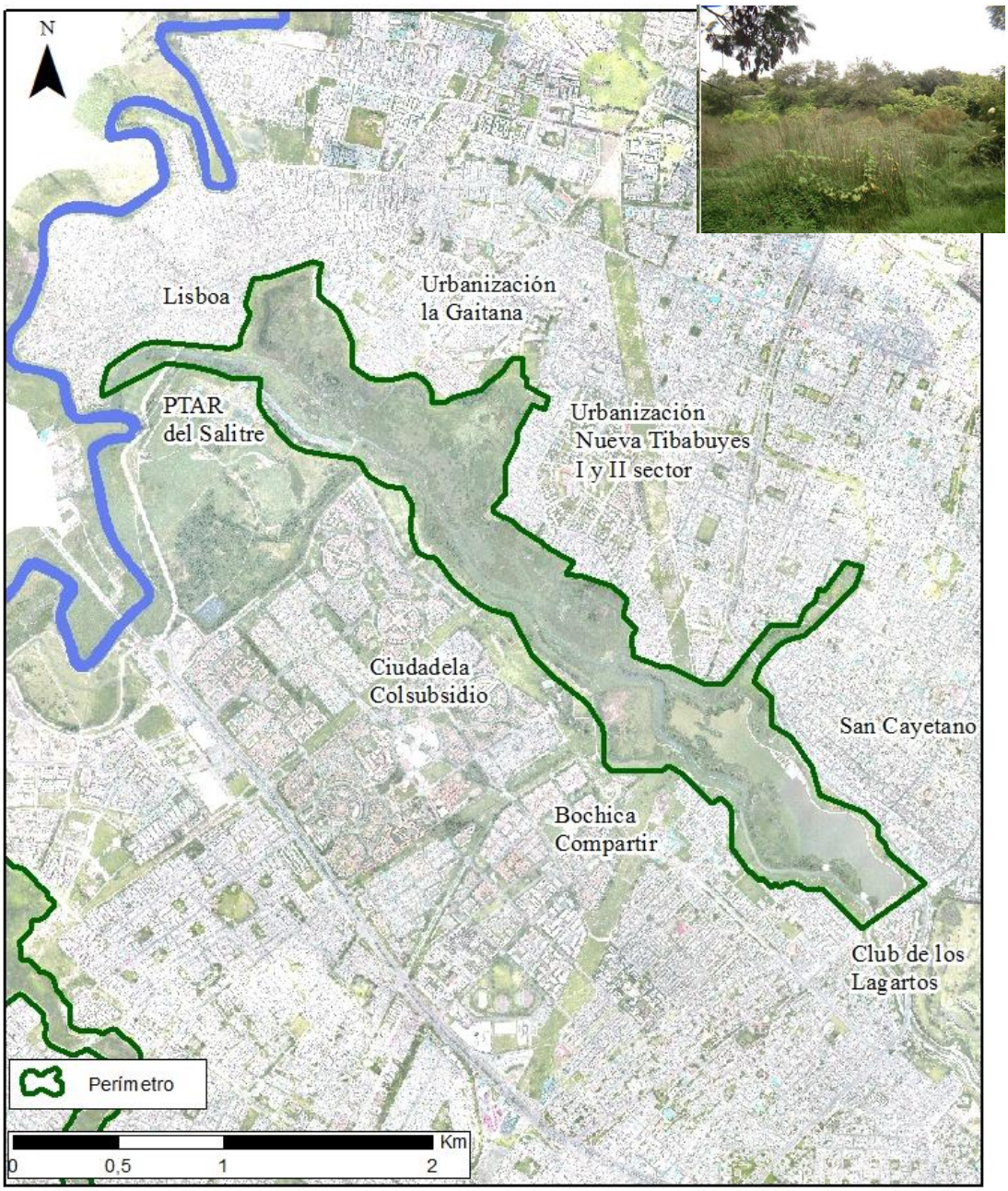


Figura 54. Ubicación general del humedal Tibabuyes. Fuente: elaboración propia.

El humedal Jaboque se emplaza en las localidades de Suba y Engativá y tiene una extensión de 151,90 hectáreas. Limita al norte con los municipios de Cota y Funza, al oriente con la Hacienda Altamira y el barrio Los Cerezos, al occidente con el río Bogotá y el barrio Marantá, y al sur con los barrios Las Mercedes y Tierra Grata (Suárez, 2009) (ver Figura 55).

Figura 55. Ubicación general del humedal Jaboque. Fuente: elaboración propia.

El humedal Santa María del Lago se emplaza en la localidad de Engativá y tiene una extensión de 10,86 hectáreas. Limita al norte con el barrio Recinto de San Francisco, al oriente con el barrio La Montaña, al occidente con los barrios La Granja el Carmen y San José de la Granjas, y al sur-oriente con la urbanización Santa María del Lago (Suárez, 2009) (ver Figura 56).

Figura 56. Ubicación general del humedal Santa María del Lago. Fuente: elaboración propia.

El humedal Meandro del Say se emplaza en la localidad de Fontibón y tiene una extensión de 26,20 hectáreas. Limita al norte con el barrio El Chango, al oriente con el barrio Santiago, al occidente con el río Bogotá, y al sur con la zona franca de la ciudad de Bogotá (Suárez, 2009) (ver Figura 57).

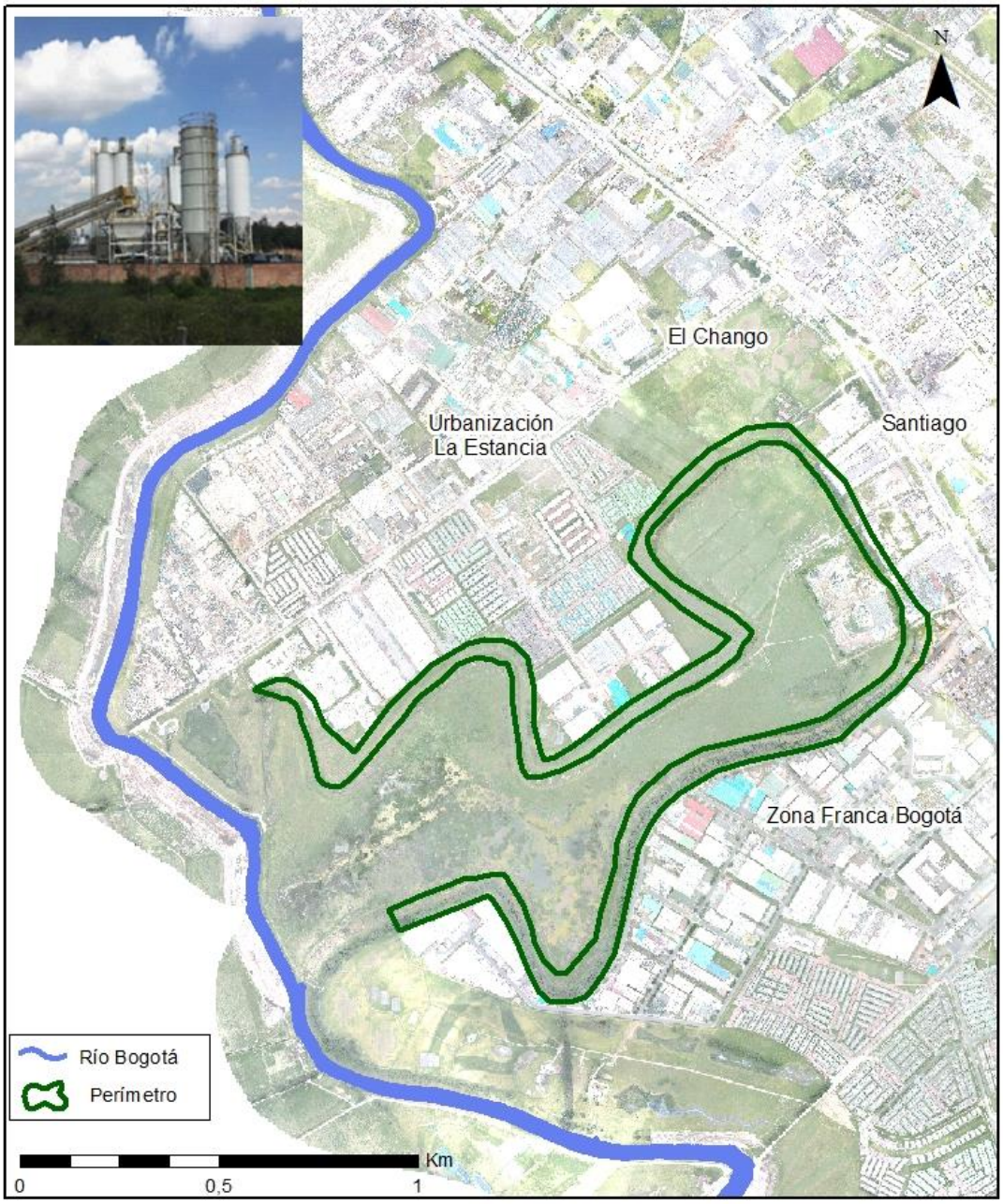


Figura 57. Ubicación general del Meandro del Say. Fuente: elaboración propia.

El humedal Capellanía se emplaza en la localidad de Fontibón y tiene una extensión de 27,03 hectáreas. Limita al norte con la urbanización de La Cofradía, al occidente con la urbanización Rincón Santo, al oriente con las urbanizaciones Santa Teresa y Villa del Mar, y al sur-oriente con la urbanización El Porvenir (Suárez, 2009) (ver Figura 58).

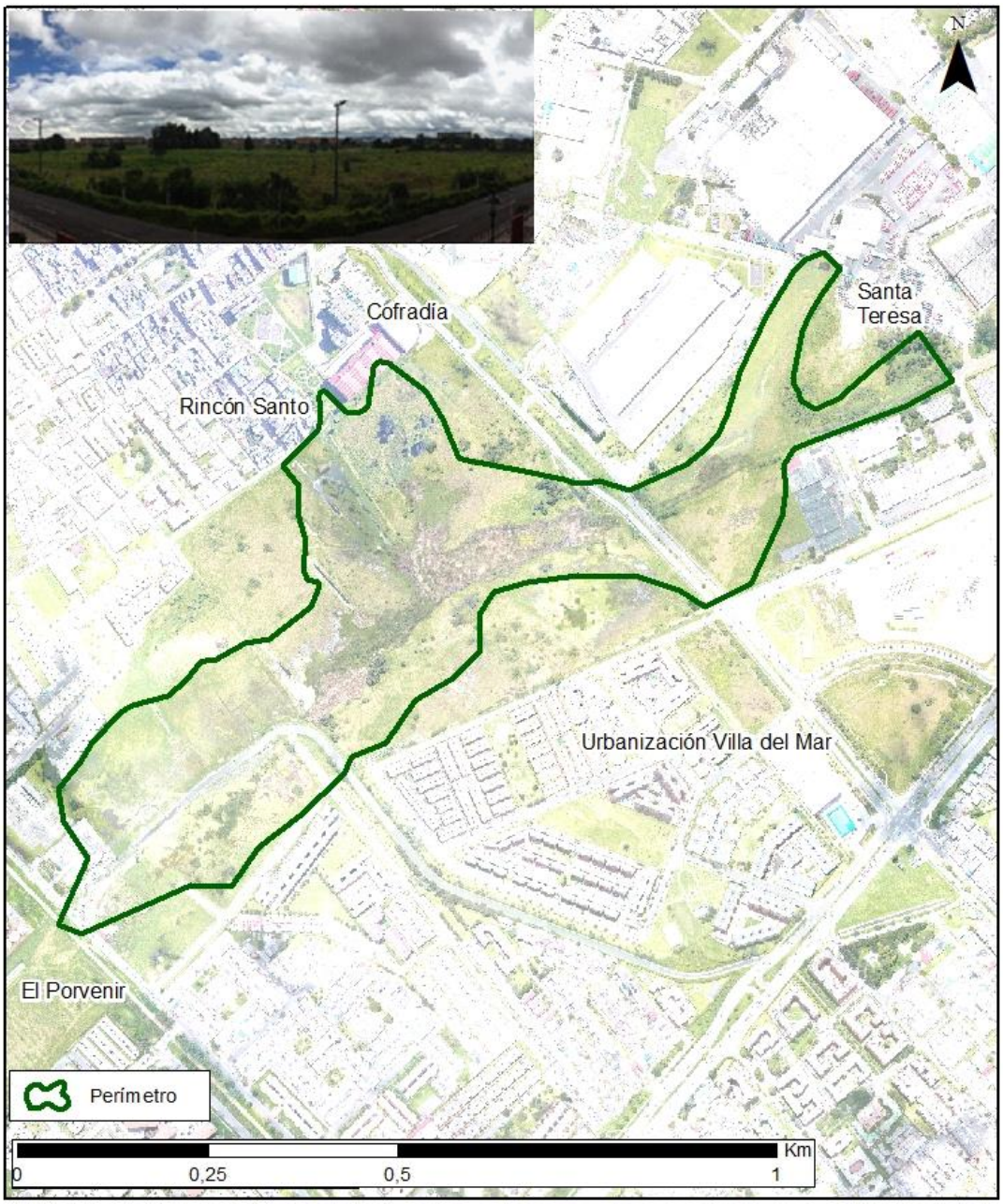


Figura 58. Ubicación general del humedal Capellanía. Fuente: elaboración propia.

El humedal La Vaca se emplaza en la localidad de Kennedy, tiene una extensión de 7,96 hectáreas y se encuentra dividido por el barrio El Amparo. En su parte norte limita con la urbanización Pinar del Río II sector, al oriente con la plaza de mercado Corabastos, al occidente con el barrio El Amparo, y al sur con la urbanización Amparo Cañizares. El relicto del humedal que se ubica hacia el sur limita al norte con la urbanización Villa de La Torre, al sur con la urbanización Los Alisos III sector, al oriente con la urbanización Villa Emilia Amparo II sector, y al occidente con las urbanizaciones Nelly y La María (Suárez, 2009) (ver Figura 59).

Figura 59. Ubicación general del humedal La Vaca. Fuente: elaboración propia.

El humedal Techo se emplaza en la localidad de Bosa y tiene una extensión de 11,66 hectáreas. Limita al norte con el barrio Ciudad Don Bosco, al oriente con el barrio La Montaña, al occidente con la urbanización San Juan de Castilla y al sur con la urbanización Ciudad Urbisa I y II sector Castilla Real (Suárez, 2009) (ver Figura 60).

Figura 60. Ubicación general humedal de Techo. Fuente: elaboración propia.

El humedal Tibanica se emplaza en la localidad de Bosa y tiene una extensión de 28,94 hectáreas. Limita al norte con el barrio Primavera, al oriente con el predio Barlovento, al occidente con la urbanización Ciudad Verde y al sur con el municipio de Soacha (Suárez, 2009) (ver Figura 61).

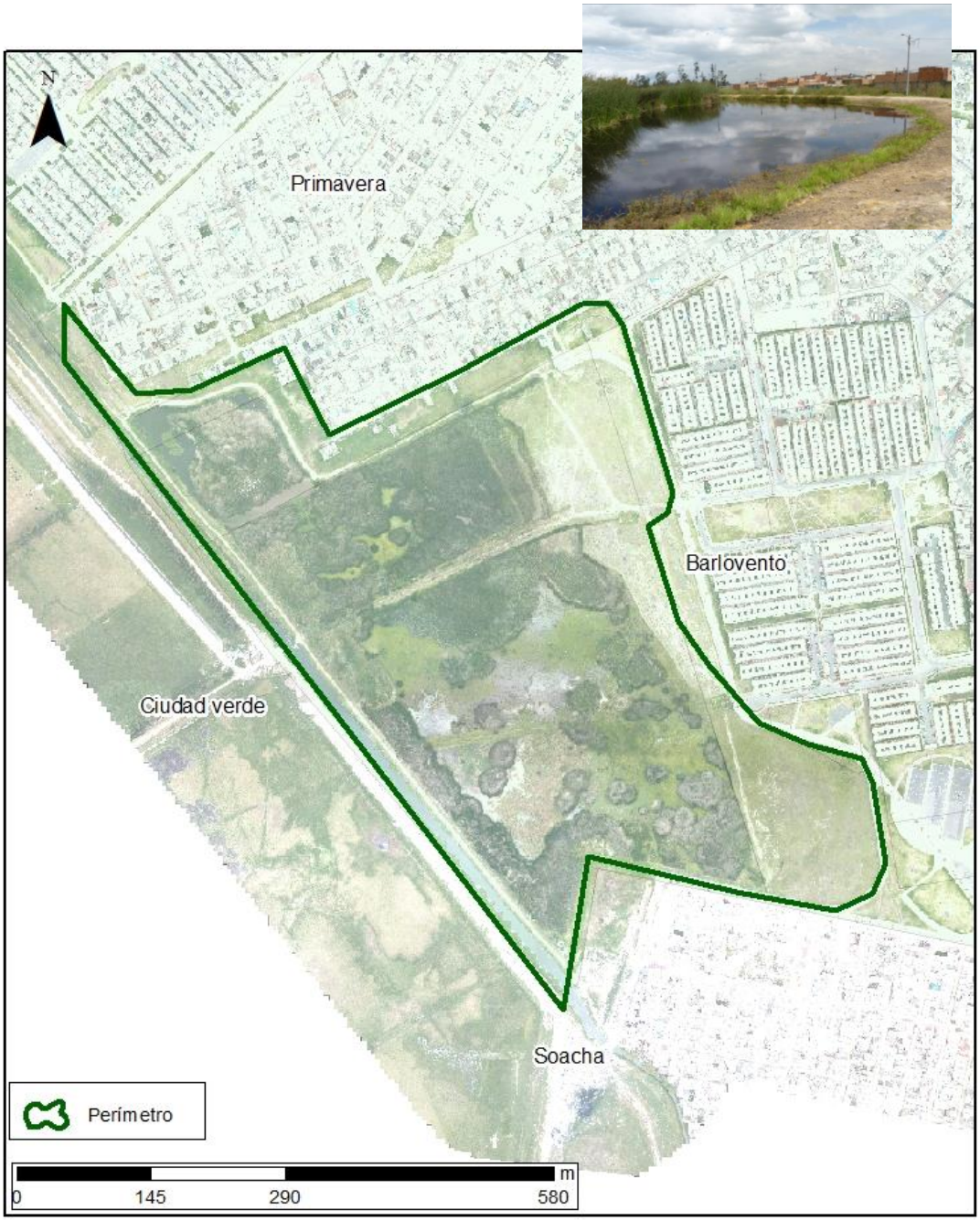


Figura 61. Ubicación general del humedal Tibanica. Fuente: elaboración propia.

5.2 Políticas recientes de la protección de los humedales de Bogotá

Las políticas de protección de los humedales de Bogotá se basan en el primer Plan Estratégico de la Convención Ramsar 1997-2002, que propone realizar evaluaciones de impacto ambiental cuando el desarrollo tecnológico pueda llegar afectar sitios Ramsar. Seguidamente, el Plan Estratégico del 2003-2008 propone elaborar e implementar medidas legislativas cuando se presenten impactos negativos que causen cambios en los usos de los suelos (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010). En ese sentido, los lineamientos del plan estratégico de Ramsar coinciden con lo que se estableció en el Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas (1992), según el cual la evaluación del impacto ambiental debe propender por una reducción de las afecciones negativas a la diversidad biológica de los ecosistemas y cuando proceda, se permitirá la participación del público en esos procedimientos. En concreto, el documento de la convención Ramsar destaca la necesidad de asegurar que todos los planes, proyectos y políticas que puedan afectar el carácter ecológico de los humedales deben ser sometidos a rigurosas evaluaciones de impacto ambiental para identificar sus verdaderos valores económicos, ambientales y sociales (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010).

En razón a lo anterior se resalta el papel de los estudios de impacto ambiental en la predicción de impactos ambientales en el medio natural en general y en particular de los humedales. De hecho, Pritchard (1996) señala que los estudios de impacto ambiental deben ser un instrumento auxiliar para usar racionalmente los humedales y promover nuevos lineamientos desde la convención Ramsar. En la misma línea, Espinoza (2002) define la evaluación de impacto ambiental como un proceso de análisis continúo destinado a proteger el ambiente contra daños injustificados, entonces los procesos de evaluación deben ser considerados como un instrumento para la toma de decisiones que permite identificar anticipadamente las incidencias ambientales derivadas de acciones humanas. Asimismo, Conesa (1993) determina que los estudios de impacto ambiental están destinados a predecir, identificar, valorar y corregir las consecuencias que puedan causar alteraciones en la calidad de vida y en el entorno, para presentar una realidad objetiva de la puesta en marcha de un proyecto.

En la actualidad los humedales de Bogotá se encuentran evaluados por los Planes de Manejo Ambiental (PMA). Estos documentos identifican los impactos generados en los recursos naturales cuando se desarrollan diversas actividades antrópicas y determinan el grado de afectación en la flora y la fauna. Por tanto, los estudios deben contener una identificación y predicción de los impactos, con un análisis del proyecto, su ubicación y relaciones de causalidad para la propuesta de alternativas que permitan mitigar los impactos generados (Borderías y Roda, 2006).

En el caso de los humedales de Bogotá, los estudios de impacto ambiental se ponen en marcha cuando el Ministerio de Medio Ambiente propuso en el año 2002 la Política Nacional para Humedales Interiores del país, la cual tuvo como objetivo principal promover el uso sostenible, la conservación y recuperación de estos ecosistemas en los ámbitos nacional, regional y local (Ministerio del Medio Ambiente, 2002). Seguidamente, la SDA protege a los humedales bajo la figura de Área de Parques Ecológicos Distritales, cuyas dimensiones se determinan a partir de la EEP[28], de esta manera los usos de los suelos tienen una connotación de área protegida. Esa figura de protección también incluye los parques urbanos, corredores ecológicos, cerros orientales y zonas de ronda del río Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004).

Diferentes instituciones gubernamentales, como la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), la SDA y JBB lideran la conservación de los humedales de la ciudad. Para el accionar de estas instituciones fue decisiva la política de humedales distritales en el POT, puesto que se formulan instrumentos que propenden por la reducción de la degradación de los humedales, tal y como se describe en la Resolución 196 (2006) del gobierno de la ciudad, la cual proporcionó una guía técnica para la formulación de los PMA (Ministero de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006). En el mismo año se establece el Decreto 062 para definir los mecanismos, lineamientos y directrices para la elaboración de los PMA. Se trata de estudios determinados bajo los criterios de la SDA que son ejecutados por diferentes empresas de consultoría y universidades desde el 2003 hasta el 2015. En la Tabla 7 se presenta la información de cada humedal por localidad, extensión y año de inicio del PMA.

[28] Instrumento establecido en el Decreto 190 de 2004 como eje estructural de corredores ambientales.

Tabla 7. Localización, extensión y año de aprobación de los PMA de los humedales de Bogotá

Nombre	Localidad	Extensión (ha)	Año de aprobación del PMA
La Conejera	Suba	58,84	2003
Capellanía	Fontibón	27,01	2005
Torca- Guaymaral	Usaquén	79,85	2015
Tibabuyes	Suba	222,58	2005
Jaboque	Engativá	147,88	2006
Córdoba	Suba	40,48	2007
Techo	Kennedy	11,66	2009
La Vaca	Kennedy	7,96	2009
El Burro	Kennedy	18,82	2008
Meandro del Say	Fontibón	27,37	2006
Tibanica	Bosa	28,94	2006
Santa María del Lago	Engativá	10,85	2009

Fuente: elaboración propia a partir de los PMA de cada humedal.

De acuerdo con los criterios de la SDA, los contenidos de los PMA deben tener una descripción de aspectos generales, ecológicos y físicos, así como una evaluación y valoración de los impactos. Por ejemplo, el PMA del humedal La Conejera se desarrolla a partir de dos fases: "Evaluación ecológica rápida del humedal La Conejera" y "Formulación del Plan de Manejo Ambiental", basada en los procesos de consolidación de los procesos de recuperación y manejo sostenible de dicho humedal. La metodología del plan tiene en cuenta los lineamientos de la convención Ramsar, la Política Nacional de Humedales Interiores de Colombia y la Política de Humedales del Distrito Capital. Para observar en mayor detalle el contenido de este PMA, referirse a Fundación Humedal La Conejera y EAAB (2003).

Los PMA de los humedales de Bogotá son instrumentos decisivos en los usos de los suelos de los humedales, ya que ellos determinan el programa de saneamiento predial, cuyo objetivo es la recuperación de terrenos aledaños a los humedales o regularización de la propiedad. Algunas de las tareas de saneamiento predial son la compra de zonas de propiedad privada, la eliminación de asentamientos ilegales y la

reubicación de las personas. Este tipo de actividades iniciaron en 2003 y continuaron hasta el 2015 (Escalona y González, 2016).

La adquisición de terrenos para la restauración de los humedales puede llegar a ser un proceso lento. La SDA delega a la EAAB para la ejecución del programa de saneamiento predial y sus principales actividades requieren de diversos trámites desde los ámbitos ambiental y social. Según EAAB y Adessa (2006), el desarrollo del programa de saneamiento predial debe estar en cabeza de diferentes profesionales para llevar su ejecución a buen término. En primer lugar, se establece un diagnóstico ambiental para la determinación de zonas prediales, luego esta información se envía a la dirección de bienes raíces, que se encuentra en cabeza de un abogado y un técnico predial. Seguidamente, un trabajador social hace valoraciones de los asentamientos y elabora una propuesta para el reasentamiento de los habitantes. Posteriormente, el técnico predial hace un análisis presupuestal para hacer una oferta económica al propietario. Asimismo, si el proceso se lleva en buenos términos, el abogado predial inicia los trámites para la elaboración de la escritura pública y luego el trabajador social hace la desconexión de los servicios públicos para hacer la entrega oficial del predio. La Figura 62 presenta un esquema de este proceso.

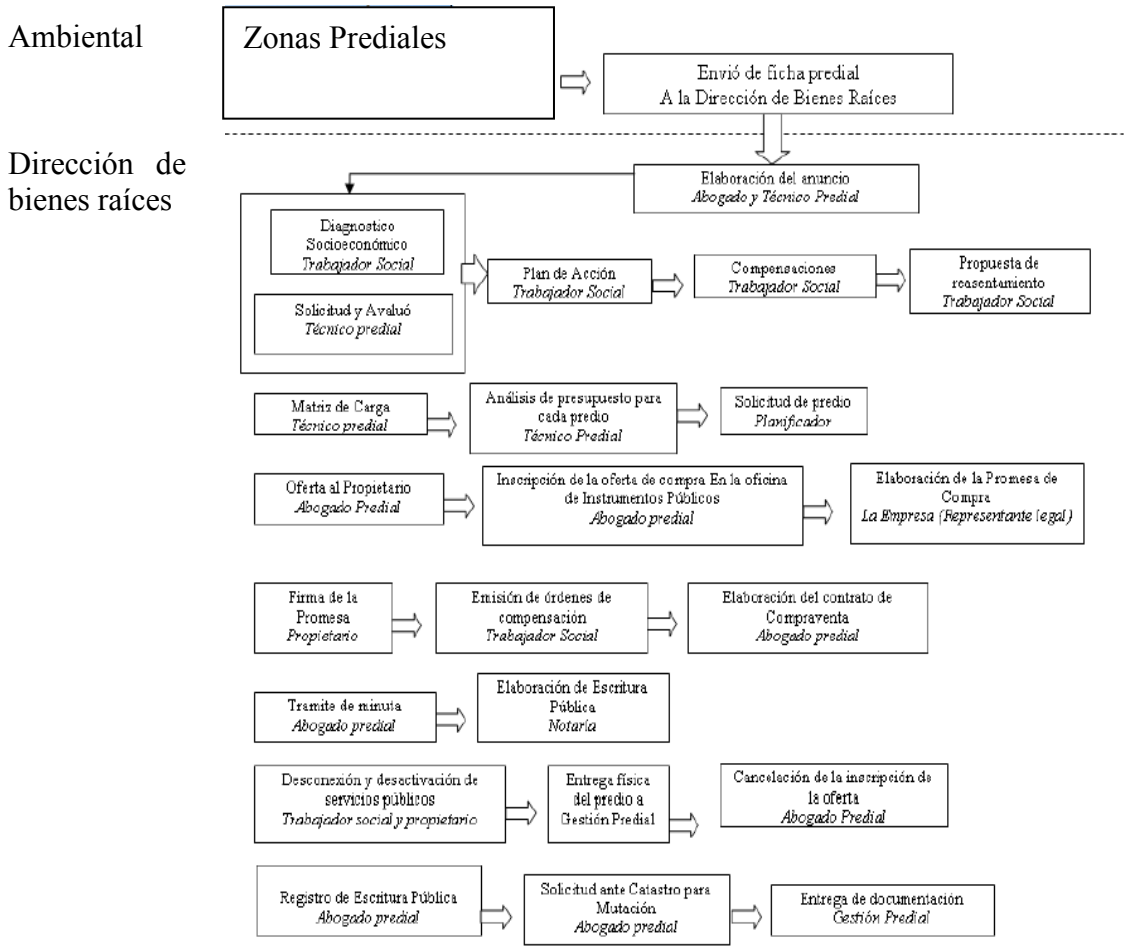


Figura 62. Actividades generales para la adquisición de predios. Fuente: EAAB y Adessa (2006).

Como se puede observar, es necesario realizar múltiples actividades para poder adquirir los predios. El diagnóstico total del número total de predios y los procesos para adquisición presupuestal por parte del gobierno se presentan en la Ficha de Estadística Básica de Inversión Distrital, elaborada por la EAAB (2013). En este documento se indica que las inversiones económicas en saneamiento predial son aproximadamente de $222.961.000 (pesos colombianos) desde el 2005 hasta el 2013, lo que corresponde a una adquisición de 40 hectáreas. Sin embargo, las inversiones no alcanzan a cumplir con las necesidades de adquisición de predios en los humedales de Bogotá para evitar su privatización. En la Tabla 8 se presenta el diagnóstico de la situación actual por parte de la EAAB, los procesos requeridos para llevar en buenos términos los procesos y la situación actual en la que se encuentra cada uno de los humedales.

Tabla 8. Predios de adquisición en los humedales de Bogotá

Etapas	La Conejera	Torca	Guaymaral	Capellanía	El Burro	La Vaca	Tibabuyes	Córdoba	Tibanica	Jaboque
1	155	5	30	42	23	235	753	36	247	1116
2	121	5	4	18	15	235	685	29	226	727
3	95	0	1	2	3	0	332	6	168	677
4	4	0	0	16	8	234	31	0	19	25
5	8	0	1	0	2	1	29	7	37	5
6	34	5	26	11	8	0	91	7	1	389
7	14	0	2	13	2	0	270	16	1	20

Nota: Etapas: (1) Total predios que conforman el humedal, (2) Procesos de adquisición iniciados de acuerdo con la asignación de recursos, (3) Predios adquiridos a la fecha y totalmente legalizados, (4) Predios en proceso de enajenamiento voluntario, (5) Predios en proceso de expropiación, (6) Predios por iniciar proceso de adquisición, (7) Predios propiedad del Distrito. Fuente: EAAB (2016).

A pesar de todas las gestiones adelantadas por la EAAB, solo el 49% son predios públicos y el 51% son terrenos privados. Las cifras más preocupantes son para el humedal Torca, el cual pertenece a diferentes constructoras y urbanizaciones privadas, lo que impide la implementación del PMA (Correa, 2015). En términos generales, la zonificación ambiental se encuentra regularizada por la SDA, la cual analiza desde los procesos ecológicos, tensores y elementos estructurales de la urbanización que afectan directamente a los humedales. De igual manera la zonificación tiene en cuenta la elaboración de la cartografía por unidades de manejo, es decir mapas de cobertura vegetal, que definen las zonas de protección y preservación en cada uno de los humedales teniendo en cuenta las Zonas de Protección y Preservación Ambiental (ZMPA), las cuales se encuentran definidas como las zonas que tienen elementos claves de la estructura ecológica, que incluyen juncales, pradera emergente y áreas de bosques nativos. Además, en estas zonas es necesario realizar un manejo de la cobertura vegetal con el fin de recuperar los atributos funcionales y estructurales a las áreas más degradas del humedal. De igual manera la zona comprende el manejo de las coberturas de áreas inundables, para el establecimiento de hábitats semi acuáticos, que ayudan al manejo hidráulico de los cuerpos de agua con la Ronda Hidráulica (RH) (Universidad Nacional y EAAB, 2006).

Así mismo es de vital importancia para la planificación determinar los factores económicos, ecológicos y sociales que influyen en el desarrollo de los humedales, cómo interactúan y los efectos que se generan a mediano y largo plazo para alcanzar un crecimiento sostenido.

5.3. Determinación de los componentes del modelo propuesto

En términos generales se asume que los factores determinantes del impacto de la dinámica urbana en los humedales de Bogotá se integran en las cinco grandes categorías representadas en la Figura 63. Esta es una propuesta inicial de interrelación de estos factores de impacto en los humedales de Bogotá hasta alcanzar un *crecimiento verde.*

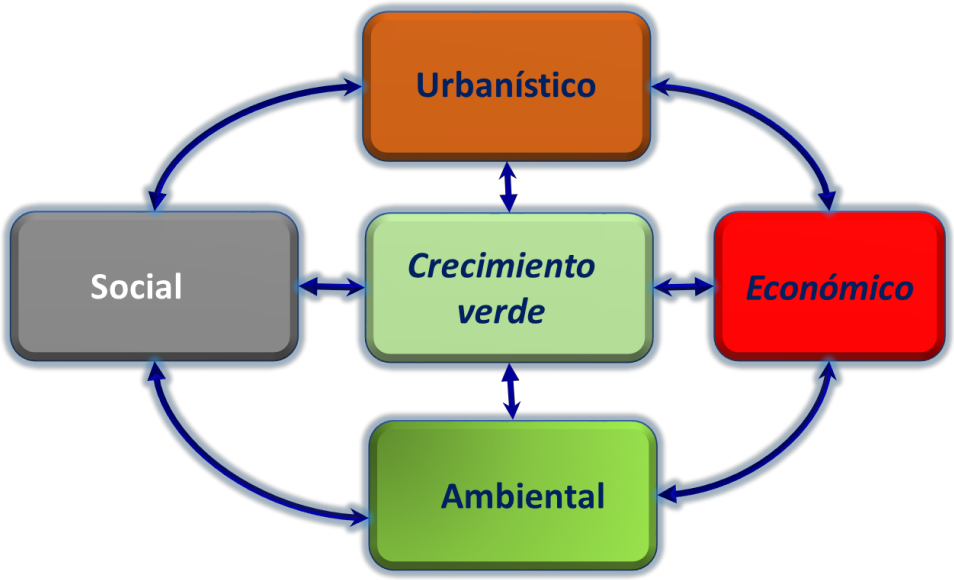


Figura 63. Factores determinantes del impacto de la dinámica urbana en los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

La identificación de los factores y su asignación posterior a los distintos tipos de variables propias de la dinámica de sistemas (nivel, flujo, auxiliar) son pasos de gran importancia para determinar el modelo propuesto. En la Tabla 9 se presentan los factores, indicadores y variables descriptivas para el caso de estudio, cuya elección se respaldó en la bibliografía consultada, en el conocimiento del tema y del terreno de estudio. En cuanto a la bibliografía, se destacan los interesantes trabajos sobre la ciudad china de Tianjin (Ma *et al.*, 2012; OECD, 2013b). A su vez, la propuesta tiene elementos inéditos como la utilización del índice de Gini, útil para mostrar la elevada

desigualdad social de la ciudad y que interfiere en la dinámica de los humedales, pues contribuye a la proliferación de asentamientos marginales en sus inmediaciones y en zonas inundables de la ciudad. Entre el año 2005 y 2015 el valor del coeficiente ha disminuido, pasando de 0,557 a 0,498, situándose ligeramente por debajo del promedio de los países de la OCDE. Sin embargo, existen notables diferencias por localidades: en las que se ubican al norte de la ciudad habitan los grupos poblacionales con mayores ingresos económicos, mientras que en el sur se ubican aquellos con menos recursos. Precisamente, estas áreas marginales de la ciudad muchas veces son las zonas de mayor el riesgo de inundación y de acuerdo con los indicadores registrados por el IDIGER, en la actualidad la ciudad tiene 6.831 hectáreas inundables, mientras que en zonas de alto riesgo se encuentran 328.299 predios y viven 297.979 personas (IDIGER, 2015). Continuando con los elementos de análisis de este trabajo, es necesario destacar la propuesta la inclusión de indicadores de *crecimiento verde*, con el fin de evaluar si las políticas de gestión adoptadas en distintos escenarios generan los efectos previstos en la teoría, es decir, un aumento de los empleos verdes, de servicios verdes y del atractivo urbano (Hammer *et al.*, 2011).

Tabla 9. Indicadores y variables descriptivas del modelo de simulación del impacto de la dinámica urbana de los humedales de Bogotá

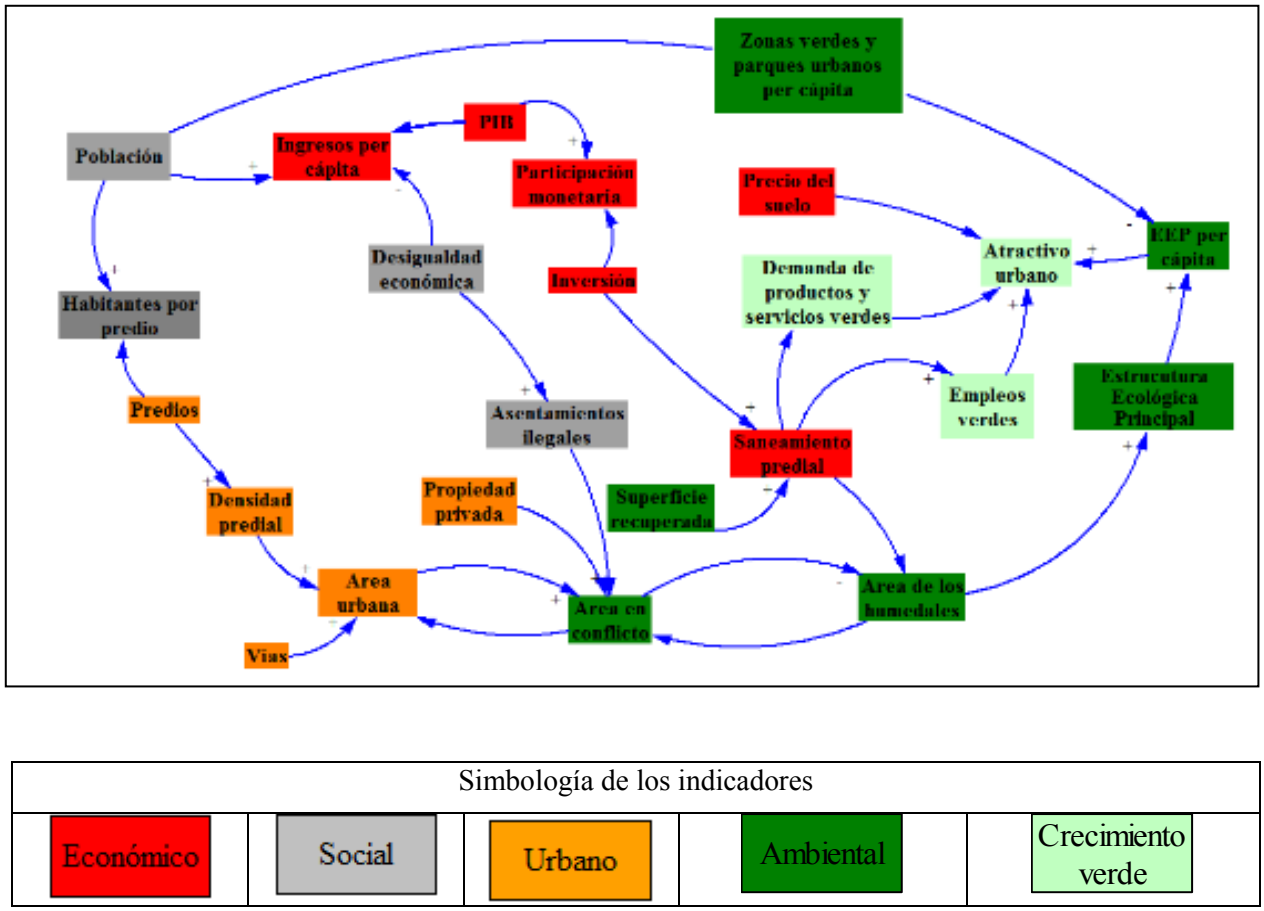
Tipo de factor	Denominación del indicador	Variable descriptiva	Tipo de variable
Económico	Producto Interior Bruto de Bogotá	PIB anual en dólares	Nivel
	Saneamiento predial	Superficie recuperada por la inversión en saneamiento predial en %	Auxiliar
	Precio del suelo	Precio del suelo en dólares por hectárea	Nivel
	Ingresos	Ingresos per cápita anuales en dólares	Auxiliar
Social	Población	Número de habitantes/año	Nivel
	Desigualdad económica	Índice de Gini anual en %	Nivel
	Asentamientos ilegales	Superficie ocupada por los asentamientos ilegales	Nivel
Urbanístico	Área urbana	Superficie anual en hectáreas	Nivel
	Predios	Número total por año	Nivel
	Densidad predial	Número de predios por área en hectáreas	Auxiliar
	Vías	Superficie anual ocupada en hectáreas	Nivel

Tipo de factor	Denominación del indicador	Variable descriptiva	Tipo de variable
Urbanístico	Propiedad privada	Superficie ocupada por predios privados	Nivel
Ambiental	Estructura Ecológica Principal	Superficie anual de zonas de protección	Nivel
	Área del humedal	Superficie anual ocupada en hectáreas	Nivel
	Zonas verdes y parques urbanos	Superficie anual de zonas verdes y parques en hectáreas	Flujo
	Zonas en conflicto	Cambio interanual de la superficie en conflicto en %	Flujo
Crecimiento verde	Atractivo urbano	Índice de atractivo urbano anual en %	Auxiliar
	Demanda de servicios verdes	N° de visitas a humedales	Nivel
	Empleos verdes	N° de empleos verdes	Nivel

Fuente: elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.

5.4. Construcción del modelo de simulación

Para verificar las posibles interrelaciones entre los factores identificados, evaluar la dinámica urbana sobre los humedales en diferentes escenarios y predecir los efectos de las políticas de *crecimiento verde* en la ciudad, se ha elaborado un prototipo de modelo de simulación aplicando la metodología de la dinamica de sistemas. Se ha hecho uso de la herramienta gráfica *Vensim Ple Plus* versión 6 que permite documentar, simular, analizar y optimizar modelos sistémicos, mediante la elaboración de un diagrama de flujo (Garcia, 2012). La Figura 64 ilustra la versión simplificada del prototipo elaborado mediante un diagrama de flujos que representa la dinámica urbana y su impacto en la superficie de los humedales de Bogotá. En este primer diagrama están incluidas las variables de los indicadores principales (indicados en la Tabla 9), diferenciadas de acuerdo a su tipo. El diagrama muestra también las interacciones potenciales entre dichas variables, representadas mediante flechas de uno o dos sentidos, según el caso. Cada flecha lleva asociado un signo: (+) cuando la relación supuesta entre las variables es directa, y (-) cuando es inversa (ibid).



Simbología de los indicadores				
Económico	Social	Urbano	Ambiental	Crecimiento verde

Figura 64. Diagrama de flujo y la dinámica urbana en torno a los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia a partir del trabajo de campo y la revisión documental.

Entre las relaciones representadas en la versión simplificada del diagrama destacan la establecida entre el "PIB de Bogotá" y el "área de los humedales", a través de la inversión en el saneamiento. Se observa también que la influencia de la población en la superficie del humedal se daría en combinación con la variable "ingresos per cápita". Adicionalmente, se establece la relación del "índice de Gini" con la "pérdida de superficie" de los humedales, como efecto de la interferencia de la desigualdad social en la dinámica descrita. A su vez, se asume que el área urbana varía con la nueva superficie construida, vías convencionales y con las variables auxiliares mencionadas en la Tabla 9 (la construcción de viviendas, vías convencionales). Por su parte, la variable "zona en conflicto", que muestra la proporción de superficie de los humedales con un uso inapropiado, afecta a la "superficie de los humedales", mientras que esta variable describe la extensión completa de los mismos como suma del espejo de agua, la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental (EAAB, 2016). La variable "área en conflicto" se relaciona también con variables de tipo urbano citadas, ya que

una de las hipótesis del trabajo es que el crecimiento del área urbana es una de las causas principales en la pérdida de "superficie de los humedales" de la ciudad de Bogotá. La versión completa del modelo de simulación se presenta en la Figura 65[29].

[29] Para acceder al modelo de simulación, por favor remitirse al archivo digital que se adjunta en CD a esta tesis. Para poder usarlo es necesario descargar el *software* Vensim.

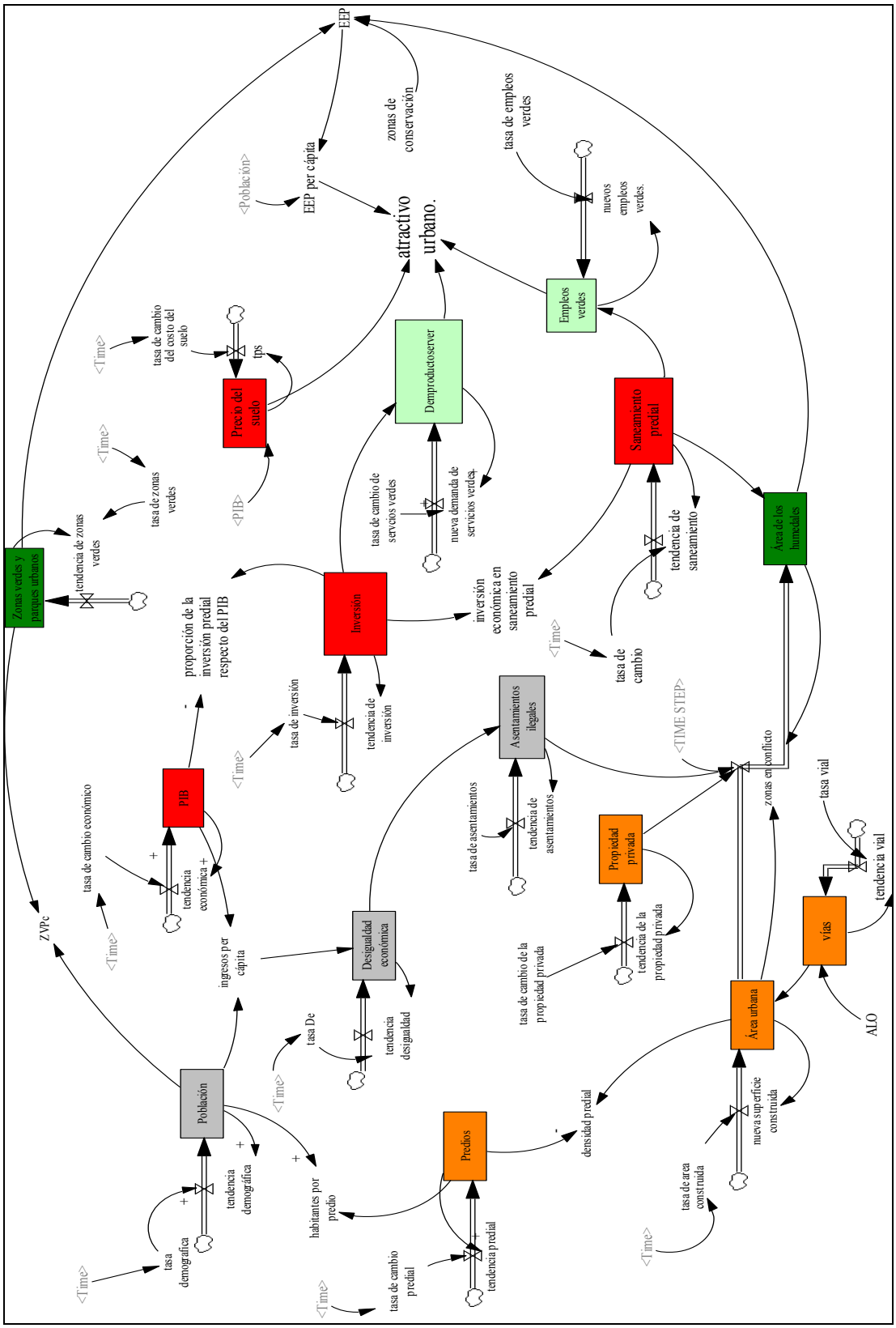


Figura 65. Modelo de simulación de la dinámica urbana sobre los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

El modelo de simulación presentado en la Figura 65 muestra las variables de flujo que alimentan el sistema haciendo posible las variaciones de las correspondientes variables principales o variables de nivel. Este efecto se puede apreciar en relación con las variables enfocadas a evaluar los resultados de las políticas de *crecimiento verde*. La primera de ellas es la demanda de productos y servicios verdes, la cual considera el número de visitantes que ingresan a los humedales. Esta variable viene alimentada por la "nueva demanda de servicios verdes" (de flujo), que a su vez se obtiene del Estudio de caso del turismo de humedales en Bogotá-Colombia emitido por Ramsar (2009). La segunda de estas variables identificada como "empleos verdes" se considera por el número de empleos requeridos en la recuperación de los humedales. Esta variable viene alimentada por la variable de flujo "nuevos empleos verdes", que a su vez se obtiene de los PMA y de las entrevistas. Como variables auxiliares actúan la "tasa de cambio de productos verdes" y la "tasa de empleos verdes".

5.5. Fuentes de información para la alimentación del modelo

El elevado número de variables consideradas requiere la obtención y manejo de una cuantiosa información referida al periodo 2005-2015 y que permita sustentar previsiones a diferentes horizontes temporales. Por tanto, ha sido necesario un complejo y exhaustivo trabajo de generación de información, de obtención de fuentes secundarias y de recopilación de información de diversos tipos. Los procedimientos aplicados se describen a continuación.

5.5.1. Integración de una plataforma de gestión de base de datos

La primera tarea ha sido la puesta en marcha de una plataforma para la integración y gestión de la información necesaria. El *software* utilizado, *Vensim Ple Plus*, incluye la conexión a bases de datos externas y, de este modo, facilita la correcta y continua alimentación del modelo (García, 2012). Existen dos técnicas para enlazar los datos externos, la primera de ellas vincula dinámicamente una hoja de cálculo de Excel para recopilar datos durante la simulación del modelo. A continuación se muestra un ejemplo del modelo de simulación propuesto en esta investigación, que incluye series temporales de las cuentas nacionales del Producto Interior Bruto (PIB). Esta información corresponde con la variable auxiliar "tasa de cambio", que funciona con el

comando "*GET XLS DATA*" y toma los datos de Excel teniendo como referencia la ubicación de los archivos, columnas y filas (ver Figura 66).

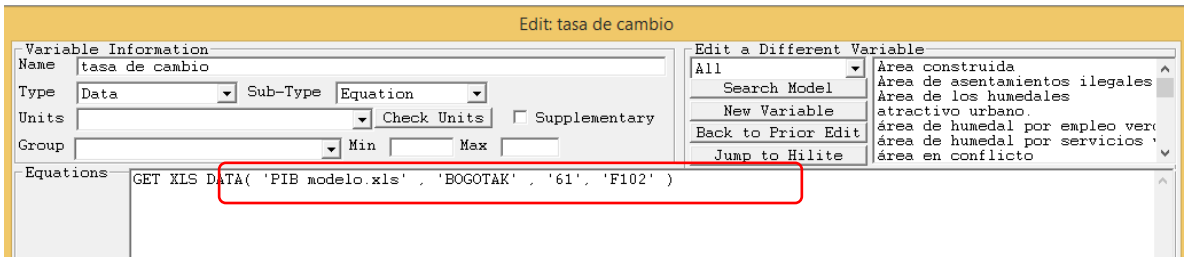


Figura 66. Conectividad de datos externos con Excel. Fuente: elaboración propia a partir de modelo de simulación.

La segunda técnica utilizada para conexión de datos funciona a partir de tablas externas, que forman parte de series temporales de las tasas de empleos verdes e inversión económica en materia de humedales desde 2005 hasta 2015. Esta técnica consiste en la utilización de variables auxiliares clasificadas por subtipo *with lookup*, donde los datos son ingresados con la función *As graph*, para tener registros anuales (Miguel, 2013). En la Figura 67 se muestra la conexión de la tabla de tasa de cambio de empleos verdes[30] requeridos en la restauración de los humedales desde el 2005 hasta el 2015.

[30] Datos aproximados a partir de los PMA y las entrevistas semiestructuradas.

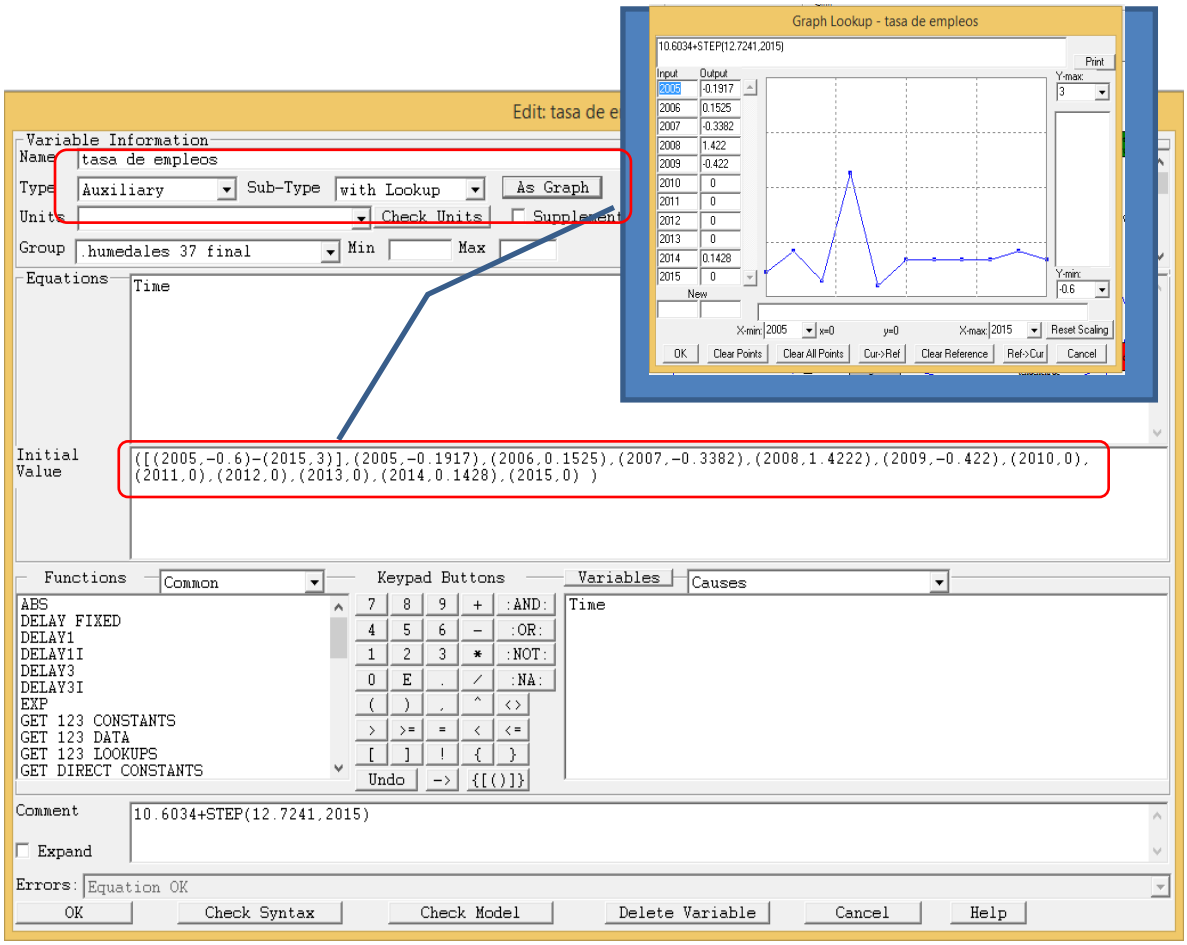


Figura 67. Sistema de operación e ingreso de datos para el modelo de simulación. Fuente: elaboración propia.

5.5.2. Reconstrucción documental

Los datos de algunos indicadores sociales y ambientales para el año 2005 han sido obtenidos mediante reconstrucción documental, es decir, a partir de fuentes secundarias (ortofotos de la época). A manera de ilustración se describe en la Figura 68 el procedimiento de selección de ortofotos del portal de mapas del IDECA[31] para obtener la variable de asentamientos ilegales como parte de los indicadores sociales. La utilización de ortofotos se justifica con los lineamientos que argumentan Gómez *et al.*, (2012), quienes afirman que estas son una buena herramienta cartográfica para la reconstrucción de información en zonas urbanas. Por lo tanto, se considera conveniente utilizar la información que ha puesto a disposición el IDECA, ya que las ortofotos son construidas con un mosaico de fotografía aéreas análogas a color del año 2004, de

[31] https://www.ideca.gov.co/

aproximadamente 52.000 hectáreas de la zona urbana de la ciudad de Bogotá, estas fotografías fueron capturadas a una escala de 1:5.000. La ortofoto digital del 2015 es el producto de fotografías aéreas digitales de aproximadamente 49.000 hectáreas de la zona urbana de la ciudad de Bogotá capturadas con un GSD (*Ground Sample Distance*) y su resolución espacial es de 7,5 cm (IDECA, 2014).

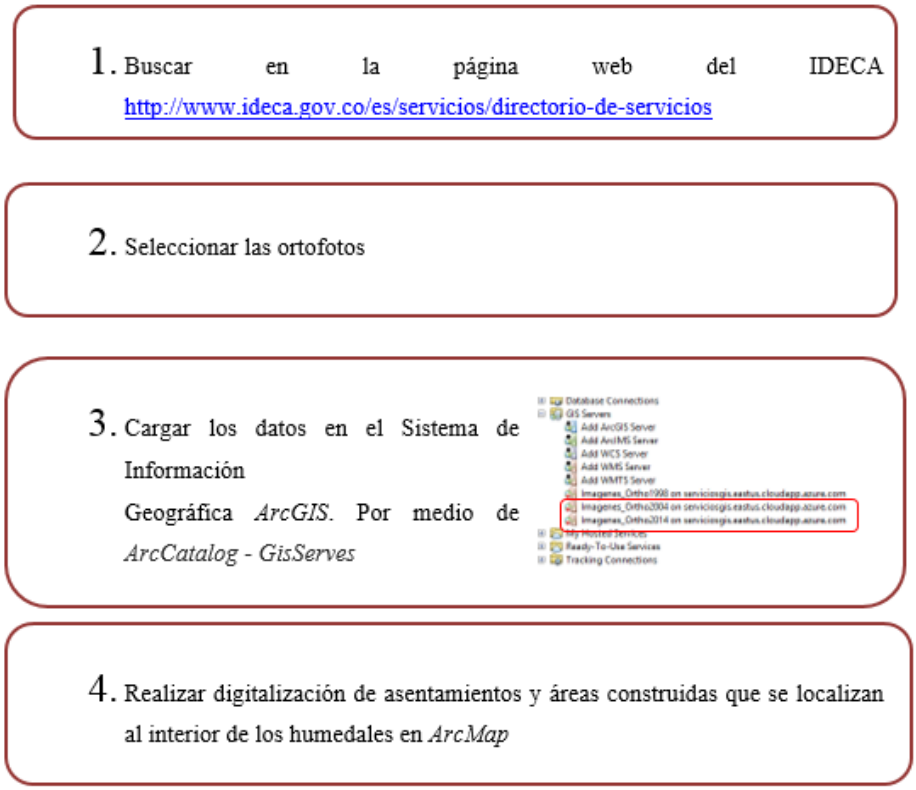


Figura 68. Procedimiento para la selección de ortofotos. Fuente: elaboración propia.

Para determinar las zonas en conflicto fue necesaria la identificación del área urbanística y su influencia en el área de estudio. Se siguió la propuesta de Cerema (2015) que establece la relación entre el plan de urbanismo con el humedal Vimmines en Francia. Posteriormente se siguió el procedimiento propuesto por Escalona y González (2016), quienes señalan cuatro pasos para la identificación de la propiedad privada al interior de los humedales (ver Figura 69).

1. Buscar en la página web del IDECA (http://www.ideca.gov.co/es/servicios/mapa-de-referencia)

2. Descargar los shapes files de área urbanística y cuerpos de agua (humedales)

3. Cargar los datos geo referenciados en un Sistema de Información geográfica (SIG) (*ArcGIS)*

4. Realizar un Geo proceso de intersección con la capa de área urbanística y humedales para identificar el conflicto de usos del suelo por la presencia de la propiedad privada al interior de los humedales

Figura 69. Procedimiento para identificar propiedad privada al interior de los humedales. Fuente: elaboración propia.

Para poder caracterizar las zonas con propiedades privadas en los humedales de Bogotá, fue necesario definir el área urbanística al interior de los humedales. La superficie por estudiar corresponde a 674 hectáreas. Posteriormente se procedió a descargar los *Shapes files* de corrientes de agua (humedales) y área urbanística de la página web https://www.ideca.gov.co/es/servicios/mapa-de-referencia. Una vez obtenidos los datos fue necesario realizar un geo proceso *Intersect* en el programa *ArcGis* con el fin de poder identificar las propiedades privadas. Para lograr lo anterior, fue necesario realizar trabajo y entrevistas semiestructuradas para determinar cuáles fueron las zonas recuperadas para la restauración de los humedales.

5.5.3. Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó en los años 2015 y 2016, y consistió en la geo-referenciación de asentamientos ilegales y zonas viales que se encontraban al interior de los humedales. La información se obtuvo a partir del *GPS Garmin etrex-30x*, ajustado y calibrado con el sistema de coordenadas nacional para Colombia, Gauss Magna Sirgas origen Bogotá (ver Tabla 10).

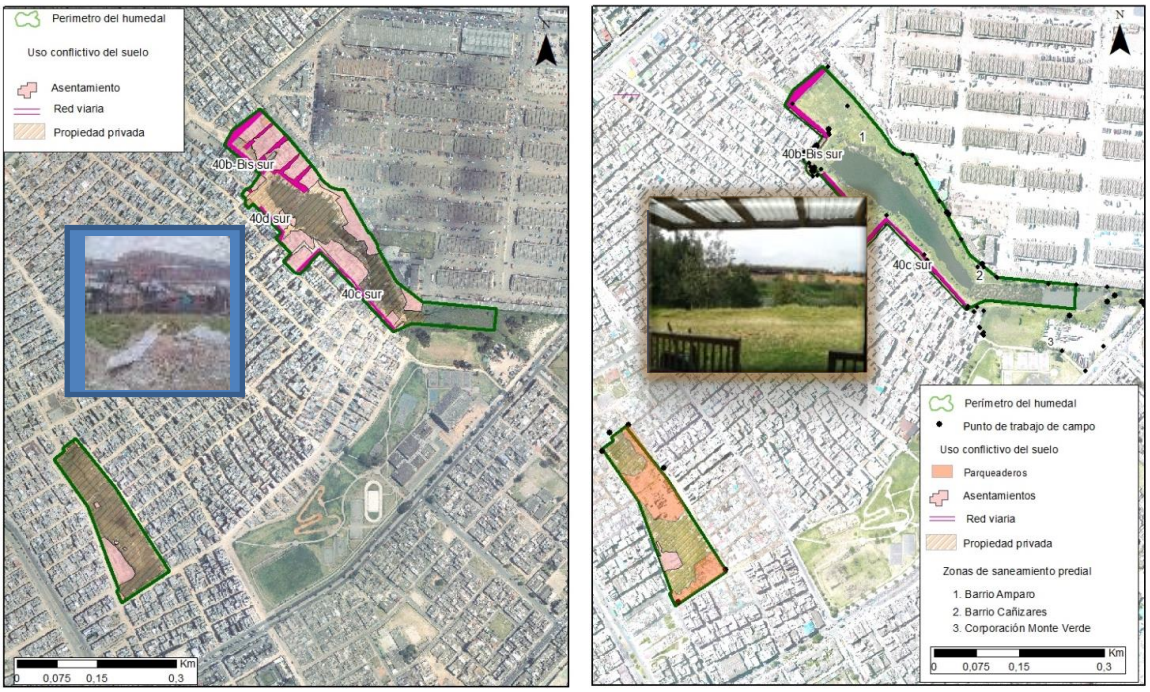
Tabla 10. Herramientas y sistemas de coordenadas para la ejecución del trabajo de campo

Herramienta	Sistema de coordenadas origen Bogotá
	Longitud de Origen: 74°04'51,30" para origen Bogotá Norte: 4°35'56,57" Norte: 1000 000,0 Este: 1000 000,0 Datum de posición: WGS-84 Unidades: metros

Fuente: elaboración propia a partir de IGAC (2004).

Posteriormente se tomaron los puntos de referencia que delimitan el perímetro de los humedales y las áreas en conflicto que forman parte de las variables (asentamientos ilegales y vías). La información se valida con la ayuda de ortofotos que permiten la construcción de polígonos ajustados a la realidad. Para cargar los puntos de referencia o *waypoints* en el Sistema de Información Geográfica (SIG) fue necesario utilizar la herramienta *Arc toolbox_ Conversion tools _ From GPS.*

Como ejemplo de la delimitación realizada se presenta en la Figura 70 el mapa del humedal de La Vaca en el año 2004 (a) y 2015 (b). Se incluye una fotografía del año 2004 que permite identificar las condiciones de degradación en las que se encontraba este humedal y otra fotografía correspondiente al año 2015 (b) que ilustra el grado de recuperación de las RH y las ZMPA de La Vaca.



2004(a) 2015(b)

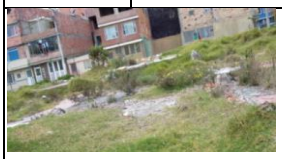
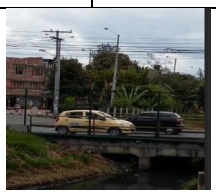
Figura 70. Delimitación del área en conflicto en el humedal La Vaca en 2005(a) y 2015 (b). Fuente: elaboración propia a partir del trabajo de campo

La comparación entre ambas figuras muestra una clara reducción del área en conflicto por la recuperación de los predios en los barrios Amparo y Cañizares en la parte norte del humedal, información que fue verificada con las entrevistas semiestructuradas realizadas a líderes comunitarios y funcionarios que trabajan en la localidad de Kennedy, quienes tenían claro los procesos de recuperación de las áreas para la restauración de los humedales. Sin embargo, no todos los humedales presentan el mismo grado de recuperación, puesto que es evidente la ausencia del saneamiento predial en algunos de ellos. Este es el caso de los humedales La Vaca Sur, Techo, Meandro del Say y Tibanica, que presentan invasión por asentamientos ilegales y parqueaderos.

En la Tabla 11 se identifican algunas zonas de conflicto de gran relevancia en los humedales. En los humedales Jaboque y Tibabuyes existen parqueaderos en las zonas inundables, mientras que en los humedales Torca-Guaymaral, El Burro, Capellanía y Córdoba hay zonas con una fuerte fragmentación vial. Asimismo, en los humedales Techo, La Vaca y Tibanica hay asentamientos ilegales dentro del perímetro de dichos ecosistemas. Finalmente, en el Meandro del Say existen presiones del sector

industrial, puesto que es evidente su ubicación dentro de las cotas de inundación de este humedal.

Tabla 11. Identificación de algunas áreas en conflicto en los humedales de Bogotá

Humedal	Norte	Oeste	Humedal	Norte	Oeste	Humedal	Norte	Oeste
Jaboque	4°42'44.48"	74°07'47.27"	La Conejera	4°45'29.869"N	74°5'37.041"	Torca - Guaymaral	4°47'29.581"	74°2'22.082"
								
Tibabuyes	4°44'32.239"	74°7'8.18"	Santa María del Lago	4°41'37.943"	74°5'38.326"	El Burro	4°38'40.046"	74°9'6.722"
La Vaca	4°37'30.597"N	74°10'1.388"	Meandro del Say	4°40'44.221"	74°9'23.681"	Córdoba	4°45'28.551"	74°5'31.371
								
Techo	4°38'48.359"N	74°8'35.922"	Tibanica	4°36'18.79"	74°12'21.18"	Capellanía	4°40'15.139"	74°8'7.276"

Fuente: elaboración propia a partir del trabajo de campo.

Continuando con las actividades del trabajo de campo, se ha medido la variable "área de los humedales" (ver mapa de la Figura 71). Cabe señalar que la delimitación de los humedales se realiza identificando los denominados mojones[32], que son estructuras en concreto que funcionan como una señalización permanente de los límites del humedal. Sin embargo, su identificación no fue sencilla porque en muchas ocasiones los mojones no eran visibles, ya que la comunidad los ha removido para expandir sus propiedades. Adicionalmente, en algunos humedales las últimas mediciones disponibles eran bastante antiguas y no daban cuenta de las modificaciones de la superficie acaecidas en los últimos años. La delimitación realizada por el equipo de trabajo[33]

[32]La delimitación la realiza la EAAB y la hace en el periodo inicial a la restauración de los humedales

[33] Los estudiantes de la Universidad Libre apoyaron el trabajo de campo, que consistió en la identificación y delimitación de los humedales y las áreas en conflicto. Se agradece su colaboración y aportes a la investigación.

aportó una información esencial, no solo para el correcto análisis de la dinámica de los humedales, sino también para validar el modelo elaborado.

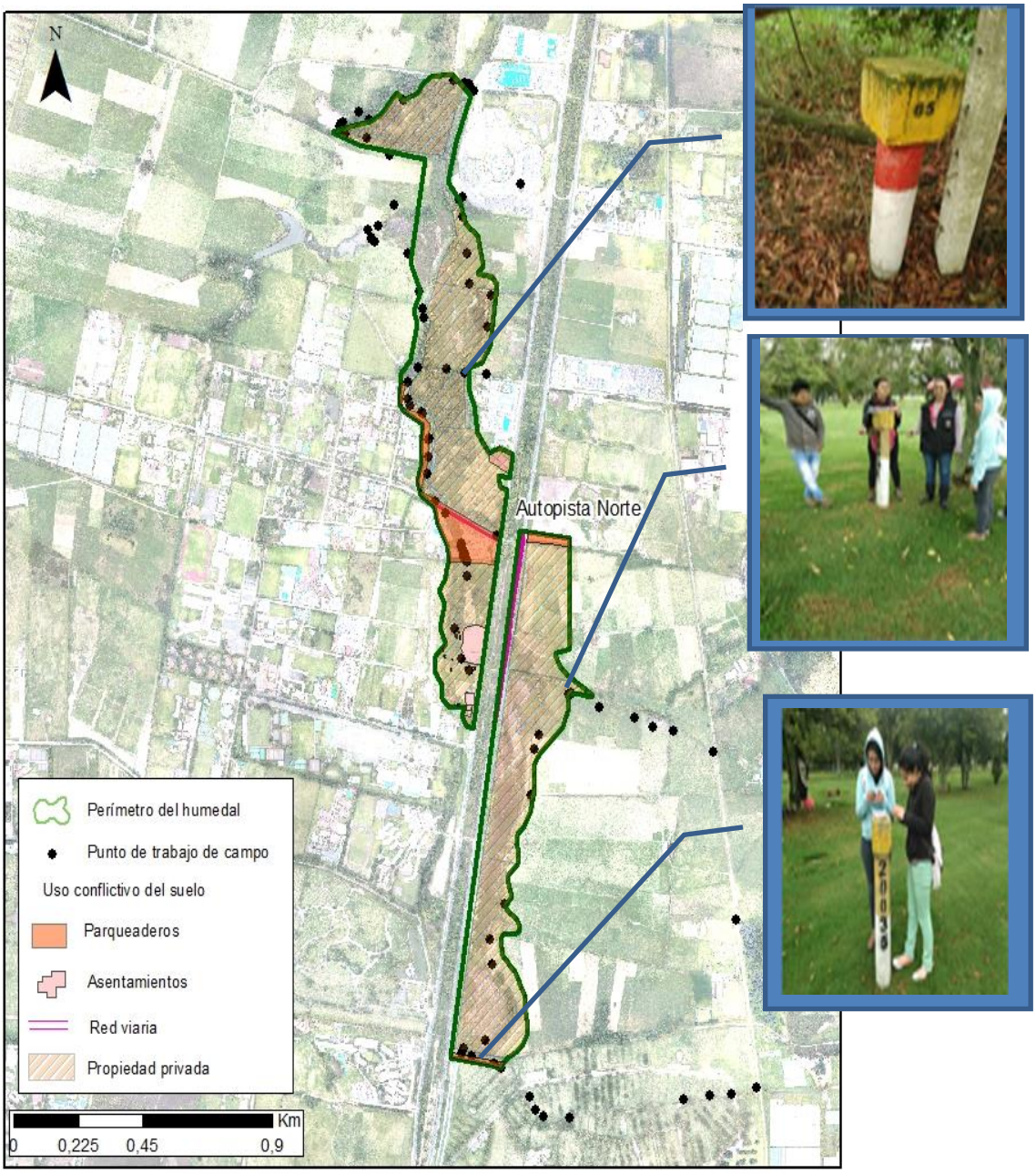


Figura 71. Delimitación de la superficie del humedal Torca-Guaymaral. Fuente: elaboración propia.

5.5.4. Entrevistas semiestructuradas

La metodología utilizada para analizar las entrevistas semiestructuradas cumple con los criterios de las partes interesadas. Según Ricart y Clarimont (2016), esta técnica es de gran utilidad para hacerle frente a la complejidad de los conflictos de gestión de

los recursos hídricos, puesto que muchas veces los enfoques técnicos no son suficientes. Por tanto, las partes interesadas corresponden a un grupo de personas que comparten un interés común (Grimble y Wellard, 1997). En ese orden de ideas, los actores fueron seleccionados por sus conocimientos en la adquisición de terrenos en áreas próximas a los humedales. Los actores más representativos son líderes comunitarios y funcionarios públicos de la SDA, el JBB, la EAAB y las alcaldías locales de la ciudad de Bogotá (Ver anexo 3).

La recolección de la información se encuentra fundamentada con el desarrollo de entrevistas semiestructuradas por su pertinencia para profundizar en los elementos más relevantes (Carr , Potter y Nortcliff, 2011). Para el área de estudio la selección de los actores involucrados fue una tarea difícil pues existen muchos, pero pocos tienen realmente el conocimiento en el tema de la adquisición de terrenos para la recuperación de los humedales, razón por la cual la muestra es pequeña (n=14). Esta elección se justifica con las técnicas propuestas por Bryson (2004), quien enfatiza en involucrar los actores más importantes para entender mejor sus problemáticas y buscar soluciones. La selección de los actores requirió la participación en diversos comités locales, visitas de campo a los humedales y revisión de los participantes en los PMA. Esto con el fin de identificar diferentes percepciones y actitudes de los actores (Bryson, 2004).

En la Tabla 12 se identifican los principales actores que participan continuamente en la interacción con los humedales y su actuación desde la prestación de servicios públicos o privados.

Tabla 12. Actores claves en la gestión y saneamiento predial de los humedales de Bogotá

Actor	Acrónimo	Grupo	Función
Red Intercultural Canto al Agua	RICA	Privado	Movimiento ambiental y cultural que promueve la reflexión y concienciación de la población.
Fundación Banco de Semillas	FBS	Privado	Gestión y concienciación de la protección de los humedales en la localidad de Kennedy.
Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá	EAAB	Público	Presta servicios de acueducto y alcantarillado y gestiona el tratamiento de agua residual de Bogotá.

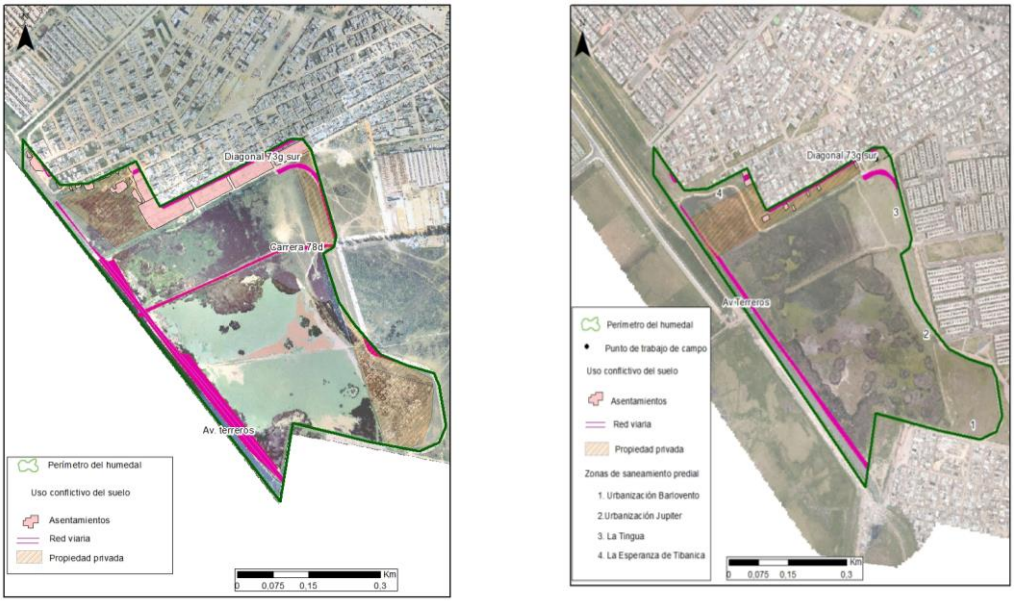
Actor	Acrónimo	Grupo	Función
Fundación Funcoajz	FF	Privado	Grupo de ciudadanos que promueven la gestión ambiental de los humedales de la localidad de Fontibón.
Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis	JBB	Público	Manejo, gestión e investigación del arbolado de Bogotá.
Mesa Ambiental de Fontibón	MAF	Mixto	Grupo de ciudadanos y funcionarios públicos de la Alcaldía local que promueven la gestión ambiental de los humedales de la localidad de Fontibón.
Comité Ambiental de Suba	CAS	Mixto	Grupo de ciudadanos y funcionarios públicos de la Alcaldía local que promueven la gestión ambiental de los humedales de la localidad de Suba.
Comité Ambiental de Kennedy	CAK	Mixto	Grupo de ciudadanos y funcionarios públicos de la Alcaldía local que promueven la gestión ambiental de los humedales de la localidad de Kennedy.
Comité Ambiental de Engativá	CAE	Mixto	Grupo de ciudadanos y funcionarios públicos de la Alcaldía local que promueven la gestión ambiental de los humedales de la localidad de Engativá.

Fuente: elaboración propia a partir del trabajo de campo y entrevistas.

Las entrevistas fueron realizadas en el año 2016, cada una tiene una duración aproximada de 30 a 40 minutos y se requirieron 12 meses para su organización. Los entrevistados respondieron las preguntas en forma presencial y por correo electrónico. La lista de preguntas estructuradas se dividió en cuatro partes:

- Datos identificativos, que hace referencia a la localidad, datos de contacto y fecha en la que se realiza la entrevista
- Adquisición predial busca identificar las zonas donde se obtienen terrenos para la restauración de los humedales
- Impacto en el empleo de las acciones realizadas en los predios adquiridos, en esta parte se buscaba identificar los empleos ejecutados una vez se adquirían terrenos en la restauración de los humedales
- Impacto de los usos futuros del humedal en la generación de empleo y nuevos servicios, en este apartado se describe los sectores donde se pueden generar empleos.

Cuando todas las entrevistas concluyeron, la entrada de la información fue organizada en una hoja de cálculo llamada *Efectos de la dinámica urbana*, que se encuentra respaldada con las respuestas de las partes interesadas. Los principales resultados se presentan en el segundo apartado de la entrevista, en donde se identifican las zonas recuperadas para ampliar la extensión de los humedales. Una vez realizado el trabajo de campo y las entrevistas se procedió a la construcción de la cartografía temática para el año 2015, que consistió en la caracterización de las zonas de conflictos de usos del suelo, identificación de zonas recuperadas y su clasificación en la superficie de los humedales. Como ejemplo de este trabajo se presenta el mapa del humedal Tibanica (Figura 72).



2004(a) 2015 (b)

Figura 72. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Tibanica en 2004(a) y 2015(b). Fuente: elaboración propia.

En síntesis, las principales problemáticas de los humedales se encuentran cuantificadas en diferentes proporciones. En primera instancia se identificó que los asentamientos ilegales representan una pérdida de territorio del 2,91%, luego las vías representan una fragmentación[34] del 1,04%. Seguidamente se determinaron las posibles afectaciones de la propiedad privada con un 23,08%, y la construcción de la ALO puede llegar afectar

[34]Para calcular la fragmentación que existe en los humedales por efectos de los asentamientos ilegales, ALO y las propiedades privadas fue necesario realizar una cartografía de conflicto de usos del suelo, teniendo como referencia las capas digitalizadas para los asentamientos ilegales en los años 2004 y 2015 y luego se cuantifico el área ocupada para determinar su afectación dentro del humedal. Luego para identificar la fragmentación de la ALO fue necesario localizar sus pasos por los humedales para cuantificar el área ocupada dentro de los humedales. Finalmente, para calcular las áreas ocupadas por las propiedades privadas se hizo un intersecto del área urbanística con los humedales para identificar las áreas que se encuentra en conflicto.

un 2,45%. El impacto en el empleo de las acciones realizadas en los predios adquiridos y los usos futuros del humedal en la generación de empleo y nuevos servicios se abordarán en el epígrafe 5.6.5.

5.6. Análisis pormenorizado de los indicadores descriptivos que integran el modelo propuesto

A continuación se presentan cada uno de los 20 indicadores utilizados, señalando la fuente, la evolución observada en la zona de estudio durante el periodo 2005-2015 y se incluye la cartografía descriptiva en algunos casos. En este sentido cabe destacar que 18 de los 15 indicadores se refieren a la localidad en la que se ubican los humedales. Esto ha facilitado la elaboración de una cartografía temática original representando los contrastes en el valor del indicador entre las seis localidades estudiadas. En algunos casos la cartografía aportada presenta un mayor detalle porque la información utilizada estaba disponible para cada uno de los barrios que integran la localidad. La información detallada sobre cada indicador se presenta en una tabla *ad hoc* en Anexo 1. En las siguientes secciones se abordan los grupos de indicadores según el subsistema –económico, social, urbanístico, ambiental y *crecimiento verde*- al que pertenecen. Se incluye la identificación de cada indicador y un extracto de la información en la que se basa su análisis posterior.

5.6.1. Indicadores económicos

El subsistema económico se basa en el indicador PIB (Producto Interior Bruto de la ciudad de Bogotá), del que proceden los fondos de inversión para la recuperación de los humedales y sus costos, tal y como lo proponen Ma *et al.* (2012) y OCDE (2013a). En la Tabla 13 se identifican los demás indicadores que actúan como variables de nivel con su secuencia temporal desde 2005 hasta 2015. Además, la Tabla incorpora el indicador que actúa como variable auxiliar, “Proporción de la inversión predial respecto del PIB”, “Ingresos per cápita”, “tasas de cambio económico, inversión y costo del suelo”. Se incluyen las ecuaciones utilizadas para calcular dichas tasas de cambio. No se incorporan los datos de las variables “tendencia económica”, “tendencia de inversión”, “tendencia del precio del suelo”, “tasa de cambio económico”, “tasa de inversión” y

"tasa de cambio precio del suelo" porque están implícitos en los valores de las correspondientes variables de nivel. Además, no se incluye la variable de nivel "inversión económica en saneamiento predial" porque se encuentra implícita en la variable auxiliar "saneamiento predial". En todo caso, el lector las encontrará en la tabla general de datos del modelo de simulación (Anexo 1).

Tabla 13. Subsistema de factores económicos en los humedales de Bogotá (SFERH)

Año	Indicadores del subsistema económico (1) (tipo de variable en según la dinámica de sistemas)				
	PIB (dólares) (1) (nivel)	**Saneamiento predial (en hectáreas) (nivel)**	**Precio del suelo (en dólares por hectárea) (nivel)**	**Proporción de la inversión predial respecto del PIB (en porcentaje) (auxiliar)X10^{-3}**	**Ingresos per cápita (en dólares por habitante) (auxiliar)**
2005	30.271.000	58,13	19.105	3,41	7.771
2006	30.449.598	16,27	31.886	3,39	7.681
2007	30.650.566	24,74	39.035	3,36	7.598
2008	30.843.664	4,20	25.478	3,83	7.513
2009	30.945.448	2,69	32.176	3,81	7.407
2010	31.010.434	0	42.369	3,80	7.294
2011	31.122.072	0	51.587	3,76	7.193
2012	31.299.468	0	61.144	3,71	7.109
2013	31.409.016	0	71.742	3,70	7.010
2014	31.531.512	0	83.773	4,20	6.915
2015	31.676.556	0,5	31.133	4,17	6.826

(1) Los valores del indicador se refieren al conjunto de la ciudad de Bogotá. Fuente: elaboración propia a partir de DANE (2017), UAECD (2016), EAAB y Adessa (2006), Conservación Internacional Colombia y EAAB (2010), Fundación Humedal La Conejera y EAAB (2003), Universidad Nacional de Colombia y EAAB (2006).

Algunos de los indicadores económicos que alimentan el subsistema económico son habituales de la bibliografía, como son los casos de los registros del PIB y su participación en proyectos ambientales. En cambio, los indicadores que analizan las inversiones económicas y su valoración en torno a la recuperación de los humedales son originales de este estudio.

Es sabido que el PIB es el indicador fundamental para medir y predecir el crecimiento económico, ya que determina el aumento de trabajos por metro cuadrado, renta per cápita, bienes y servicios. Para la construcción de la base de información de la presente investigación los datos primarios corresponden al PIB a precios constantes de Bogotá; han sido tomados como referencia porque reflejan la situación real de la economía y no tienen en cuenta la información de la inflación, que tiene un valor de $ 30.2710 millones de dólares para 2005 y $ 31.676 millones para 2015 (DANE, 2017). El uso de este indicador en el modelo es adecuado ya que de él derivan las previsiones de inversión pública en los humedales y estas no varían por localidad. Además, los cambios del indicador tienen una influencia directa en los costos del suelo en las zonas limítrofes al área de estudio.

El indicador del "PIB" es una variable de nivel que integra la "tendencia económica" con los registros de la variable auxiliar "tasa de cambio económico", por tanto, sus ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se expresan a continuación:

$$PIB = INTEG(tendenciaeconómica, PIB\ inicial) \qquad [Eq.1]$$

$$tendencia\ económica = \frac{PIB * tasa\ de\ cambio\ económico}{1000} \qquad [Eq.2]$$

$$tasa\ de\ cambio\ económico = \left(\frac{PIB\ final - PIB\ inicial}{PIB\ inicial}\right) * 100 \qquad [Eq.3]$$

El segundo indicador de este subsistema es "saneamiento predial", entendido como la recuperación de terrenos para la conservación de los humedales, y lo describe la variable "Superficie recuperada por la inversión en saneamiento predial" (todas las variables e indicadores se pueden consultar en la Tabla 9). Es un indicador interesante, ya que la asignación de recursos económicos del Estado constituye un predictor del desarrollo de las políticas de humedales y en concreto de los PMA. Los datos para calcular la cuantía de la variable "saneamiento predial" son estimaciones basadas en las entrevistas y en el año de inicio de los PMA de cada humedal, puesto que los registros de la EEAB descritos en la tabla 8 son datos generales. Para los humedales La Conejera, Capellanía y Tibabuyes, el valor correspondiente a los registros de saneamiento predial

en el año 2005 es de 58,13 hectáreas. Seguidamente en el año 2006 se registran 15,79 hectáreas para los humedales Jaboque y Meandro del Say. En 2007 hay una recuperación predial de 24,04 hectáreas en el humedal de Córdoba y posteriormente en 2008 el saneamiento predial registrado para el humedal El Burro es de 4,056 hectáreas. El humedal La Vaca recupera 2,57 hectáreas en 2009 y en los años siguientes no se registran nuevos PMA. Sin embargo, durante el trabajo de campo en 2015 se registró el saneamiento de nuevos predios para el humedal de La Vaca con un área de 0,5 hectáreas.

De acuerdo con los registros anteriores el saneamiento predial es una variable de nivel que se encuentra en función de la superficie recuperada y la inversión realizada para la recuperación de humedales. Las ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se presentan a continuación:

$$Saneamiento\ predial = INTEG(\ tendencia\ de\ saneamiento + STEP(0.5{,}2015) \qquad [Eq.4]$$

$$Tendencia\ de\ saneamiento = (\text{tasa de cambio} * \text{Saneamiento predial}) \qquad [Eq.5]$$

$$Tasa\ de\ cambio = \left(\frac{Dato\ final\ de\ san\ pred - Dato\ inicial\ de\ san\ pred}{Dato\ final\ de\ san\ pred}\right) \qquad [Eq.6]$$

Dat final de san pred: Dato final de saneamiento predial
Dat inicial de san pred: Dato inicial de saneamiento predial

El precio del suelo en las localidades limítrofes del área de estudio fue seleccionado por ser un indicador que puede determinar el atractivo urbano para la compra y venta de terrenos cercanos a los humedales. La información relacionada con este indicador se obtuvo del Censo Inmobiliario y fue suministrada por la UAECD desde los años 2005 hasta el 2015. Este indicador determina el valor económico de los predios por área construida y su valor inicial es de $154.13 mil dólares por m^2 para el 2005 y $ 552.21 mil dólares por m^2 para el 2015[35] (UAECD, 2016).

En el mapa de la Figura 73 se identifican los barrios que limitan con los humedales y se indica el aumento de los costos del suelo en áreas limítrofes de los humedales en el

[35] 462.260 pesos colombianos por m^2 para 2005 y 1.656.189 pesos colombianos por m^2 para 2015.

periodo analizado. Según la UAECD (2016), los incrementos en el precio de las zonas urbanas se generan debido a las nuevas áreas construidas. En el 2011 se identifican las nuevas construcciones de los barrios Tibabita y Torca de la localidad de Usaquén. Luego continúan los ascensos en los precios del suelo en el 2012 con las áreas construidas de los barrios: El Charco, Ferro Caja y el Tintal, de la localidad de Fontibón. Posteriormente, en el 2014 aumentan los precios en las áreas próximas al humedal Tibabuyes con la participación del Club Los Lagartos y los barrios Niza Sur y Prado Veraniego, emplazados en la localidad de Suba.

Para calcular el "precio de suelo" es necesario integrar el PIB, la tendencia del precio del suelo "tps" y su valor inicial. Este indicador relaciona las variables con la función MIN, que significa que a un menor valor del PIB, menor será la tendencia del precio del suelo. Sus ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se expresan de la siguiente forma:

$$Precio\ del\ suelo = INTEG(MIN(PIB, tps),\ Precio\ inicial\ del\ suelo) \quad [Eq.7]$$

$$tps = (precio\ del\ suelo * tccs) * 100 \quad [Eq.8]$$

$$tccs = \left(\frac{Dato\ inicial\ de\ inversión - Dato\ final\ de\ inversión}{Dato\ final\ de\ inversión}\right) * 100 \quad [Eq.9]$$

tccs: tasa de cambio del costo del suelo

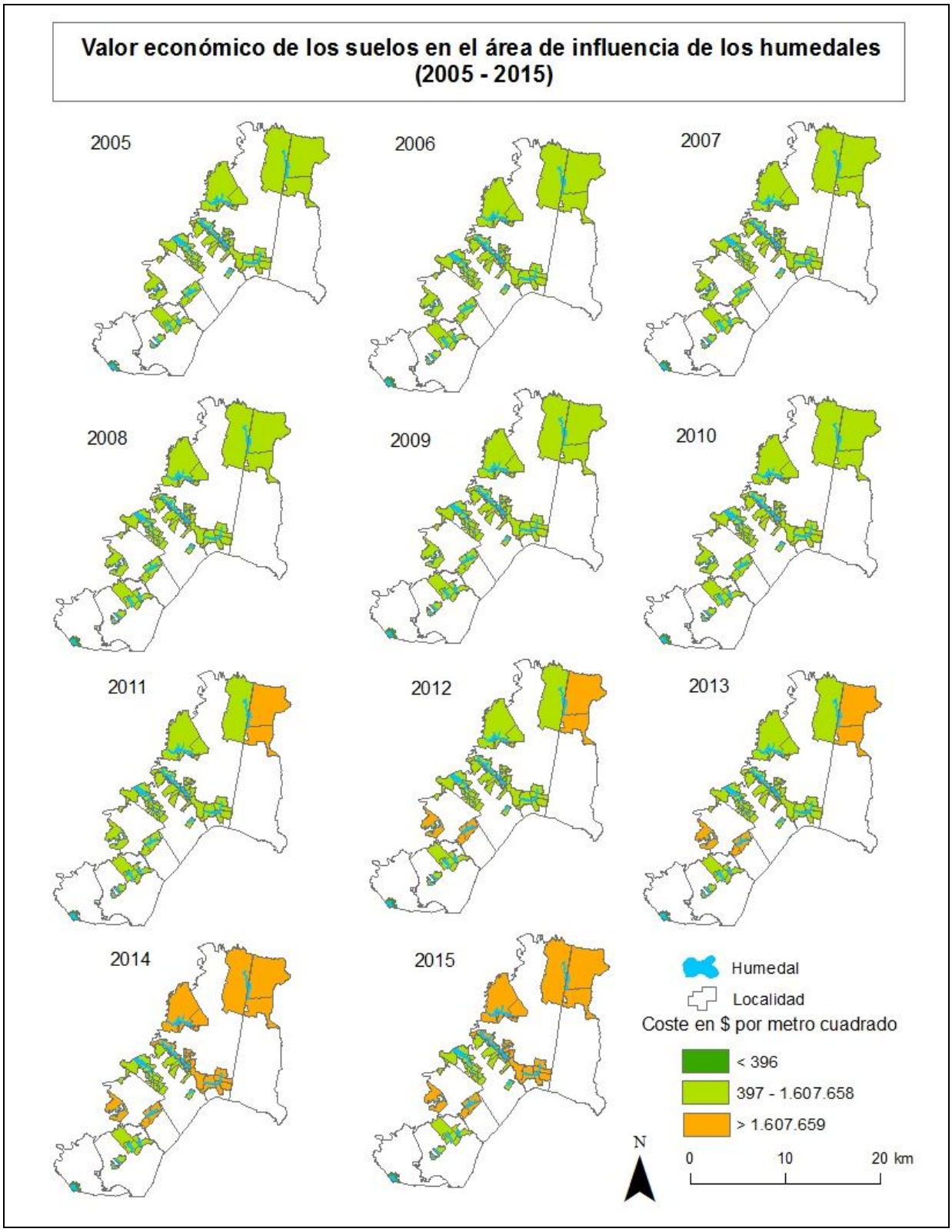


Figura 73. Valor económico de los suelos delimitados por barrios limítrofes en los humedales de Bogotá.

Nota: los datos se expresan en pesos colombianos por metro cuadrado. Fuente: elaboración propia.

La proporción de la inversión predial respecto del PIB es un indicador útil porque la asignación de recursos económicos del Estado permite pronosticar el desarrollo de las políticas de humedales y en concreto de los PMA. Para calcular su proporción se han obtenido y estimado (en algunos casos) las inversiones ejecutadas por la EAAB en actuaciones para la recuperación y re-naturalización de los espacios de agua. Los datos manejados para el año 2005 (0,034%) y los siguientes hasta 2008 son estimaciones basadas en asumir un porcentaje del PIB de Bogotá para su inversión anual en servicios ambientales, siguiendo los indicadores propuestos por la OCDE (OECD y ECLAC, 2014). A partir de 2008 el valor de la variable corresponde a las inversiones económicas del proyecto "Adecuación hidráulica y recuperación ambiental de humedales, quebradas, ríos y cuencas abastecedoras". Los datos anuales describen un incremento desde una inversión inicial aproximada de 1.033 mil dólares en el 2005 a una inversión aproximada de 1.318 mil dólares para 2015 (EAAB, 2013). La proporción de la inversión predial respecto del PIB es una variable auxiliar que se encuentra en función de la inversión para la adquisición de predios en humedales y el PIB. Las ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se presentan a continuación:

$$Proporción\ de\ la\ invesión\ predial\ respecto\ del\ PIB = \left(\frac{Inversión}{PIB}\right) * 100 \qquad [Eq.10]$$

La proporción de inversión predial describe un acenso desde 0,0034% en 2005 a 0,0041% en 2015. Sin embargo, el aumento en las inversiones en adquisición de predios en zonas en conflicto en los humedales no es suficiente. De hecho, esta situación puede incurrir en la pérdida de superficie de los humedales.

Finalmente, se seleccionaron los ingresos per cápita por ser un indicador que relaciona los ingresos económicos con la población de las localidades de Usaquen, Suba, Engativá, Fontibón, Kennedy y Bosa. La información se obtuvo a partir de las estadísticas del DANE (2013b). Este indicador se encuentra determinado por la siguiente ecuación:

$$Ingresos\ per\ capita = \left(\left(\frac{PIB}{Población}\right) * 0.50\right)_{(1)} \qquad [Eq.11]$$

(1) El PIB corresponde al total de la población. Se multiplica por un factor 0,50 ya que los ingresos de los habitantes que se encuentran en el área de estudio corresponden aproximadamente a la mitad de la población de la ciudad de Bogotá

Los datos anuales de los ingresos per cápita describen un descenso desde 3.885 dólares/habitante en 2005 a 3.438 en 2015 (DANE, 2013b; SDP, 2016). La disminución de los ingresos puede incurrir en un aumento en los asentamientos ilegales, tal y como se estudia en el siguiente apartado.

5.6.2. Indicadores sociales

El indicador de población hace parte del subsistema social y procede del crecimiento demográfico de las seis localidades estudiadas, tal y como lo proponen Ma *et al.* (2012) y Arquipino (2012). En la Tabla 14 se identifican los demás indicadores que actúan como variables de nivel con su secuencia temporal desde 2005 hasta 2015. No se incorporan los datos de las variables de flujo "tendencia demográfica", "tendencia de la desigualdad" y "tendencia de asentamientos", y tampoco se incorporan sus variables auxiliares "tasa demográfica" y "tasa De" (tasa de desigualdad económica) porque están implícitos en los valores de las correspondientes variables de nivel. En todo caso, el lector las encontrará en el Anexo 1 (tabla general de datos del modelo de simulación).

Tabla 14. Subsistema de factores sociales en los humedales de Bogotá (SFSH)

Año	**Indicadores del subsistema social (tipo de variable según la dinámica de sistemas)**		
	Población (nivel) (personas)	**Desigualdad económica (1) (nivel) X10^{-1}**	**Asentamientos ilegales (nivel) (hectáreas)**
2005	3.895.441	5,56	20,14
2006	3.964.201	5,31	20,70
2007	4.034.175	5,31	21,25
2008	4.105.384	5,31	21,80
2009	4.177.850	5,26	22,34
2010	4.251.596	5,26	22,87
2011	4.326.643	5,22	23,39
2012	4.403.014	4,97	23,92
2013	4.480.734	5,04	24,43
2014	4559825	5,02	24,94
2015	4640313	4,98	24,02

(1) Los valores del indicador se refieren al conjunto de la ciudad de Bogotá. Fuente: elaboración propia a partir de la revisión documental.

Algunos de los indicadores sociales que alimentan el subsistema social son habituales de la bibliografía, como los registros de la población y la desigualdad económica. En cambio, el indicador que analiza el área de los asentamientos ilegales presentes en las inmediaciones de los humedales es original de este estudio.

Es sabido que la población es el indicador fundamental para medir y predecir el crecimiento demográfico. Además, la presencia de los habitantes genera presiones en el territorio cercano a los humedales. Para la construcción de la base de información los datos primarios se obtuvieron de las estadísticas de la SDP (2016) y del DANE (2016), instituciones que trabajan conjuntamente para identificar el número de habitantes por localidades en la ciudad. La selección de los datos se encuentra sujeta a las localidades que limitan con los humedales, es decir, Suba, Engativá, Kennedy, Usaquén, Bosa y Fontibón. Los datos de entrada al sistema inician con 3.895.441 millones de habitantes en 2005 y 4.640.313 millones de habitantes en 2015 (SDP, 2016). En la siguiente cartografía se identifica el número de pobladores que forman parte de las localidades limítrofes y su cambio desde el 2005 hasta el 2015 (ver Figura 74).

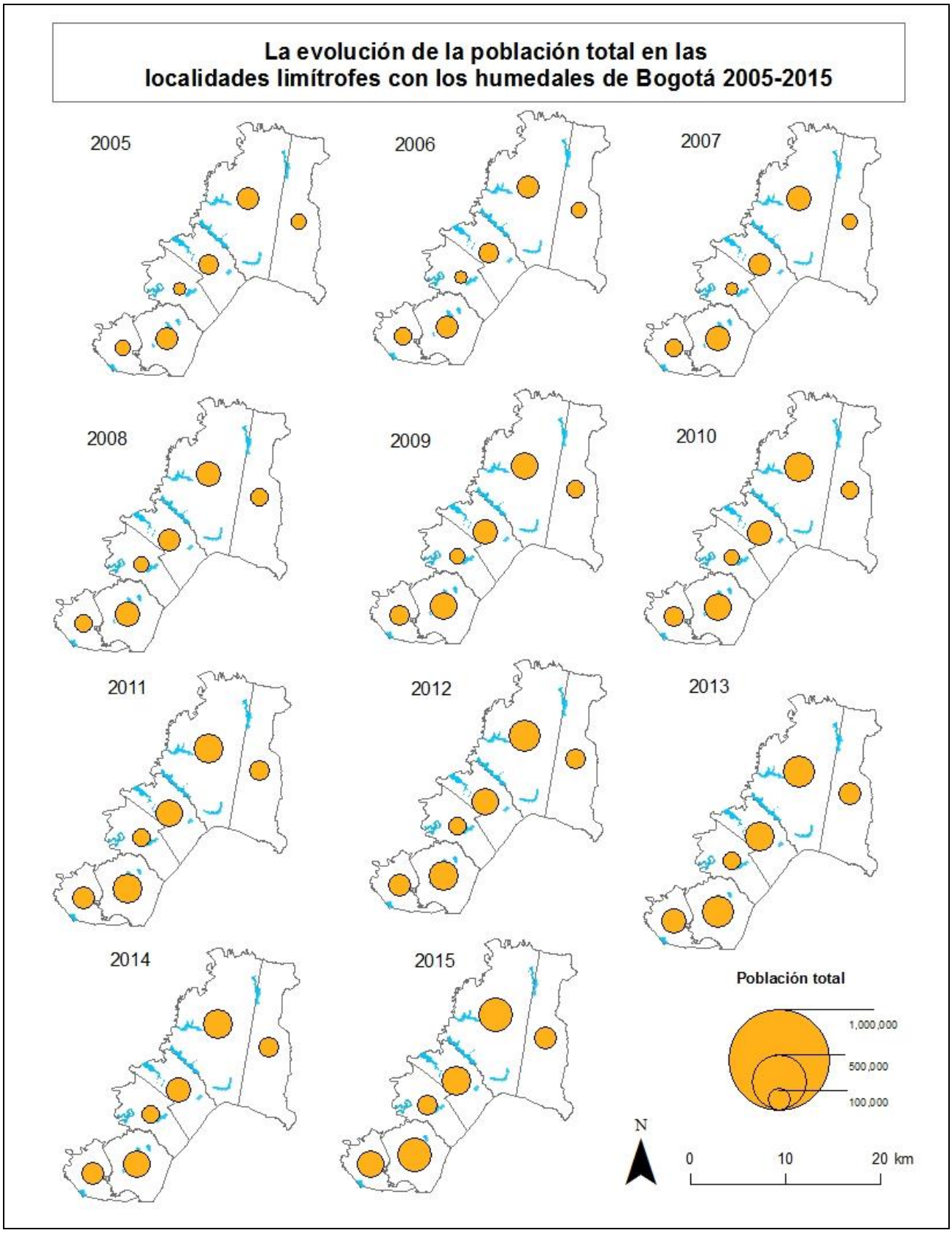


Figura 74. Población de las localidades limítrofes de los humedales. Fuente: elaboración propia a partir de las estadísticas de la SDP (2016) y el DANE (2016).

El indicador de “población” es una variable de nivel que integra la tendencia demográfica y acumula sus datos con la ayuda de su variable auxiliar “tasa demográfica”. Sus ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se muestran a continuación:

$$\text{Población} = \text{INTEG}(tendencia\ demográfica, Población\ inicial) \qquad [Eq.12]$$

$$Tendencia\ demográfica = \left(\frac{Población * tasa\ demográfica}{100}\right) \qquad [Eq.13]$$

$$tasa\ demográfica = \left(\frac{Población\ inicial - Población\ final}{Población\ final}\right) * 100 \qquad [Eq.14]$$

El uso de este indicador en el modelo es adecuado ya que de él derivan las previsiones del crecimiento población y los ingresos per cápita, indicadores que influyen en la “desigualdad económica”, entendida como la distribución de la riqueza en la población (Robison, 1998). La variable “coeficiente de Gini” describe a este indicador, que tiene una gran importancia porque su determinación constituye un predictor de la pobreza en las zonas limítrofes a los humedales. Para obtener los registros de la desigualdad económica se consultó la información de la Encuesta Integrada de Hogares (DANE, 2015). El indicador de la “desigualdad económica” es una variable de nivel que integra la tendencia de la desigualdad y los ingresos per cápita con la ayuda de la variable auxiliar “tasas de la desigualdad” (“tasa De”). Sus ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se expresan de la siguiente manera:

$$\text{De} = \text{INTEG}(\text{MIN}\ (\text{tendencia desigualdad}\ ,\ valor\ inicial) \qquad [Eq.15]$$

De: Desigualdad económica

$$Tendencia\ demográfica = \left(\frac{\text{Desigualdad económica} * tasa\ De}{100}\right) \qquad [Eq.16]$$

tasa De: tasa de desigualdad

$$tasa\ De = \left(\frac{Valor\ inicial - Valor\ final}{Valor\ final}\right) * 100 \qquad [Eq.17]$$

El siguiente indicador es “asentamientos ilegales”, entendido como el área ocupada por los habitantes en inmediaciones de los humedales y descrito por la variable “Superficie

ocupada por los asentamientos ilegales". El cálculo de este indicador (a partir de la determinación y localización de las zonas afectadas) permite no solo predecir el desarrollo de políticas de equidad social, sino que puede otorgar herramientas para que su diseño esté acorde con la situación real de los humedales. Para calcular el área ocupada por dichos asentamientos se siguió el procedimiento de reconstrucción documental descrito anteriormente (digitalización de áreas de las ortofotos disponibles del portal de mapas del IDECA). Los datos de entrada al sistema inician con 20,12 hectáreas en el año 2004 y finalizan con 24,02 hectáreas en el 2015 (IDECA, 2017). Para el año 2015 la información fue validada con el trabajo de campo.

El indicador "Área de asentamientos ilegales" es una variable de nivel que integra la "Desigualdad económica" y la "tendencia de asentamientos". Este indicador utiliza la función MIN, que significa que a menor desigualdad económica, menor será la tendencia de asentamientos. Las ecuaciones de este indicador son obtenidas del modelo de simulación y se expresan así:

$$\mathrm{Asil} = \mathrm{INTEG}(\mathrm{MIN}\,(De\ , tendecia\ de\ asentamientos), area\ inicial) \qquad [Eq.18]$$

Asil: Asentamientos ilegales
De: Desigualdad económica

$$tendencia\ de\ asentamientos = \left(\frac{Asentamientos\ ilegales * tasa\ de\ asentamientos}{100}\right) \qquad [Eq.19]$$

$$tasa\ de\ asentamientos = ((Area\ inicial\ /Area\ final)^{1/n}-1) * 100 \qquad [Eq.20]$$

5.6.3. Indicadores urbanísticos

El subsistema urbanístico incluye el indicador de área urbana, del que proceden la densidad predial, vías y propiedad privada de las seis localidades estudiadas, tal y como lo proponen Ma *et al.* (2012) y Arquipino (2012). En la Tabla 15 se identifican los demás indicadores que actúan como variables de nivel con su secuencia temporal desde 2005 hasta 2015. No se incorporan los datos de las variables de flujo "nueva superficie construida", "tendencia predial", "tendencia vial" y "tendencia de la propiedad privada" y tampoco se incorporan sus variables auxiliares "tasa de cambio predial", "tasa de área construida", "tasa vial" y "tasa de cambio de la propiedad

privada" porque están implícitas en los valores correspondientes a las variables de nivel. En todo caso, el lector las encontrará en el Anexo 1 (tabla general de datos del modelo de simulación).

Tabla 15. Subsistema de factores urbanísticos en los humedales de Bogotá (SFERH)

Año	Indicadores del subsistema urbanístico (tipo de variable según la dinámica de sistemas)				
	Área urbana en ha (nivel)	**Predios en unidades (nivel)**	**Densidad predial en unidades por ha (auxiliar)**	**Vías en ha (nivel)**	**Propiedad privada en ha (nivel)**
2005	10.428	1.039.310	99,66	602,05	272,90
2006	11.361	1.079.252	94,47	605,40	272,76
2007	12.463	1.120.729	89,95	608,77	272,63
2008	13.111	1.163.799	85,96	612,15	272,49
2009	14.365	1.208.525	82,43	615,55	272,35
2010	16.059	1.254.970	79,28	618,98	272,22
2011	17.328	1.303.200	76,45	622,42	272,08
2012	18.446	1.353.283	73,91	625,88	271,94
2013	19.614	1.405.291	71,60	629,36	271,81
2014	21.314	1.459.298	69,50	632,85	271,67
2015	22.438	1.515.380	67,59	636,37	271,53

Fuente: elaboración propia a partir de las bases de datos de UAECD (2017) y el IDU (2017).

Algunos de los indicadores que alimentan el subsistema urbanístico son habituales de la bibliografía, como los registros del área urbana, predios, densidad predial y vías. En cambio, el indicador que analiza el área de la propiedad privada presente en las inmediaciones de los humedales es original de este estudio.

Es sabido que el área urbana es un indicador fundamental para medir y predecir el crecimiento urbano de la ciudad de Bogotá. Para la construcción de la base de información de esta investigación, los datos primarios se obtuvieron de las estadísticas de la UAECD (2017), institución encargada de la actualización del censo predial para la determinación de los impuestos sobre dichos bienes. La selección de los datos se enfoca en las localidades que limitan con los humedales, es decir, Suba, Engativá, Kennedy,

Usaquén, Bosa y Fontibón. Los datos de entrada al sistema inician con 10,428 hectáreas en 2005 y finalizan con 22,420 hectáreas en 2015 (UAECD, 2016).

El indicador del "área urbana" es una variable de nivel que integra la "nueva superficie construida", "vías" y las "zonas en conflicto", y acumula sus datos con la ayuda de sus variables auxiliares "tasa de área construida" y "tasa vial". La variable "zonas en conflicto" será explicada en detalle en el siguiente apartado. Las ecuaciones del área urbana son obtenidas del modelo de simulación y se expresan así:

$$\text{Área urbana} = INTEG(nusco + vías + zconflic, área\ construida\ inicial) \qquad [Eq.21]$$

nusco: nueva superficie construida
zconflic: Zona en conflicto

$$nusco = \left(\frac{Área\ urbana * ta.cons}{100}\right) \qquad [Eq.22]$$

ta.cons: tasa de área construida

$$ta.cons = \left(\frac{Área\ construida\ inicial - Área\ construidafinal}{Área\ construidafinal}\right) * 100 \qquad [Eq.23]$$

El uso del indicador de área urbana en el modelo es pertinente ya que de él derivan las previsiones de la expansión urbana que influyen directamente en las "nuevas superficies construidas", entendidas como el crecimiento inter-anual de los predios y su ocupación en el territorio. La variable "nuevas superficies construidas" describe a este indicador y es relevante porque permite predecir cuáles serían las áreas construidas en las zonas limítrofes a los humedales. Para obtener los registros de las "nuevas superficies construidas" se consultó la información del Censo Inmobiliario del Catastro de Bogotá del año 2016. Los datos de entrada de entrada al sistema del "Área urbana" inician con 10.428 hectáreas en el año 2005 y finalizan con 22.420 hectáreas en el 2015 (UAECD, 2016). Asimismo, el área urbana se encuentra relacionada con las infraestructuras viales, entendidas como el área ocupada por las vías y descritas por la variable "Vías". Este es un indicador interesante ya que las construcciones han fragmentado severamente los humedales. Para calcular el área ocupada por las vías se consultaron los registros del IDU (2017) de la zona de estudio: los datos de entrada al sistema son 602 hectáreas para el año 2005 y 636 hectáreas para el 2015. El indicador de "Vías" es una variable de

nivel que integra la "tendencia vial" y la construcción de la ALO. La ecuación que determina su cálculo incluye la función STEP [36]y para el caso analizado esto significa que a partir del 2019 inician las construcciones de la ALO. Sus ecuaciones se expresan a continuación:

$$Vias = INTEG\,(tendencia\,vial + STEP\,(ALO,\ 2018\,),602.05) \qquad [Eq.24]$$

$$tendencia\ vial = \left(\frac{Vias * tasa\ vial}{100}\right) \qquad [Eq.25]$$

$$tasa\ vial = (Area\ inicial\,/Area\ final)^{1/n}\text{-1) *100} \qquad [Eq.26]$$

El siguiente indicador es la "densidad predial", que se refiere a la cantidad de predios en área urbana y lo describe el "número de predios en las hectáreas". Este es un indicador importante puesto que su determinación permite predecir la orientación de las políticas de planificación urbana en zonas próximas a humedales. Las fuentes consultadas para la reconstrucción documental fueron la UAECD, la SDP y la IDECA. Para calcular la densidad predial fue necesario identificar los predios presentes en el área de estudio y su ocupación territorial. Así pues, los datos de entrada al sistema son 99,66 predios por hectárea en el año 2005 y 67,59 predios por hectárea en el 2015 (UAECD, 2016) y su ecuación es la siguiente:

$$densidad\ predial = \left(\frac{Predios}{Área\ urbana}\right) \qquad [Eq.27]$$

En la Figura 75 se presenta la evolución de la densidad predial en las localidades limítrofes a los humedales desde el 2005 hasta el 2015. La cartografía describe las diferencias notables entre el número de predios por localidades, siendo las más densas Bosa, Kennedy, Engativá y Usaquén desde el 2012 hasta el 2015. Estas localidades contrastan con Suba y Fontibón por su gran volumen predial.

En términos generales, la cartografía de densidad predial identifica las zonas con mayor, mediana y menor densidad. En rojo se indican las zonas que presentan mayor presión

[36] Paso en el tiempo que indica los cambios de pasos que se tienen en un modelo. Como es el caso de una nueva construcción que se tiene planeada construir.

por cantidad de predios, el amarillo representa una mediana presión predial y el verde la menor presión. Los registros indican que los cambios significativos de la densidad predial comienzan a partir de los 26.89 predios por hectárea en 2005 hasta 67.68 predios por hectárea en 2015.

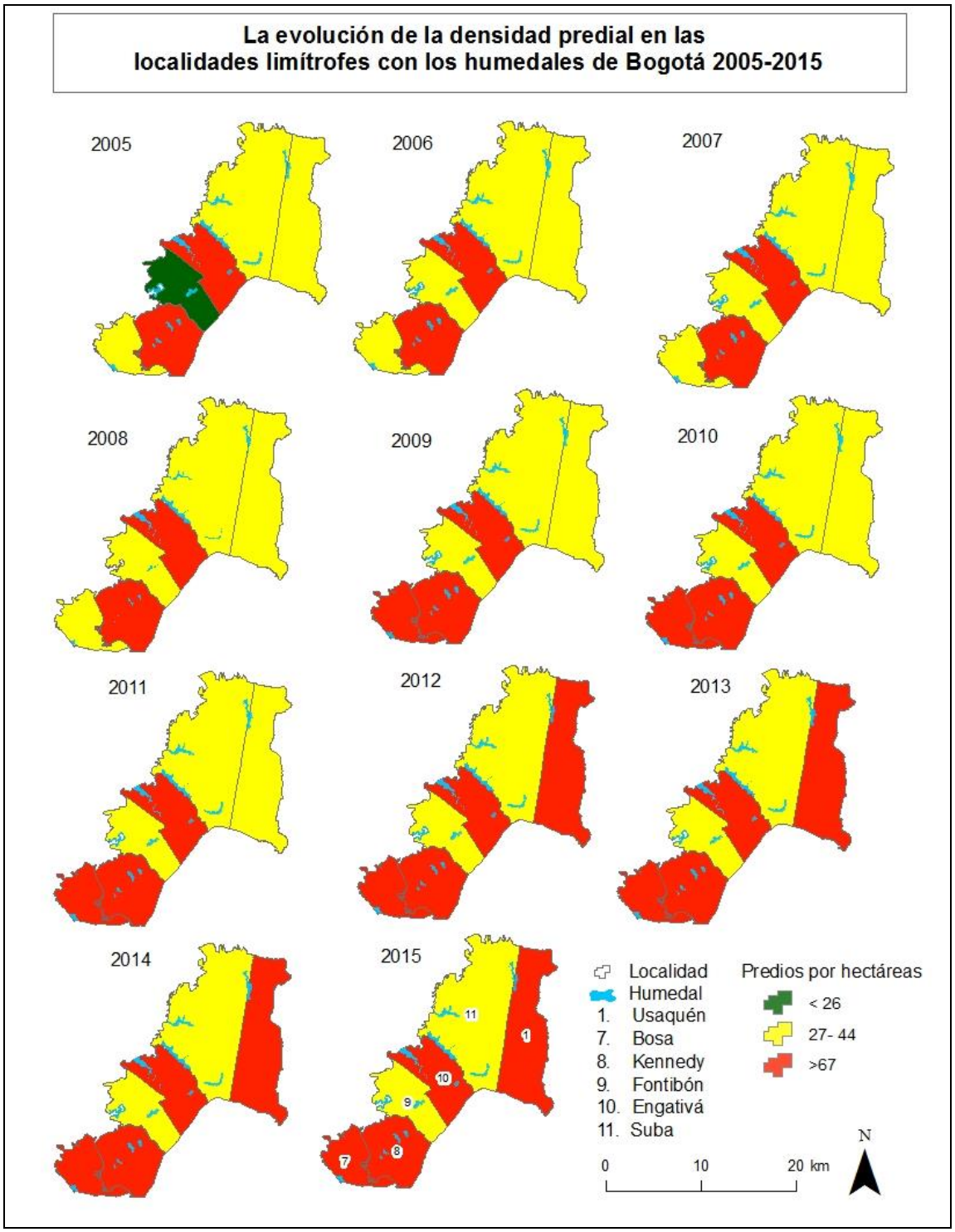


Figura 75. Evolución de la densidad predial en las localidades limítrofes a los humedales. Fuente: elaboración propia.

El indicador de "propiedad privada" se refiere a bienes de propiedad de grandes constructoras y particulares en inmediaciones de los humedales, y lo describe la variable "Superficie ocupada por la propiedad privada". Este indicador potencialmente puede permitir pronosticar la dinámica de las políticas de inversión económica para ampliar los terrenos de los humedales, de ahí su importancia. Para calcular el área ocupada por la propiedad privada se siguió el procedimiento de reconstrucción documental a partir de ortofotos descrito anteriormente. Además, para determinar el área ocupada por la propiedad privada fue necesario identificar los predios presentes en inmediaciones de los humedales. Inicialmente se consultó a la EAAB pero la información obtenida no fue concluyente, entonces fue necesario acudir a las partes interesadas y realizar entrevistas semiestructuradas. Así pues, los datos de entrada al sistema son 272,90 hectáreas para el año 2005 y 271,53 hectáreas para 2015.

El indicador de "propiedad privada" es una variable de nivel que integra la "tendencia vial" y la construcción de la ALO. Sus ecuaciones se muestran a continuación:

$$Prop\ priv = INTEG\ (ten.propriv, Val.in\ del\ ar\ ocup\ \ prop.priv.) \qquad [Eq.28]$$

Prop.priv: Propiedad privada
ten.propriv: tendencia de la propiedad privada
Val.in del ar ocup prop. priv: Valor inicial del área ocupada por la propiedad privada

$$ten.propriv = \left(\frac{Prop.priv * tc\ prop.priv}{100}\right) \qquad [Eq.29]$$

tc prop.priv: tendencia de la propiedad privada

$$tc\ prop.priv = (Area\ inicial\ /Area\ final)^{1/n}-1)\ *100 \qquad [Eq.30]$$

5.6.4. Indicadores ambientales

El subsistema ambiental incluye el indicador de Estructura Ecológica Principal (EEP), que engloba factores como el área de los humedales, la superficie recuperada y las zonas en conflicto del área estudio, tal y como lo proponen Ma *et al.* (2012), García (2012) y Estrada (2014). En la Tabla 16 se identifican los demás indicadores que actúan como variables de flujo y nivel con su secuencia temporal desde 2005 hasta 2015. No se incorporan los datos de las variables de flujo "tendencia de zonas verdes" ni de las variables auxiliares "tasa de zonas verdes", "EEP per cápita" y "Zvpc" (zonas verdes

per cápita), porque están implícitas en los valores de las correspondientes variables de nivel y auxiliar. En todo caso, el lector las encontrará en el Anexo 1 (tabla general de datos del modelo de simulación).

Tabla 16.Subsistema de factores ambientales en los humedales de Bogotá (SFAH)

Año	Indicadores del subsistema ambiental (tipo de variable según la dinámica de sistemas)			
	Estructura Ecológica Principal (1) (EEP en ha) (auxiliar)	**Área de los humedales en ha (nivel)**	**Zonas en conflicto adimensional (2) (flujo) X10^{-2}**	**Zonas verdes y parques urbanos en ha (nivel)**
2005	4129,12	375,13	2,47	2.460
2006	4166,55	442,55	2,91	2.430
2007	4295,74	471,74	2,76	2.530
2008	4803,53	509,53	2,92	3.000
2009	5222,63	528,63	2,63	3.400
2010	4849,23	545,23	2,24	3.010
2011	4901,493	557,49	2,02	3.050
2012	4952,78	568,78	1,86	3.090
2013	4853,37	579,38	1,71	2.980
2014	4913,30	589,30	1,50	3.030
2015	6364,14	598,17	1,40	4.472

(1) Los valores del indicador se refieren al conjunto de la ciudad de Bogotá. (2) Los valores del indicador no tienen dimensiones. Fuente: elaboración propia a partir de la revisión documental.

Algunos de los indicadores ambientales que alimentan el subsistema ambiental son habituales de la bibliografía, como los registros de "Estructura Ecológica Principal" y "Zonas verdes y parques urbanos". En cambio, los indicadores que analizan el "Área de los humedales" y "zonas en conflicto" son originales de este estudio.

La EEP es un indicador fundamental que integra las áreas protegidas, parques urbanos, corredores ecológicos, humedales y zonas especiales del río Bogotá (Remolina, 2006 ; Andrade *et al.,* 2008). Para la construcción de la base de información de esta investigación los datos primarios fueron obtenidos del Observatorio Ambiental de Bogotá, institución a cargo de la SDA cuyo objetivo es reportar la situación actual de los recursos naturales de la ciudad. Los datos manejados para el año 2005 (4.129

hectáreas) y los siguientes años son estimaciones basadas en la recuperación de territorio en los humedales y zonas en conflicto. Por estimaciones del modelo se obtiene un valor de 6.364 hectáreas en el año 2015 y la ecuación que se propone para calcular la EEP es la sumatoria de los diferentes componentes que la conforman, como se indica a continuación:

$$EEP = ar.hum + zvpu + cezerBogt \qquad [Eq.31]$$

EEP: Estructura Ecológica Principal
ar.hum: área de humedales
zvpu: Zonas verdes y parques urbanos
cezerBogt: Corredores ecológicos y zonas especiales del río Bogotá

El uso de la EEP en el modelo es pertinente ya que de él derivan las previsiones de las áreas protegidas de la ciudad, lo que influye directamente en el "Área de los humedales", entendido como la extensión ocupada por humedales en la zona urbana. La variable "Superficie anual ocupada en hectáreas" describe a este indicador, que constituye un predictor de la recuperación de las zonas en conflicto de los humedales. Para obtener los registros del "Área de los humedales" se consultó la información de la SDA y también fue necesario identificar las zonas en conflicto y su extensión recuperada. Los datos de entrada al sistema del "Área de humedales" son 375,13 hectáreas en el año 2005 y 598,17 hectáreas en el 2015. Para calcular el "Área de los humedales" se integra la "superficie recuperada y su afectación de las "zonas en conflicto". Su ecuación se expresa a continuación:

$$ar.hum = INTEG\ (suprecu + \mathrm{ar.hum} * zconflic\ ), valor\ inicial\ ) \qquad [Eq.32]$$

ar.hum: área de humedales
suprecu: superficie recuperada
zconflic: zonas en conflicto
cezerBogt: Corredores ecológicos y zonas especiales del río Bogotá

El siguiente indicador corresponde a las "zonas en conflicto", que se encuentran determinadas por los efectos del crecimiento del área urbana en los humedales, las infraestructuras viales, la propiedad privada y los asentamientos ilegales. Dicha variable se describe por la "Proporción de las zonas en conflicto". Este es un indicador interesante ya que la localización de zonas afectadas permite predecir el desarrollo de políticas de inversión económica basadas en la recuperación de terrenos de los

humedales. Para calcular las zonas en conflicto se ha utilizado la ecuación cuadrática, tal y como lo propone García (2012) en su modelo de gestión de reservas naturales y agricultura extensiva. Se asume que la afectación del área de los humedales no es lineal sino cuadrática, entonces para reproducir esa relación se eleva al cuadrado el cociente entre el área de los humedales, área urbana y propiedad privada. La expresión $(\frac{ar.hum}{Area\ urbana+Prop.priv})$ ^2 es siempre mucho menor que 1 ya que los valores iniciales son

375,13, 10.428 y 272,9, por lo tanto (375,13/10428+272.9) ^2 será un valor muy pequeño. No obstante, se ha puesto un límite para evitar bloqueos del modelo y es que este valor sea igual a 1; para ello se ha utilizado la función Min (1,....) que tomará siempre el valor resultante del cociente entre las superficies al cuadrado, y la situación límite será igual a 1, es decir que la zona en conflicto será igual al valor del área urbana y la propiedad privada. Además, se incluyen los asentamientos ilegales, que afectan directamente la extensión de los humedales, de acuerdo con lo visto en el trabajo de campo. Otra variable importante en esta ecuación es la time STEP (que significa paso en el tiempo) y para este modelo vale 1, esto significa que cada año se presenta afectación sobre los humedales. Los datos manejados en el sistema inician con 0,024 Dmnl[37] en el año 2005 y 0,011 Dmnl en el 2015 y su ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$zconflic = \text{Asil} * \text{Min}\left(1, \left(\frac{ar.hum}{Area\ urbana + Prop.priv}\right)\right)^2 / TIME\ STEP \qquad \text{[Eq.33]}$$

Asil: Asentamientos ilegales
Prop.priv: Propiedad privada
time step: Intervalo de tiempo de la simulación (anual)

El indicador "Zonas verdes y parques urbanos" es un elemento clave para la calidad de la vida urbana porque contribuye a la regulación del clima, captura de contaminantes y control de inundaciones (Chiesura, 2004; Lee y Maheswaran, 2011; De la Barrera, Reyes-Paecke y Banzhaf 2016). Debido a la importancia que aporta dicho indicador en zonas urbanas se ha tenido en cuenta para el modelo de simulación. De este modo el indicador se encuentra definido como el área ocupada por las zonas verdes y los parques urbanos en el área de estudio y lo describe la variable "Superficie ocupada por las zonas verdes y parques urbanos". La localización de zonas verdes constituye un predictor para

[37] Los números son tratados como valores adimensionales

el desarrollo de políticas de infraestructura verde, por esta razón este indicador es pertinente. Los datos de entrada al sistema son 2.460 hectáreas en el año 2005 y 4.472 hectáreas en el 2015 (OAB, 2012).

Para calcular el área ocupada por las zonas verdes se integra la "tendencia de zonas verdes" y su valor inicial, que aumenta por efecto de los registros de la "tasa de zonas verdes". Sus ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se expresan a continuación:

$$Zonverdesparqurb = INTEG\,(ten.zon\ ver, Val.in\ zonver.) \qquad [Eq.34]$$

Zonverdesparqurb: Zonas verdes y parques urbanos
ten.zon ver: tendencia de zona verde
Val.in zonver: Valor inicial del área ocupada por las zonas verdes y parques urbanos

$$ten.zonver = \left(\frac{Zonverdesparqurb * tzv}{100}\right) \qquad [Eq.35]$$

tzv: tasa de cambio de zonas verdes

$$tzv == (Area\ inicial/Area\ final)^{1/n}\text{-1) *100} \qquad [Eq.36]$$

5.6.5. Indicadores de *crecimiento verde*

El subsistema de *crecimiento verde* incluye el indicador de atractivo urbano, del que procede el precio del suelo, la EEP per cápita, la demanda de productos y servicios verdes, y empleos verdes del área de estudio, tal y como lo proponen Hammer *et al.* (2011). En la Tabla 17 se identifican los indicadores del subsistema de *crecimiento verde*, pero no se incorporan los datos de las variables de flujo y sus variables auxiliares "nueva demanda de servicios verdes", "nuevos empleos verdes", "tasa de cambio productos verdes" y "tasa de empleos verde", porque están implícitas en los valores correspondientes a las variables de nivel. En todo caso, el lector las encontrará en el Anexo 1 de la tabla general de datos.

Tabla 17. Subsistema de factores de crecimiento verde en los humedales de Bogotá (SFCVH)

Año	Indicadores del subsistema de *crecimiento verde* (tipo de variable según la dinámica de sistemas)		
	Atractivo urbano adimensional (auxiliar)	**Demanda de productos y servicios verdes en número de visitas a los humedales (nivel)**	**Empleos verdes en N° de empleos para la restauración de humedales (nivel)**
2005	3,52	16.000	96
2006	4,88	16.886	101
2007	5,69	17.822	105
2008	4,43	18.809	110
2009	5,21	19.851	115
2010	6,34	20.951	117
2011	7,38	22.112	117
2012	8,45	23.284	117
2013	9,63	24.445	117
2014	10,94	25.606	117
2015	12,37	26.930	117

Fuente: elaboración propia a partir del modelo de simulación.

Los indicadores que alimentan el subsistema de *crecimiento verde* son originales de esta investigación, como los registros del atractivo urbano, empleos verdes, y demanda de productos y servicios verdes. Sin embargo, el desarrollo de dichos indicadores representa un desafío metodológico porque no existen directrices claras para identificar los empleos y la demanda de servicios verdes en la economía actual.

Hammer *et al.* (2011) describen el atractivo urbano como un indicador que integra diferentes factores económicos, sociales y ambientales, aunque estas relaciones no se habían verificado previamente de manera exhaustiva para el caso particular de la gestión de los humedales de Bogotá. Por ello se propone que el atractivo urbano esté conformado por el precio de suelos en zonas limítrofes a los humedales, la EEP per cápita, los empleos verdes, la demanda de productos y servicios verdes. De este modo sus datos manejados en el sistema son 3,5 en 2005 y 12,37 en 2015. Para calcular el atractivo urbano se propone usar el promedio de los diferentes componentes que conforman este indicador, como se indica en la siguiente ecuación.

$$au = \frac{EEP\ per\ cápita * (0{,}0004) + Emver * (0{,}0004) + Presuel * (0{,}0004) + Demproductoserver * (0{,}0002)}{4} \quad [Eq.37]$$

au: atractivo urbano
EEP per cápita: estructura ecológica principal por habitante
Emver: Empleos verdes
Presuel: precio
Demproductoserver: Demanda de productos y servicios verdes

No obstante, esta ecuación presenta algunos sesgos porque el valor de cada indicador varía continuamente y adicionalmente el valor del precio del suelo puede ser superior a los otros componentes, reduciendo su importancia. Para balancear este sesgo se ha determinado que los indicadores se deben multiplicar por 0,004 y dividir por 4 para así estabilizar la ecuación y dar igual prioridad a todos los componentes, de acuerdo con los principios propuestos por Hammer *et al.* (2011).

Continuando con los indicadores del *crecimiento verde*, la "Demanda de productos y servicios verdes" se encuentra determinada por la inversión de proyectos de restauración de humedales y la nueva demanda de servicios y productos verdes, y la describe la variable "número de visitas a humedales". Este es un indicador interesante ya que su determinación constituye un predictor para el desarrollo de políticas verdes en las inmediaciones de los humedales de Bogotá. Para calcular la "Demanda de productos y servicios verdes" es necesario relacionar la "Inversión", puesto que a menor inversión será menor y la nueva demanda de servicios verdes y el número de visitas. Por esta razón se incluyen la función (MIN). Una vez integradas las variables se relaciona las ecuaciones utilizadas para determinar la demanda de productos y servicios verdes, las cuales son obtenidas del modelo de simulación y se muestran a continuación.

$$Demproductoserver = INTEG(MIN(Inversión, nudsv), N^{o}\ de\ visitas\ in.) \quad [Eq.38]$$

Demproductoserver: Demanda de productos y servicios verdes
nudsv: nueva demanda de servicios verdes
N°de visitas in: número de visitas iniciales

$$nuds = \left(\frac{Demproductoserver * tcserver}{100}\right) \quad [Eq.39]$$

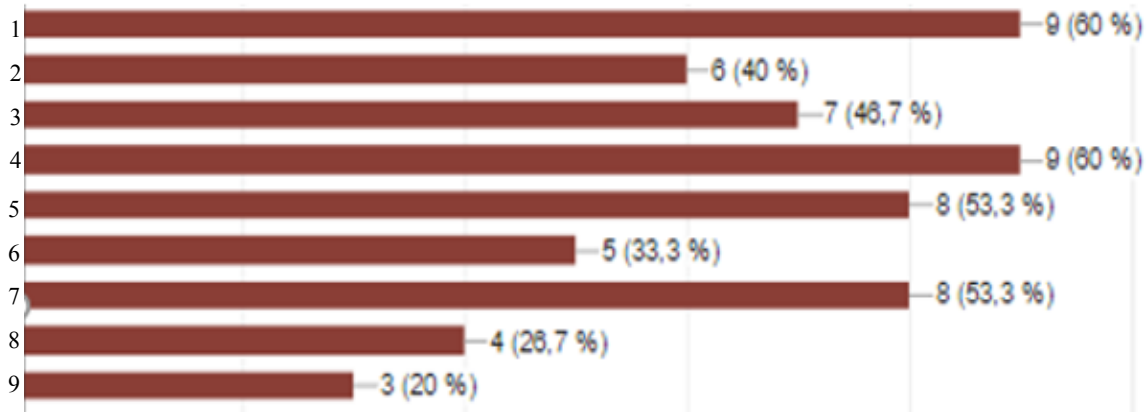
tcserver: tasa de cambio de servicios verdes

$$tcserver = (N^{o}\ de\ visitas\ iniciales / N^{o}\ de\ visitas\ finales)^{1/n} - 1) * 100 \quad [Eq.40]$$

n: número de años

El tercer indicador del subsistema de *crecimiento verde* es “Empleos verdes”, entendido como la empleabilidad requerida en la restauración de humedales y lo describe la variable “N° de empleos verdes”. Este es un indicador útil porque provee herramientas para determinar el desarrollo de políticas verdes en las inmediaciones de los humedales de Bogotá. Para calcular el número de empleos se han consultado fuentes y también se han hecho estimaciones propias. En principio se han tomado como referencia los PMA y los planes de acción, documentos que son requeridos por la SDA y que consignan el personal requerido, recursos y costos para la recuperación de los humedales. No obstante, identificar el número de empleos en dichos documentos ha sido una tarea difícil porque no se encuentran disponibles todos los planes de acción, por ello se ha tomado como referencia el plan de acción del humedal Jaboque que identifica aproximadamente 69 empleos requeridos para labores de construcción y 27 empleos para actividades administrativas y mantenimiento (EAAB y Adessa, 2006). En la Gráfica 4 se presentan los resultados de las entrevistas semiestructuradas y se evidencia que las actividades más frecuentes son la delimitación, el amojonamiento para proteger las zonas de manejo y la preservación ambiental de los humedales. Para el desarrollo de estas actividades se requieren aproximadamente de 20 a 30 personas. En cambio, las actividades que se ejecutan en menor proporción son el saneamiento hídrico y la disposición final de residuos sólidos, y el número de empleos requeridos en este campo se encuentra en un rango de 1 a 5 personas.

Gráfica 4. Empleos verdes que se generan por las actividades que se indican (proporción)



(1) Delimitación y amojonamiento (2) Estudios técnicos (monitoreo biológico, inventario de fauna y flora, actualización del PMA) (3) Mantenimiento (vigilancia, malla eslabonada, espejo de agua, vegetación lacustre, áreas comunes, compostaje, retiro de escombros o basura) (4) Restauración ecológica (control de vegetación acuática, siembra de árboles, control del nivel de agua, siembras endémicas) (5.) Protección mediante cerramientos (6) Disposición final de residuos sólidos (7) Habilitación para actividades de educación ambiental (8) Saneamiento hídrico (9) Todas las anteriores. Fuente: elaboración propia.

De igual manera, las labores de educación ambiental requieren de 1 a 5 personas. Del mismo modo, el personal que se necesita para la elaboración de estudios y diseños (actividades ejecutadas por universidades o empresas de consultoría que cuentan con un grupo de profesionales capacitados en diversas áreas para realizar inventarios de flora y fauna, estudios de calidad de agua e inundación, entre otros) es de 1 a 5 profesionales. Según Villalobos (2016), los puestos de trabajo en los humedales de la localidad de Kennedy han sido muy cambiantes, puesto que en el 2007 las actividades constructivas iniciaron con 30 empleos, que luego fueron disminuyendo de acuerdo con la culminación de las actividades constructivas.

En síntesis, el valor para el año 2005 es 96 y el de los siguientes años corresponde con estimaciones basadas en el inicio de los PMA y las entrevistas semiestructuradas. Así, los datos anuales describen un aumento en la empleabilidad aproximado de 117 en el 2015. Para calcular los "empleos verdes" en el modelo de simulación es necesario integrar la "superficie recuperada", "nuevos empleos verdes" y su número de empleos iniciales, teniendo en cuenta la función MIN, que significa que a menor superficie recuperada, menores son los "nuevos empleos verdes". Así, las ecuaciones del número de empleos verdes son obtenidas del modelo de simulación y se muestran a continuación:

$$\mathrm{EV} = \mathrm{INTEG}(MIN\,(superfice\ recperda, "nev".), valor\ inicial \qquad [Eq.41]$$

EV: empleos verdes
nev: nuevos empleos verdes

$$nev = (\,tev * Ev) * 100 \qquad [Eq.42]$$

tev: tasa de empleos verdes

$$tev = \left(\left(\frac{empleos\ iniciales}{empleos\ finales}\right)1/\mathrm{n} - 1)\right) * 100 \qquad [Eq.43]$$

En la siguiente cartografía se identifica el número de empleos verdes en el área de estudio y sus cambios desde el 2005 hasta el 2015 (ver Figura 76).

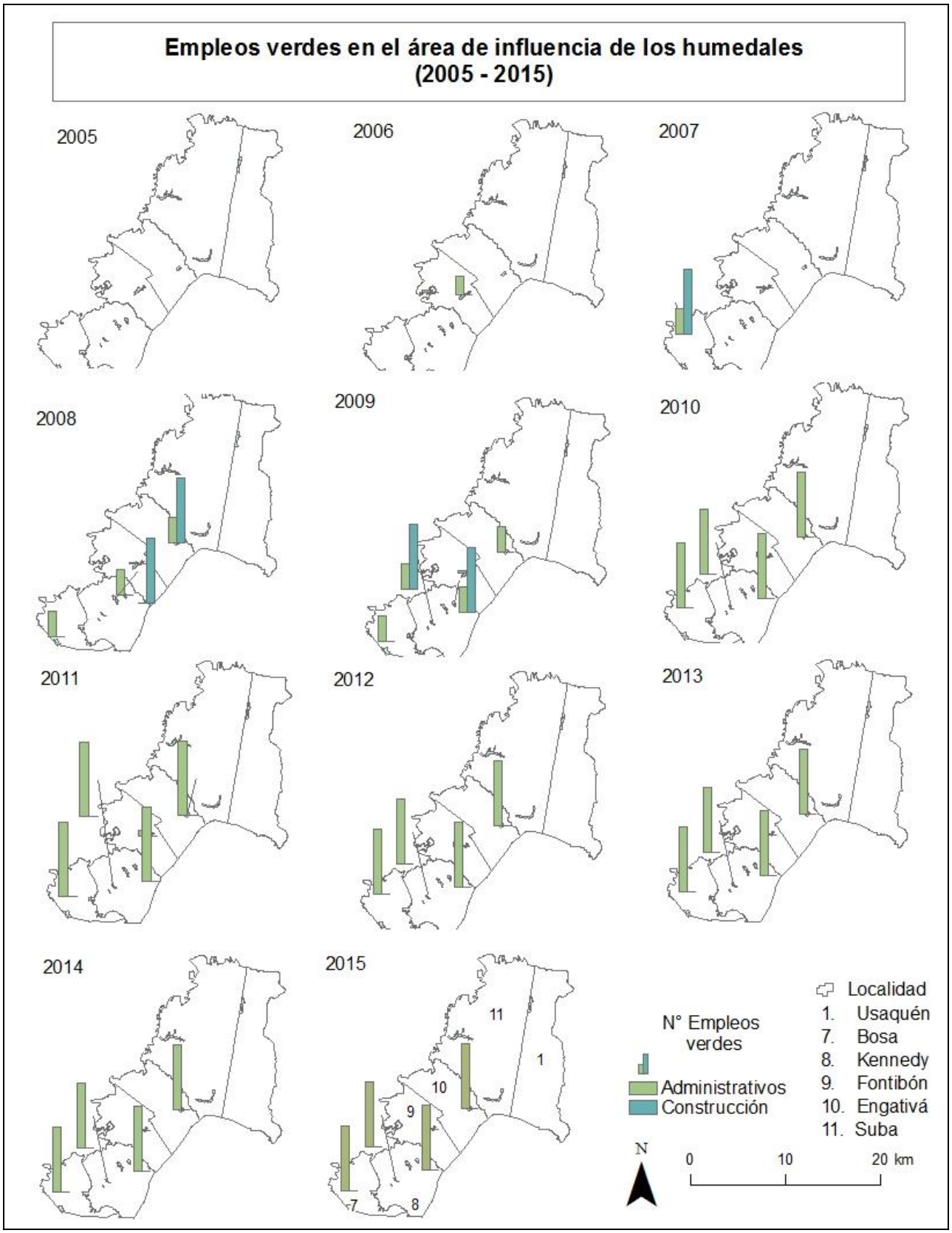


Figura 76. Empleos verdes en el área de estudio. Fuente: elaboración propia.

6. EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DE LOS HUMEDALES EN DIFERENTES ESCENARIOS

Como etapa final de esta modelización se procede a simular los cambios que se observaron en la dinámica urbana y su impacto en los humedales en distintos escenarios. Estos cambios se simularon desde el año 2015 hasta 2030, aunque la serie temporal en la que se basa la predicción inicia en 2005. Esto es así porque, como ya se ha dicho, es en ese año cuando surgieron en Colombia las diferentes políticas para la protección de los humedales estudiados. En este apartado de la tesis se presenta, en primer lugar, un diagnóstico previo para analizar el impacto en la superficie de los humedales entre 2005 y 2015. Posteriormente, los cambios se examinan a partir de tres escenarios prospectivos, que contemplan desde (I) el mantenimiento del escenario actual, (II) el control del crecimiento urbano y (III) escenario de impulso al *crecimiento verde*. Los resultados incluyen un análisis detallado de los principales indicadores que analizan las áreas de los humedales, la proporción de la inversión predial respecto del PIB de los humedales, las zonas en conflicto, los asentamientos ilegales, el área urbana, el saneamiento predial, los empleos verdes, la demanda de productos y servicios verdes, y el atractivo urbano.

6.1 Diagnóstico previo. Evolución de los conflictos en los usos de los suelos próximos a los humedales e impacto en su extensión entre 2005 y 2015

Se realizó un diagnóstico de la evolución de los conflictos de los usos de los suelos en el área de estudio entre 2005 y 2015. Las principales afecciones identificadas son causadas por el crecimiento poblacional y sus efectos, entre los que se destaca la invasión por factores como asentamientos humanos, multiplicación de viviendas, fragmentación vial, industrias y parqueaderos. Los cambios se examinan a partir del trabajo de campo y las entrevistas con actores implicados, y como resultado se expone su cartografía de síntesis. El análisis del diagnóstico previo inicia en el año 2005, puesto que en ese año entra en vigor la Política de Humedales Distritales de Bogotá. En primer lugar, se realizó un diagnóstico previo y para ello se tomaron como referencia las ortofotos de finales de 2004 por su precisión y disposición en el portal de mapas del

IDECA. Posteriormente se realizó el trabajo de campo en 2015 para validar y conocer los conflictos y usos de los suelos en los humedales. De esta manera fue posible localizar y comparar los resultados para los años 2004 y 2015, que se encuentran en pésimas condiciones ambientales y sociales. Estas y otras cuestiones se describen a continuación.

En la actualidad el humedal Capellanía es objeto de diferentes impactos sobre su extensión por efectos de construcciones viales y ocupaciones indebidas del sector industrial (Conservación Internacional Colombia y EAAB, 2008). Según estimaciones propias, las construcciones viales y el sector industrial afectan aproximadamente el 6,44% de la extensión de este humedal. Tal y como se indica en la Figura 77, la avenida La Esperanza lo fragmenta en su parte nor-oriental, adicionalmente la vía del ferrocarril corta una pequeña parte de su extensión al suroccidente y en este mismo sector se identifica una estación de energía eléctrica que invade una pequeña parte del humedal.

2004 **2015**

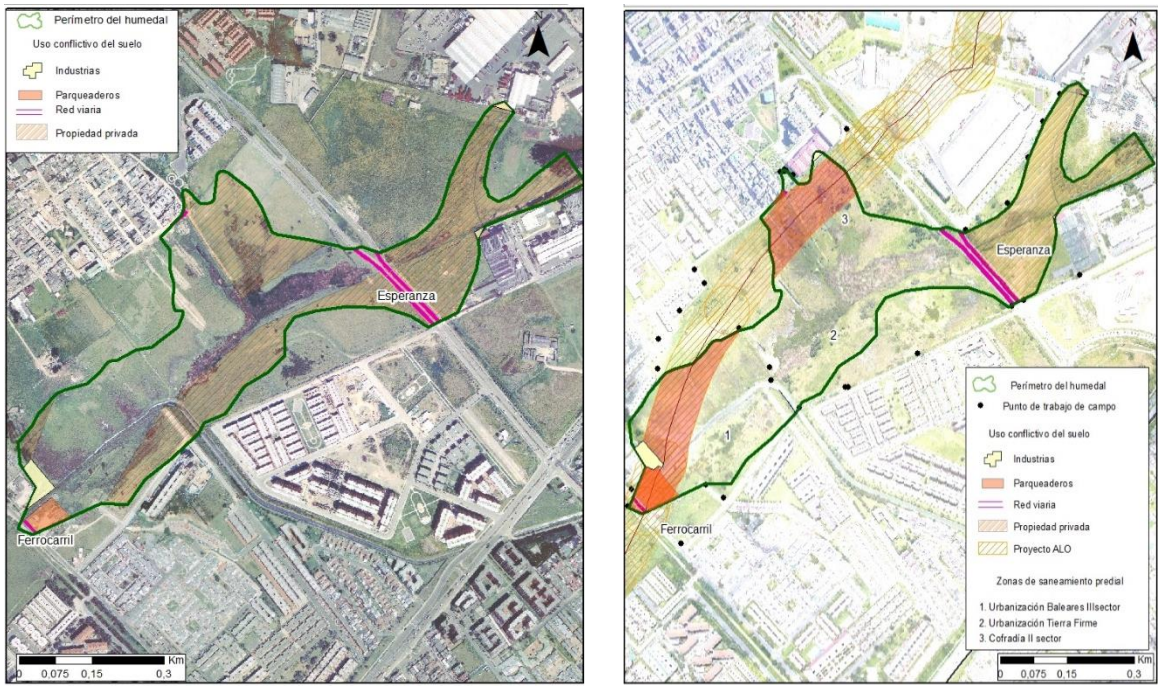


Figura 77. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Capellanía en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

A pesar del intenso impacto del área urbana en la zona, el humedal Capellanía recibe buenas valoraciones por parte de los actores involucrados respecto a las gestiones relacionadas con el saneamiento predial, puesto que se reconoce una reducción de las áreas en conflicto. En la Figura anterior se puede observar la recuperación de tres zonas

importantes que suman 10,16 hectáreas y en la Tabla 19 se detalla el área ocupada por urbanización y los actores que participaron en su caracterización.

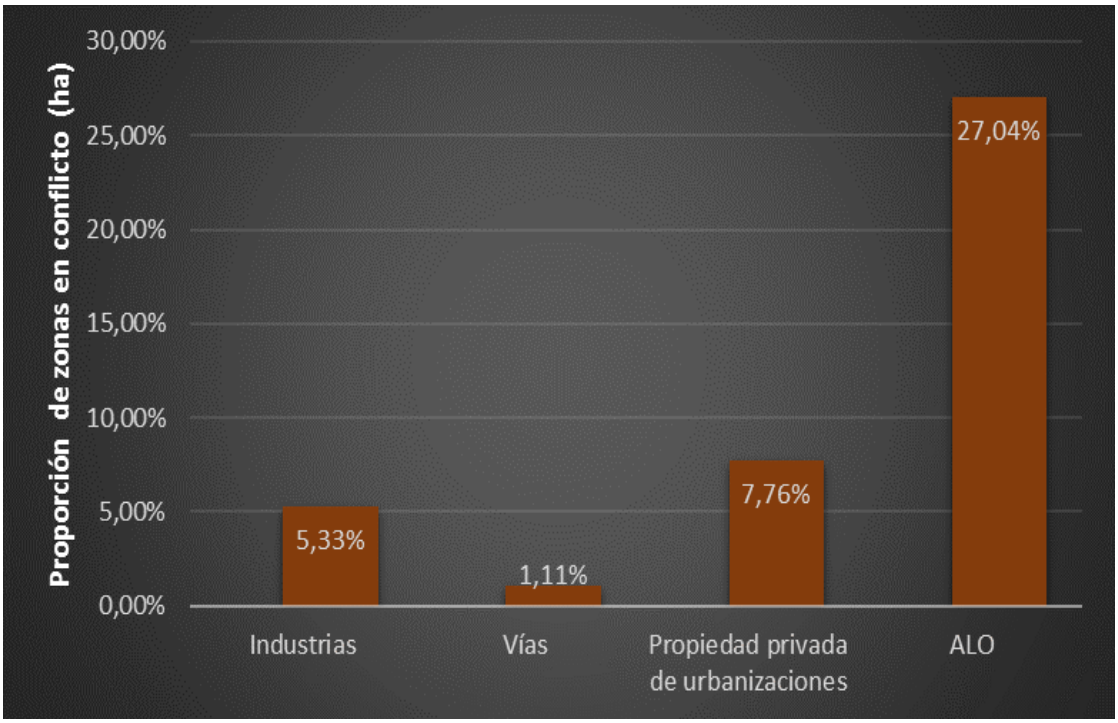
Tabla 18. Identificación de zonas de saneamiento predial y su área de ocupación en el humedal Capellanía

Zonas de saneamiento predial		
Urbanización	**Área recuperada**	**Actores**
Baleares III sector	1,43 ha	Fundación Funcojaz (FFC) Mesa Local ambiental de Fontibón (MLF)
Tierra Firme	5,40 ha	
Cofradía II sector	3,33 ha	

Fuente: elaboración propia a partir de los actores involucrados.

Sin embargo, muchas de estas zonas fueron adquiridas para la futura construcción de la ALO (Ortiz Muñoz, 2015). Según estimaciones propias, la construcción de esta vía puede llegar afectar casi el 27,04% de la extensión del humedal. Asimismo, las perturbaciones pueden incrementarse debido a los continuos cambios en los usos de los suelos que son propiciados por la comunidad. De hecho, esta situación puede generar áreas urbanizadas en los predios privados que tiene el humedal en su costado nor-oriental, cerca de la avenida La Esperanza. Estas afectaciones pueden llegar a reducir el humedal en un 34,8 %, tal y como se observa en la Figura anterior.

En resumen, se recogen los principales resultados producto de las afecciones que aquejan al humedal por la presencia de los asentamientos humanos, vías y propiedades privadas. Igualmente, los impactos sobre el humedal pueden ser reiterativos con la construcción futura del proyecto de la ALO. En la Gráfica 5 se detalla la magnitud de los impactos en el humedal Capellanía.



Gráfica 5. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Capellanía en porcentaje. Fuente: elaboración propia.

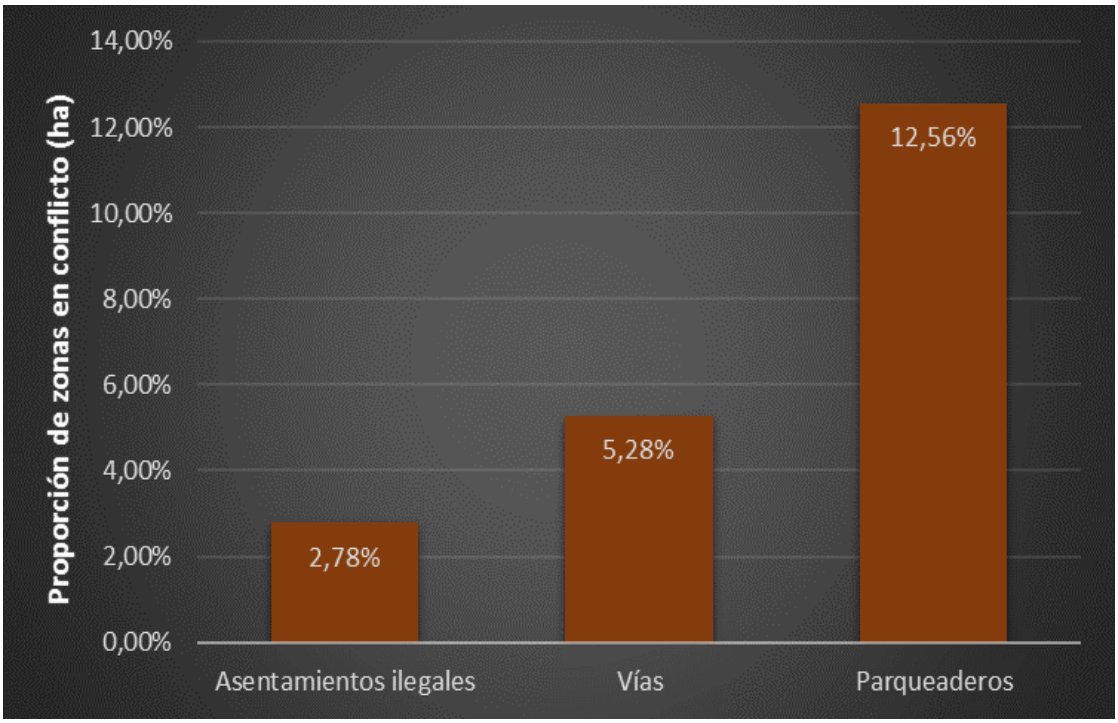
La situación general del humedal La Vaca presenta grandes cambios en el año 2004 con respecto del año 2015, puesto que las gestiones adelantadas desde el saneamiento predial tienen una buena valoración, adicionalmente la recuperación de su área fue del 52,38%. De acuerdo con Villalobos (2016), instituciones como la Fundación Banco de Semillas (FBS), el JBB, la Red Intercultural Canto al Agua (RICA) y la EAAB contribuyeron a relocalizar 160 familias que se encontraban asentadas en los barrios Amparo, Monte Verde y Ampara Cañizares.

En la Figura 78 se ilustra la comparación del estado del humedal La Vaca en 2004 y 2015 y se puede observar una clara reducción del área en conflicto en su parte norte, en donde se evidencia una clara restauración del espejo del agua. Asimismo, su notable recuperación fue posible por la adquisición de terrenos en tres zonas y la mayor área recuperada se localiza en el barrio Amparo con 1,86 hectáreas. Consecutivamente, los predios recuperados de la Corporación Monte Verde son de casi 1,60 hectáreas, y finalmente el barrio Amparo Cañizares contribuye con 0,71 hectáreas. En total se adquirieron 4,17 hectáreas para el humedal La Vaca.

2004 **2015**

Figura 78. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal La Vaca en 2004 y 2015.Fuente: elaboración propia.

En la actualidad el impacto en el humedal La Vaca es mínimo. No obstante, durante el trabajo de campo se pudo constatar que existen asentamientos humanos y parqueaderos que han sido conformados por habitantes inescrupulosos que se han adueñado de los predios, esperando a cambio retribuciones económicas por parte del gobierno (Villalobos, 2016). En resumen, la presencia de asentamientos humanos, parqueaderos e infraestructura vial reducen aproximadamente el 20,62 % de su área. En la Gráfica 6 se detallan los principales impactos registrados en el humedal de La Vaca, que inciden en la pérdida de su extensión.



Gráfica 6. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal La Vaca. Fuente: elaboración propia.

Hectáreas El diagnóstico del humedal Tibabuyes es interesante debido a la recuperación de sus predios privados y las concesiones realizadas por algunas urbanizaciones. De acuerdo con la funcionaría del jardín botánico de la localidad de Suba[38], los predios de la urbanización Ciudadela Colsubsidio fueron concedidos como espacios de aprovechamiento, manejo y preservación del humedal y en esta área se recuperaron aproximadamente 41,14 hectáreas. Seguidamente se sumaron terrenos provenientes de Villa Cristina (más de 4,91 hectáreas) y finalmente se recobran 0,5 hectáreas de los predios de Villa del Rincón. Las gestiones adelantadas desde el saneamiento predial son de gran importancia para la recuperación de los espejos de agua de su parte central, tal y como se georreferencia en los mapas de la Figura 79. La comparación entre los dos mapas muestra una clara reducción del área en conflicto y su recuperación predial. A pesar de las buenas gestiones del saneamiento predial, el humedal presenta fragmentaciones viales y ocupaciones ilegales que invaden su superficie; de hecho, se estima una afectación del 2,33% por efectos del uso inapropiado de los suelos. La primera fragmentación que se identifica en la calle 127 en su tercio bajo se representa con una invasión aproximada del 1,09% de la superficie del humedal. Seguidamente se

[38] Comunicación personal, 18 de mayo de 2016.

evidencian pequeñas invasiones por asentamientos humanos que significan una pérdida de extensión del 1,24%.

2004 **2015**

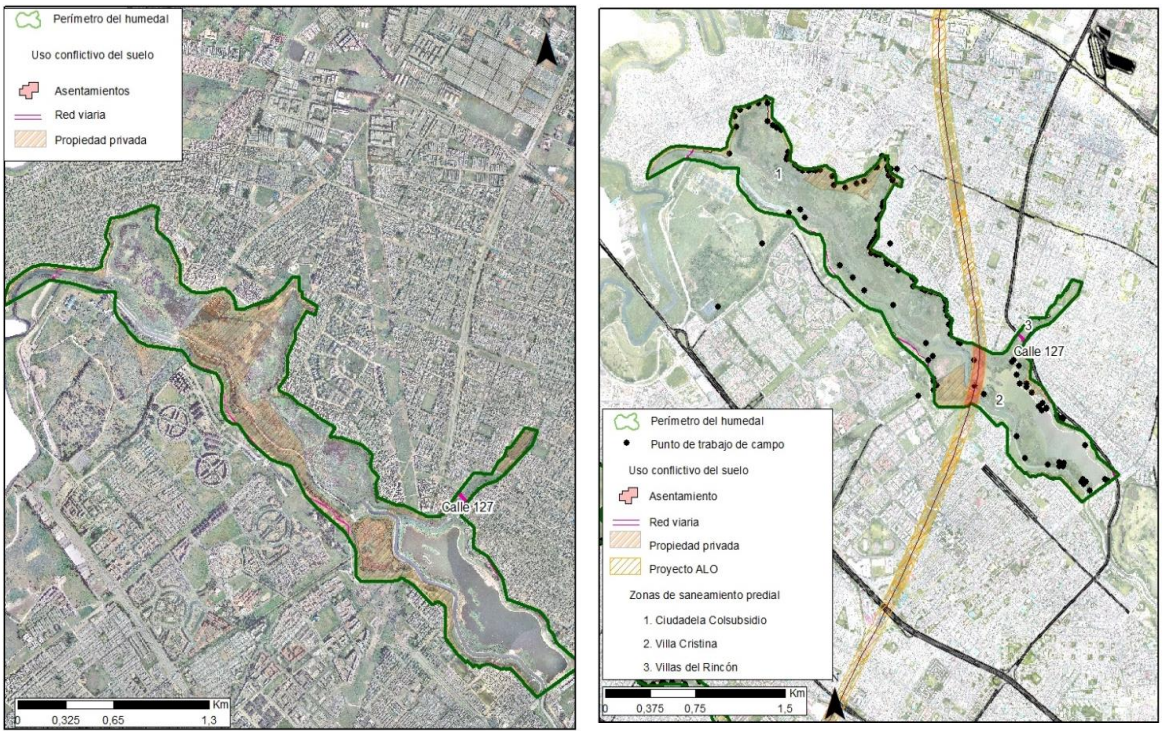
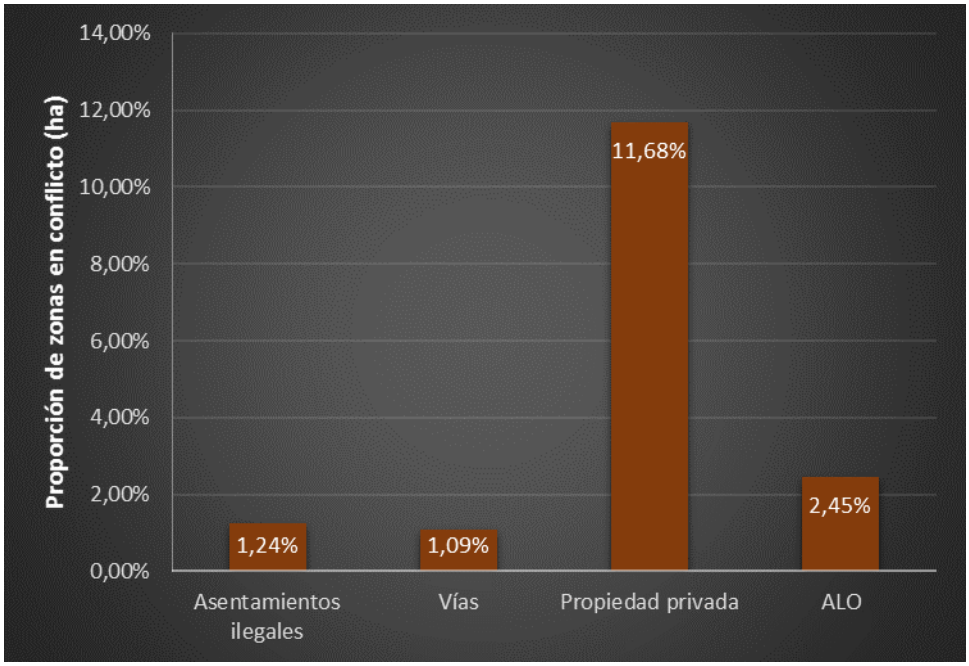


Figura 79. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Tibabuyes en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

Los impactos sobre este humedal serán reiterativos en un futuro próximo, puesto que el POT de Bogotá tiene prevista la construcción futura de la ALO (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004). Según estimaciones propias, esta vía puede llegar a disminuir en un 2,45% la extensión del humedal, afectando parte importante del espejo de agua y sus rondas hidráulicas.

La Gráfica 7 presenta una síntesis de los factores que contribuyen a la reducción de la superficie del humedal Tibabuyes. Esto significa que, de las 222,54 hectáreas de su extensión, el 1,24% se encuentra impactado por asentamientos humanos. La afectación media sobre el humedal se presenta por efectos de la fragmentación vial que perjudica aproximadamente el 1,09% de su superficie. Con respecto a las afectaciones futuras se identifica que el mayor impacto del 11,68% se puede presentar por las propiedades privadas que pertenecen a las urbanizaciones Estrella, Multicentro de Suba y Bolivia Oriental tercera etapa.



Gráfica 7. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Tibabuyes. Fuente: elaboración propia.

La situación del humedal Torca-Guaymaral es una de las más críticas del área de estudio. Este lugar está fragmentado por la autopista Norte, que lo divide en el sector Guaymaral (nor-occidente) y en el sector Torca (sur-oriente), con una afectación en su extensión del 1,67%. Asimismo, el humedal presenta impactos por la presencia de parqueaderos del Centro Comercial Bima y asentamientos humanos, que representan una pérdida del área de casi el 6,60%. Además, el 18,34% de sus terrenos son propiedad de las constructoras Capitalizadora Colpatria, Capellanía Mazuera y Bleeker, así como del cementerio Jardines de Paz y Campos Vargas (Universidad Nacional de Colombia, 2015; Correa, 2015).

2004 **2015**

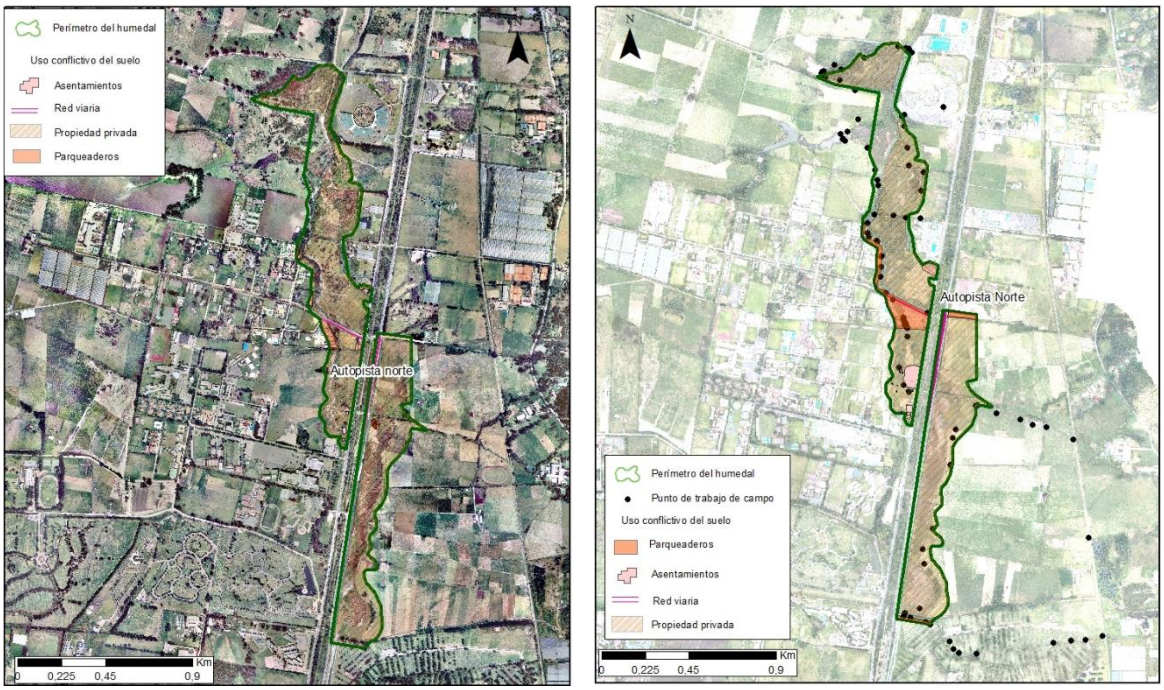
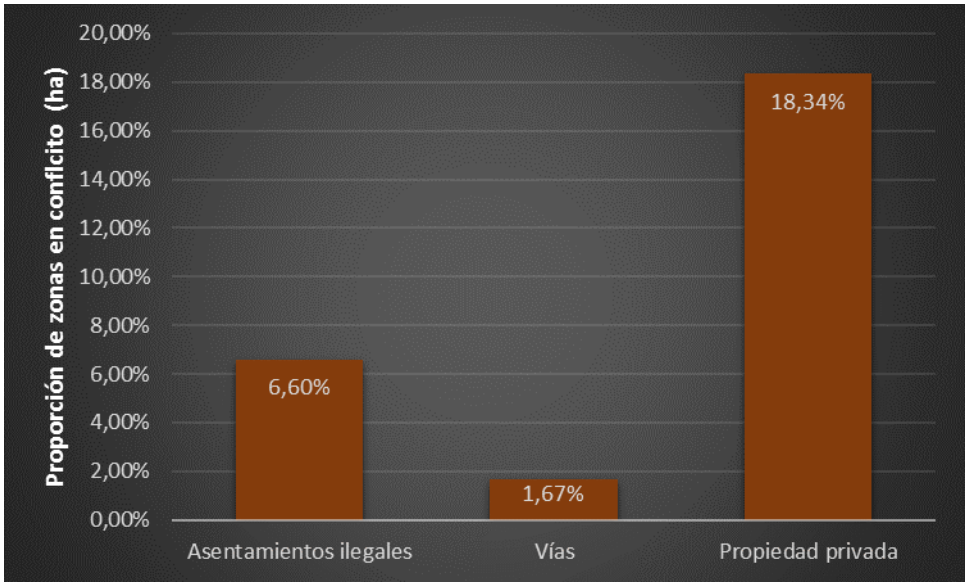


Figura 80. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Torca-Guaymaral en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

La recuperación del Torca-Guaymaral ha sido casi nula, puesto que no existe una gestión para la adquisición de predios que permita iniciar labores de restauración en el humedal. De hecho, esta situación pone en riesgo su extensión, ya que casi el 26,61% se encuentra en conflicto por la presencia de la autopista Norte, edificaciones y predios privados que pertenecen a constructoras ajenas a la protección de dicho ecosistema. En la Gráfica 8 se presenta el grado de afectación de los diferentes aspectos que intervienen en el humedal Torca-Guaymaral.



Gráfica 8. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Torca-Guaymaral. Fuente: elaboración propia.

En quinta instancia se describe la situación general del humedal El Burro, que se encuentra fragmentado en dos por la avenida Ciudad de Cali, factor que dificulta su comunicación hídrica (Pontificia Universidad Javeriana y EAAB, 2008). Según estimaciones propias, esa vía invade aproximadamente el 2,28% del perímetro del humedal. Esta información se valida durante el trabajo de campo y adicionalmente, en los recorridos se observaron asentamientos humanos que invaden aproximadamente el 0,96% del área. Asimismo, la fragmentación de El Burro puede aumentar por las propiedades privadas pertenecientes a la urbanización Ciudad de Techo, que pueden llegar afectar el 34,25 % de su superficie.

A pesar del intenso crecimiento de la localidad de Kennedy, el humedal El Burro recibe buenas valoraciones por parte de líderes comunitarios del Comité Ambiental de Kennedy (CAK) y funcionarios del JBB, que identifican zonas adquiridas para su restauración. En la Figura 81 se observa una clara reducción del área en conflicto debido a la recuperación de los predios Oteros San Francisco y Senderos de Castilla.

2004 **2015**

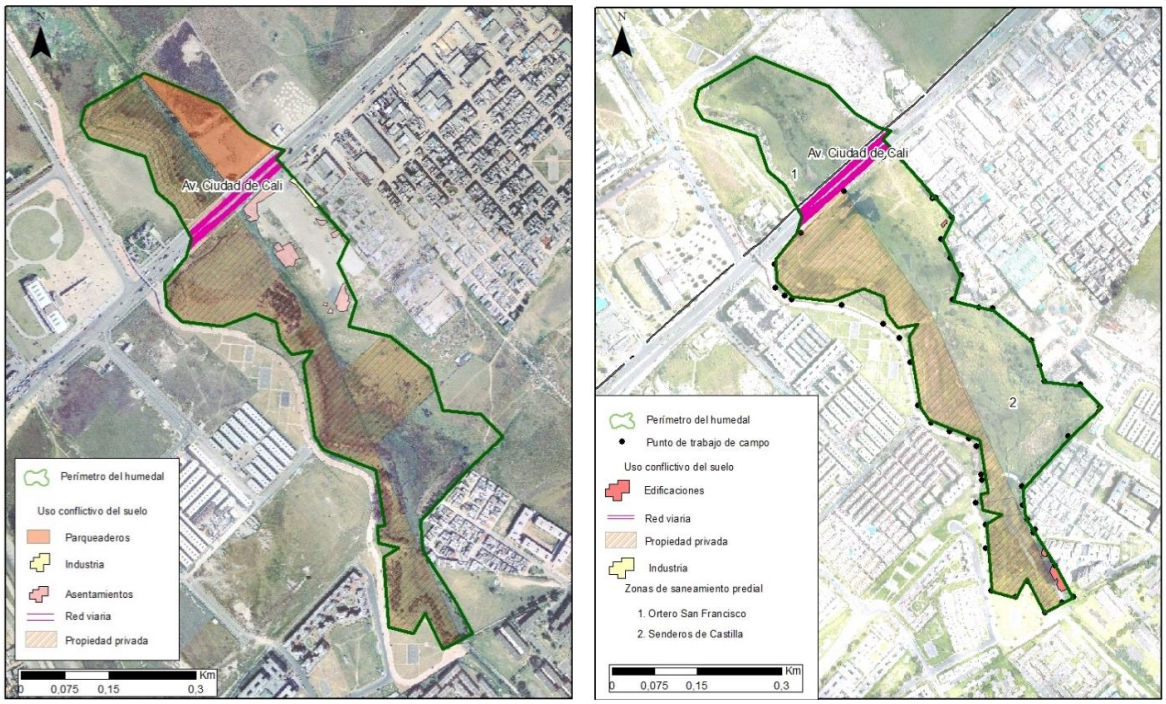
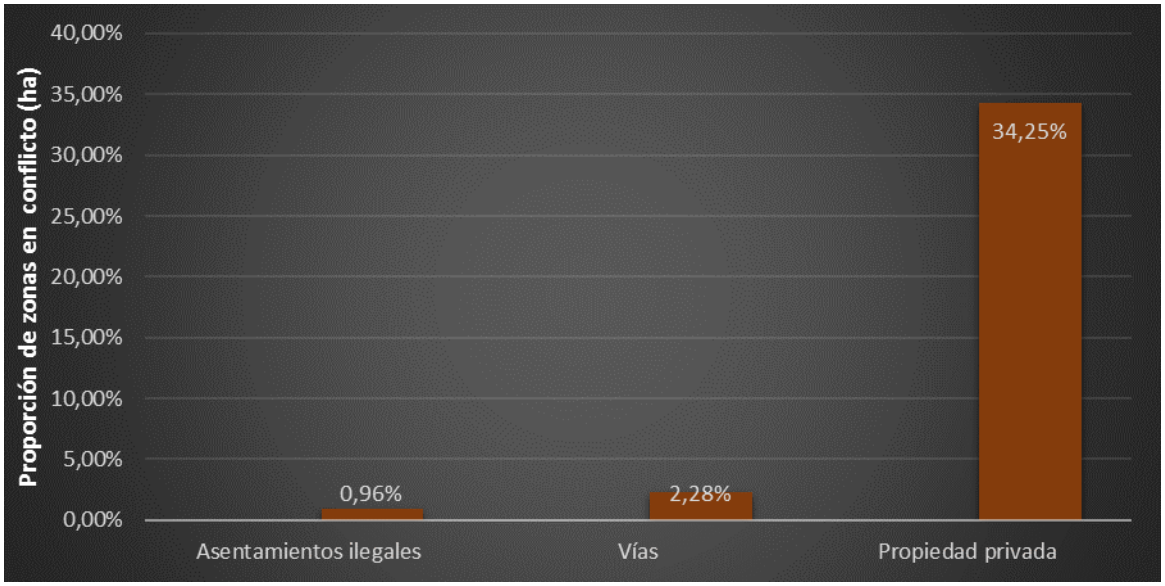


Figura 81. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal El Burro en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

Una síntesis de los factores que contribuyen a la reducción de la superficie del humedal El Burro se presenta en la Gráfica 9. De las 18,83 hectáreas de su extensión, el 0,96 % se encuentra impactada por asentamientos humanos. La afectación media sobre el humedal se presenta por efectos de la fragmentación vial que perjudica aproximadamente el 2,28 % de la superficie. Con respecto a las afectaciones futuras (calculadas en un 34,25 %), se obtiene que los mayores impactos se pueden presentar por las propiedades privadas que pertenecen a personas ajenas a la protección del humedal.



Gráfica 9. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal El Burro. Fuente: elaboración propia.

Continuando con el diagnóstico del área de estudio, el humedal Meandro del Say presenta diversas problemáticas por efectos de la invasión de las industrias OPL Carga, Saferbo y sus aparcamientos, que ocupan aproximadamente el 5,53% de su superficie. Además, la fragmentación vial debido a las vías carrera 113, diagonal 15c y calle 15 incide en la pérdida de su área, afectando casi el 0,37%. La poca gestión de este humedal se debe a su inadecuada administración, puesto que, al ubicarse en los límites de la localidad de Fontibón, queda excluido de los planes de inversión de la ciudad de Bogotá y su manejo pasa a ser responsabilidad de la Corporación Autónoma Regional (CAR) (Osorio, 2016). Durante el trabajo de campo se evidenció que no existe una adquisición predial y casi el 50,27 % del área pertenece a la zona franca y la urbanización La Estancia. Tal y como se observa en los mapas de la Figura 82, no existen cambios para los años 2004 y 2015. De hecho, esta situación es una de las principales causas que no ha permitido la adquisición de predios, puesto que al pertenecer el área a las zonas industriales y residenciales no existe manera de comprar los terrenos. En ese sentido se compactan los suelos y se pone en riesgo la pérdida de los suelos hidromorfos y su función en la regulación de zonas de inundación de la ciudad de Bogotá.

2004 **2015**

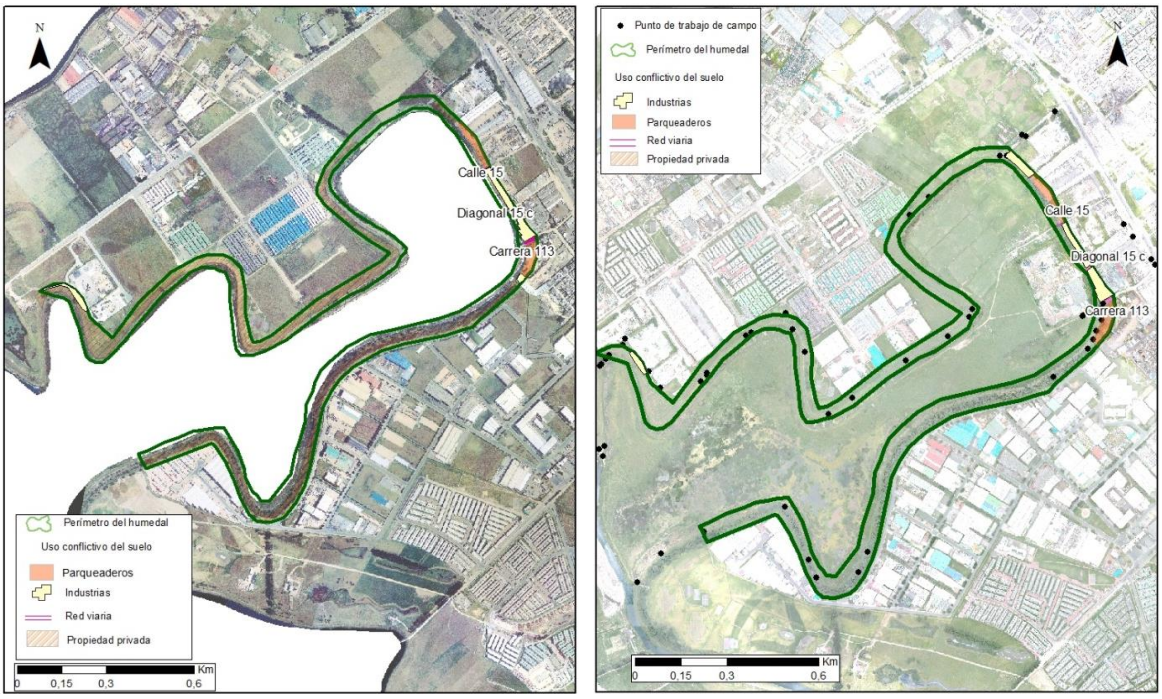
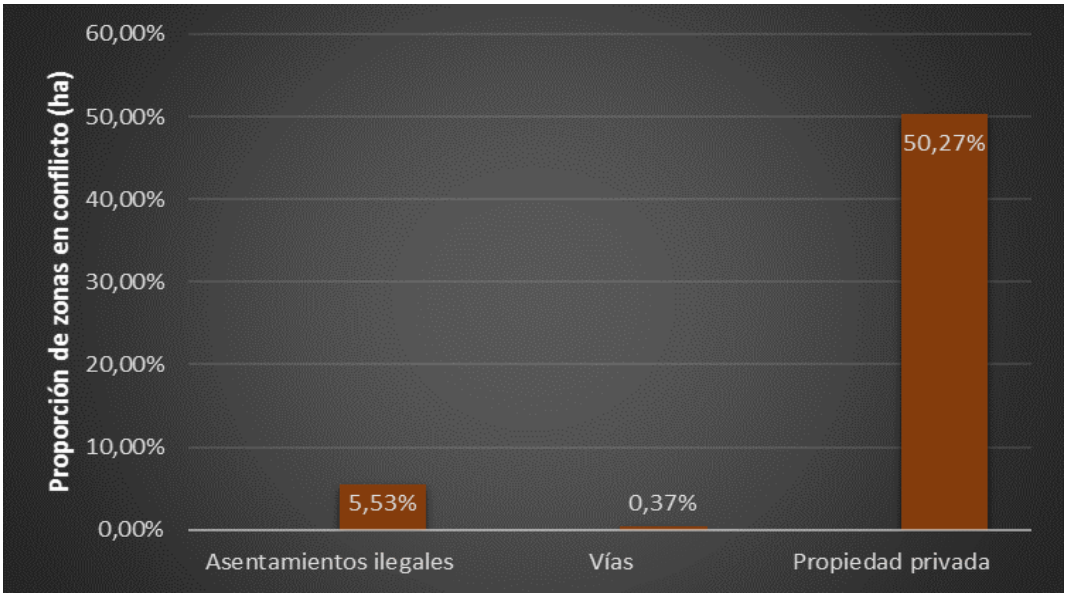


Figura 82. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Meandro del Say en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

La Gráfica 10 presenta una síntesis de los datos relacionados con la reducción de la superficie del humedal Meandro del Say. De las 26,20 hectáreas de su extensión, el 5,53% se encuentra afectado por el sector industrial. La afectación media sobre el humedal se presenta por efectos de la fragmentación vial que impacta aproximadamente el 0,38 % de la superficie del humedal. Con respecto a las afectaciones futuras, se identifica que la mayor fragmentación se puede presentar por las propiedades privadas del sector industrial, por tanto, la afectación puede llegar a cubrir el 34,25 % de la superficie del Meandro del Say.



Gráfica 10. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Meandro del Say. Fuente: elaboración propia.

En el humedal Tibanica se presentan diferentes afecciones debido a la presencia de asentamientos humanos, fragmentación vial y propiedades privadas de urbanizaciones que son ajenas a los procesos de restauración de los humedales. En el año 2004 múltiples asentamientos ocupaban un área 1,52 hectáreas, cifra que disminuye a 0,11 para el año 2015. Esta información es validada una líder comunitaria y funcionaria del JBB[39], quien afirma que fueron muchos los asentamientos recuperados en el humedal. Sin embargo, las construcciones de la urbanización de Ciudad Berna han contribuido al secamiento de los espejos de agua del Tibanica. Además, las ortofotos e imágenes satelitales evidenciaron la presencia de asentamientos humanos que ocupan aproximadamente el 5,53% de su superficie. Igualmente, los impactos son reiterativos con la traviesa de las avenidas Terreros, la diagonal 73g y la carrera 78 que disminuyen aproximadamente el 1,17% de la superficie de dicho humedal. Tal y como se observa en la Figura 83, la comparación entre la cartografía de 2004 y 2015 muestra una clara reducción del área en conflicto y sus impactos actuales sobre la extensión del humedal.

[39] Comunicación personal, 13 de agosto de 2016.

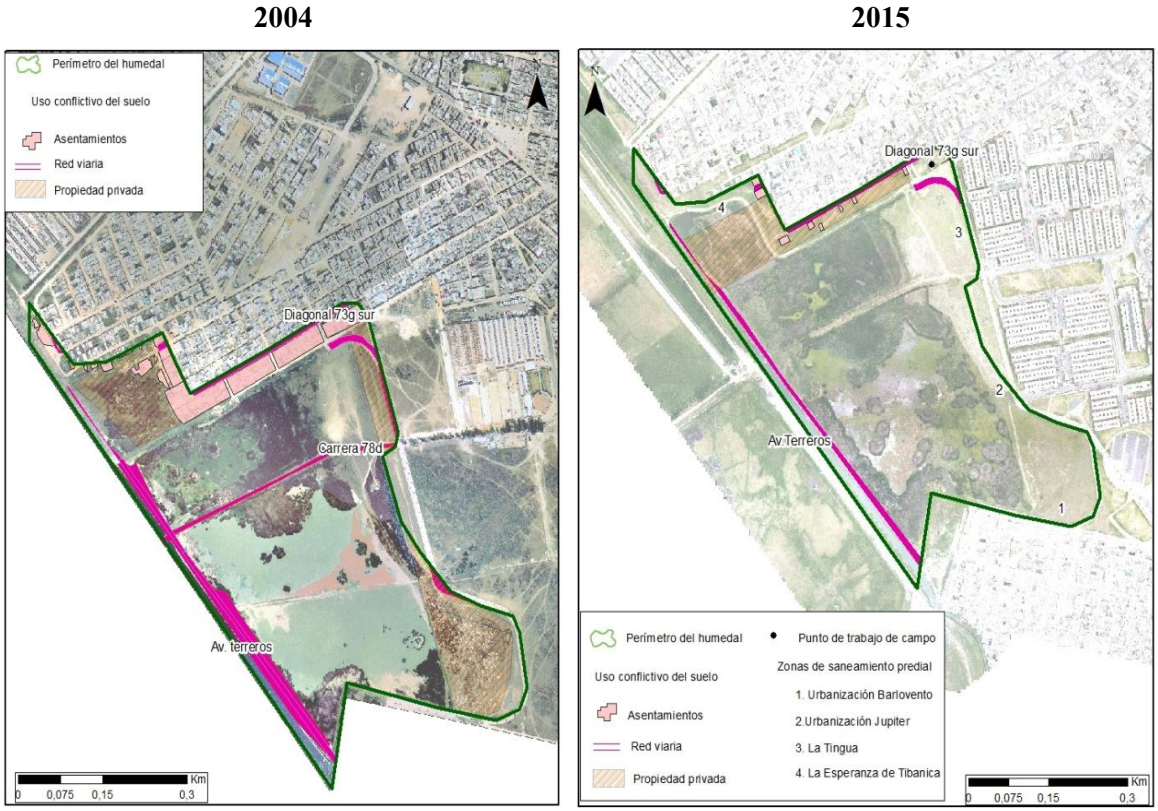
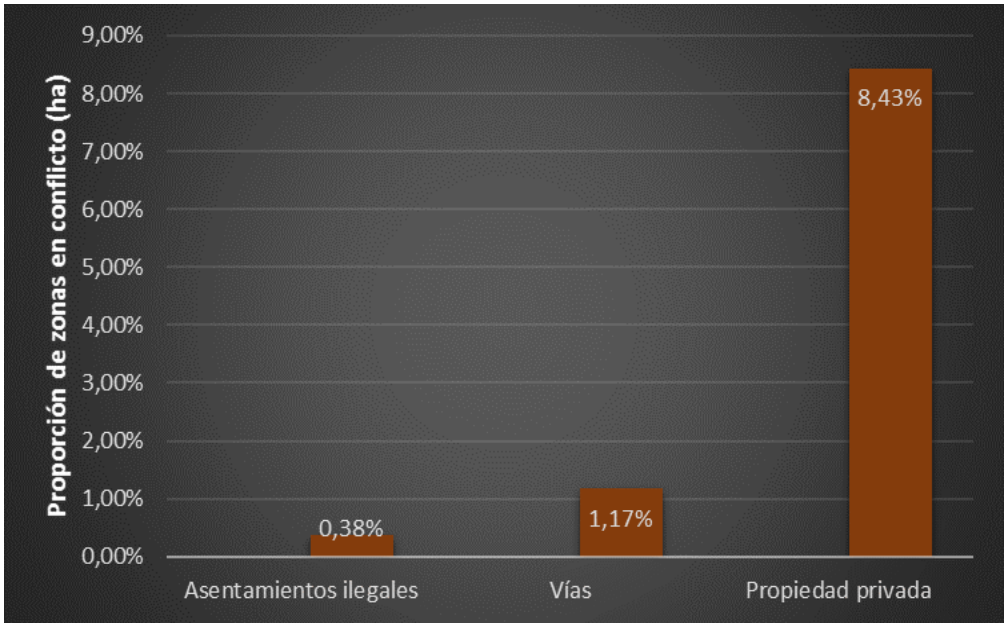


Figura 83. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Tibanica en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

La recuperación del humedal Tibanica se encuentra cuantificada en cuatro grandes zonas que ocupan aproximadamente 4,07 hectáreas. La zona con mayor cobertura es Barlovento con 1,71 hectáreas y la urbanización La Tingua con 1,71, mientras que la zona registrada con menor cobertura es la urbanización Júpiter con 0,65 hectáreas. El saneamiento predial permitió la delimitación del humedal, pero su recuperación ha sido deficiente por el secamiento progresivo de los principales espejos de agua. En la Gráfica 11 se recogen los principales factores que influyen en la reducción de la superficie del humedal Tibanica.



Gráfica 11. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Tibanica. Fuente: elaboración propia.

La situación del humedal de Techo es crítica porque en la actualidad se encuentra invadido por el barrio Lagos de Castilla, proceso que inició a comienzos de la década de los noventa. En principio eran asentamientos en pésimas condiciones de construcción, pero posteriormente se mejoraron sus estructuras y se legalizó la instalación de sus servicios públicos y vías de acceso (Fundación Humedales Bogotá, 2017). De hecho, según estimaciones propias, ese barrio ocupa casi el 41,85% del área total del humedal, de las cuales el 35,85% corresponde a edificaciones y viviendas. En el trabajo de campo se verificaron las características de las viviendas y en su mayoría son edificaciones de dos o más niveles. De acuerdo con la versión de algunos líderes comunitarios, como Pastor López (ex vicepresidente de la junta de acción comunal), la construcción de casas aumentó desde el 2007 cuando el humedal se delimitó, porque la comunidad dio por hecho que ese límite correspondía con la ronda del humedal (Alfonso, 2008). En la Figura 84 se expone la cartografía de los años 2004 y 2015 y se muestra el crecimiento del área en conflicto.

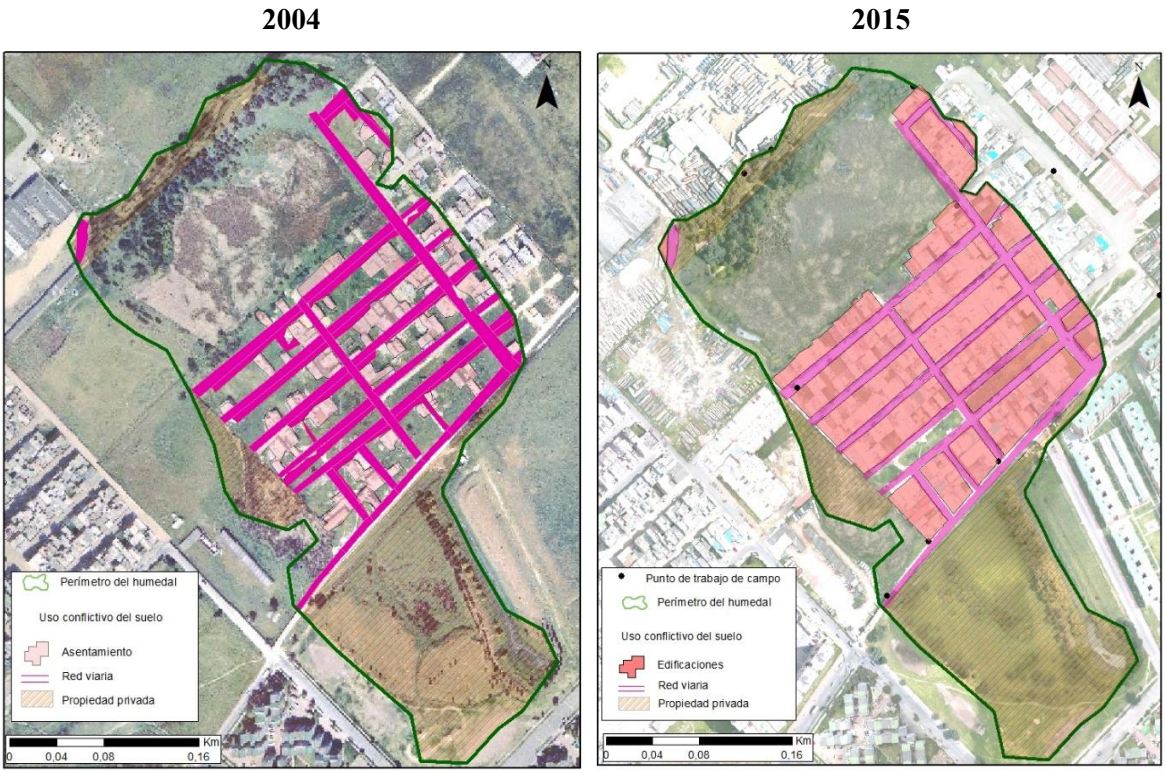
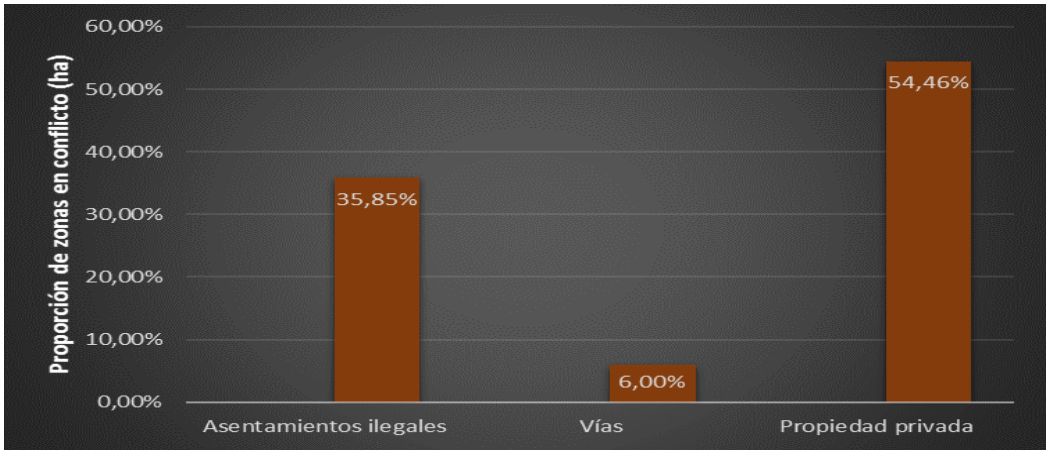


Figura 84. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal de Techo en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

La Gráfica 12 sintetiza los factores que han contribuido a la reducción de la superficie del humedal de Techo. De las 11,66 hectáreas de su extensión, el 35,85% se encuentra afectado por las edificaciones. Adicionalmente, la travesía de la malla vial fragmenta aproximadamente el 6% de su superficie.



Gráfica 12. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal de Techo. Fuente: elaboración propia.

La situación actual del humedal Córdoba arroja mejores resultados, puesto que la fragmentación vial y la ocupación por parte de edificaciones son reducidas, con un

1,21% y un 1,03%, respectivamente. Aunque existen zonas que son propiedad de las urbanizaciones Alhambra, Lagos de Córdoba y la Hacienda Córdoba que ocupan aproximadamente el 30,69% de extensión del humedal, se considera que su afectación no va a progresar, puesto que la comunidad se encuentra organizada para proteger las condiciones naturales del lugar. Ejemplo de ello es la Resolución Defensorial Regional N° 18, en la que la comunidad manifiesta la intención de proteger las zonas verdes y evitar la construcción de ciclorutas, previniendo así la pérdida de los suelos hidromorfos y la tala de árboles (Defensoría del Pueblo, 2003).

Además, la recuperación del humedal Córdoba se encuentra cuantificada con las zonas de saneamiento predial. De acuerdo con el líder comunitario de la localidad de Suba[40], las zonas recuperadas se localizan en las urbanizaciones Pontevedra, San Nicolás y Niza Sur, para un total de 24,04 hectáreas. La zona con mayor adquisición predial se ubica en Pontevedra con 18,59 hectáreas y la urbanización San Nicolás, con 2,16 hectáreas. Seguidamente, la zona registrada con mediana recuperación de predios privados es la urbanización Niza Sur con 1,96 hectáreas. Finalmente, la zona con menor recuperación predial es la urbanización Prado Sur, con 1,33 hectáreas. Es posible concluir entonces que el saneamiento predial permitió la delimitación del humedal y la conservación de los espejos de agua. En la Figura 85 se ilustra la comparación del humedal Córdoba para los años 2004 y 2015 y se evidencia una clara reducción del área conflicto por la recuperación de los predios de los cuatro sectores ilustrados en la cartografía del año 2015.

[40] Comunicación personal, 7 de mayo de 2016.

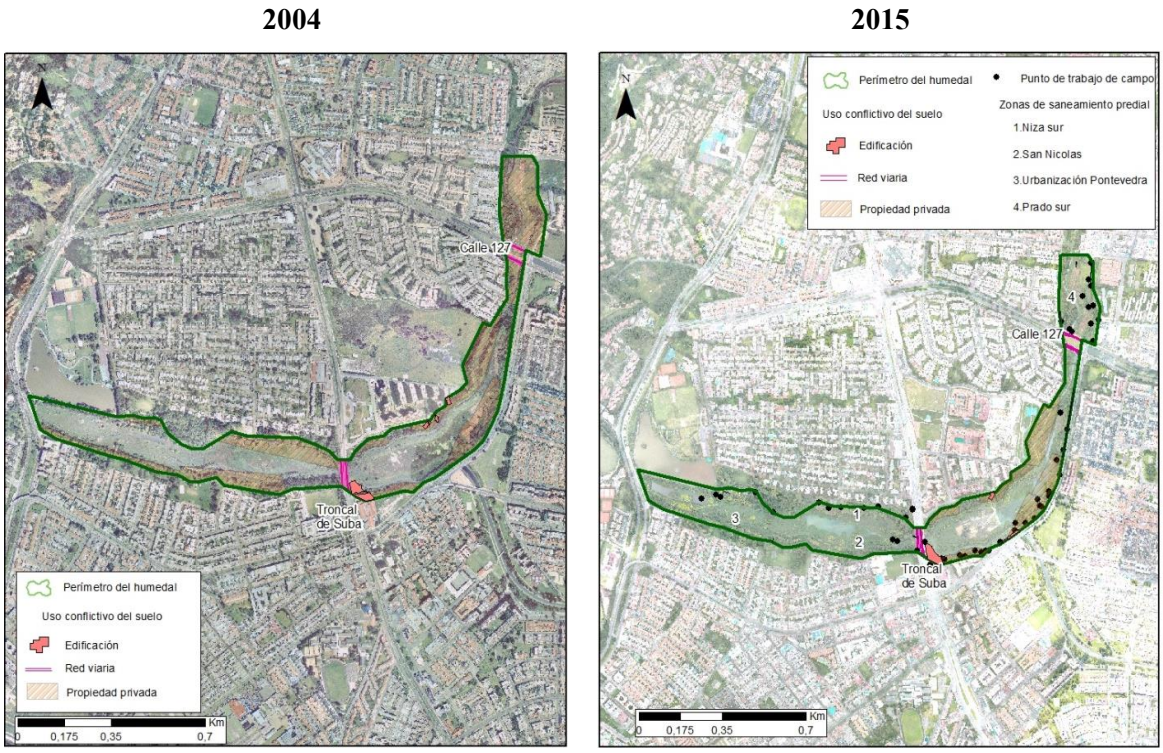
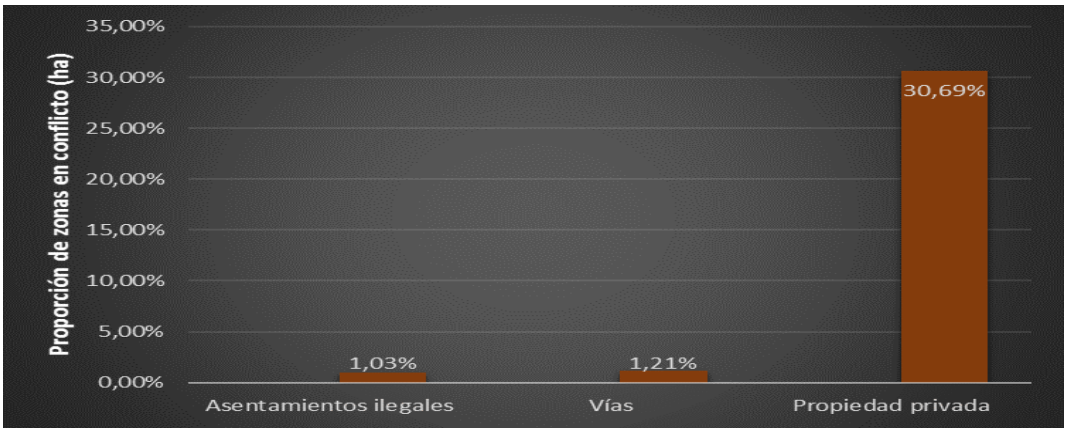


Figura 85. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Córdoba en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

Una síntesis de los datos recogidos se representa en la Gráfica 13. De las 40,51 hectáreas de su extensión, el 1,21 % se encuentra fragmentado por las vías. Por otra parte, las afectaciones debido a la ocupación de las edificaciones ocupan el 1,03% de la superficie del humedal.



Gráfica 13. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal de Córdoba. Fuente: elaboración propia.

El diagnóstico del humedal Santa María del Lago revela que hay posibles fallas en su delimitación, puesto que los principales espejos de agua se encuentran muy próximos a

la urbanización Santa María del Lago. Esta situación afecta su capacidad para el control de inundaciones, para las condiciones naturales de sus suelos hidromorfos y para el estado de la flora y fauna del lugar. Asimismo, la población se encuentra expuesta a riesgos de inundación porque no hay espacios considerables para una ronda mínima de 30 metros (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004). De acuerdo con el PMA del humedal, todos los predios se encuentran legalizados; sin embargo, algunos barrios no se encuentran en la base de datos del Departamento Administrativo del Catastro, como los conjuntos residenciales SAGO y San Francisco (SDA, 2009).

En términos generales parece que son pocas las afectaciones presentes en el humedal puesto que siempre ha contado con el mantenimiento y la protección de la SDA. Además, el humedal no presenta fragmentaciones viales y no parecen existir impactos directos sobre su superficie. La Figura 86 presenta la comparación entre las figuras del año 2004 y 2015, revelando que la extensión del humedal siempre se ha conservado. Se identificaron predios privados dentro de la superficie que pertenecen a las urbanizaciones de Santa María del Lago y Santa María I y II, que ocupan un área aproximada de 9,77%. Sin embargo, se cree que estas zonas fueron atribuidas como zonas verdes para el humedal. No obstante, esta información no se pudo validar puesto que los entrevistados no tenían conocimiento del saneamiento predial del lugar.

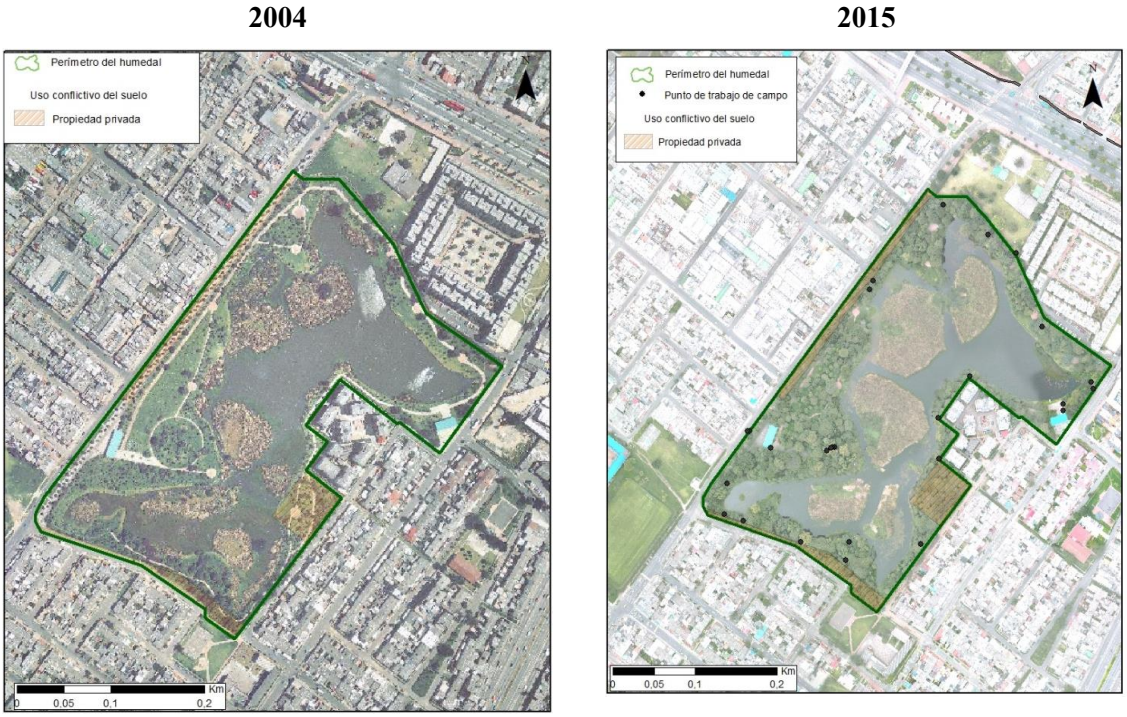
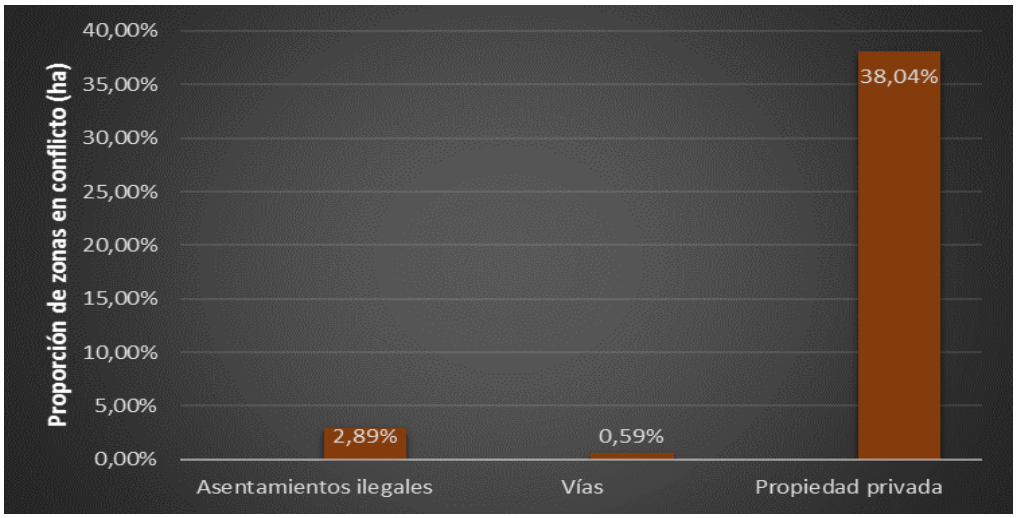


Figura 86. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Santa María del Lago en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

La situación actual del humedal Jaboque ha presentado diversos cambios en el uso de los suelos por las gestiones adelantadas desde el saneamiento predial. En el año 2004 se observan asentamientos en el área limítrofe del humedal; sin embargo, sus áreas fueron reducidas, puesto que en el trabajo de campo del 2015 se validó que los asentamientos ilegales ocupan un área de 4,39 hectáreas. Además, las avenidas carrera 110 y carrera 1015f invaden aproximadamente 0,89 hectáreas de la superficie del humedal. Sin embargo, la mayor preocupación surge en torno a los cambios futuros que pueden tener lugar en el humedal debido a las propiedades privadas que pertenecen a la Hacienda La Providencia y la urbanización Tierra Grata, predios que ocupan casi el 30,69% del área del humedal (Revista Semana, 2014; IDECA, 2017).

La Gráfica 14 presenta los factores que ocasionan la reducción de la superficie del humedal de Jaboqué. De las 147,88 hectáreas de su extensión, el 0,59% se encuentra afectado por asentamientos ilegales. La travesía de la malla vial fragmenta aproximadamente el 2,89 % de la superficie. Con respecto a las afectaciones futuras, la mayor fragmentación se puede presentar por los predios privados, que pueden llegar a ocupar el 38,04 % del humedal.



Gráfica 14. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal Jaboque. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 87 se presenta una cartografía de comparación del humedal Jaboque que muestra una clara reducción del área en conflicto por la recuperación de casi 15,79 hectáreas en total, siendo el predio de mayor recuperación el localizado en Marandú con un área de 2,24 hectáreas, luego la zona registrada con mediana recuperación de predios

privados es la urbanización Villa Amalia con 0,75 hectáreas, y finalmente, la zona con menor recuperación predial es la urbanización Prado Sur con 1,33 hectáreas (EAAB y Adessa, 2006).

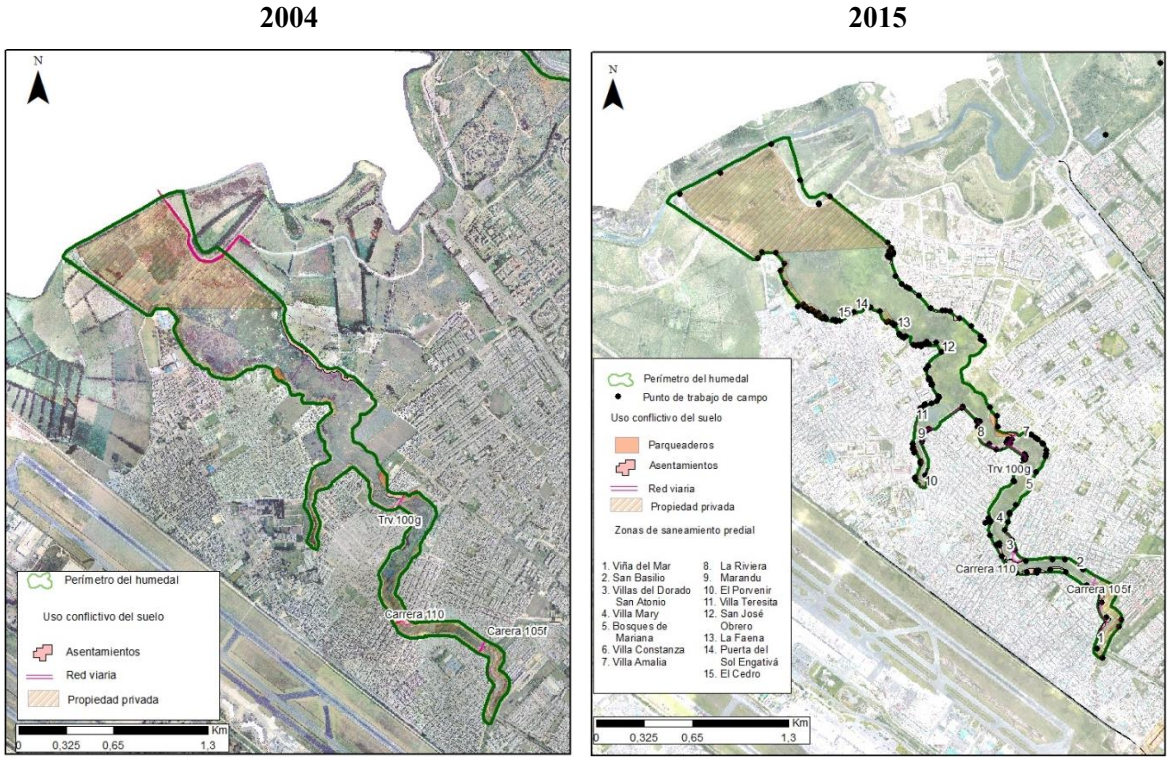
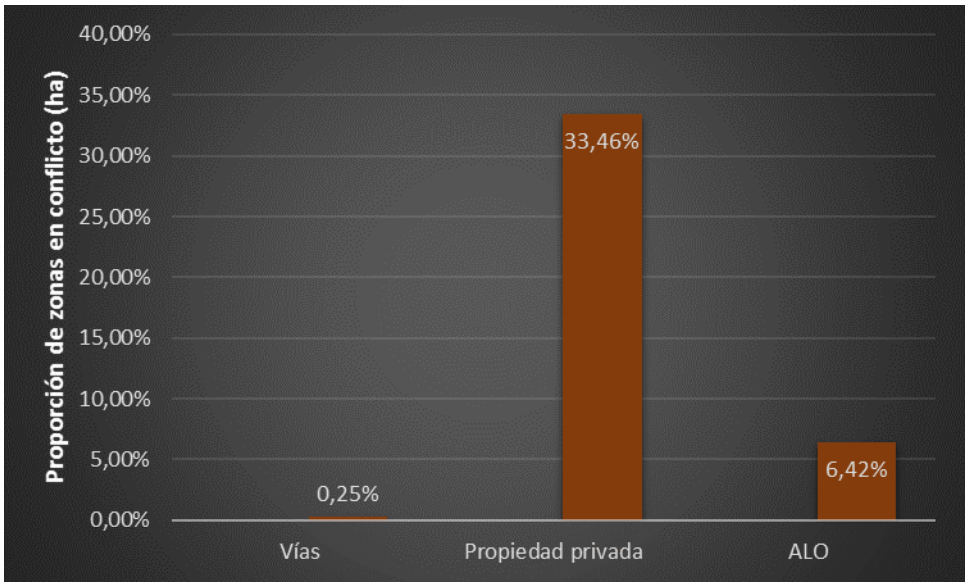


Figura 87. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal Jaboque en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el diagnóstico del humedal La Conejera revela diversas afectaciones entre las que se destacan la multiplicidad predial, la travesía de las vías y la presencia de edificaciones. De acuerdo con estimaciones propias, los predios privados pertenecientes a las urbanizaciones Camino Verde, Fontana del Río y la parcelación de Las Mercedes pueden llegar a afectar el 33,46% del área del humedal. También existe una fragmentación por la calle 127 que invade aproximadamente el 0,25% de la superficie del humedal. Asimismo, la construcción futura de la ALO puede disminuir en un 33% su extensión, por lo que se predicen impactos en el espejo de agua, las rondas hidráulicas[41] y las zonas de manejo y preservación ambiental. Además, las edificaciones

[41] Estas se conocen en España como "Dominio Público Hidráulico (DPH)", Estas son áreas que se localizan próximas a ríos, humedales entre otros, las cuales se encuentran planificadas como zonas de amortiguación para minimizar los riesgos de inundación y prevenir el deterioro de los ecosistemas acuáticos, por esta razón se encuentran determinadas teniendo en cuenta la magnitud de la corriente de agua y su dinámica. En ese sentido la ley de aguas de España hace algunas modificaciones para la determinación del DPH y propone su delimitación teniendo en cuenta criterios hidrológicos, hidráulicos y geomorfológicos, esto significa que las zonas propuestas se analizan a partir de las condiciones

ocupan dentro del humedal un área aproximada al 9,05%, lo que afecta progresivamente su perímetro. Los resultados se sintetizan en la Gráfica 15.



Gráfica 15. Reducción de la superficie por las afecciones señaladas en el humedal La Conejera. Fuente: elaboración propia.

A pesar del intenso crecimiento de la localidad de Suba, el humedal recibe buenas valoraciones por parte de los líderes comunitarios del Comité Ambiental de Suba y algunos funcionarios del JBB. Por ello su recuperación se encuentra cuantificada en total con 1,47 hectáreas. Las Mercedes es la zona con mayor adquisición predial con 1,31 hectáreas, mientras que la de menor recuperación es la urbanización Las Acacias con 0,16 hectáreas. En la Figura 88 se ilustra el cambio en las áreas del humedal La Conejera en los años 2004 y el 2015. La comparación entre ambas figuras muestra una clara reducción de la multiplicidad predial; sin embargo, los impactos sobre el humedal serán reiterativos por la construcción de la ALO.

topográficas, datos de batimetría y precipitaciones para identificar las temporadas de máxima crecida (Marquínez *et al*., 2008).

2004 **2015**

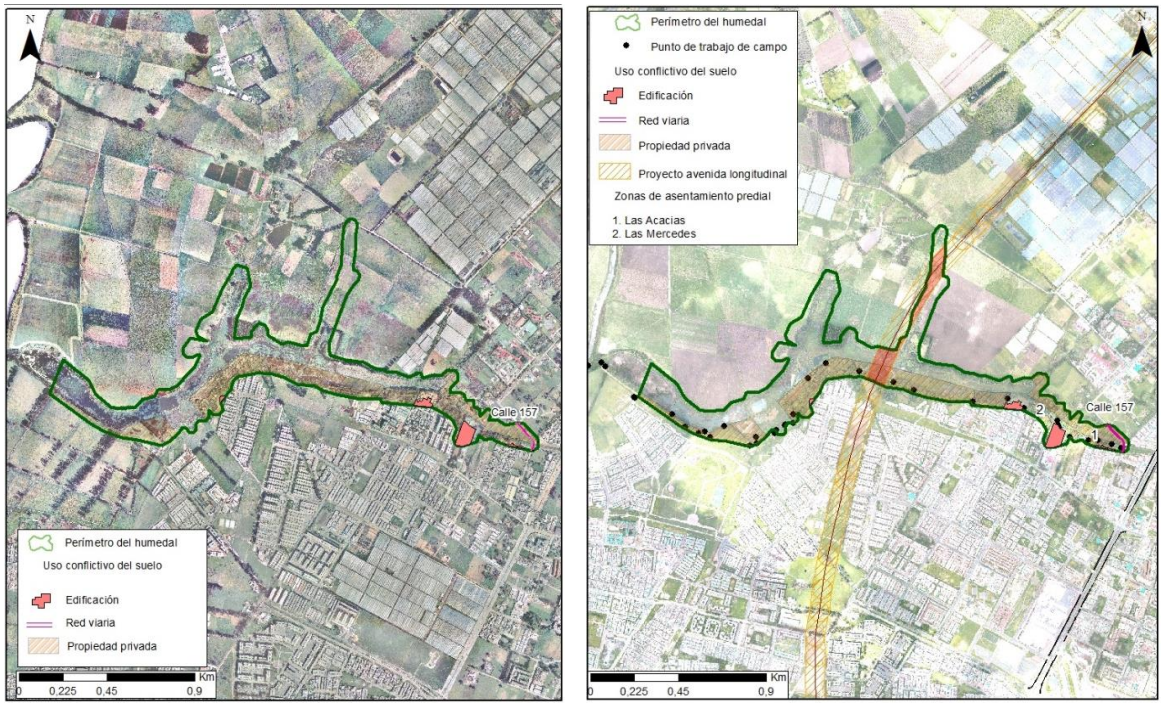
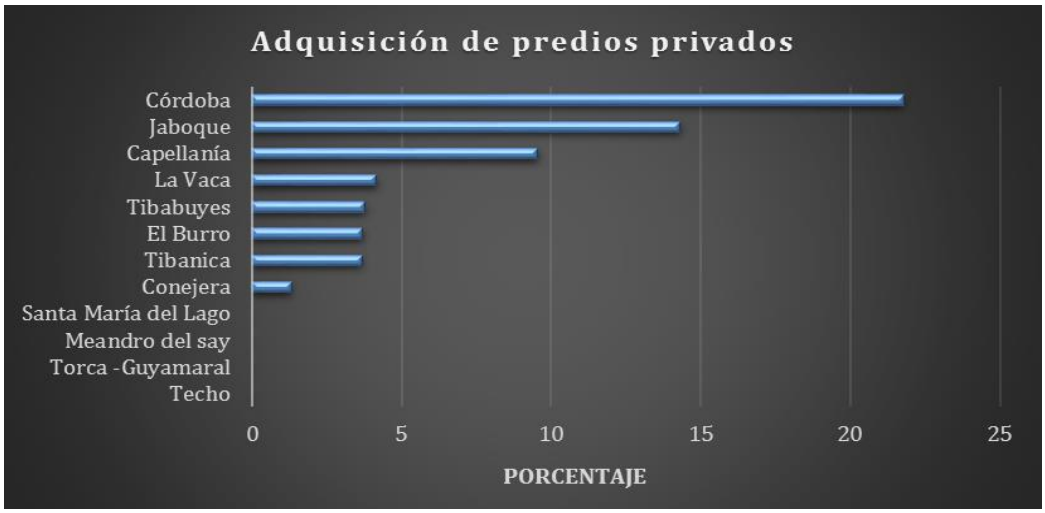


Figura 88. Delimitación de la superficie del área en conflicto en el humedal La Conejera en 2004 y 2015. Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el diagnóstico de la red de humedales de la ciudad de Bogotá, se clasificaron los resultados teniendo en cuenta las zonas de recuperación predial, la proximidad a los asentamientos ilegales y edificaciones, e intensidad del deterioro. La medición de la intensidad de recuperación predial se determina a partir de la adquisición de predios privados, puesto que este parámetro mide la gestión del saneamiento predial, programa que permite avanzar en los procesos de restauración de los humedales y que evita las construcciones de grandes edificaciones que pueden llegar a deteriorar las propiedades de los suelos hidromorfos (EAAB y Adessa, 2006).

En razón a lo anterior, la proporción más significativa respecto a la adquisición o recuperación de predios se ubica en el rango de 4,17% hasta 21,8%, grupo constituido por los humedales Córdoba (21,8%), Jaboque (14,3%), Capellanía (9,56%) y La Vaca (4,17%). Seguidamente, los humedales que tienen una valoración media son aquellos que lograron una adquisición de predios desde 1,33% hasta 3,8%, como es el caso de los humedales Tibabuyes (3,8%), El Burro (3,7%), Tibanica (3,68%) y La Conejera (1,33%). Por último, los humedales que no registran una adquisición predial son los humedales de Techo, Meandro del Say, Torca-Guaymaral y Santa María del Lago. La Gráfica 16 presenta el porcentaje de adquisición de predios privados de los humedales y

La Tabla 19 muestra la clasificación por categorías a partir de la intensidad de la recuperación de dichos predios.



Gráfica 16. Porcentaje de adquisición de predios privados en los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

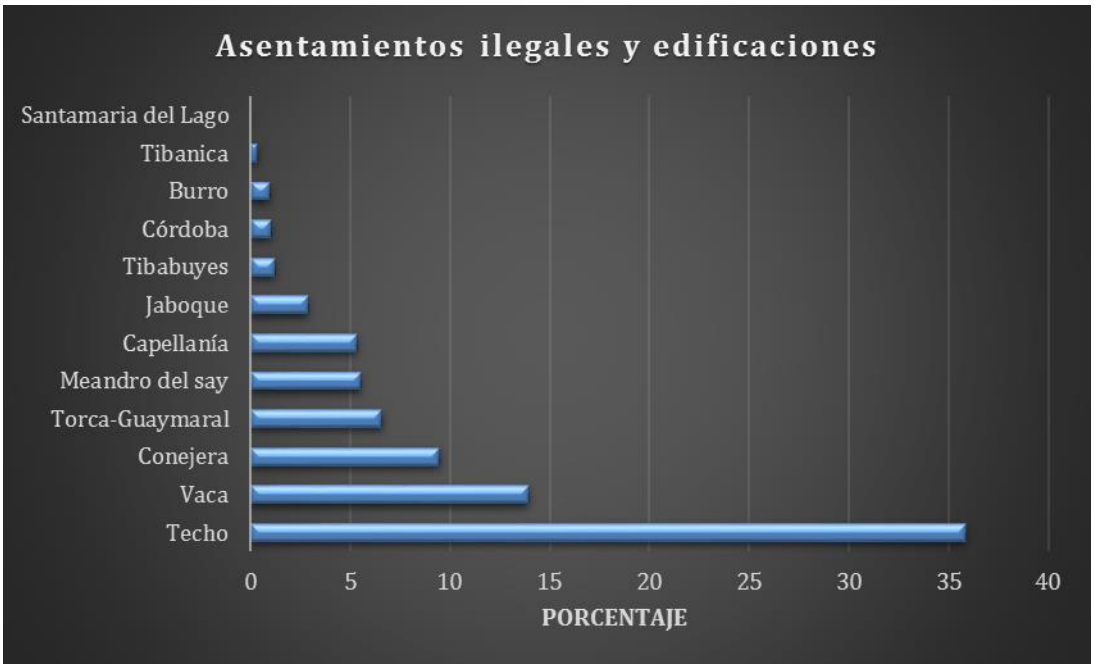
Tabla 19. Intensidad de la recuperación de predios privados en los humedales de Bogotá

Criterio	Categorías	Humedales
Intesidad de la recuperación de predios privados	Alta	Córdoba Jaboque Capellanía La Vaca
	Media	Tibabuyes El Burro Tibanica La Conejera
	Baja	Techo Meandro del Say Torca- Guaymaral Santa María del Lago

Fuente: elaboración propia a partir del trabajo de campo y entrevistas.

El siguiente factor en la clasificación de los humedales es la presencia de asentamientos ilegales y edificaciones, a partir de tres categorías. La primera hace referencia a los humedales que reportan menor presencia de asentamientos ilegales y edificaciones; en este grupo se encuentran Santa María del Lago (0%), Tibanica (0,38%), El Burro (0,96%) y Córdoba (1,03%). La proximidad media da cuenta de la presencia de asentamientos ilegales desde 1,24% hasta 5,53% y entre ellos se identificaron el Meandro del Say (5,53%), Capellanía (5,33%), Jaboque (2,89%) y Tibabuyes (1,24%).

Finalmente, los humedales que tienen mayor presencia de asentamientos ilegales y edificaciones se encuentran en un rango desde 6,6 % hasta 35,85%; los humedales clasificados en esta categoría son Techo (35,85%), La Vaca (13,94%), La Conejera (9,5%) y Torca-Guaymaral (6,6%). Esta información se sintetiza a continuación en la Gráfica 17 y la Tabla 20.



Gráfica 17. Porcentaje de asentamientos ilegales y edificaciones en los humedales de Bogotá. Fuente: elaboración propia.

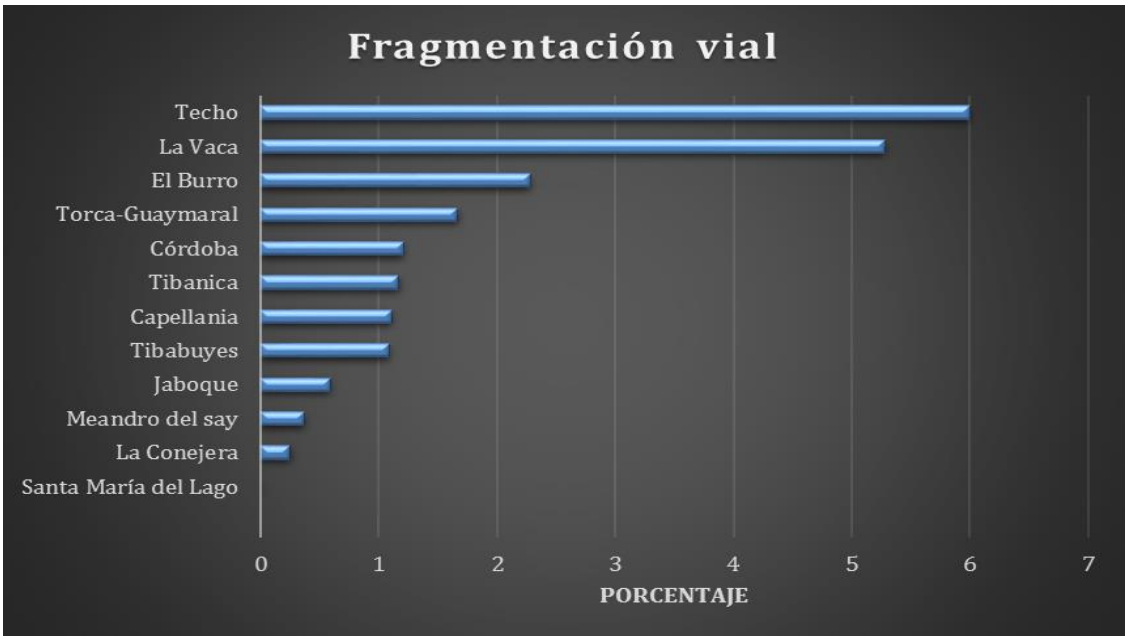
Tabla 20. Presencia de asentamientos ilegales y edificaciones

Criterio	Categorías	Humedales
Presencia de asentamientos ilegales y edificaciones	Alta	Techo La Vaca La Conejera Torca-Guaymaral
	Media	Meandro del Say Capellanía Jaboque Tibabuyes
	Baja	Santa María del Lago Tibanica El Burro Córdoba

Fuente: elaboración propia.

Para la medición del deterioro de los humedales se ha tenido en cuenta la fragmentación observada de las vías, ya que este es un factor de gran impacto sobre estos ecosistemas.

El mayor deterioro registrado se ubica en el humedal de Techo, cubriendo casi el 6% de su extensión, seguido de La Vaca (5,28%), El Burro (2,28%) y Torca-Guaymaral (1,67%). Los humedales que tienen un deterioro de nivel medio son Córdoba (1,21%), Tibanica (1,17%), Capellanía (1,11%) y Tibabuyes (1,09%). Por último, los humedales que reportan menor deterioro por efectos de la fragmentación vial son Santa María del Lago (0%), La Conejera (0,25%), Meandro del Say (0,37%) y Jaboque (0,59%). Estos resultados se presentan en la Gráfica 18 y la Tabla 21.



Gráfica 18. Porcentaje de deterioro de los humedales de Bogotá debido a la fragmentación vial. Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Intensidad del deterioro a partir de la fragmentación vial

Criterio	Categorías	Humedales
Intensidad del deterioro	Alta	Techo La Vaca El Burro Torca-Guaymaral
	Media	Córdoba Tibanica Capellanía Tibabuyes
	Baja	Santa María del Lago La Conejera Meandro del Say Jaboque

Fuente: elaboración propia

6.2. Modelización de la dinámica de los humedales de Bogotá entre 2015 y 2030 en diferentes escenarios

En este apartado se presentan tres escenarios que simulan la dinámica urbana y su impacto en el futuro de los humedales en el horizonte del 2030. El primero corresponde con el mantenimiento del escenario actual, es decir que su principal criterio es continuar con las políticas económicas, ambientales, sociales y urbanas vigentes. El segundo de los escenarios introduce políticas de control del crecimiento urbano del 2% en la superficie para analizar su impacto en la extensión de los de los humedales. Por último, el tercero propone políticas de *crecimiento verde* que incluyen inversiones económicas para el surgimiento de nuevos servicios verdes con la construcción de puentes verdes, ecoductos, entre otros.

El escenario I es el mantenimiento de la situación actual. Esto supone que el ritmo de crecimiento de los indicadores económicos hasta 2030 es el mismo al que han crecido en el periodo 2005-2015. En consecuencia, el mantenimiento de las inversiones en saneamiento predial de la empresa ejecutora (EAAB) que han pasado de representar el 0,0034% [42]del PIB de Bogotá en 2005 al 0,0041% en 2015 (EAAB, 2013) van a permitir que hasta 2030 se sigan adquiriendo y saneando algunos predios. Este escenario no es necesariamente malo, aunque no tendría efectos globales apreciables para el medio natural y la sociedad porque la recuperación del territorio en el perímetro de los humedales es muy lenta y la construcción ilegal crece de modo acelerado.

En el escenario II o del control de crecimiento urbano se mantiene el actual crecimiento de inversión en saneamiento predial y se evalúan los efectos de una interesante medida adicional: la introducción de políticas de control del crecimiento urbano. Para ello se asume que las autoridades de Bogotá establecen limitaciones a la construcción de nuevas superficies. Si entre 2005 y 2015 la superficie urbana de Bogotá crece un 3,77% (ver Anexo 1), en este escenario se introduce una reducción del 2% de acuerdo con lo propuesto por (Ma *et al.*, 2012), razón por la cual se asume una tasa de área construida del 1,77% a partir del 2019. Además, esta política propone eliminar la construcción de la ALO y esto significa la reducción de zonas en conflicto en los humedales en un 0,18%, lo que supone una buena medida para el mantenimiento actual de la superficie

[42] Porcentaje obtenido en dólares

de los humedales. Sin embargo, el proceso de crecimiento urbano de la ciudad tiende a ser ascendente y esta situación puede llegar a representar una problemática social por la falta de viviendas para la población.

El escenario de *crecimiento verde* o escenario III propone la implementación de políticas verdes destinadas a integrar beneficios ambientales por medio de estrategias para el surgimiento de la economía, nuevos sectores y servicios verdes (Hammer *et al.*, 2011). Esto significa la introducción de políticas decididas de *crecimiento verde* que aumentan la inversión en saneamiento predial, que pasaría a representar un 0,0070% del PIB anual a partir del 2019. Esto supone la adecuación de infraestructura verde en las zonas que presentan conflictos en los usos de los suelos en el área de estudio. De hecho, esta situación es una oportunidad para atenuar el cambio climático con la propuesta de nuevos servicios y empleos verdes para alcanzar una equidad social en la ciudad de Bogotá.

6.3. Resultados obtenidos

En este apartado se presentan los resultados de la modelización en los siguientes indicadores: área de los humedales, zonas en conflicto, asentamientos ilegales, área urbana, proporción de la inversión predial respecto del PIB, saneamiento predial, empleos verdes, demanda de servicios verdes y atractivo urbano. La selección de los indicadores se ha considerado por ser los más expresivos en la dinámica de los humedales. A continuación se analizan los indicadores que tienen impacto en la extensión de los humedales y que son importantes de acuerdo con los criterios del *crecimiento verde*.

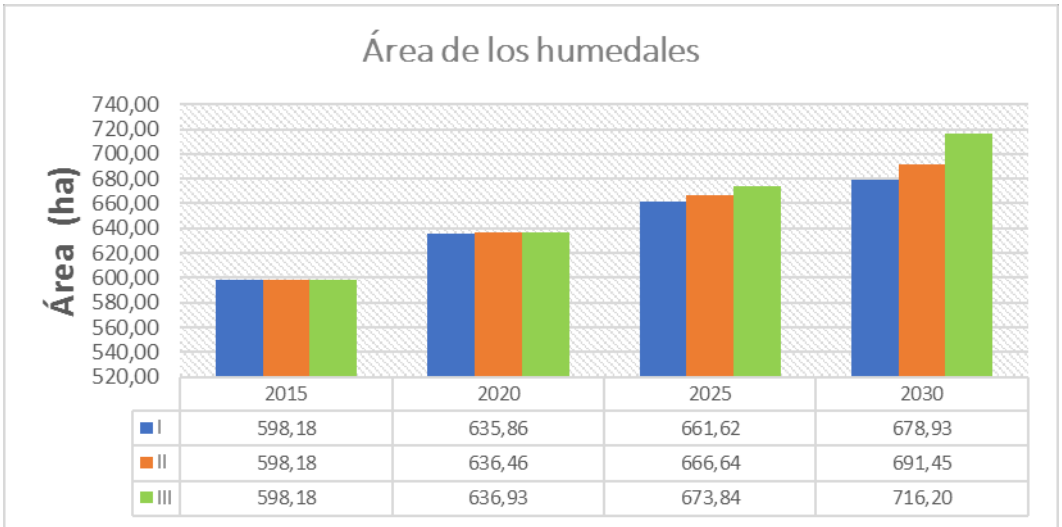
6.3.2. Área de los humedales

El área de los humedales se ha calculado integrando la "superficie recuperada" y su afectación en las "zonas de conflicto". Para facilidad del lector se recuerda a continuación la ecuación de este indicador (presentada anteriormente en el capítulo cinco).

$$ar.hum = INTEG\ (suprecu + \mathrm{ar.hum} * zconflic\ ), valor\ inicial\ ) \qquad [Eq.32]$$

suprecu: superficie recuperada
ar.hum: área de humedales
zconflic: zonas en conflicto
cezerBogt: Corredores ecológicos y zonas especiales del río Bogotá

Los resultados de este indicador permiten concluir que es importante mantener la inversión en temas de saneamiento predial, ya que este factor puede ser crítico para el futuro de los humedales. En el escenario I la superficie de 598,18 hectáreas aumenta hasta 678,93, y en el escenario II de control del crecimiento urbano esta cifra llega a 691,45 hectáreas. No obstante, si controlar el crecimiento del área urbana no fuera posible, el modelo muestra que en el escenario III o del *crecimiento verde*, la extensión de los humedales aumenta hasta 716,20 hectáreas. Aunque los tres escenarios son relativamente favorables, el óptimo es el último porque se recupera la mayor área, lo que permitiría aumentar la adecuación de infraestructura verde en esas zonas de la ciudad (ver Gráfica 19).



Gráfica 19. Tendencia de la superficie de los humedales en tres escenarios hipotéticos en el marco del crecimiento verde. Fuente: elaboración propia.

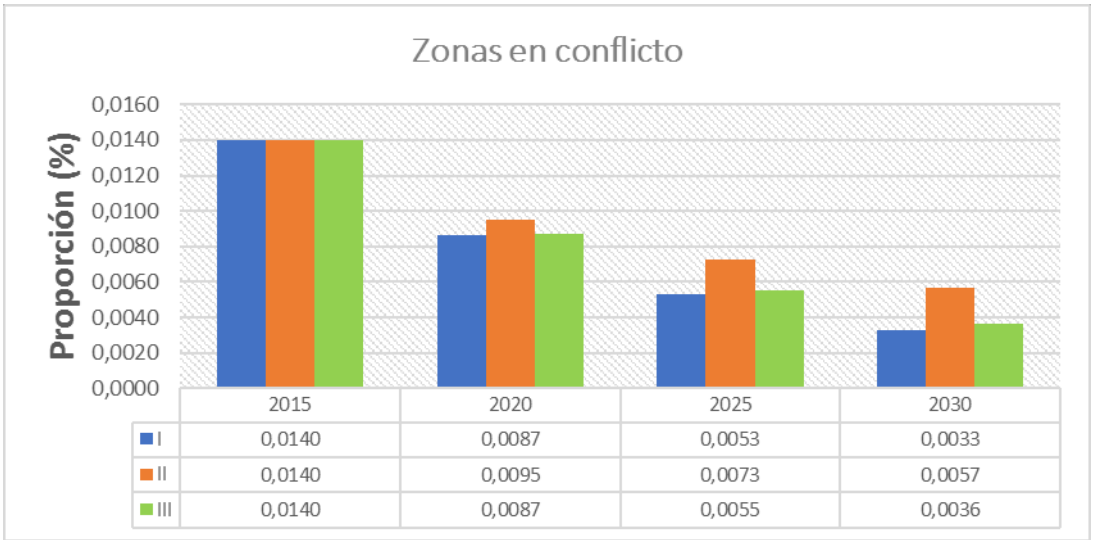
6.3.2. Zonas en conflicto

Este indicador describe la proporción de área en conflicto que existe por efectos de los asentamientos ilegales y el área urbana. Cabe recordar que las zonas en conflicto se obtuvieron teniendo como referencia la ecuación cuadrática, cuyo cálculo se ajusta teniendo en cuenta las variables de asentamientos ilegales, área de humedales, área urbana y propiedad privada. La ecuación del indicador de zonas en conflicto es la siguiente:

$$zconflic = \text{Asil} * \text{Min}\left(1, \left(\frac{ar.hum}{Area\ urbana + Prop.priv}\right)\right)^2 / TIME\ STEP \qquad \text{[Eq.33]}$$

Zconflic: Zonas en conflicto
Asil: Asentamientos ilegales
Prop.priv: Propiedad privada
time step: Intervalo de tiempo de la simulación (anual)

En el escenario I, los resultados describen una disminución de las zonas en conflicto desde 0,014% hasta 0,0033%, mientras que en el escenario II se reduce hasta 0,0057%. El conflicto podría reducirse hasta 0,0036% de acuerdo con el escenario III, entonces puede concluirse que esta es la mejor proyección, ya que sería posible destinar esas zonas en conflicto para la realización de adecuaciones de infraestructura verde e impulsar el *crecimiento verde* en el área urbana de Bogotá (ver Gráfica 20).



Gráfica 20. Zonas en conflicto en los humedales en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

6.3.3. Asentamientos ilegales

Los asentamientos ilegales se definen como el área ocupada por los habitantes en inmediaciones de los humedales. Dicho indicador se calcula integrando la "Desigualdad económica" y la "tendencia de asentamientos". Adicionalmente, se hace uso de la función MIN, que significa que a menor desigualdad económica, menor será la tendencia de asentamientos. Las ecuaciones son obtenidas del modelo de simulación y se expresan a continuación.

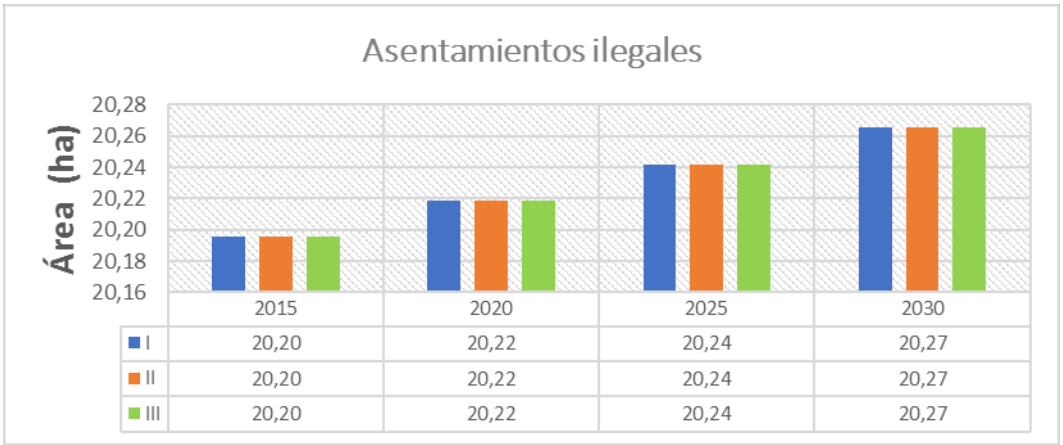
$$\text{Asil} = \text{INTEG}(\text{MIN}\,(De\ , tendecia\ de\ asentamientos), area\ inicial) \qquad [Eq.18]$$

Asil: Asentamientos ilegales
De: Desigualdad económica

$$tendencia\ de\ asentamientos = \left(\frac{Asentamientos\ ilegales * tasa\ de\ asentamientos}{100}\right) \qquad [Eq.19]$$

$$tasa\ de\ asentamientos = ((Area\ inicial / Area\ final)^{1/n} - 1) * 100 \qquad [Eq.20]$$

El indicador de asentamientos ilegales sintetiza la evolución de la afectación en las zonas en conflicto en los humedales: se ha presentado un aumento desde 20,14 hasta 20,26 hectáreas afectadas. En general este incremento responde a la desigualdad económica, pues debido a la difícil situación de pobreza y violencia del país, aumentan las migraciones hacia Bogotá (ver Gráfica 21). Cabe señalar que la intensidad de la inmigración se atenúa a medida que se consolide el postconflicto en el país. Estas y otras condiciones sociales son líneas futuras para investigar los efectos de la desigualdad económica de esta ciudad.



Gráfica 21. Asentamientos ilegales dentro de los humedales en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

6.3.4. Área urbana

El área urbana es un indicador fundamental para medir y predecir el crecimiento urbano de la ciudad de Bogotá. Para el cálculo de este indicador es necesario integrar la "nueva superficie construida", "vías" y las "zonas en conflicto". A continuación se indican las ecuaciones que componen este indicador.

$$\text{Área urbana} = INTEG(nusco + vías + zconflic, área\ construida\ inicial) \qquad [Eq.21]$$

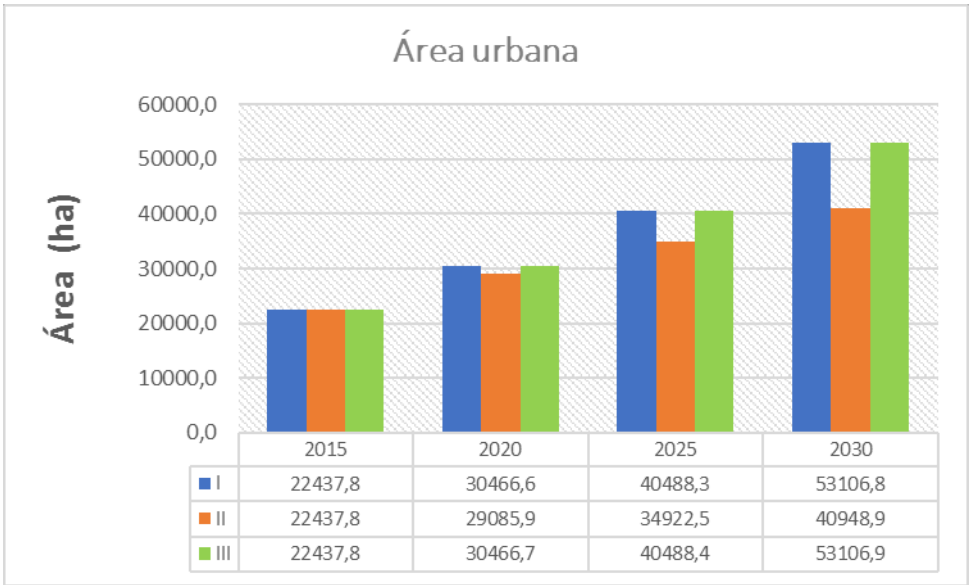
nusco: nueva superficie construida
zconflic: Zona en conflicto

$$nusco = \left(\frac{Área\ urbana * ta.cons}{100}\right) \qquad [Eq.22]$$

ta.cons: tasa de área construida

Las expectativas de crecimiento del área urbana señalan que la ciudad de Bogotá necesitará un área aproximada de 84.697,3 hectáreas para la construcción de nuevas viviendas y vías (González y Aparicio, 2016). Esto significa un aumento progresivo del

área urbana y una continua presión en la extensión de los humedales, por lo que se prevé en los escenarios I y III un incremento desde 2.243,7 hectáreas en el 2015 hasta 53.106,8 hectáreas en el 2030. No obstante, en el escenario III el incremento del área urbana se puede ver compensado si se introducen criterios de sostenibilidad acompañados de infraestructura verde en las edificaciones y los puentes viales que componen la ALO. En cambio, el escenario II representa una reducción considerable porque considera el control del área urbana, lo que significa un cambio desde 2.243,7 hectáreas en el año 2015 hasta 4.094,8 hectáreas en el 2030. De acuerdo con los resultados, el mejor escenario es el II por la reducción del área urbana, pero el escenario III también resulta admisible en la medida que el área urbana se pueda ver compensada con medidas de *crecimiento verde*, es decir la introducción de infraestructuras verdes en las construcciones pueden mitigar los impactos producidos en el área urbana de Bogotá (ver Gráfica 22).



Gráfica 22. Área urbana en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

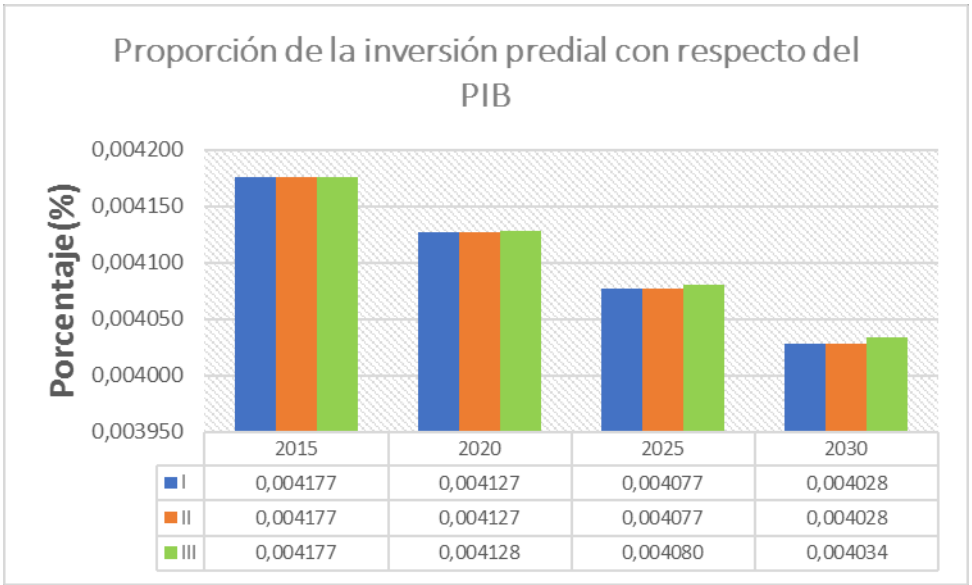
6.3.5. Proporción de la inversión predial respecto del PIB

Este indicador es la inversión económica en saneamiento predial del área de estudio teniendo como referencia el PIB de la ciudad. Para su cálculo se divide la inversión por el PIB, así:

$$Proporción\ de\ la\ invesión\ predial\ respecto\ del\ PIB = \left(\frac{Inversión}{PIB}\right) * 100 \qquad [Eq.10]$$

Los resultados de la Gráfica 23 muestran que los escenarios I y II son similares, puesto que mantienen las mismas políticas de inversión económica y se prevé una participación monetaria en el PIB desde 0,00417%[43] hasta 0,004028%. En cambio, en el escenario III las inversiones aumentan hasta 0,004034%, esto significa una mayor capacidad de adquisición predial y construcciones de infraestructura verde, incrementando las zonas de conservación y manejo ambiental. Por esta razón, el escenario óptimo es el III. Por otro lado, aunque las inversiones en saneamiento predial aumentan, la proporción con respecto del PIB disminuye; esto significa que el ritmo del crecimiento de la economía actual de Bogotá aumenta mucho más que las inversiones propuestas en el saneamiento predial. Esta tendencia se presenta porque el PIB actual se encuentra fundamentado con actividades económicas de extracción de recursos naturales, información que se encuentra reseñada en las cuentas nacionales de Colombia en los informes del DANE y el Banco de la República de Colombia. Esto significa que, para ver un ascenso en las inversiones del saneamiento predial, la ciudad debe promover una reconversión de la economía actual con la propuesta de un PIB verde que contemple actividades económicas verdes que impulsen mejorar las condiciones ambientales de los humedales de Bogotá.

[43] Porcentaje obtenido en dólares



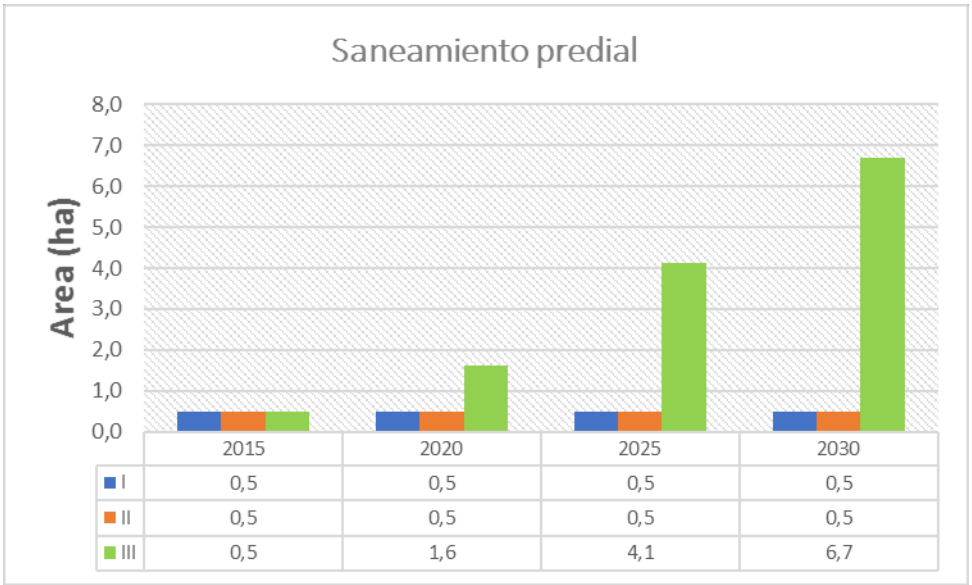
Gráfica 23. Participación monetaria en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

6.3.6. Saneamiento predial

El saneamiento predial es un indicador que da cuenta de la recuperación de terrenos para la conservación de los humedales y se calcula teniendo en cuenta la superficie recuperada para la ejecución de los PMA, información que se obtuvo gracias a los diferentes actores que participaron en la elaboración de la cartografía social. La ecuación de este indicador es la siguiente:

$$\text{Saneamiento predial} = INTEG(\,tendencia\ de\ saneamiento + STEP(0.5{,}2015) \qquad [Eq.4]$$

Los escenarios I y II son similares respecto a la adquisición predial porque mantienen las políticas de inversión económica. En el escenario I el área recuperada en el 2015 es de 0,5 hectáreas, que corresponde a zonas identificadas en el trabajo de campo del humedal La Vaca. El escenario II presenta los mismos resultados porque la inversión económica se mantiene constante. En cambio, los resultados en el escenario III indican un aumento en la tasa de cambio de 0,02% a partir del 2019 hasta alcanzar 6,6 hectáreas. De acuerdo con los resultados, este es el escenario más positivo puesto que propone la recuperación de nuevas áreas de humedales con inversiones económicas que permiten la compra de predios y el aumento progresivo para la red de humedales (ver Gráfica 24). Bajo estas condiciones sería adecuado a futuro analizar la situación predial de los nuevos humedales propuestos por la SDA (Tunjo, El Salitre y La Isla).



Gráfica 24.Saneamiento predial en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

6.3.7. Empleos verdes

Los empleos verdes se refieren a la empleabilidad requerida en la restauración de humedales. A continuación se pueden apreciar las ecuaciones citadas para determinar el número de empleos verdes.

$$EV = INTEG(MIN(superfice\ recperda, "nev".), valor\ inicial \qquad [Eq.41]$$

EV: empleos verdes
nev: nuevos empleos verdes

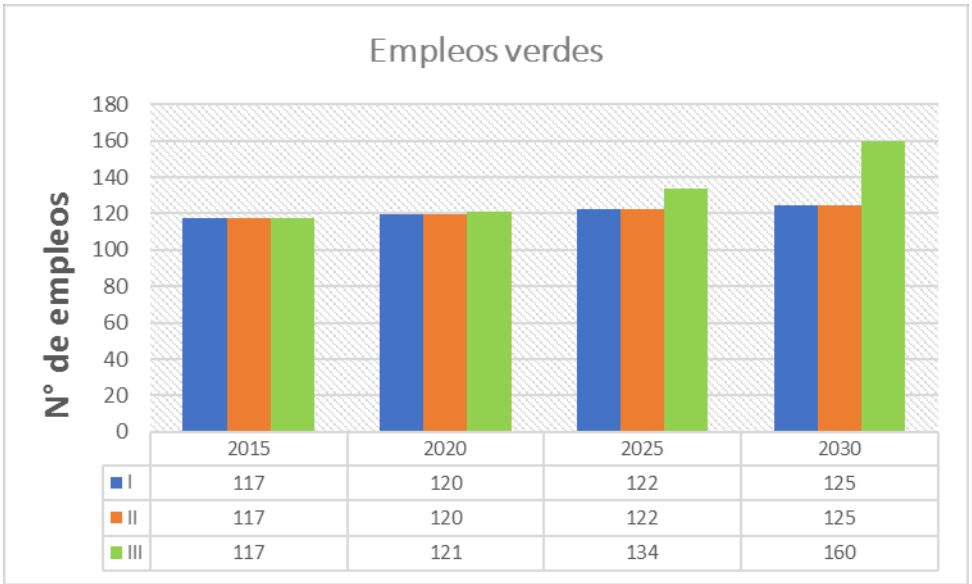
$$nev = (tev * Ev) * 100 \qquad [Eq.42]$$

tev: tasa de empleos verdes

$$tev = \left(\left(\frac{empleos\ iniciales}{empleos\ finales}\right)1/n - 1)\right) * 100 \qquad [Eq.43]$$

En cuanto a los empleos verdes creados, la simulación deja patente su vinculación con las inversiones de saneamiento predial, lo que explica su significativo aumento en el escenario III, en el que se alcanzan 160 empleos verdes, frente a 125 que se obtienen en los dos escenarios restantes (ver Gráfica 25). El aumento de los empleos verdes se da a medio y largo plazo en los años 2025 y 2030. Así mismo el número de empleos se encuentra relacionado con el área recuperada, esto significa que a menor superficie recuperada en los humedales, menos empleos verdes son requeridos para el desarrollo

de las diversas actividades de mantenimiento y conservación de su superficie.



Gráfica 25. Tendencia de los empleos verdes en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

6.3.8. Demanda de productos y servicios verdes

La demanda de productos y servicios verdes es un indicador clave para establecer el atractivo urbano, ya que en el marco del *crecimiento verde* este factor se relaciona con la cantidad de servicios verdes que se consumen y con el comportamiento de sus residentes. El número de visitas a los humedales, es decir el turismo ecológico que se puede llegar a tener en los humedales, es un buen ejemplo[44]. Además, este indicador depende directamente de las inversiones económicas que pueden aumentar o disminuir la extensión de los humedales. Las ecuaciones utilizadas para calcular la demandad de productos y servicios verdes son las siguientes:

$$Demproductoserver = INTEG(MIN\ ó\ MAX\ (Inversión, nudsv), N°\ de\ visitas\ in.) \quad [Eq.38]$$

Demproductoserver: Demanda de productos y servicios verdes
nudsv: nueva demanda de servicios verdes
N°de visitas in: número de visitas iniciales

$$nuds = \left(\frac{Demproductoserver * tcserver}{100}\right) \quad [Eq.39]$$

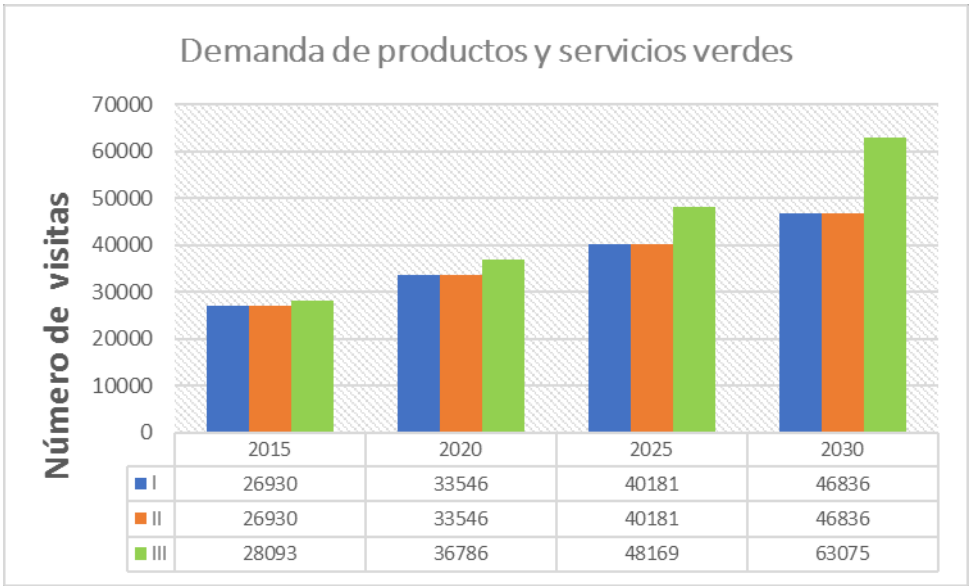
tcserver: tasa de cambio de servicios verdes

[44] Aunque el ingreso a los humedales en la actualidad no tiene costo, es necesario revisar esta situación, puesto que cobrar el ingreso puede ayudar para el mantenimiento de los humedales y despertar un poco más de conciencia en la comunidad.

$$tcserver = (\text{N° de visitas iniciales}/\text{N° de visitas finales})^{1/n} - 1) * 100 \quad [Eq.40]$$

n: número de años

Las proyecciones del modelo de simulación indican que el número de visitantes aumenta desde 26.930 hasta 46.836 en los escenarios I y II. La introducción de políticas de control del crecimiento urbano no presenta un impacto directo sobre la demanda de servicios verdes. En el escenario de impulso de *crecimiento verde*, el número de visitantes aumenta levemente de 28.093 a 46.836. Esto indica que al aumentar inversiones económicas, crece la demanda de servicios verdes (ver Gráfica 26).



Gráfica 26. Tendencia de la demanda de servicios verdes en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

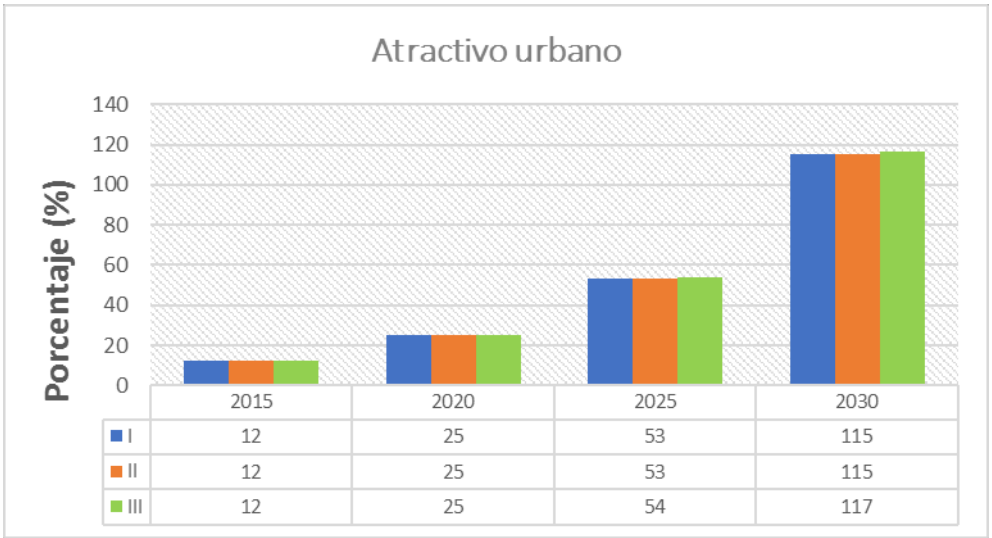
6.3.9. Atractivo urbano

El atractivo urbano es un indicador que integra factores económicos, sociales y ambientales y es uno de los más importantes en el modelo de simulación por su relación directa con los lineamientos del *crecimiento verde*. Cabe recordar que su ecuación incluye la EEP por habitante, los empleos verdes, el precio del suelo y la demanda de productos y servicios verdes:

$$au = \frac{EEP\ per\ cápita * (0{,}0004) + Emver * (0{,}0004) + Presuel * (0{,}0004) + Demproductoserver * (0{,}0004)}{4} \quad [Eq.37]$$

au: atractivo urbano
EEP per cápita: Estructura Ecológica Principal por habitante
Emver: Empleos verdes – Presuel: Precio del suelo
Demproductoserver: Demanda de productos y servicios verdes

Los resultados exponen un crecimiento ascendente en los tres escenarios. No obstante, los mejores resultados se presentan en el III, ya que aumenta el atractivo urbano en un 117%, mientras que en los escenarios II y I se llega a 115%. Por ende, el escenario de *crecimiento verde* es la mejor opción para aumentar el atractivo urbano de la ciudad. Los resultados expuestos son de gran relevancia, puesto que dicho indicador reúne los principales factores de interacción en la dinámica urbana sobre los humedales. En ese sentido se requiere trabajar conjuntamente con las instituciones ambientales y de planeación en el escenario III para aumentar los empleos verdes, la demanda de productos y servicios verdes, las zonas de la EEP per cápita y los precios del suelo para mejorar el desarrollo sostenido en torno a los humedales de Bogotá (ver Gráfica 27).



Gráfica 27. Tendencia del atractivo urbano en tres escenarios hipotéticos. Fuente: elaboración propia.

En síntesis, se han comparado tres escenarios bajo diferentes políticas de gestión. En ese sentido los resultados de la simulación muestran que el escenario que mantiene los supuestos actuales (I) es el menos favorable, puesto que, de nueve indicadores, cuatro obtienen una mala evaluación y cinco una mediana valoración. En cambio, en el escenario que contempla el control del crecimiento urbano (II), tres indicadores presentan valores más positivos respecto al I, ya que el área de los humedales y el área urbana alcanzan mejores resultados con las políticas establecidas. Sin embargo, los resultados óptimos se identifican en el escenario III puesto que, de nueve indicadores, siete reciben la máxima calificación y son los referidos al área de los humedales, las zonas en conflicto, la proporción de la inversión predial, el saneamiento predial (por las

mayores inversiones realizadas), la demanda de servicios verdes, los empleos verdes y el atractivo urbano (ver Tabla 22).

Tabla 22. Síntesis de los resultados de la simulación de la dinámica de los humedales de Bogotá en los tres escenarios.

Escenarios / **Indicadores**	**Actual (I)**	**Control del crecimiento urbano (II)**	***Crecimiento verde* (III)**
Área de los humedales			
Zonas en conflicto			
Asentamientos ilegales			
Área urbana			
Proporción de la inversión predial respecto del PIB			
Saneamiento predial			
Empleos verdes			
Demanda de servicios verdes			
Atractivo urbano			

Fuente: elaboración propia.

	Menos favorable
	Favorable
	Muy favorable

Se considera que el escenario III o del *crecimiento verde* es el mejor debido a los resultados previamente expuestos. Queda en evidencia que el *crecimiento verde* es un principio oportuno para impulsar la gestión sostenible de la extensión de los humedales y en general, del desarrollo urbano en la zona estudiada. En razón a lo anterior se formulan algunas propuestas en el marco del *crecimiento verde*.

7. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN Y GESTIÓN FUTURA DE LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ EN EL MARCO DEL *CRECIMIENTO VERDE*

De acuerdo con los resultados expuestos en la modelización de la dinámica urbana y su impacto en los humedales, se destaca el escenario que incentiva el impulso al *crecimiento verde*, puesto que sus efectos aumentan el atractivo urbano por la oferta de áreas protegidas en la zona urbana. Esta situación insta a pensar en procesos de transformación en el plan urbanístico de Bogotá. Así pues, se han formulado dos programas basados en algunas políticas propuestas por la OCDE, particularmente las construcciones verdes y la delimitación de nuevas zonas para humedales, aspectos que se abordan a continuación.

7.1. Construcciones verdes

Esta propuesta le apunta a la integración de infraestructura verde en las zonas en conflicto que se encuentran cerca a los humedales, esto significa que la población vulnerable debe adoptar medidas para mitigar sus zonas de inundación. Las experiencias exitosas de las ciudades de Tianjin, París y Ciudad de México se han tomado como referencia para la construcción de la propuesta en el marco de esta investigación, la cual incluye elementos como jardines verticales y techos verdes y productivos.

Estas iniciativas pueden ser útiles en el escenario de la construcción futura de la ALO, que se encuentra planificada como una vía principal para mejorar la accesibilidad de Bogotá y minimizar el tráfico de vehículos de carga pesada que transitan del norte al sur de la ciudad (IDU, 2017). Sin duda, la ALO[45] va a jugar un papel importante para el desarrollo económico de la ciudad, por ello es necesario tratar de integrar su construcción con nuevas estrategias desde el *crecimiento vede* que se enfocan en mitigar el impacto sobre la superficie de los humedales. Ortiz Monasterio (2016) propone la construcción de la vía verde en Ciudad de México como estrategia para aumentar los espacios verdes y reducir las emisiones atmosféricas. En la misma línea, Davis, Ramírez

[45] En la actualidad no existe un Estudio de Impacto Ambiental aprobado por la Autoridad Nacional de Licencias ambientales (ANLA) para la construcción de la ALO, por ello las construcciones verdes son medidas de manejo ambiental, que pueden ser importantes para integrar en las medidas de manejo ambiental para mitigar el impacto ambiental que se pueda generar en los humedales Capellanía, Tibabuyes y Conejera

y Vallejo (2015) plantean que el jardín vertical actúa como enfriador en los pantanos, adicionalmente Bolund y Hunhammar (1999) reseñan que la vegetación retiene aproximadamente del 5 al 15% del agua lluvia. En términos generales, la infraestructura urbana es un excelente medio para aumentar las zonas verdes y controlar inundaciones.

En razón a lo anterior, queda patente que la construcción de puentes vehiculares con adecuaciones de jardines verticales es la solución para dar paso a la construcción de la ALO, puesto que su implementación es una oportunidad para mitigar el cambio climático y mejorar la accesibilidad de la ciudad de Bogotá. De acuerdo con estimaciones propias, la construcción de la ALO requiere aproximadamente de 33 columnas con dimensiones aproximadas de 1,5 metros de ancho por 5 metros de alto (ver Figura 89).

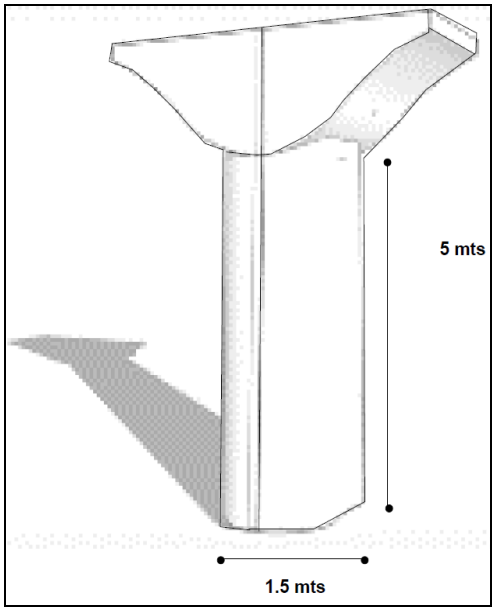


Figura 89. Dimensiones de las columnas para los vehiculares verdes. Fuente: elaboración propia a partir de Ortiz Monasterio (2016).

El proceso de montaje del jardín vertical se ejecuta en varios pasos, desde el acoplamiento de la estructura aislante, la impermeabilización, la adaptación de la malla soporte para adecuar el geotextil (que sirve como recipiente para el sustrato y las plántulas) y el establecimiento de un sistema de riego automatizado por goteo para el mantenimiento de las plantas en época de sequía (Ortiz Monasterio, 2016).

La construcción de la ALO determina que deben erigirse tres puentes vehiculares sobre los humedales Tibabuyes, Capellanía y La Conejera. Los diseños propuestos de las

construcciones verdes tienen en cuenta los espejos de agua para no afectar la humedad de los humedales. Aunque la presencia de los puentes vehiculares va a ocasionar inevitablemente un impacto, se plantea que la afectación de los humedales será mínima, puesto que su adaptación equivale a una buena compensación. Según el Equipo de Plataforma Urbana[46] la construcción de una columna de jardín vertical equivale a la siembra de 300 árboles en un año, como se indica en la Figura 90.

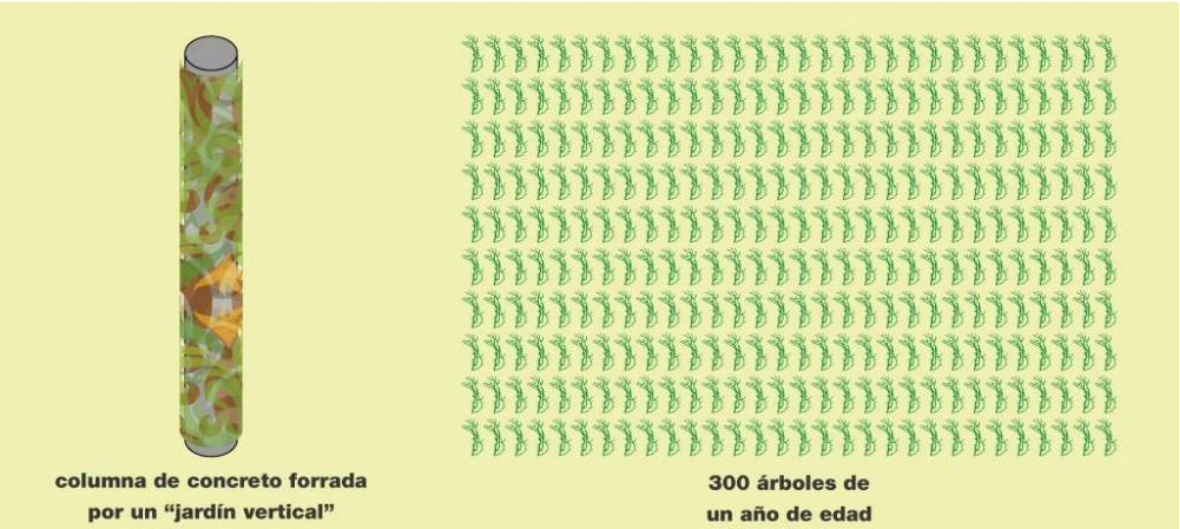


Figura 90. Equivalencia de un jardín vertical con número de árboles. Fuente: http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/09/12/via-verde-un-nuevo-debate-de-sustentabilidad-en-mexico/.

En la Ficha 1 se sintetiza la propuesta con los objetivos del programa de construcciones verdes, que contiene las especificaciones técnicas, localización de las infraestructuras, la estimación de la inversión requerida y la propuesta de tres indicadores para su seguimiento.

[46] http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/09/12/via-verde-un-nuevo-debate-de-sustentabilidad-en-mexico/

Ficha 1. Puentes vehiculares con infraestructura verde.

Política de *crecimiento verde*
Programa de *infraestructura verde en puentes vehiculares*

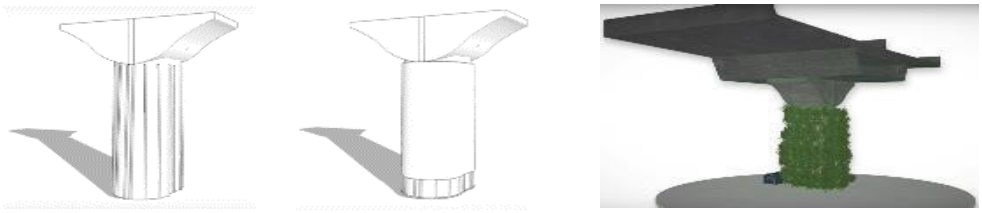
Objetivos

*Construir puentes vehiculares con adecuaciones de infraestructura verde para el paso de la ALO por los humedales

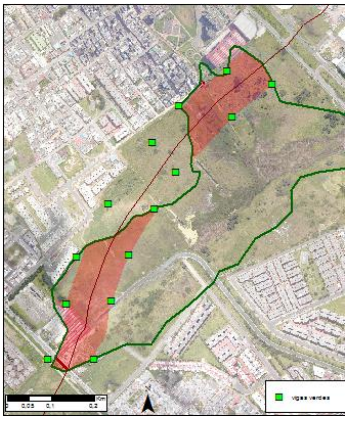
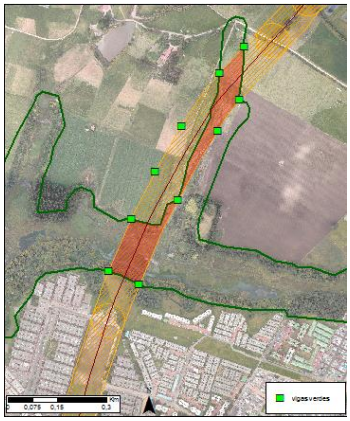
Especificaciones técnicas

1. Tensor de fijación fletes metálicos
2. Aislante de plástico
3. Adecuación del jardín vertical

Fuente: (Ortiz Monasterio, 2016)



Localización y previsiones de construcción de las infraestructuras

Tibabuyes 9 vigas verdes	**Capellanía** 14 vigas verdes	**La Conejera** 10 vigas verdes
		

Efectos esperados

Conservar los espejos de agua y zonas de ronda hidráulica
Reducir las emisiones atmosféricas de PM_{10}
Fijar las emisiones de dióxido de carbono
Mitigar los aumentos de temperatura
Preservar la flora y la fauna
En general el programa busca mejorar las condiciones ambientales de las localidades de Suba y Fontibón

Estimación de la inversión requerida[47] (en USD)

Valor unitario (7,5 m^2) = 1.147,50
Valor total (247,5m^2) = 37.867,50

Indicadores de seguimiento propuestos

Zonas verdes (hectáreas/año)	Empleos verdes (N° de empleos/año)	Demanda de productos y servicios verdes (N° de visitantes/año)

Fuente: elaboración propia

Aunque la construcción de puentes vehiculares con jardines verticales puede contribuir a mitigar los efectos de la construcción de la ALO sobre los humedales, esta acción por sí sola no es suficiente. También es necesario integrar infraestructuras verdes a

[47] Los precios son calculados teniendo en cuenta la cotización de la empresa colombiana del ingeniero Rodrigo Osorio, quien cotiza el 1 m^2 de instalación con un sistema de riego por goteo automático equivalente a $ 450.000 pesos colombianos.

viviendas y edificaciones para alcanzar un *crecimiento verde.* Por ello se propone la construcción de ecobarrios con jardines verticales y ecotechos en zonas urbanas para aumentar las zonas verdes por habitante, disminuyendo así las emisiones atmosféricas y mejorando las condiciones de vida de los habitantes. Además, el programa debe integrar a la comunidad limítrofe y asentada dentro de algunos humedales, puesto que su participación es de vital importancia para el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura verde. El trabajo se debe iniciar con capacitaciones a la comunidad lideradas por el JBB, ya que esta entidad tiene una larga trayectoria en agricultura urbana y un amplio conocimiento respecto de las especies nativas de la ciudad. El JBB[48], en un video educativo de acceso abierto al público, indica que los materiales para el desarrollo de un jardín vertical artesanal pueden ser botellas plásticas del mismo tamaño, compost, plántulas para siembra y piedras pequeñas.

Dentro de los objetivos principales del programa de construcciones verdes se busca también la inclusión social de las poblaciones más desfavorecidas que se encuentran localizadas en los humedales Tibanica, Techo, Jaboque, Tibabuyes y La Vaca. Por esta razón se propone la CONSTRUCCIÓN de ecotechos productivos, que buscan la aproximación de producción CON EL consumo COMO EJEMPLO DE INTEGRACIÓN DE LA AGRICULTURA EN LA ARQUTIECTURA (Oyón, 2011). De esta manera se busca reducir mejorar también las condiciones económicas y ambientales de las localidades de Kennedy, Engativá y Bosa. Teniendo en cuenta las condiciones climáticas características de la ciudad de Bogotá, Forero y Devia (2012) recomiendan hacer siembras de lechuga crespa (*Lactuca sativa*), cebolla larga (*Allium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y espinaca (*Spinaca oleracea*). En la Ficha 2 se sintetizan las especificaciones técnicas de los ecotechos productivos y se aportan registros fotográficos. También se ilustra el montaje del jardín vertical que se encuentra adaptado con una infraestructura metálica y botellas plásticas que sirven de soporte para las plántulas. La propuesta de las dimensiones de los ecodistritos toma como referencia la cartografía de conflictos de usos de los suelos que se realizó en los humedales, lo que permitió determinar las zonas más adecuadas para establecer estas distintas modalidades de infraestructura verde.

[48] https://www.youtube.com/watch?v=_C2KNiMlGl0.

Ficha 2. Jardines verticales y ecotechos en zonas de conflicto

Política de *crecimiento verde*
Programa de eco barrio e infraestructura verde en edificaciones

Objetivos

*Adecuar jardines verticales, techos verdes y ecotechos productivos en las edificaciones de acuerdo con las preferencias de la población que se encuentra dentro y fuera del área limítrofe de los humedales.

Especificaciones técnicas

Ecotechos productivos

Jardín vertical

Fuente: Forero y Devia (2012); SDA (2018).

Localización y previsiones de construcción de las infraestructuras

El Burro Ecotecho: 0,11 ha Jardín vertical: 1,23 ha	**Techo** Ecotecho productivo: 4,11 ha Jardín vertical: 2.030 ha	**Santa María del Lago** Ecotecho: 0,000133 ha Jardín vertical: 0,75 ha	**La Conejera** Ecotecho: 1,15 ha Jardín vertical: 2,381 ha	**La Vaca** Ecotecho productivo: 0,14 ha Jardín vertical: 1,409 ha
Tibabuyes Ecotecho productivo: 3,23 ha Jardín vertical: 5,630 ha	**Córdoba** Ecotecho: 0,41 ha Jardín vertical: 2,831 ha	**Tibanica** Ecotecho productivo: 0,125 ha Jardín vertical:0,1302 ha	**Jaboque** Ecotecho productivo: 5,17 ha Jardín vertical: 8,640 ha	**Meandro del Say** Ecotecho: 5,022 ha Jardín vertical**:**1,425 ha

Efectos esperados
Conservar los espejos de agua y zonas de ronda hidráulica
Reducir las emisiones atmosféricas de PM_{10}
Fijar las emisiones de dióxido de carbono
Mitigar los aumentos de temperatura
Preservar la flora y la fauna
Control de inundaciones
En general el programa busca mejorar las condiciones ambientales de las localidades de Kennedy, Engativá, Suba, Bosa y Fontibón.

Estimación de la inversión requerida (en USD)

Valor ecotechos: $ 30.258.288
Valor jardines verticales: $32.896.360

Valor total: $ 33.628.210

Indicadores de seguimiento propuestos

Zonas verdes (hectáreas/año)	Empleos verdes (N° de empleos/año)	Demanda de productos y servicios verdes (N° de visitantes/año)	Inversión (dólares/año)

Fuente: elaboración propia

En la misma línea de construcciones verdes se propone el establecimiento de ecoductos, un tipo de infraestructura que se ha utilizado en Francia y España para el paso de los animales y el aumento de zonas verdes. La construcción de los puentes también requiere

la adecuación de techos verdes, que deben estar constituidos por un impermeabilizante, grava y sustrato (Torres y Morillón, 2007). La propuesta de ecoductos busca minimizar el impacto que genera la fragmentación vial en la ciudad, puesto que la fauna se encuentra aislada y separada de su hábitat debido a la presencia de calles y autopistas, como son los casos de los humedales El Burro con la avenida Ciudad de Cali, Capellanía con la avenida La Esperanza, Torca-Guaymaral con la autopista Norte y Córdoba con la calle 80.

La propuesta de localización y de las dimensiones de los ecoductos también se ha basado en la cartografía de zonas en conflicto en los humedales El Burro, Capellanía, Torca-Guaymaral y Córdoba. Sin embargo, para el desarrollo de este proyecto es necesario que la Alcaldía Mayor de Bogotá destine un presupuesto para la construcción de ecoductos, y aunque esta estrategia no va a remediar el daño que sufrieron los humedales en los años ochenta, sí va a aumentar las zonas verdes y a mejorar las condiciones de vida de la fauna y la calidad del aire en las localidades de Kennedy, Fontibón, Usaquén y Suba. En la Ficha 3 se presentan las especificaciones técnicas propuestas de los ecoductos, se hace una estimación de la inversión requerida para la ejecución del proyecto y una propuesta de indicadores que permiten hacer la medición de las zonas verdes, empleos verdes, y demanda de productos y servicios verdes.

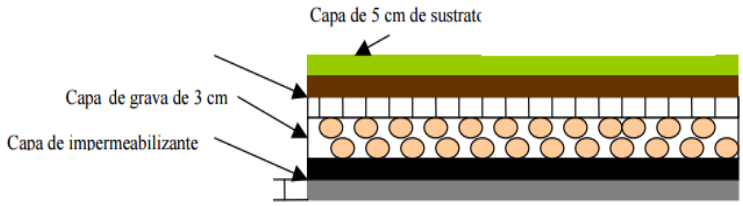
Ficha 3. Programa de construcciones de puentes verdes.

Política de *crecimiento verde*
Construcciones de puentes verdes

Objetivos

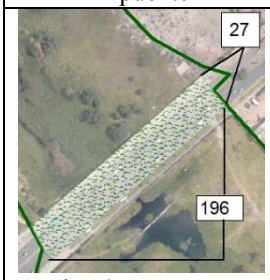
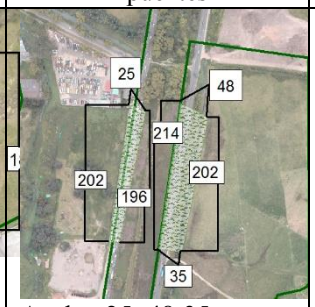
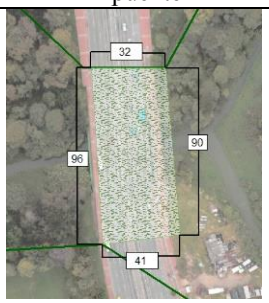
*Garantizar el paso de la fauna en los humedales Córdoba, Torca-Guaymaral, Capellanía y El Burro.
*Aumentar la infraestructura verde en la ciudad de Bogotá.

Especificaciones técnicas



Fuente: Torres y Morillón (2007).

Localización y previsiones de construcción de las infraestructuras

El Burro 1 puente	**Capellanía** 1 puente	**Torca-Guaymaral** 2 puentes	**Córdoba** 1 puente
 Ancho: 27 m Largo:196 m	 Ancho:32 m Largo:185 m	 Ancho: 25- 48-35 m Largo: 202-196 -214-202 m	 Ancho:32-41 m Largo: 90-96 m

Efectos esperados	**Estimación de la inversión requerida[49] (x 1000 USD)**	
Preservar la flora y la fauna de los humedales Reducir las emisiones atmosféricas de PM_{10} Fijación del dióxido de carbono Mitigar los aumentos en la temperatura. En general el programa busca mejorar las condiciones ambientales de las localidades de Kennedy, Fontibón, Usaquén y Suba	Valor unitario El Burro: Valor unitario Capellanía: Valor unitario Torca-Guaymaral: Valor unitario Córdoba: **Valor total:**	809,67 905,76 772,65 602,20 3.090,29

Indicadores de seguimiento propuestos

Zonas verdes (hectáreas/año)	Empleos verdes (N° de empleos/año)	Demanda de servicios verdes (N° de visitantes/año)

Fuente: elaboración propia.

[49] El presupuesto no incluye la construcción del puente vehicular, solo incluye la infraestructura verde.

7.2. Selección y delimitación de humedales

Esta propuesta se basa en un enfoque conceptual que considera a los humedales como áreas para el control de inundaciones. Se incluyen componentes de la hidrología, que se articulan como criterios para la definición del límite funcional del humedal. Esta propuesta surge a partir de la iniciativa de la SDA de integrar los humedales Tunjo, La Isla y El Salitre, propuestos como zonas de protección de la EEP de Bogotá (SDA, 2018). La delimitación de los humedales tiene en cuenta sus cotas de inundación para analizar efectivamente las zonas dominio público hidráulico y mejorar la conexión de la naturaleza con el curso de agua (Pellicer, 2016; Cerema, 2015).

Se determinó que las cotas de inundación de los humedales Tunjo y La Isla son bajas, esto significa que la zona delimitada por la línea de inundación tiene un periodo de retorno mayor o igual a cien años. Por esta razón, la población limítrofe se encuentra expuesta a un riesgo de inundación baja; no obstante, es necesario tomar medidas para la protección de la población y del medio natural. En la siguiente cartografía se han localizado las principales zonas de inundación como base para la delimitación de los humedales Tunjo y La Isla, localizados al sur de la ciudad. En cambio, para la delimitación del humedal El Salitre se tuvieron en cuenta sus espejos de agua para determinar las posibles zonas de dominio público hidráulico (ver Figura 91). Sin embargo, para su apropiada delimitación se requiere de estudios previos de humedad en los suelos y registros de eventos de inundación.

En resumen, se hace la delimitación de los nuevos humedales teniendo en cuenta sus cotas de inundación y luego se hace un estimado del presupuesto para la adquisición de terreno. Además, se identifican los posibles impactos que se pueden mitigar con esta iniciativa y se hace una propuesta de indicadores para su medición. Todos estos aspectos se sintetizan en la Ficha 4.

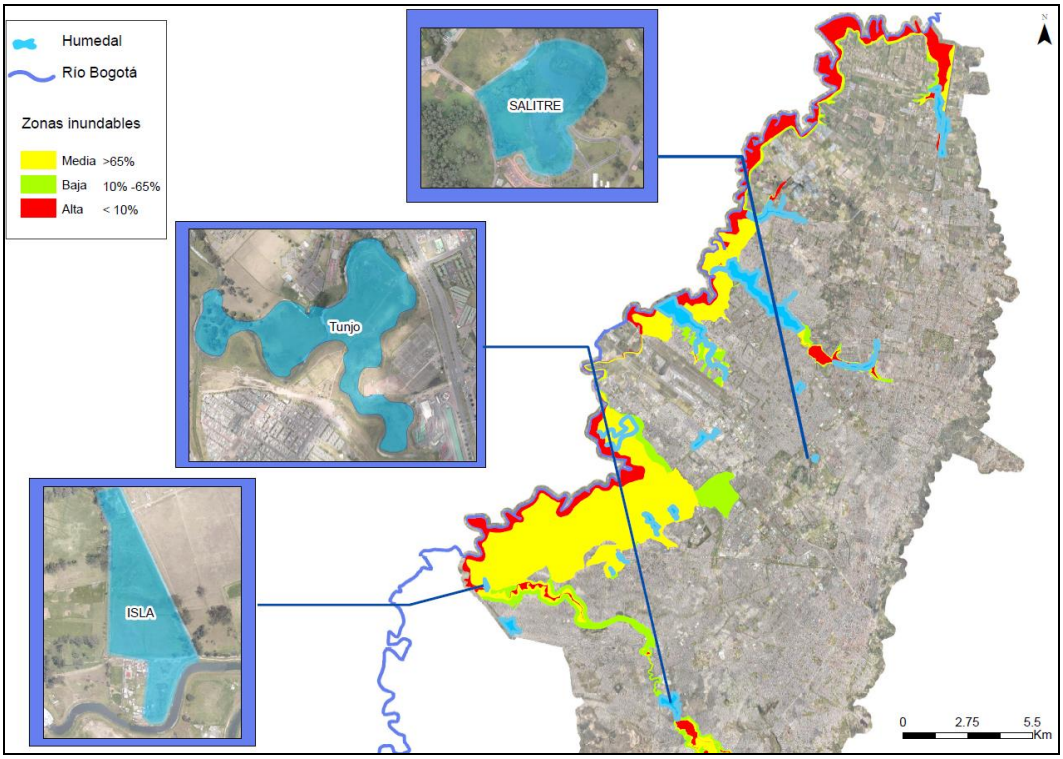


Figura 91. Delimitación de nuevos humedales a partir de las zonas inundables de Bogotá.

Fuente: elaboración propia.

Nota: el proceso de delimitación para el humedal Salitre se realizó con el software ArcGIS con el geo proceso de buffer, el cual permite crear un área alrededor de la zona de influencia teniendo como referencia la distancia de 30 metros (zona de dominio público hidráulico o ronda hidráulica del humedal)[50]. En cambio, para la delimitación de los humedales el Tunjo y la Isla se tuvo como fuente de información las capas de inundación del río Bogotá, la cual indica las zonas de inundación media, baja y alta (*IDIGER, 2004)*.

[50] Especificaciones establecidas en el POT de la ciudad de Bogotá.

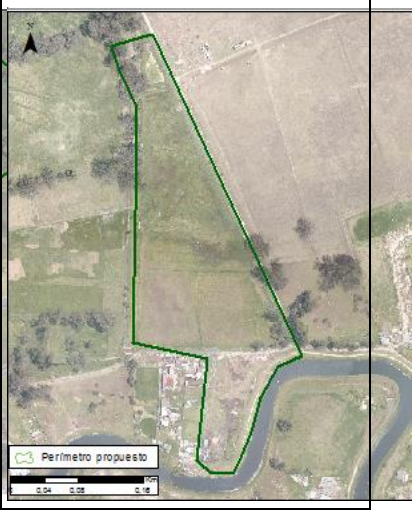
Ficha 4. Delimitación de los nuevos humedales.

Política de *crecimiento verde*
Delimitación nuevos humedales

Objetivos

Recuperar espejos de agua, ronda hidráulica y ZMPA para la ampliación de la red de humedales de la ciudad de Bogotá.

Localización y previsiones de la delimitación

Tunjo	**El Salitre**	**La Isla**
Saneamiento predial de 44,91 hectáreas.	Saneamiento predial de 3,95 hectáreas.	Saneamiento predial de 5,36 hectáreas.
		

Efectos esperados	**Estimación de la inversión** [51] **(X 1000 USD)**
Reducir las emisiones atmosféricas de PM_{10} de las localidades Engativá, Bosa y Tunjuleito Disminuir enfermedades respiratorias Mitigar los aumentos de temperatura Preservar la flora y la fauna	Tunjo $ 16.271,079 Isla $ 1.617,851 Salitre $ 2.076,040 Valor total: $ 1.99.649,72

Indicadores propuestos

Área de los humedales (hectáreas/año)	Empleos verdes (N° de empleos/año)	Demanda de servicios verdes (N° de visitantes/año)

Fuente: elaboración propia

La Figura 92 presenta una síntesis de las propuestas realizadas, indicando la localización de los humedales y las adecuaciones de infraestructura verde, es decir ecotechos, jardines verticales, ecoductos y puentes vehiculares verdes, que también se pueden ver en detalle en el anexo 4.

[51] Los costos de los suelos tienen en cuenta el avalúo catastral de las localidades de Bosa, Engativá y Tunjuelito (UAECD, 2015).

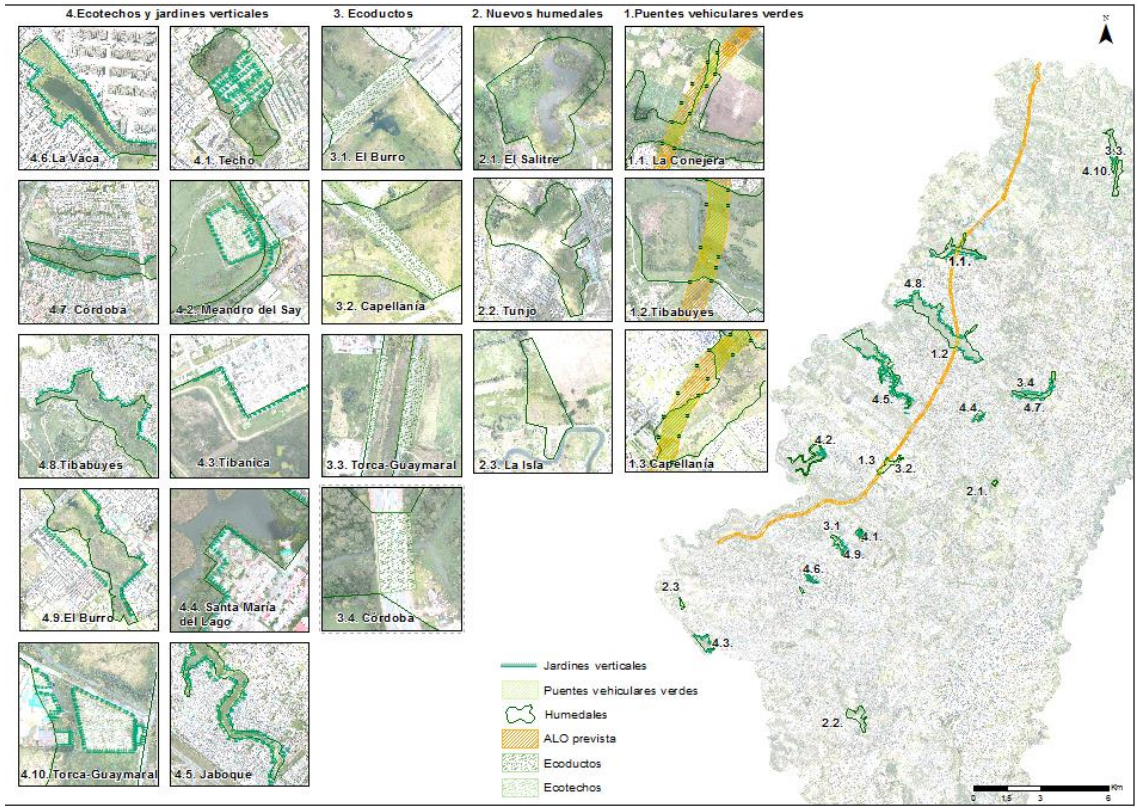


Figura 92. Plano general de propuestas bajo el marco del *crecimiento verde* para la ciudad de Bogotá[52]. Fuente: elaboración propia.

Nota: la propuesta del plano general se realizó con el *software* ArcGIS teniendo como referencia las propuestas de construcciones verdes desde la ficha 1, 2 y 3. Además se integra la cartografía del programa de selección y delimitación de nuevos humedales de la ficha 4. De esta manera se insertan 21 data frame que ilustran en detalle cada una de las propuestas en los humedales analizados.

[52] Para observar esta cartografía en un tamaño mayor, remitirse al Anexo 3.

8. CONCLUSIONES

8.1. Síntesis del trabajo

En este trabajo se han presentado los resultados de la modelización que se realizó para facilitar el análisis y la gestión ambiental de los humedales de la ciudad de Bogotá. El trabajo se justifica por la importancia intrínseca de estos espacios naturales y la necesidad de contribuir al mantenimiento de la importante función que desempeñan en el espacio urbano. Se han tenido en cuenta los principios del *crecimiento verde*, según los cuales la protección de los espacios naturales brinda oportunidades de mejora económica y ambiental hasta alcanzar mejores condiciones sociales. En esta línea, la apreciación desde esta investigación es que tales principios son válidos para enfocar la gestión futura de los humedales de Bogotá y que podrían hacerse extensivos a otros ámbitos del rico patrimonio ambiental de la ciudad, sin perjuicio de la inclusión de otros enfoques de gestión en los humedales como los que se aplican en Zaragoza (España) y Pau (Francia). Desde el punto de vista metodológico, la problemática de los humedales supone un claro desafío analítico por la gran cantidad de factores que les afectan. Este trabajo se ha centrado en los de tipo socio-territorial, para mostrar la vulnerabilidad de estos espacios ante los procesos y efectos típicos del crecimiento de las grandes aglomeraciones urbanas. La búsqueda y obtención de información apropiada es una parte esencial de la investigación y en el trabajo se ha reflejado la diversidad de procedimientos aplicados para ello, entre los que se destaca un amplio trabajo de campo.

En cuanto a la modelización realizada, su relevancia también es evidente. Por un lado, permite formalizar las complejas interacciones entre los factores sociales, ambientales, económicos, urbanos y *crecimiento verde* que afectan a los humedales. En síntesis, los factores de mayor complejidad se concentran con las variables del *crecimiento verde*, puesto que es necesario innovar en los planes de manejo ambiental y planes de acción, para así integrar un programa de seguimiento continuo, que permita cuantificar la demanda de servicios verdes, empleos verdes y atractivo urbano.

Así mismo será necesario aumentar las inversiones económicas en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la ALO y en los planes de manejo ambiental de los

humedales para que desde los instrumentos normativos se integra la ejecución de las propuestas de construcciones verdes y delimitación de los nuevos humedales como medidas de mitigación ambiental. Además, estas propuestas beneficiarían también a la población más vulnerable asentada dentro y fuera de los humedales de Techo, El Burro, La Vaca, Tibanica, Jaboque, Meandro del Say, Tibabuyes, Córdoba y Santa María del Lago, puesto que la participación de la comunidad es importante para la sostenibilidad de los jardines verticales.

Por otro lado, el modelo propuesto facilita la evaluación de políticas al recrear sus efectos a mediano y largo plazo, puesto que su sistema de modelación es una representación de la realidad de los humedales y fue ajustado y validado teniendo en cuenta el trabajo de campo y las entrevistas semiestructuradas. No obstante, su razonable ajuste a la realidad, comprobado mediante la oportuna validación, justifica los ejemplos de aplicación mostrados en la evaluación de los tres escenarios propuestos. A pesar de la relativa sencillez de los ejemplos escogidos, el modelo confirma la sensibilidad del sistema ante políticas enfocadas en el impulso del *crecimiento verde*. La inversión en saneamiento predial tiene efectos positivos claros en lo ambiental, con un aumento de la superficie de los humedales. Para el caso analizado se aprobaría la construcción de la ALO, pero es necesario tener en cuenta los principios del *crecimiento verde* en las evaluaciones y estudios de impacto ambiental, es decir que la formulación de los PMA para los humedales de Tibabuyes, Capellanía y Conejera, deberían integrar un programa de construcciones verdes para hacer las adecuaciones de infraestructura verde, que minimicen el impacto ambiental y maximicen la equidad social con nuevos empleos verdes. Igualmente ha quedado ilustrada la eficiencia de combinar políticas complementarias, como las de inversión y regulación del crecimiento predial. Estos resultados son alentadores y se convierten en un estímulo para seguir trabajando en líneas futuras de investigación que mejoren el modelo y contribuyan a la mejora ambiental, económica y social de la ciudad de Bogotá y de sus humedales.

Los resultados de esta tesis pueden ser usados por diversas instituciones gubernamentales para la formulación de nuevas políticas de gestión en humedales en el marco del *crecimiento verde*, puesto que su desarrollo metodológico desde la dinámica de sistemas permite la simulación de escenarios futuros que pueden ser replicados en diferentes humedales con tensiones urbanas en Colombia. Este modelo puede

considerarse un punto de partida para la formulación de la nueva política de *crecimiento verde* del país porque permite contrastar los modelos mentales y ensayar las diferentes estrategias en la realidad virtual, con el objeto de ganar confianza en la toma de decisiones.

A escala distrital, se sugiere incorporar una adaptación del modelo de simulación propuesto para la articulación en los instrumentos de planificación urbana de la SDP y evaluación de seguimiento en los planes de manejo ambiental liderados por la SDA. Por ejemplo, el plan de ordenamiento territorial de Bogotá y los planes de la norma urbanística por UPZ, deben incluir un manejo integrado de las zonas inundables del río Bogotá, así como también en la evaluación ambiental y sus planes, debieran considerar en sus estudios técnicos un análisis de escenarios, basado en las políticas actuales, el control del crecimiento urbano y las propuestas de *crecimiento verde*. Actualmente, en el POT se hace una delimitación de la EEP y para cada ecosistema se exige un PMA, sin embargo, no se realiza una actualización de las zonas en conflicto y tampoco se hace un seguimiento a la demanda servicios verdes y su empleabilidad. La incorporación de este tipo de herramientas es oportuna de considerar para el sistema urbano de Bogotá, especialmente por el rápido crecimiento urbano que ha tenido la ciudad en el último decenio, de esta manera se observa una fuerte necesidad de actualizar los métodos de planificación tradicional a métodos que incorporen modelos de simulación a partir de los lineamientos propuestos desde el *crecimiento verde.*

Al corto plazo, se recomienda que las localidades de Usaquén, Engativá, Fontibón, Kennedy, Bosa y Suba cuenten con información actualizada de las zonas en conflicto en los humedales y un sistema de información geográfica, que permita gestionar las propuestas desde el *crecimiento verde.* Además, es necesario para el desarrollo de esta propuesta contar la participación ciudadana e instituciones gubernamentales, puesto que las propuestas de construcciones verdes involucran directamente la adecuación de los jardines verticales en las viviendas que se encuentran en las zonas inundables de los humedales. Como es caso del barrio Lagos de Castilla II, que se encuentra dentro del humedal de Techo. De igual manera es importante que estos resultados se compartan redes de humedales, para generar un intercambio de buenas prácticas y experiencias para que puedan ser desarrolladas. En ese sentido, algunas redes de investigación de gran interés la Natura 2000 en Europa, esta cumple un rol

importante en la gestión de humedales en Europa. De igual manera es preciso hacer algunos acercamientos con proyectos de humedales a nivel de Latinoamérica como es el caso de URBANCOST[53], que estudia los efectos de la urbanización en la conservación de la biodiversidad de humedales costeros (2015-5018) en Chile.

8.2. Limitaciones

La principal limitación de la investigación fue el hecho de que la información no estuviera actualizada, por lo que fue necesario un trabajo de campo que permitiera validar o corregir los datos. Además, la disponibilidad de información era restringida y se requería de largas gestiones para obtener documentos que normalmente deben ser públicos y de acceso abierto para la población. El trabajo de campo también fue tarea difícil por la inseguridad social que se presenta en algunos humedales; por ejemplo, en el caso del humedal Tibanica fue imposible hacer la delimitación de las zonas en conflicto de dicho ecosistema porque la zona reporta altos índices de delincuencia. Paralelamente, algunos humedales eran inaccesibles debido a la instalación de vallas electrificadas que dividen los pasos peatonales, como ocurrió en el humedal Torca-Guaymaral, cuyo perímetro se encuentra delimitado con alambres de púas y electrificados.

Seguramente muchos especialistas en el área de humedales echarán en falta variables ambientales no recogidas en el modelo. La justificación para la simplicidad del modelo presentado es el énfasis deliberado en los factores de la dinámica urbana en los humedales y su conexión con propuestas que permitan alcanzar el *crecimiento verde.*

8.3. Líneas futuras

Una línea que supone una continuación natural de este trabajo es la formación de una red científica con las diferentes instituciones que han contribuido en el desarrollo de la presente investigación y así poder establecer otras relaciones de tipo académico en el

[53] http://www.urbancost.cl/proyecto/

futuro. Otro factor de alta importancia es la comunidad y los actores implicados, así como la divulgación los resultados de la investigación entre esos grupos de interés. Para ello se organizarán diversas presentaciones en la Fundación Humedales Bogotá y en los comités ambientales de las localidades de Usaquén, Engativá, Fontibón y Kennedy, Bosa y Suba, entre otros foros comunitarios. Con esta iniciativa se busca difundir la información de manera efectiva para facilitar su manejo como instrumento de gestión de los humedales de la ciudad de Bogotá por parte de sus responsables. En razón a lo anterior todo el trabajo realizado será materializado con la conformación de un futuro centro de investigaciones especializado en humedales y sus principales líneas de trabajo pueden ser las siguientes:

- Cartografía temática y participativa en los humedales y sus conflictos de usos de los suelos
- Espacializar los conflictos de usos del suelo con la aplicación de *software Dyna*-Clue o IDRISI
- Gestión para el reconocimiento institucional de los humedales.
- Divulgación para exponer los resultados de esta investigación a los actores involucrados para el aprovechamiento de las diferentes metodologías propuestas para la gestión de los humedales de la ciudad de Bogotá.
- Evaluación y análisis de zonas inundables.
- Análisis y comparación de suelos hidromorfos para la delimitación precisa de los humedales.
- Socialización de las diferentes propuestas de ecobarrios, ecoductos e infraestructura verde en los humedales.
- Análisis de indicadores de empleos verdes y demanda de productos y servicios verdes en el marco de la economía verde
- Iniciar una propuesta de ecoturismo en los humedales para identificar las principales zonas histórico-culturales y naturales.

Expuesto hasta este punto todo el trabajo desarrollado, creemos poder afirmar que los resultados de la investigación contribuyen a una mejor comprensión de la vulnerabilidad y necesidades de gestión de los humedales de Bogotá. Han quedado en evidencia los efectos perjudiciales derivados de la multiplicad predial,

la fragmentación vial y la proliferación de asentamientos ilegales en la ciudad. Además, el modelo de simulación elaborado permite anticipar algunos efectos futuros que deben ser previstos de forma adecuada. Por una parte, confirma en qué medida aumentarían las urbanizaciones y cuál sería su impacto en la reducción de la superficie de los humedales si continuamos con el desarrollo de las políticas actuales. Por el contrario el modelo detalla y cuantifica mejores resultados si se establecen fórmulas de control del crecimiento urbano y se introducen medidas afines al *crecimiento verde,* puesto que sus políticas minimizan la pérdida de superficie de los humedales. Nos parece destacable el potencial de las medidas de *crecimiento verde*, si cuentan con inversiones apropiadas, para introducir innovaciones en las zonas de saneamiento predial y para el desarrollo de ecobarrios en las zonas de conflicto. Por sus claros efectos en la mejora de las condiciones ambientales y sociales en la ciudad de Bogotá, las medidas en el ámbito del *crecimiento verde* nos parecen una buena respuesta a la problemática actual de los humedales de Bogotá. Por ello esperamos que los planteamientos expuestos en la tesis puedan ser tomados en consideración por las autoridades competentes.

9. SELECCIÓN DE CAPÍTULOS EN FRANCÉS PARA OPTAR A LA MENCION INTERNACIONAL / SELECTION DE CHAPITRES EN FRANCAIS EN VUE DE POSTULER POUR UN DOCTORAT INTERNATIONAL

9.1. RESUMÉ

Ce travail présent un outil de diagnostic et une élaboration de propositions pour la gestion future des milieux humides de Bogotá selon les principes de la croissance verte. Pour comprendre la recherche, le document c'est composé de huit parties. Dans une première partie nous présentons l'introduction qui identifient problématiques, objectifs, l'hypothèse et généralités de chaque chapitre. Dans une seconde partie nous présentons les éléments géographiques et l'histoire de l'aire d'étude afin de comprendre sa dynamique urbaine actuelle et ses externalités. Dans une troisième partie nous définissons les milieux humides à partir d'une approche normative et scientifique. Cette approche découle de la définition des notions de protection et de gestion des milieux humides urbains proposée par la convention Ramsar, puis, repris par les principes de la « croissance verte ». Ensuite ce travail à la définition de cette notion afin d'illustrer son potentiel d'application dans la gestion des écosystèmes humides des territoires urbains. En le quatrième thème, c'est analyses la dynamique de systèmes et d'application dans les milieux humides dans des moyens urbains. Dans le cinquième sujet, nous avons identifié les facteurs socioéconomiques et urbains qui influencent la dynamique spatiale des milieux humides. Les interactions entre ces facteurs et leur incidence dans les dynamiques des milieux humides ont fait l'objet d'une proposition de modélisation à partir de la méthodologie de dynamique des systèmes. Dans le sixième sujet on fait une évaluation de la dynamique des zones humides dans différentes scènes qu'ils analysent depuis les actuelles politiques, un contrôle de la croissance urbaine jusqu'à l'impulsion de politiques d'une croissance verte. Pour rendre compte de l'impact de propositions de gestion propres à la croissance verte le modèle introduit des indicateurs spécifiques comme celui de l'attractif urbain ou des emplois et des services verts. Le fonctionnement du modèle repose sur le croissement des informations exhaustives recueillies dans diverses sources statistiques, qui ont été complétées par la suite avec des

données prises sur le terrain et des entretiens réalisés avec divers acteurs de terrain et des enseignants. En septième thème se présentent des propositions de comportement et une gestion future des milieux humides. Les résultats obtenus au travers de ces indicateurs contribuent d'une part à une meilleure compréhension de la vulnérabilité et des nouveaux besoins de gestion des milieux humides urbains, et d'autre part, ils confirment le potentiel qui découle des indicateurs de la croissance verte et de comment ils peuvent être des outils indispensables pour les autorités compétentes dans la prise de décision locale, régionale et nationale dans la gestion des milieux humides de Bogotá.

9.2. INTRODUCTION

Les milieux humides sont des écosystèmes de grande importance par sa capacité à purifier les eaux résiduelles, réduire le dioxyde de carbone, la régulation des températures et sa fonction comme refuge d'oiseaux migrateurs. En raison de ces caractéristiques, les zones humides sont considérées comme les « reins de la terre » et les « supermarchés écologiques » (Ma *et al.,* 2012). Cependant, la croissance urbaine et le développement des activités anthropiques ont réduit la taille de ces écosystèmes. Selon certaines recherches de Ramsar (2015), au 20ème siècle, les zones humides ont perdu entre 64% et 71% de leur extension. Dans le cas particulier de Bogotá, la réduction de la surface de zones humides dans les zones urbaines est assez importante : selon le DAMA (2000), les zones humides ont perdu 98% de leur taille au cours des quarante dernières années. En conséquence, le nombre de ces écosystèmes a été réduit à quinze, dont seulement douze sont gérés par des Plans de Gestion de l'Environnement. Ainsi, la situation actuelle des zones humides est directement liée à l'évolution d'une zone urbaine qui occupe plus de 38 000 hectares (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2004) et dont la population a augmenté pour atteindre environ sept millions huit cent mille habitants (SDP et DANE, 2016).

La croissance démographique entraîne par conséquent le renforcement du secteur de la construction. Selon l'*Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital* (UAECD, 2015), la zone urbaine bâtie augmente avec un taux de change de 2,85%, ce qui signifie que la ville a connu une croissance immobilière de 1 833 994 en 2005 jusqu'à 2 429 238 propriétés en 2015. En même temps, l'urbanisation informelle au cours des vingt dernières années a considérablement diminué ; cependant, les installations illégales continuent à la surface des zones humides. Selon les plans de gestion de l'environnement, il existe de nombreux processus de morcellement à l'intérieur et à l'extérieur du périmètre des zones humides de Bogotá (EAAB et Adessa, 2006).

En fait, cette situation génère une série de conflits autour des zones humides. Selon estimations propres, 48% de l'extension de ces écosystèmes dans la ville présente une situation de conflit due aux effets de l'invasion des installations illégales, de la

fragmentation des routes, de la multiplicité des propriétés et de leur relation avec la propriété privée (Escalona y González, 2016).

Cette recherche vise à proposer de nouvelles stratégies pour aborder les problèmes susmentionnés basés sur la *croissance verte*, un concept défini par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) en 2011. De même, certaines politiques de l'Union européenne sont incluses dans l'analyse, elles intègrent différentes directrices pour la protection de l'environnement naturel comme Ramsar, *Natura 2000* et *LIFE*. Ces conventions et réseaux internationaux contribuent à promouvoir la conservation des ressources naturelles et, en particulier, des zones humides.

Pour l'identification de la dynamique urbaine et son impact sur les zones humides, il a été nécessaire de déterminer les facteurs socio-économiques, environnementaux et géographiques qui influencent la zone d'étude. Les interactions entre les facteurs précités et leur implication sur la dynamique des zones humides constituent cinq sous-systèmes (urbain, social, économique, environnemental et *croissance verte*), qui font ensuite l'objet d'un essai de modélisation.

Dans cet exercice, les techniques utilisées prennent en compte certains (Forrester, 1969 ; Estrada, 2014 ; Arquipino, 2012 ; Garcia, 2012 ; Ma, Zhang, Zhang, Zhou et Mao, 2012) auteurs qui proposent une approche systémique, pour ainsi articuler l'analyse des zones de protection naturelle et leurs réalités sociales. De cette manière, les variables principales, secondaires et tertiaires sont identifiées par rapport à la complexité caractéristique de la dynamique urbaine. Le modèle utilise des informations exhaustives provenant de diverses sources statistiques du *Secretaría Distrital de Planeación* (SDP), du *Departamento Administrativo Nacional de Estadística* (DANE) et de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), entre autres. Cette information est complétée par le travail de terrain et des entretiens avec des agents qualifiés. De cette manière, un outil permettant de recréer les changements observés dans l'extension des zones humides entre 2005 et 2015 est réalisé, ce que permet de faire quelques premières prévisions à l'horizon 2030 dans différents scénarios.

Les résultats présentés dans la dernière partie du travail contribuent à une meilleure compréhension de la vulnérabilité et des besoins de gestion des zones humides, mais aussi à identifier le potentiel pour l'application de mesures de *croissance verte* et d'autres scénarios possibles, dans l'attente que tout ceci peut être pris en considération par les autorités compétentes.

Le but de cette recherche n'est pas d'analyser la politique des zones humides en tant que telle, mais l'importance que cette politique attribue au rétablissement de l'extension de ces écosystèmes pour leur conservation. Pour cette raison, l'analyse s'est concentrée sur les investissements économiques réalisés par l'État autour de l'achat de propriétés privées, les efforts pour la récupération des zones bâties et l'impact croissant dû aux effets de la fragmentation des routes et des constructions urbaines dans les zones humides.

Compte tenu de ce qui précède, il est supposé qu'une meilleure connaissance de la dynamique urbaine des zones humides est nécessaire, ainsi qu'une mise à jour des outils de diagnostic et d'élaboration des propositions de gestion. Cette conviction conduit à formuler deux hypothèses de travail :

La croissance de la zone urbaine est une des principales causes de la perte de surface des zones humides de Bogotá

La croissance verte est un principe opportun pour promouvoir la gestion durable de l'extension des zones humides et, en général, du développement urbain dans la zone étudiée

Les hypothèses présentées ci-dessus sont complexes et, par conséquent, l'obtention de la réponse nécessite le respect des objectifs suivants :

- Identifier les différents facteurs qui interagissent dans la dynamique urbaine actuelle et future autour des zones humides ;
- Établir les bases théoriques et méthodologiques pour l'analyse des zones humides dans la ville de Bogotá dans le cadre de la croissance verte ;
- Modéliser trois scénarios futurs de la dynamique urbaine et leur impact sur les zones humides en 2030 ;
- Évaluer la dynamique urbaine actuelle et future des zones humides en appliquant des critères de *croissance verte ;*
- Proposer des stratégies de gestion des zones humides basées sur les principes de la *croissance verte*.

Cette thèse est structurée en douze chapitres. Après la présente introduction, le deuxième chapitre se concentre sur les zones humides et l'histoire urbaine de Bogotá, autour de quatre thèmes principaux. Le premier contextualise la zone d'étude avec la révision de certaines notions de base de la géographie urbaine, ses caractéristiques climatiques et l'extension initiale des complexes lagunaires dans la zone urbaine de la ville de Bogotá. Le deuxième analyse l'évolution du développement urbain pour comprendre comment l'occupation urbaine de la ville de Bogota a affecté l'environnement naturel de ses zones humides. Le troisième thème passe en revue les aspects de la dynamique urbaine, de l'organisation métropolitaine, de la croissance démographique, de l'inégalité économique et de l'urbanisation informelle. À la fin, sont abordées les externalités négatives de la croissance urbaine, de l'expansion, de l'insuffisance des espaces verts et de l'augmentation des taux de motorisation et des températures.

Dans le troisième chapitre, une définition des zones humides est présentée à partir des contributions de certains chercheurs et de la Convention de Ramsar, certains sites Ramsar et leurs stratégies de protection sont étudiés. Il commence par une analyse du fonctionnement du système de réglementation de la protection des complexes lagunaires en Espagne, en France et en Colombie. Ensuite, différentes lignes de protection des zones humides urbaines sont identifiées, en tenant compte la référence à la convention de Ramsar pour la *croissance verte*. Pour finir, cette section présente la définition de la *croissance verte* comme une nouvelle approche de l'OCDE et son potentiel application dans la gestion des politiques dans les écosystèmes urbains.

La dynamique des systèmes et leur application dans l'analyse des zones humides urbaines sont l'axe du quatrième chapitre. Tout d'abord, sont étudiés la définition et les éléments de la dynamique des systèmes et quelques exemples de modélisation dans des domaines de protection sont présentés. Ensuite, est faite une détermination des composantes du modèle proposé, en prenant comme référence différents indicateurs et variables qui évaluent la dynamique des zones humides dans différents scénarios de *croissance verte*. Dans le modèle élaboré, sont introduits certains indicateurs d'attractivité urbaine, d'emplois, de demande de produits et services verts, entre autres.

La cinquième partie de cette thèse porte sur l'analyse et la modélisation de l'impact de la dynamique urbaine sur les zones humides. D'abord, est faite une description de la zone d'étude et des récentes politiques par rapport les zones humides. Ensuite, sont identifiés les facteurs socio-économiques et urbains qui influencent la dynamique spatiale des zones humides. Par la suite, les interactions entre les facteurs précités et leur impact sur la dynamique des zones humides font l'objet d'un essai de modélisation appliquant les techniques de la dynamique des systèmes proposées par Forrester (1969) et García (2017), entre autres auteurs.

Dans le chapitre six se fait un diagnostic et une analyse préalable des zones de conflit des zones humides concomitant à une évaluation, réalisée dans trois scénarios différents, de la dynamique urbaine dans ces écosystèmes. Dans le premier sont identifiées politiques actuelles sur les zones humides proposées par certaines organisations environnementales (Bureau du maire de Bogotá, 2004 ; DAMA, 2006). Le deuxième scénario étudie le contrôle de la croissance urbaine et son impact sur l'extension des zones humides, selon les propositions de Ma *et al.* (2012). Dans le dernier scénario sont analysées les politiques de *croissance verte* proposées par Hammer *et al.* (2011), qui incluent les investissements économiques dans les zones humides et leur attrait urbain dans la ville. Un cadre de programmes de gestion dans le champ de la *croissance verte* est formulé au chapitre sept. Les stratégies proposées prennent en charge des bâtiments verts proposés par Paris (France), l'Île de Jeju (Corée du Sud), Tianjin (Chine), Saragosse (Espagne) et Mexico (Mexique), des cas importants dans le monde entier par sa pratique dans la récupération des espaces verts dans les zones urbaines. Les programmes proposés mettent l'accent sur l'amélioration des conditions naturelles de la zone d'étude et une délimitation appropriée qui a comme référence ses niveaux d'inondation (Pellicer, 2016).

Le chapitre huit rapporté aux conclusions se développe en principe une synthèse de travail réalisé, dans cette partie on analyse le développement des hypothèses et les objectifs de travail, avec la situation concrète de la modélisation de la dynamique urbaine j'entrebâille aux milieux humides de Bogotá, en identifiant les actuelles politiques en matière des milieux humides et des critères de la *croissance verte* entre les autres. Ensuite on fait une description des limitations et de lignes futures qui existent

prévues pour le développement des propositions de recherche. Dans la neuvième partie de la thèse on fait une sélection de quelques chapitres traduits en français pour opter pour la mention internationale. Ensuite dans le chapitre dix les reconnaissances sont données à différentes institutions qui ont fait le développement de la recherche possible. Tout de suite dans un chapitre dix On identifie la Bibliographie générale, qui inclut les textes analysés et cités dans tout le document, ainsi que les articles de revues scientifiques et des rapports d'institutions internationales, nationales et locales, qui ont permis le soutien théorique et méthodologique. Finalement, la dernière partie contient les annexes, qui complètent le texte, ils incluent une guide pour l'installation et le fonctionnement de modèle de simulation. De plus les enquêtes réalisées sont incluses quelques luttes et fonctionnaires.

9.3. PROPOSITIONS D'ACTION ET DE GESTION FUTURE DES MILIEUX HUMIDES DE BOGOTÁ DANS LE CADRE DE LA *CROISSANCE VERTE*

D'accord avec des résultats exposés dans la modélisation de la dynamique urbaine et son impact dans les milieux humides, se détache la scène qui stimule l'impulsion à la *croissance verte*, puisque ses effets augmentent l'attrait urbain par l'offre d'aires protégées dans la zone urbaine. Cette situation commande de réfléchir aux processus de transformation sur le plan urbain de Bogotá. Donc, ils ont été formulés deux programmes basés sur quelques propositions politiques par l'OCDE, particulièrement les constructions vertes et la délimitation de nouvelles zones pour des milieux humides, les aspects qui sont abordés ensuite.

9.3.1. Constructions vertes

Cette proposition le pointe à l'intégration d'infrastructure verte en les zones dans le conflit qui sont aux zones humides, cela signifie que la population vulnérable doit adopter des mesures pour mitiger ses zones d'inondation. Les Expériences réussies dans les villes de Tianjin, Paris et de Mexico ont été prise référence pour la construction de la proposition dans le cadre de cette recherche, qui comprend des éléments tels des jardins verticaux et des toits verts et productifs.

Ces initiatives peuvent être utiles dans la scène de la construction future de l'ALO, qui se trouve planifiée comme une voie principale pour améliorer l'accessibilité de Bogotá et pour réduire le trafic de véhicules de fret qui passent du nord au sud de la ville (IDU, 2017). Sans doute, l'ALO va jouer un rôle important pour le développement économique de la ville, par cela il est nécessaire d'intégrer sa construction avec nouvelles stratégies depuis la *croissance verte* qui se concentrent dans mitiger l'impact sur la surface des milieux humides. Ortiz Monastère (2016) propose la construction de la voie verte à Mexico comme stratégie pour augmenter les espaces verts et pour réduire les émissions atmosphériques. En la même ligne, Davis, Ramirez et Vallejo (2015) projettent que le jardin vertical agit comme refroidisseur dans les marais. De plus Bolund et Hunhammar (1999) rédigent le signalement que la végétation retient à peu près des 5 à 15 % de l'eau pluie. Dans des termes générales, l'infrastructure urbaine est un milieu excellent pour augmenter les espaces verts et pour contrôler des inondations.

En raison ce qui précède, il est clair que la construction de ponts de véhicules avec des ajustements de jardins verticaux est la solution pour faire place à la construction de l'ALO, puisque son implémentation est une opportunité de mitiger le changement climatique et d'améliorer l'accessibilité de la ville de Bogotá. Conformément à de propres estimations, la construction de l'ALO requiert à peu près de 33 colonnes avec des dimensions approximatives de 1,5 mètres de largeur par 5 mètres d'hauteur (voir figure 89).

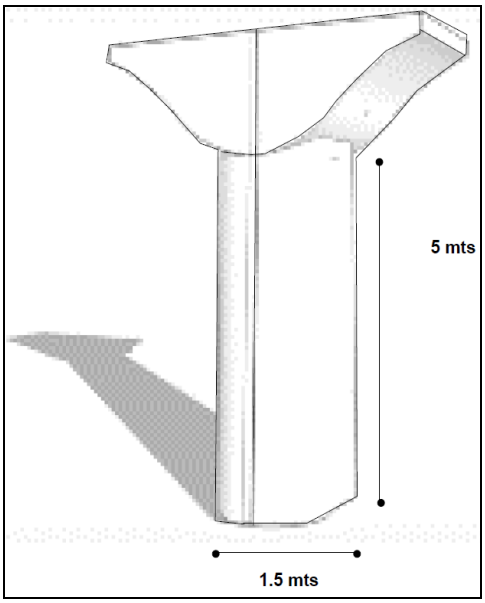


Figura 93. Des dimensions des colonnes pour les véhiculaires verts. Une fontaine(source) : une propre élaboration à partir d'Ortiz Monasterio (2016).

Le processus d'assemblage du jardin vertical est exécuté dans quelques étapes, depuis l'accouplement de la structure isolante, de l'imperméabilisation, l'adaptation de la maille supporte pour approprier le géotextile (qui sert comme récipient au substrat et les plantules) et l'établissement d'un système d'arrosage automatisé par dégouttement au maintien des plantes dans une époque de sécheresse (Ortiz Monasterio, 2016).

La construction de l'ALO détermine que trois ponts doivent s'ériger véhiculaires sur les milieux humides Tibabuyes, Capellanía et la Conejera. Les dessins proposés des constructions vertes tiennent en compte des miroirs de l'eau pour ne pas affecter

l'humidité des milieux humides. Bien que la présence des ponts véhiculaires aille occasionner inévitablement un impact, se posent que l'affectation des milieux humides sera minimale, puisque son adaptation équivaut à une bonne compensation. Selon l'Équipe de Plate-forme Urbaine la construction d'une colonne de jardin vertical équivaut aux semailles de 300 arbres dans un année, comme on l'indique dans la Figure 90.

Figure 90. Une équivalence d'un jardin vertical avec nombre d'arbres. Source : http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/09/12/via-verde-un-nuevo-debate-de-sustentabilidad-en-mexico/.

Dans la Fiche 1 synthétise la proposition avec les objectifs du programme de constructions vertes, qui contient les spécifications techniques, la localisation des infrastructures, l'estimation de l'investissement requis et la proposition de trois indicateurs pour son suivi.

Fiche 1. Ponts véhiculaires avec une infrastructure verte.

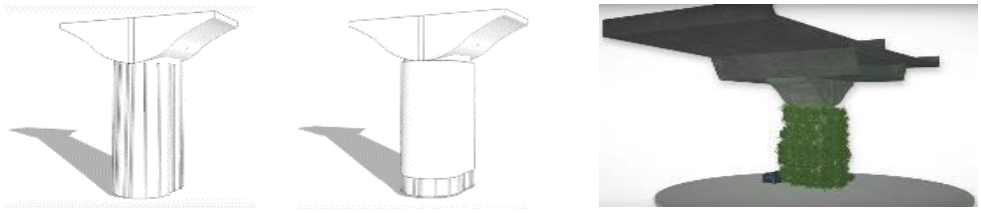
Politique de *croissance verte*
Programme d'infrastructure verte en ponts véhiculaires

Objectifs

* Construire des ponts véhiculaires avec adéquations d'infrastructure verte pour le pas de l'ALO par les milieux humides

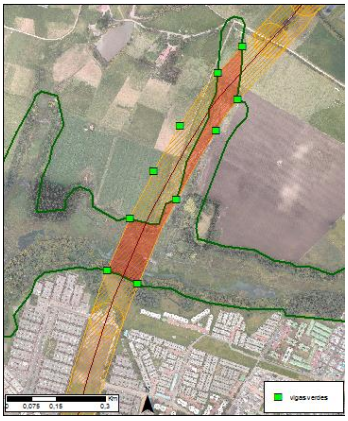
Spécifications techniques

1. Tenseur d'une fixation des frets métalliques 2. Insolant de plastique 3. Adéquation du jardin vertical



Source : (Ortiz Monasterio, 2016)

Emplacement et prévisions de la construction de l'infrastructure

Tibabuyes 9 poutres vertes	**Capellanía** 14 poutres vertes	**La Conejera** 10 poutres vertes
		

Des effets attendus	**Investissement estimé requis (en USD)** [54]
Conserver les miroirs de l'eau et les zones de ronde hydraulique Réduire les émissions atmosphériques de PM10 Fixer les émissions du dioxyde du carbone Mitiger les augmentons of température Préserver la flore et la faune En général le programme cherche à améliorer les conditionnes environnementaux des localités de Suba et Fontibón	Valeur unitaire (7,5 m^2) = 1.147,50 Valeur totale (247,5m^2) = 37.867,50

Indicateurs de suivi proposés

Zones vertes (hectares / an)	Emplois verts (nombre d'emplois / année)	Demande de produits et services verts (nombre de visiteurs / année)

Source : propre élaboration

[54] Les prix sont calculés en tenant en compte de la cote de l'entreprise colombienne de l'ingénieur Rodrigo Osorio, qui fait approcher pour installation de 1 m2 avec système d'arrosage par un dégouttement automatique équivalent à un $ 450.000 pesos colombiens.

Bien que la construction de ponts véhiculaires avec des jardins verticaux puisse contribuer à mitiger les effets de la construction de l'ALO sur les milieux humides, cette action par oui seule n'est pas suffisante. Il est aussi nécessaire d'intégrer des infrastructures vertes aux demeures et des constructions pour atteindre une *croissance verte.* Par cela la construction se propose d'éco quartier avec des jardins verticaux et éco-toits dans des zones urbaines pour augmenter les espaces verts par habitant, en diminuant ainsi les émissions atmosphériques et en améliorant les conditions de vie des habitants. De plus, le programme doit intégrer à la communauté limitrophe et assise à l'intérieur de quelques milieux humides puisque sa participation est d'une importance vitale pour le développement et le maintien de l'infrastructure verte. Le travail doit s'initier avec formations à la communauté été à la tête par le JBB, puisque cette entité a une longue trajectoire en une agriculture urbaine et une ample connaissance un rapport des espèces natives de la ville. Le JBB[55] dans une vidéo éducative d'accès ouvert au public, indique que les matériels pour le développement d'un jardin vertical artisanal peuvent être bouteilles plastiques de la même taille, compost, plantules pour semailles et de petites pierres.

Parmi les objectifs principaux du programme de constructions vertes on cherche aussi l'inclusion sociale des populations les plus défavorisées qui trouvées dans les milieux humides Tibanica, Techo, Jaboque, Tibabuyes y La Vaca. Par cette raison l'adéquation se propose d'éco-toits productifs pour améliorer aussi les conditions économiques et environnementales des localités de Kennedy, Engativá et Bosa. En tenant en compte des conditions climatiques caractéristiques de la ville de Bogotá, Forero y Devia (2012) recommandent faire des semailles de laitue crépue (*Lactuca sativa*), un oignon lâche (*Allium fistulosum*), une coriandre (*Coriandrum sativum*) et un épinard *(Spinaca oleracea*).

Dans la Fiche 2 synthétisent les spécifications techniques des éco toits productifs et des registres photographiques sont apportés. Il s'illustre aussi, le montage du jardin vertical qui trouve adapté à une infrastructure métallique et les bouteilles plastiques qui servent d'un support aux plantules. La proposition des dimensions de l'écho des districts prend comme référence la cartographie de conflits d'usages des sols qui a été réalisée dans les

[55] https://www.youtube.com/watch?v=_C2KNiMlGl0.

milieux humides, ce qui a permis de déterminer les zones plus appropriées pour établir ces modalités distinctes d'infrastructure verte.

Fiche 2. Jardins verticaux et toitures écologiques dans les zones de conflit

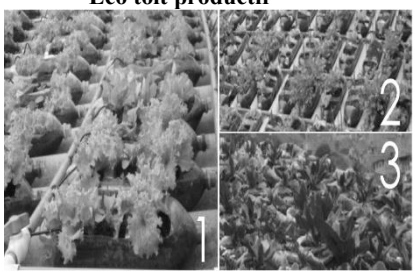
Politique de *croissance verte*

Programme d'écho quartier et une infrastructure verte dans des constructions

Objectifs
*Approprier des jardins verticaux, des toits verts et éco tech productive dans les constructions conformément aux préférences de la population qui se trouve à l'intérieur et outre l'aire limitrophe des zones humides.

Spécifications techniques

Éco toit productif



Jardin vertical

Source : Forero y Devia (2012); SDA (2018).

Emplacement et prévisions de la construction de l'infrastructure

El Burro Éco tech : 0,11 ha Jardin vertical : 1,23 ha	**Techo** Éco tech productive : 4,11 ha Jardin vertical : 2.030 ha	**Santa María del Lago** Éco tech : 0,000133 ha Jardin vertical : 0,75 ha	**La Conejera** Éco tech : 1,15 ha Jardin vertical : 2,381 ha	**La Vaca** Éco tech productive : 0,14 ha Jardin vertical : 1,409 ha
Tibabuyes Éco tech productive : 3,23 ha Jardin vertical : 5,630 ha	**Córdoba** Éco toit : 0,41 ha Jardin vertical : 2,831 ha	**Tibanica** Éco toit productif : 0,125 ha Jardin vertical : 0,1302 ha	**Jaboque** Éco toit productif : 5,17 ha Jardin vertical : 8,640 ha	**Meandro del Say** Éco tech : 5,022 ha Jardin vertical : 1,425 ha

Des effets attendus	**Investissement estimé requis (en USD)**
Conserver les miroirs de l'eau et les zones de ronde hydraulique Réduire les émissions atmosphériques de PM10 Fixer les émissions du dioxyde du carbone Mitiger les augmentons of température Préserver la flore et la faune, Contrôler les inondations En général le programme cherche à améliorer les conditionnes environnementaux de l'aire d'étude	Valeur éco tech : $ 30.258.288 Valeur des jardins verticaux : $32.896.360 **Valeur totale :** $ 33.628.210

Indicateurs de suivi proposés

Zones vertes (hectares / année)	Emplois verts (nombre d'emplois / année)	Demande de produits et services verts (nombre de visiteurs / année)	Investissement (dollars / année)

Source : propre élaboration.

En la même ligne de constructions vertes l'établissement se propose de ponts verts, un type d'infrastructure qui a été utilisée en France et en Espagne pour le pas des animaux et l'augmentation d'espaces verts. La construction des ponts requiert aussi l'adéquation

de toits verts, qui doivent être portés garants d'un imperméabilisante, un gravier et un substrat (Torres y Morillón, 2007). La proposition de ponts verts cherche à minimiser l'impact qui génère la fragmentation routière dans la ville, puisque la faune trouve isolée et séparée de son habitat grâce à la présence de rues et d'autoroutes, comme les cas des zones humides sont l'Âne avec l'avenue la Ville de Cali, de Chapellerie avec l'avenue l'Espérance, Torca-Guaymaral avec l'autoroute le Nord et Cordoue avec la rue 80.

La proposition de localisation et des dimensions de ponts vertes a aussi basé sur la cartographie de zones sur un conflit des milieux humides El Burro, Capellanía, Torca-Guaymaral et Córdoba. Cependant, pour le développement de ce projet il est nécessaire que la Mairie de Bogotá destine un budget pour la construction de ponts verts, et bien que cette stratégie n'aille pas remédier au dommage que les milieux humides ont subi en les années quatre-vingts, si va augmenter les espaces verts et améliorer les conditions de vie de la faune et la qualité de l'air en localités de Kennedy, Fontibón, Usaquén et Suba.

Dans la Fiche 3 se présentent les spécifications techniques proposées des ponts verts, on fait une estimation de l'investissement requis pour l'exécution du projet et une proposition d'indicateurs qui permettent de faire la mesure des espaces verts, d'emplois verts, et une demande de produits et de services verts.

Fiche 5. Programme de constructions de ponts vertes

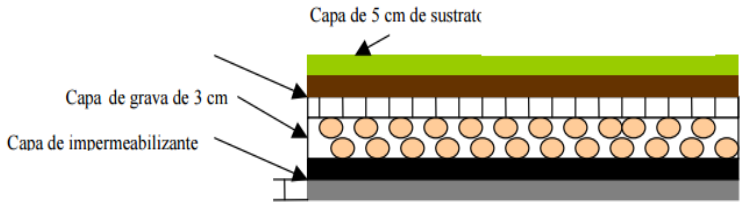
Politique de *croissance verte*
Constructions de ponts vertes

Objectifs

* Garantir le pas de la faune dans les milieux humides Córdoba, Torca-Guaymaral, Capellanía et El Burro

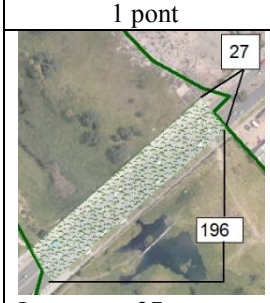
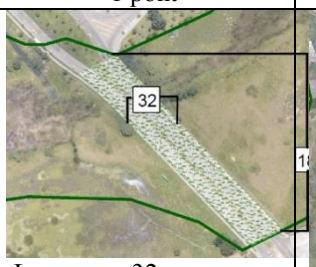
*Augmenter l'infrastructure verte dans la ville de Bogotá.

Spécifications techniques



Source: Torres y Morillón (2007).

Emplacement et prévisions de la construction de l'infrastructure

El Burro 1 pont	**Capellanía** 1 pont	**Torca-Guaymaral** 2 ponts	**Córdoba** 1 pont
			
Largueur : 27 m Longueur :196 m	Largueur : 32 m Longueur :185 m	Largueur : 25- 48-35 m Longueur : 202-196 - 214-202 m	Largueur : 32-41 m Longueur :90-96 m

Des effets attendus	**Investissement estimé requis (en USD)** [56] **(x 1000 USD)**
Préserver la flore et la faune des zones humides Réduire les émissions atmosphériques de PM10 Une fixation du dioxyde de carbone Mitiger les augmentations dans la température. En général le programme cherche à améliorer les conditions environnementales des localités de Kennedy, Fontibón, Usaquén et Suba	Valeur unitaire El Burro : 809,67 Valeur unitaire Capellanía : 905,76 Valeur unitaire Torca-Guaymaral : 772,65 Valeur unitaire Córdoba: 602,20 **Valeur totale :** 3090,29

Indicateurs de suivi proposés

Zones vertes (hectares / année)	Emplois verts (nombre d'emplois / année)	Demande de produits et services verts (nombre de visiteurs / année)

Source : propre élaboration.

[56] Le budget n'inclut pas la construction du pont véhiculer, il inclut seulement l'infrastructure verte.

9.3.2 Sélection et délimitation de milieux humides

Cette propose s'appuie sur une approche conceptuelle qui considère les milieux humides comme des zones de contrôle des inondations. On inclut les composants de l'hydrologie, qui sont articulés comme critères pour la définition de la limite fonctionnelle du milieu humide. Cette proposition surgit à partir de l'initiative de la SDA d'intégrer les milieux humides Tunjuelito, La Isla et El Salitre, proposé comme zones de protection de l'EEP de Bogotá (SDA, 2018). La délimitation des milieux humides tient en compte de ses cotes d'inondation pour analyser effectivement les zones un domaine public hydraulique et pour améliorer la connexion de la nature avec le cours d'eau (Pellicer, 2016 ; Cerema, 2015).

On a déterminé que les cotes d'inondation des zones humides Tunjo et La Isla sont basses, cela signifie que la zone délimitée par la ligne d'inondation a une période de retour plus grand ou égal par cent ans. Par cette raison, la population limitrophe se trouve exposée à un risque de basse inondation ; cependant, il est nécessaire de prendre des mesures pour la protection de la population et du milieu naturel. En la cartographie suivante on a trouvé les zones principales de l'inondation comme de base pour la délimitation des milieux humides Tunjo et La Isla, localisés au sud de la ville. En contrepartie, pour la délimitation de la milieu humide El Salitre ses miroirs d'eau ont été tenus en compte pour déterminer les zones possibles de domaine public hydraulique (voir Figure 91). Cependant, pour sa délimitation appropriée il est requis des études préalables d'humidité dans les sols et les registres d'évènements d'inondation.

Enfin, on fait la délimitation des nouvelles zones humides en tenant en compte de ses cotes d'inondation et tout de suite devient l'estimé du budget pour l'acquisition de terrain. De plus, on identifie les impacts possibles qui peuvent être mitigés par cette initiative et une proposition d'indicateurs est faite pour sa mesure. Tous ces aspects synthétisent dans la Fiche 4. Milieux humides river zones inondation

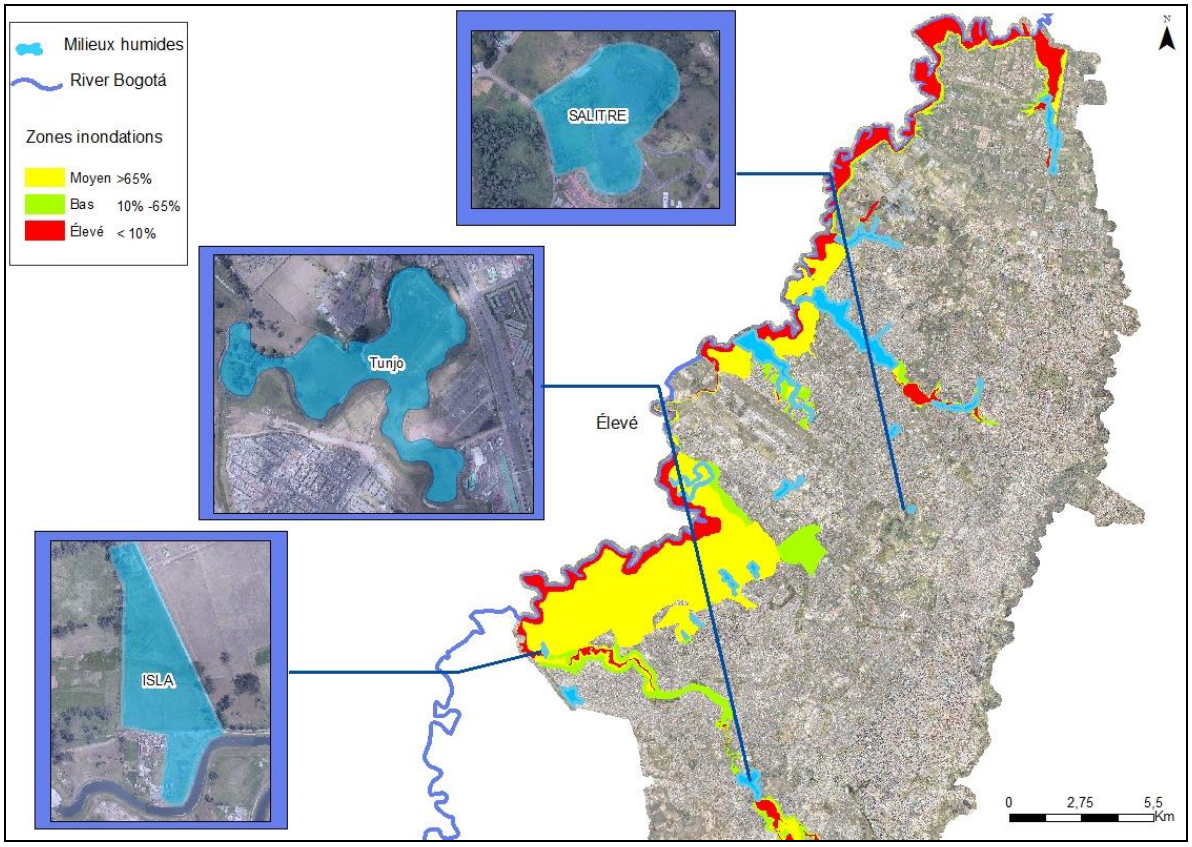
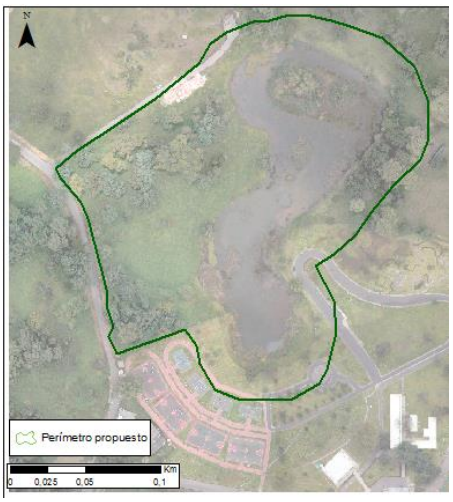
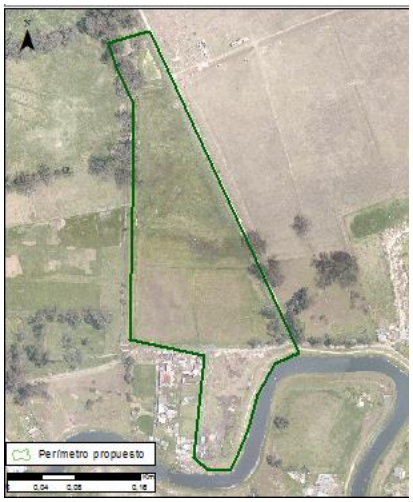


Figure 91. Délimitation de nouvelles zones humides à partir des zones inondation de Bogotá. Source : propre élaboration.

Note : Le processus de délimitation a été réalisé par le logiciel ArcGIS par le géo process de buffer, qui permet de créer une aire du zona d'influence ayant pour référence la distance de 30 mètres (une zone de domaine public hydraulique ou une ronde hydraulique du milieu humide le Salitre[57]. En contrepartie, pour la délimitation des zones humides le Tunjo et l'Île a existé comme source d'information les capes d'inondation de la rivière du Bogotá, qui indique les zones d'inondation moyenne, baisse et élevé.

[57] Des spécifications établies au POT de la ville de Bogotá.

Politique de *croissance verte*	
Délimitation de nouvelles milieux humides Objectifs Récupérer des miroirs de l'eau, de ronde hydraulique et de ZMPA pour l'agrandissement du réseau de zones humides de la ville de Bogotá.	

Emplacement et prévisions de la construction de l'infrastructure		
Tunjo Assainissement foncier privée des 44,91 hectares.	**El Salitre** Assainissement foncier privée des 3,95 hectares.	**La Isla** Assainissement foncier privée des 5,36 hectares.
		

Des effets attendus	**Investissement estimé requis (en USD)** [58]
Réduire les émissions atmosphériques de PM10 des localités Engativá, Bosa et Tunjuleito Diminuer des maladies respiratoires Mitiger les augmentations de température Préserver la flore et la faune	Tunjo $ 16271,079 Isla $ 1617,851 Salitre $ 2076,040 Valor total: $ 199649,72

Indicateurs de suivi proposés		
Zones milieux humides (hectares / année)	Emplois verts (nombre d'emplois / année)	Demande de produits et services verts (nombre de visiteurs / année)

Source : propre élaboration.

La Figure 92 présente une synthèse des propositions réalisées, en indiquant la localisation des milieux humides et les adéquations d'infrastructure verte. C'est à dire

[58] Les prix des sols tiennent en compte de l'évaluation cadastrale des localités de Bosa, d'Engativá et de Tunjuelito (UAECD, 2015).

éco toits, des jardins verticaux et des ponts véhiculaires verts qui peuvent aussi se voir dans un détail dans l'annexe 4.

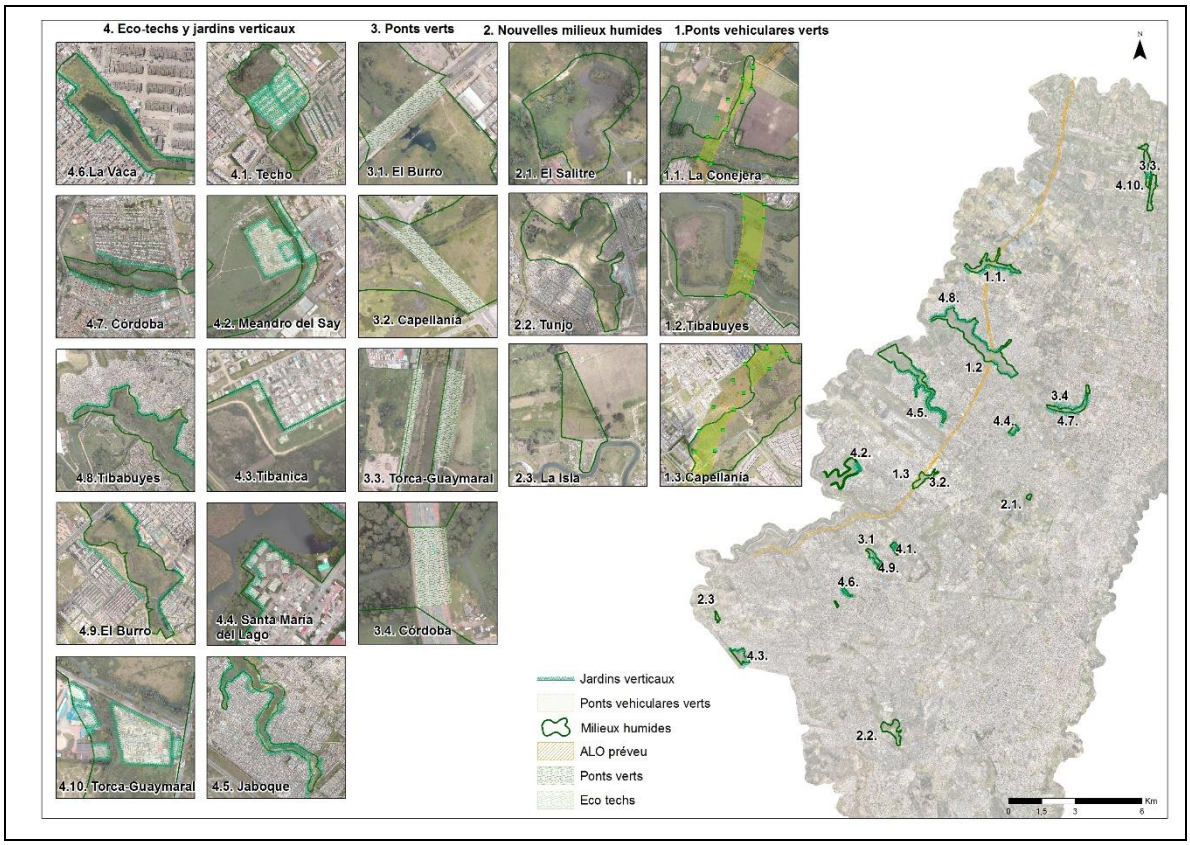


Figure 94. Plan général de propositions sous le cadre de la croissance verte pour la ville de Bogotá.

Source : Source : propre élaboration.

9.4. Conclusions

9.4.1 Synthèse du travail

Ce travail a présenté les résultats de la modélisation que nous avons réalisés dans la ville de Bogotá, pour faciliter l'analyse et la gestion environnementale de ses milieux humides. Le travail se justifié par l'intérêt intrinsèque de ces espaces naturels et la nécessité de contribuer au maintien du rôle important qu'ils jouent dans l'espace urbain. Nous avons pris en compte les principes de la croissance verte, selon lesquels la protection des espaces naturels offre des opportunités d'amélioration économique et environnementale pour atteindre de meilleures conditions sociales. Dans cette ligne, notre évaluation est que ces principes sont valables pour se concentrer à la gestion future des zones humides de Bogota, et également étendues à d'autres régions du riche patrimoine environnemental de la ville sous réserve de l'inclusion d'autres approches, comme celles appliquées à Saragosse (Espagne) et à Pau (France). Du point de vue méthodologique, le problème des zones humides constitue un défi analytique évident en raison du grand nombre de facteurs qui les affectent. Dans ce travail, nous nous sommes concentrés sur le type socio-territorial, pour montrer la vulnérabilité de ces espaces avant les processus et les effets typiques de la croissance des grandes agglomérations urbaines. La recherche et l'obtention d'informations appropriées constituent ici un élément essentiel, puisque nous a donné l'opportunité de reflété la diversité des procédures appliquées, parmi lesquelles se distingue un vaste travail de terrain. Dans une synthèse, les facteurs de plus grande complexité se concentrent avec les variables de la croissance verte, puisqu'il est nécessaire d'innover dans les plans de maniement environnemental et les plans d'action, pour ainsi intégrer un programme de suivi continu, qui permet de quantifier la demande de services verts, d'emplois verts et d'attrait urbain.

En ce qui concerne la modélisation faite, qui d'ailleurs sa pertinence n'est en discussion. D'un côté, elle permet de formaliser les complexes relations entre le facteur social, environnemental, économique, urbaine et de croissance verte affectant les zones humides. En synthèse, les variables de croissance verte ce sont tous des facteurs d'une grande complexité, et c'est à cause de cette complexité qu'il est nécessaire d'innover sur les plans de gestion environnementale et les plans d'action, permettant mettre en place un

programme de suivi continu pour quantifier la demande publique de services vertes, emplois verts et l'attrait urbaine.

De même il s'avère nécessaire investir de plus sur désuétudes d'Impact Environnemental (EIA) de l'ALO et dans les plans de maniement environnemental des zones humides. De manière tel, que des instruments normatifs t intègrent des propositions de constructions de zones vertes et la délimitation des nouvelles milieux humides comme mesures de mitigation environnementale. De plus, ces propositions font favoriser à la population la plus vulnérable assise à l'intérieur et aux alentours des milieux humides de Techo, El Burro, La Vaca, Tibanica, Jaboque, Meandro del Say, Tibabuyes, Córdoba et Santa María del Lago. Tout en partant de considérer que la participation de la communauté est indispensable si on pense à la vie soutenable des jardins verticaux.

D'autre part, elle facilite l'évaluation des politiques en recréant ses effets à moyen et long terme. Le modèle que nous avons présenté est une représentation de la réalité de la croissance urbaine et de son impact en des milieux humides, ajustée et validée à partir des travaux de terrain et des entretiens semi-structurés. Cependant, son ajustement raisonnable à la réalité, vérifié par une validation en temps opportun, justifie les exemples d'application montrés dans l'évaluation des trois scénarios proposés. Malgré la relative simplicité des exemples choisis, le modèle confirme la sensibilité du système aux politiques pour favoriser la *croissance verte*.

Les investissements dans l'assainissement des impôts fonciers ont des effets clairement positifs sur l'environnement, avec les milieux humides de surface a augmenté. Par rapport au cas analysé de l'avenue longitudinale (ALO), il est nécessaire de tenir en compte des principes sur la croissance verte dans les évaluations et les études d'impact environnemental, c'est-à-dire que la formulation des PMA pour les milieux humides de Tibabuyes, de Capellanía et Conejera, ils devraient intégrer un programme de constructions vertes qu'intègre des adéquations d'infrastructure verte, minimisant l'impact environnemental et maximisant l'équité sociale avec de nouveaux emplois verts. Il a également été illustré l'efficacité de la combinaison de politiques complémentaires, telles que la réglementation de l'investissement et de la croissance de la propriété. Ces résultats semblent encourageants et nous incite à continuer cette

approche dans les recherches futures, en visitant améliorer le modèle et contribuer à la gestion de cet outil pour l'amélioration de l'environnement, du social et de l'économique de la ville de Bogotá et ses milieux humides.

Les résultats de cette thèse peuvent être utilisés par diverses institutions gouvernementales, puisqu'elle peut contribuer à la formulation de nouvelles politiques de gestion dans les milieux humides dans le cadre de la *croissance verte*, en même temps leur développement méthodologique, à partir de la dynamique des systèmes, permet la simulation de scénarios futurs. Ceci peut encore être reproduit dans différentes impacts urbains qui affectent la surface des milieux humides de Bogotá. Bien que nous croyions que notre modèle est le début de la formulation de la nouvelle politique de *croissance verte* du pays, car il permet l'embauche de modèles mentaux et de tester différentes stratégies dans la réalité virtuelle, afin de gagner la confiance dans la prise de décision.

À une échelle district, on suggère d'incorporer une adaptation du modèle de simulation proposé pour l'articulation des instruments de planification urbaine de la SDP et l'évaluation de suivi dans les plans de maniement environnemental menés par la SDA. Par exemple, le plan d'aménagement du territoire de Bogotá et les plans de la norme urbaine par UPZ, devraient inclure un maniement intégré des zones inondables de la rivière Bogotá, ainsi que l'évaluation environnementale et au même temps considérer dans ses études techniques une analyse des cas envisageables basée sur les actuelles politiques, le contrôle de la croissance urbaine et les propositions de croissance verte. Actuellement, le POT fait délimitation de l'EEP, il exige pour chaque écosystème un PMA, cependant, il manque une actualisation des zones de conflit et des services verts et son employabilité n'est sont pas suivis. . L'incorporation de ce type des outils a besoin d'être considéré pour le système urbain de Bogotá, du spécialement à la rapide croissance urbaine de la ville dans dernière décennie. C'est ainsi qu'on observe une forte nécessité d'actualiser les méthodes de planification traditionnelle aux méthodes incluant des modèles de simulation en partant des linéaments proposés qui tiennent en compte le point de vue de la *croissance verte*.

Au court terme, on recommande que les localités d'Usaquén, d'Engativá, de Fontibón, de Kennedy, de Bosa et Suba actualisent l'information des zones au conflit dans les zones humides et mettent en place un système d'information géographique pour mieux gérer la *croissance verte*. D'ailleurs, il est nécessaire pour le développement de cette proposition faire part la participation de la citoyenneté et les institutions gouvernementales, puisque les propositions de constructions vertes impliquent directement l'adéquation des jardins verticaux dans les logements qui demeurent dans les zones inondables des milieux humides. C'est cas du quartier de Lagos de Castilla, qui se trouve à l'intérieur dans le milieu humide du Techo. De la même manière, il est important que ces résultats soient partagés dans les réseaux de milieux des zones humides, pour générer un échange de bonnes pratiques et d'expériences pour qu'elles puissent être développées. Dans ce sens, quelques réseaux de recherche de grand intérêt est la Nature 2000 en Europe et URBANCOST au Chili, celles-ci sont réseaux qui accomplissent un rôle important dans la gestion des milieux humides en Europe et au Chili.

9.4.2 Limitations

Les principales limitations de la recherche sont soulignées par le manque d'accès à banc de donne avec information actualisées, raison pour laquelle une immersion sur le terrain était nécessaire. De plus, la disponibilité de document, qui-il vrai publique, a demandé de longs efforts pour les obtenir des documents, qui devraient être publics pour la population. Pareillement, l'insécurité sociale qui se produit dans certain milieu humide a difficulté l'accès au terrain ; par exemple, dans le cas du milieu humide Tibanica, où il était impossible délimiter la zone de conflit dans l'écosystème, face aux taux élevés de criminalité. Les clôtures électrifiées par des fils de fer barbelé, étaient aussi un obstacle pour accéder à certains milieux humides, comme celle présenté à Torca Guaymaral où nous avons eu besoin de passer en dessus de cette barrière.

Il est possible que certains spécialistes des milieux humides puissent remarquer le manque de quelques variables environnementales non incluses dans le modèle proposé. Ainsi, la simplicité du modèle présenté se justifie par l'accent mis délibérément sur les facteurs de la dynamique urbaine dans les milieux humides et leur lien avec les propositions qui permettent de réaliser une croissance verte.

9.4.3 Lignes futures

Une ligne qui suppose une continuation naturelle de ce travail est la formation d'un réseau scientifique avec les différentes institutions, qui ont contribué au développement de la présente recherche pour continuer avec les relations académiques dans le futur. J'attache également une grande importance à la sensibilisation des communautés aux résultats de la recherche pour leurs connaissances et, en particulier, j'attache une grande importance aux acteurs impliqués. Pour cela, à mon retour, j'organiserai plusieurs présentations à la Bogota Fondation des milieux humides et aux comités environnementaux des localités Usaquén, Engativá, Fontibón, Kennedy, Bosa et Suba, entre autres forums communautaires. Avec cette initiative, nous cherchons à diffuser l'information de manière efficace pour faciliter sa gestion en tant qu'instrument de gestion des milieux humides de la ville de Bogotá par ses responsables. Compte tenu de ce qui précède, tout le travail réalisé se concrétisera par la création d'un futur centre de recherche spécialisé dans les milieux humides et ses axes de travail pourront être les suivants :

- Cartographie thématique et participative des milieux humides et de leurs conflits d'occupation des sols
- Faire un modèle spatial des conflits des usages du sol avec l'application de Software *Dina*-Clue o IDRISI
- Gestion pour la reconnaissance institutionnelle des milieux humides
- Dissémination pour exposer la thèse aux acteurs impliqués afin de profiter des différentes méthodologies proposées pour la gestion des milieux humides dans la ville de Bogotá
- Évaluation et analyse des zones inondables
- Analyse et comparaison des sols hydromorphes pour la délimitation précise des milieux humides
- Socialisation des différentes propositions pour les éco-quartiers, les éco-pipelines et les infrastructures vertes dans les milieux humides
- Analyse des indicateurs d'emplois verts et de la demande de produits et services verts dans le cadre de l'économie verte
- Initier une proposition d'écotourisme dans les milieux humides pour identifier les principales zones naturelles historiques et culturelles

Exposé jusqu'à ce point tout the travail développé, nous croyons pouvoir affirmer que les résultats de la recherche contribuent à une meilleure compréhension de la vulnérabilité et des nécessités de gestion des milieux humides de Bogotá. Les effets préjudiciables sont restés dans une évidence acheminée d'elle multipliez foncier privée, la fragmentation routière et la prolifération d'installations illégales dans la ville. De plus, le modèle de simulation élaboré permet d'anticiper quelques effets futurs qui doivent être prévus d'une forme adéquate. D'une part il confirme dans quelle mesure les urbanisations augmenteraient et l'impact qu'il aurait sur la surface des milieux humides si nous continuons avec le développement des actuelles politiques. Au contraire le modèle détaille et quantifie de meilleurs résultats si s'établissent des formules de contrôle de la croissance urbaine et des mesures contiguës s'introduisent à la *croissance verte*, puisque ses politiques minimisent la perte de surface des milieux humides. Nous considérons remarquable le potentiel des mesures de *croissance verte*, s'ils disposent avec investissements appropriés, pour introduire des innovations dans les zones d'assainissement foncier privée et pour le développement d'éco-quartier dans les zones de conflit. Par ses clairs effets dans les améliorations des conditions environnementales et sociales dans la ville de Bogotá, les mesures dans le domaine de la *croissance verte* nos semblent une bonne réponse á l'actuelle problématique des milieux humides de Bogotá.

10.AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis doctoral ha sido posible gracias a las ayudas de movilidad para latinoamericanos para estudios de doctorado, convocadas por la Universidad de Zaragoza y financiadas por el Banco Santander.

En primer lugar, quiero agradecer a la Dra. Ana Escalona Orcao, directora de esta tesis doctoral, por su seguimiento y asesoramiento, que han hecho posible el desarrollo de esta investigación. Igualmente quiero agradecer a GEDETUZ por su acogida en ese grupo de investigación y sus aportes a este trabajo. Expreso mi agradecimiento al personal y profesorado de Geografía y Ordenación del Territorio por sus recomendaciones y apoyo en todas las gestiones del doctorado y también a mis compañeros de sala, que me acompañaron en todo momento. Además, quiero agradecer al equipo de trabajo técnico de Luis Manso de la Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad del ayuntamiento de Zaragoza por sus explicaciones y acompañamiento en las visitas de campo en el humedal Juslibol.

En segundo lugar, quiero expresar mi gratitud a la Universidad Libre de Colombia y su grupo de directivos que hicieron posible mi estancia en la Universidad de Zaragoza. Deseo dar las gracias a mis estudiantes por su inmensa colaboración y largas jornadas de campo por los humedales de Bogotá, así como al laboratorio Passages perteneciente a la Université de Pau et Des Pays de l'Adour por su excelente acogida durante mi estancia y sus enseñanzas para el desarrollo de mi tesis doctoral. Asimismo, agradezco al profesor Cristian Henríquez del Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chille y a su grupo de investigación CEDEUS por sus aportes en la fase final de la investigación. Agradezco de antemano al tribunal que evaluará este trabajo y del que sin duda obtendré una valiosa información para mis planes futuros.

Finalmente, agradezco a mi familia: a mis padres por sus enseñanzas, su espera y apoyo continuo; y en especial a mi esposo y a mi hijo, que siempre me apoyaron desde la distancia.

11. BIBLIOGRAFÍA

Alba Castro, J. M. (2013). El plano Bogotá Futuro. Primer intento de modernización urbana. *Anuario colombiano histórico social cultural, 40(2)*, 179-2008. DOI: 10.15446/achsc.

Alcaldía Mayor de Bogotá (1992). *Ley 1 de 1992, por la cual se provee a la organización y funcionamiento de las juntas administradoras locales, en el Distrito Capital.*Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2766.

Alcadía Mayor de Bogotá. (2004). *Decreto 190, por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003* (Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá). Bogotá.

Alcaldía Mayor de Bogotá y DAMA. (2005). *Política de Humedales del Distrito Capital.* Bogotá. Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=b3186a1c-c2a6-4cae-8e85-3eaecfee4fb7&groupId=55886.

Alcaldía Mayor de Bogotá y UAECD. (2015). *Resultados Censo Inmobiliario.* Bogotá: Oficina de comunicaciones UAECD. Obtenido de https://issuu.com/catastrobogota/docs/armadaresultadoscenso_issuu_2015.

Alfonso, E. (17 de diciembre de 2008). Avanza incontroladamente construcción de vivienda de invasión en el humedal de Techo. *El Tiempo*. Obtenido de http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4729024.

Andrade, G., Mesa , C., Ramírez, A. y Remolina, F. (2008). *Estructura Ecológica Principal y Áreas protegidas de Bogotá* (págs. 1-12). Foro Nacional Ambiental. Documento de Políticas Públicas. Obtenido de https://www.academia.edu/2250705/ESTRUCTURA_ECOL%C3%93GICA_PRINCIPAL_Y_%C3%81REAS_PROTEGIDAS_DE_BOGOT%C3%81.

Andrade, G., Remolina, F. y Wiesner, D. (2013). Assembling the Pieces. A framework for the integration of the integration of multi-functional ecological main structure in the emerging urban region of Bogotá, Colombia. *Urban Ecosystems, 16(4),* 1-17. doi:10.1007/s11252-013-0292-5.

Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas.* Madrid: Isdefe. Obtenido de https://www.freelibros.org/ingenieria/dinamica-de-sistemas-javier-aracil.html.

Arquipino, E. (7 de diciembre de 2012). *Simulación crecimiento urbano de la ciudad de la Paz.* Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=wsklFPPVJMQ&t=7s

Ayuntamiento de Zaragoza. (2012). *Los sotos y riberas del Ebro enel término municipal de Zaragoza.* Zaragoza.

Baena, M.P., Silva, S., Monsalve, M.M., Pardo, T., Mesa, J. y Correa, P. (7 de febrero de 2016). ¿Llegó la hora de frenar el crecimiento de Bogotá?. El Espectador. Obtenido de https://www.elespectador.com/vivir/llego-hora-de-frenar-bogota-articulo-615151.

Banguero, H y Banguero, M. (2013). Flujos migratorios a Santafé de Bogotá: un análisis con información del Censo de Población 2005. En DANE y CANDANE, *Ib Magazín de la Gestión Estadística* (págs. 20-26). Bogotá. Obtenido de: https://www.dane.gov.co/files/revista_ib/magazin/e_magazinV_2013.pdf

Bennett, A. F. (2003). *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN, Gland, Switzerland y Cambridge, UK. Obtenido de https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/fr-021.pdf.

Bernal, F. (1990). Investigaciones arqueológicas en el antiguo cacicazgo de Bogotá (Funza, Cundinamarca). *Boletín de Arqueología 3*, pp. 31-48.

Boada, A. M. (2006). *Patrones de asentamiento regional y sistemas de agricultura intensiva en Cota y Suba, Sabana de Bogotá (Colombia).* Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales, Banco de la República.

Bolund, P. y Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29, 293-301. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0.

Borderías, M.D. y Roda, E. M. (2006). *Medio Ambiente Urbano.* Madrid: Universidad Nacional de Educacion a Distancia.

Borsdorf, A. (2003). Como modelar el desarrollo y la dinamica de la ciudad latinoamericana. *Eure,* 29(86), 37-49.

Braun, H. (1985). *El asesinatio de Gaitán: vida pública y violencia urbana en Colombia.* Madison: University of Wisconsin.

Bryson, J. M. (2004). What to do when stakeholders matter. Stakeholder Identification and Analysis Techniques. *Public Management Review*, 6, 21-53. Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14719030410001675722.

Camargo , A. y Hurtado, A. (2013). Urbanización informal en bogotá: Agentes y lógicas de producción del espacio urbano. *Invi*, 28(78), 77-107.

Carr , G., Potter, R. y Nortcliff, S. (2011). Water reuse for irrigation in Jordan: Perceptions of water quality among farmers. *Agricultural Water Management, 98(5)*, 847-854. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.12.011.

Cerema. (2015). *Milieux humides et aménagement urbain. Dix expériences innovantes.* Lyon. Obtenido de http://es.calameo.com/read/00009367920dcd9669f68.

Chaparro, S. y Ochoa, D. (2015). *Aves de los humedales de Bogotá aportes para su conservación.* Bogotá: Asociación Bogotana de Ornitología.

Chiesura, A. (2004). The Role of urban parks for the sustainable city. *Landscpe and Urban Planing,* 129-138. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003

Codazzi, A., Paz, M. y Pérez, F. (1889). *Atlas Geográfico e Histórico de la República de Colombia*. París: Imprenta A. Lahure.

Conesa, V. (1993). *Guía Metodologica para la evaluación el impacto ambiental.* Madrid: Mundi-Prensa.

Conservación Internacional Colombia y EAAB. (2008). *Plan de Manejo Ambiental Capellanía.* Bogotá.

Conservación Internacional Colombia y EAAB. (2010). *Plan de Manejo Ambiental Juan Amarillo.* Bogotá.

Convención de Ramsar (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971).* 6a. edición. Gland: Secretaría de la Convención de Ramsar.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2015). *Plan de Manejo Ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Meandro del Say.* Bogotá: CAR.

Correa, F. (2004). *El sol del poder: simbología y política entre los Muiscas del norte de los Andes.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Correa, M. (2015). Visita de campo humedal Torca-Guaymaral. (G. González, Entrevistador).

Departamento Distrital de Medio Ambiente - DAMA. (2000). *Historia de los humedales de Bogotá con énfasis en cinco de ellos.* Bogotá: DAMA, Alcadía Mayor de Bogotá.

De la Barrera, F., Reyes-Paecke, S. y Banzhaf, E. (2016). Indicator for green spaces in contrasting urban setting. *Ecological Indicators,* 212-219. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.027.

DAMA. (2005). *Informe Anual de Calidad del Aire de Bogotá.* Bogotá: DAMA.

DAMA. (2006). *Política de Humedales del Distrito Capital.* Bogotá: DAMA.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (1954). *Boletín de estadística de Bogotá (20 de octubre de 1965).* Obtenido de http://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/BOL_43_1954-48.PDF.

DANE (2008). *Censo General 2005. Nivel Nacional.* Bogotá: DANE. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/censos/libroCenso2005nacional.pdf

DANE. (2013a). *Estudios demográficos del DANE.* Bogotá: DANE.

DANE. (2013b). *Cuentas Nacionales Trimestrales Producto interno Bruto.* Bogotá: DANE. Obtenido de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales.

DANE. (2014). *Cuentas Trimestrales de Bogotá D.C. Producto Interno Bruto (PIB), Primer y Segundo Trimestre.* Bogotá: DANE.

DANE. (2015). *Gran encuesta integrada de hogares.* Bogotá. Obtenido de: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo/geih-historicos.

DANE. (2016). *Indicadores de pobreza monetaria y Multidimensional en Colombia. Coeficiente de Gini, Principales dominios y 13 ciudades.* Bogotá. Obtenido de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2015.

DANE. (2017). *Cuentas Nacionales.* Bogotá. Obtenido de http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-departamentales.

Davis, M., Ramírez, F. y Vallejo, A. (2015). Vertical Gardens as Swamp Coolers. *Procedia Engineering, 118*, 145-159. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.413

Defensoría del Pueblo (2003). *Resolución Defensorial Regional No. 018. Desconocimiento de la normatividad y de fallos judiciales en el proyecto: "Rehabilitación de las zonas de ronda y zonas de manejo y preservación ambiental del humedal de Córdoba"*. Bogotá. Obtenido de www.defensoria.gov.co/attachment/255/regional18.pdf.

Delgado, J. (2010). *La construcción social del paisaje de la sabana de Bogotá 1880 - 1890.* Tesis de Maestría en Historia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/2703/1/468427.2010.pdf.

Departamento Administrativo de Planeación Nacional y Centro de Investigaciones para el Desarrollo (2005). *Evolución de los principales indicadores sociales de bogotá (1990-2013).* Bogotá: DAPN, Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de http://www.cid.unal.edu.co/files/publications/CID20050201goevpr.pdf.

Departamento Nacional de Planeación (2010). *Elementos básicos sobre el estado Colombiano.* Bogotá: (págs. 63-67-72) DNP. Obtenido de http://www.comfenalcoantioquia.com/Portals/descargables/Formacion_de_alcaldes/Recorrido_por_Colombia/recorrido_por_colombia_elementos_basicos_sobre_el_estado_colombiano.pdf

Empresa de Alcantarillado y Acueducto de Bogotá - EAAB. (2010). *Plan de manejo ambiental humedal Juan Amarillo.* Recuperado de http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/178057/PMA_JuanAmarillo.pdf.

EAAB. (2013). *Ficha de inversión de conservación y manejo ambiental.* Bogotá. Obtenido de http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/resources/empresa/PeI/Macro7341-06172013.pdf.

EAAB. (2016). *Estado actual de los procesos de los humedales, adquisición de predios por motivos de utilidad pública.* Bogotá.

EAAB y Adessa. (2006). *Plan de Manejo Ambiental humedal Jaboque (Plan de Acción).* Bogotá.

Escalona, A. y González, G. (2016). Ensayo de modelización de la dinámica de los humedales de Bogotá como apoyo a su gestión ambiental en el marco del crecimiento verde. *II Congreso Internacional La Ingeniería Ambiental en el Siglo XXI.* Bogotá.

Escobar, O. (2012). *Proyección de la variación de la temperatura y la precipitación ante cambio climático para Bogotá.* Bogotá: Universidad Santo Tomás.

Estrada, J. (2014). *Modelo de gestión territorial*. Obtenido de Dinamica de sistemas: http://www.dinamica-de-sistemas.com/

Espinoza, F. (2002). *Gestión y fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Santiago de Chile: BID, CED. Obtenido de http://www.ced.cl/ced/wp-content/uploads/2009/03/gestion-y-fundamentos-de-eia.pdf.

Excélsior TV. (4 de febrero de 2017). Arquitectura sustentable en México. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=iDpEsE8WIww

Forero, C. y Devia, C. (2012). Sistema productivo de techos verdes en comunidades vulnerables. Estudio de caso en el barrio La Isla, Altos de Cazucá en Soacha, Cundinamarca. *Ambiente y Desarrollo, 16(30)*, 21-35. Obtenido de http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3194.

Forrester, J. (1969). *Urban Dynamics.* Cambridge: MIT Press.

Fundación Humedal La Conejera y EAAB (2003). *Plan de Manejo Ambiental humedal La Conejera.* Obtenido de http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=115426b5-4dd2-4c92-a772-fc1784fe0d2b&groupId=3564131.

Fundación Humedales Bogotá. (2017). *Humedales Bogotá. Humedal de Techo*. Obtenido de http://humedalesbogota.com/humedal-de-techo/

Fundación Proaves (2014). *El estado de las aves en Colombia 2014: prioridades de conservación de la avifauna colombiana*. Bogotá: Proaves.

García, J. M. (2012). *Dinámica de sistemas- ejercicios.* Barcelona.

García, J. M. (Mayo de 2017). Dinámica de sistemas ambientales. (G. P. González Angarita, Entrevistador)

Gebre-Egziabher, A. (2004). Sustainable cities programme: A joint UN-HABITAT-UNEP facility on the urban environment with participation of the Dutch Government. *Anales de la Academia de Ciencias de Nueva York, 1023*, 62-79. Obtenido de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15253899

Gómez, P., Soler, M., Rodríguez, B., Pérez, F., Pala, V. y Arbiol, R. (2012). Ortofoto verdadera de zonas urbanas en el ICC. *Revista Catalana de Geografía*, *45* 1-8. Obtenido de http://www.rcg.cat/articles.php?id=239

González, G. y Aparicio, V. (2016). *Impactos del crecimiento urbano en los humedales de la ciudad de Bogotá.* Bogotá.

Goñi, J. y García, J. M. (2006). Dinámica de Sistemas biológicos: modelando complejidad. *Iniciación a la investigación, 1.* Obtenido de http://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ininv/article/view/235

Granados Jiménez, J. (2010). *Las migraciones internas y su relación con el desarrollo en Colombia: una aproximación desde algunos estudios no clasificados como migración interna de los últimos 30 años*. Tesis de Maestría en Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Obtenido de http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis27.pdf

Grimble, R. y Wellard, K. (1997). Stakeholder methodologies in natural resource management: a review of principles, contexts, experiences and opportunities. *Agricultural Systems, 55(2),* 173-193. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(97)00006-1.

Guío, C. y Palacio, G. (2008). Bogotá: el tortuoso y catastrófico des-encuentro entre el río y la ciudad. En G. Palacio, *Historia ambiental de Bogotá y la Sabana, 1850-2005* (págs. 194-245). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, sede Amazonia.

Hammer et al. (2011). *Cities and greeen growth: A conceptual framework.* Regional Development Working Papers, No. 2011/08. París: OECD Publishing. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1787/5kg0tflmzx34-en.

Hebert, D. y Thomas, C (1982). *Urban geography. A first approach.* Nueva York. Wiley.

Henríquez, C. (2014). *Modelando el crecimiento de ciudades medias. Hacia un desarrollo sustentable.* Santiago de Chile: Salesianos Impresores S. A. Obtenido de http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022015000100013

Hettner, A. (1990). *Bogotá en los viajeros extranjeros del siglo XIX.* Bogotá: Villegas Editores.

Horiot, M., Diazabakana, A. y Binet, T. (2016). *Valeurs ajoutées des réserves naturelles. Arguments de soutien à la gestion et aux choix de gestion. Etude de cas de la Réserve Naturelle Nationale du Marais d'Orx*. Vertigo Lab. Obtenido de http://vertigolab.eu/wp-content/uploads/2017/03/7-201607-VertigoRNF-EtudeRNMaraisOrx-ProjetValeursAjouteesRN.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2011). *Promedios 71-00 (base de datos online). Bogotá: IDEAM..*

Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Capital - IDECA. (2014). *Ortofoto digital de Bogotá*. Obtenido de https://www.ideca.gov.co/es/proyectos/proyectos-geograficos-distrito/ortofoto-digital-de-bogota-2014

IDECA (20 de agosto de 2017). Infraestructura de datos espaciales para el Distrito Capital (plataforma para acceder a datos geoespaciales). Obtenido de https://www.ideca.gov.co/Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

- IDIGER. (2004). *Amenza por inundación Decreto 190 del 2004*. Bogotá. Obetnido de http://www.arcgis.com/home/item.html?id=dfde2cdfe31149509a46618605e95c42

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER. (2015). *Riesgos, desastres y desarrollo en Bogotá. Construyendo un sistema de indicadores sobre el impacto de la gestión de riesgos y la adaptación climática en el desarrollo de la ciudad*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.

Insituto de Desarrollo Urbano - IDU. (2013). *Estado de la malla vial de Bogotá.* Bogotá: IDU.

IDU. (2017). *Inventario de vías de la ciudad de Bogotá.* Bogotá. Obtenido de https://www.idu.gov.co/.

Inostroza, L., Baur, R. y Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management, 115*, 87-97. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007.

Institute for Sustainable Communities. (2010). *Climate Leadership Academy: Promising Practices in Green Job Creation.* Texas: Hanbook.

Jaramillo, M. (2002). La ciudad fragmentada: una lectura de las novelas del Bogotazo. *Tabula Rasa, 2,* 313-315.

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis - JBB. (2012). *Arboles per cápita.* Bogotá. Obtenido de http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=86.

Jiménez Castañeda, A. (2014). *Un sistema automático de tratamiento de imágenes Landsat en entorno SIG para gestión de espacios protegidos: Aplicación al ámbito de la Laguna de Gallocanta*. Universidad de Zaragoza. Zaragoza. Obtenido de https://zaguan.unizar.es/record/30774?ln=en.

Kamal-Chaoui, L. (2011). *The Korean Green Growth Strategy and its Implementation in Urban Areas: Interim report.* París: OECD Publishing.

Kamal-Chaoui, L. y Plouin, M. (2012). *Cities and Green Growth: Case study of the Paris/Ile-de-France region.* París: OECD Publishing. Obtenido de: http://dx.doi.org/ 10.1787/5k9fd0fg78bs-en.

Konyha, K., Shaw, D. y Weiler, K. (1995). Hydrologic design of a wetland: advantages of continuous modeling. *Ecological Engineering, 4,* 99-116. https://doi.org/10.1016/0925-8574(93)E0052-R.

Lee, A.C.K., y Maheswaran, R. (2011). The health benefits of urban Green spaces: A review of the evidence. *Journal of Public Health, 33,* 212-222. https://doi.org/10.1093/pubmed/fdq068

Ma, C., Zhang, G., Zhang, X., Zhou, B. y Mao, T. (2012). Simulation modeling for wetland utilization and protection based on system dynamic model in a coastal city, China. *Procedia environmental Sciences*, 202-213. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.019.

Manso, L. y Hernández, M. (9 de septiembre de 2016). Gestión en infraestrucutura Verde en. (A. Escalona y G. González, Entrevistadoras).

Mantilla, J. (30 de abril de 2017). Así avanza ampliación de Avenida ciudad de Cali. (I. Serrano, Entrevistador). Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=hbzDd5AFp_U

Marquínez, J., Díez, A., Fernández E., Lastra J. y Llorente M (2008). *Aspectos geomorfológicos en la modificación del Reglamento del Dominio Público hidráulico y el Sistema Nacional de Cartografía de zonas Inundables.* Madrid. Trabajos de Geomorfología en España, 2006-2008 X reunión Nacional de Geomorfología, Cádiz, 2008. Obtenido de http://www.andresdiezherrero.es/publicaciones/capitulos_de_libros/marquinez_et_al_2008_rdph.pdf

Martínez, C. (1976). *Bogotá. Sinopsis sobre su evolución urbana escala.* Bogotá: Fondo Editorial Escala.
Martínez, C. (1988). *Santafe: capital del Nuevo Reino de Granada.* Bogotá: Banco Popular.

Mayorga, J. (2016). El proceso de urbanización de los humedales de Kennedy en Bogotá, Colombia: una perspectiva normativa. *Papeles de Coyuntura, 42*, 14-53. Obtenido de http://www.papelesdecoyuntura.com/.

Mejía Pavony, G. (2000). *Los años del cambio. Historia urbana de Bogotá1820-1910.* Bogotá: Centro Editorial Javeriano.

Miguel, L. (20 de Diciembre de 2013). *Primer modelo en Vensim*. Valladolid, España. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=XlVCUF7IzGI&t=725s.
Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (1986). *Ley de aguas y reglamento de Dominio Público hidráulico.* Madrid. Obtenido de https://www.boe.es/boe/dias/2004/03/25/pdfs/A12962-12968.pdf

Ministero de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT. (2006). *Resolución* 196, por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia. Bogotá. Recuperado de http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientevdt_0196_2006.htm: Disposiciones analizadas por Avance Jurídico Casa Editorial Ltda.

Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia.* Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente. Consejo Nacional Ambiental. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Politicas/polit_nal_humedales_int_colombia.pdf.

Mitsch, W. J. y Gossenlink, J. G. (1986). *Wetlands.* Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company.
Molina Giraldo, H. (1996). *Ciudad y región en Colombia. Bogotá, la ocupación a largo plazo.* Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

Montoya, J. (9 de junio de 2014). El Estado tiene la obligación de garantizar una movilidad digna y segura. *El Espectador*. (N. Cardona, Entrevistador). Obtenido de https://www.elespectador.com/noticias/bogota/el-estado-tiene-obligacion-de-garantizar-una-movilidad-articulo-496666.

Morlán, I. (2010). *Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria.* San Sebastián: Recuperado de http://www.ehu.eus/i.morlan/tesis/memoria/TesisIMcompleta.pdf.

Observatorio Ambiental de Bogotá - OAB. (14 de octubre de 2012). *Zonas verdes efectivas per capita -ZVPH*. Obtenido de http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=86

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE. (2008). *Prospectiva Medioambiental de la OCDE para el 2030* (resumen en español). París: OCDE Publishing. Obtenido de http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/40224072.pdf.

OCDE. (2016). *Estudios de la OCDE sobre el mercado laboral y las políticas sociales. Colombia.* Bogotá: OCDE, Ministerio del Trabajo. Obtenido de https://www.oecd.org/fr/els/emp/OECD-Reviews-of-Labour-Market-and-Social-Policies-Colombia-AR-Spanish.pdf

OCDE (julio de 2017). *México puede hacer más para fomentar un crecimiento verde y socialmente inclusivo*. Obtenido de http://www.oecd.org/centrodemexico/mexicopuedehacermasparafomentaruncrecimientoverdeysocialmenteinclusivo.htm.

Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD y Economic Commission for Latin America and the Caribbean - ECLAC. (2014). *OECD Environmental Performance Reviews: Colombia 2014*. OECD Publishing. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1787/9789264213074-es.

OECD (2011). *Towards Green Growth.* París: OECD Publishing. Obtenido de: http://dx.doi.org/10.1787/9789264111318-en.

OECD. (2013a). *Green Growth in Cities.* París: OECD Publishing. Obtenido de: http://dx.doi.org/10.1787/9789264195325-en

OECD. (2013b). *Urbanisation and Green Growth in China.* Paris: OECD Publishing. Obetnido de http://dx.doi.org/10.1787/5k49dv68n7jf-en

Ollero, A. (2002). Ecogeografía del río Ebro. En F. Pellicer y P. de la Cal, *Rios y ciudades. Aportaciones para la recuperación de los ríos y riberas de Zaragoza* (págs. 135-157). Zaragoza: Institución Fernando el Católico. Obtenido de https://ifc.dpz.es/recursos/publicaciones/22/86/10ollero.pdf.

Ollero, A., Sánchez, M. y del Valle, J. (2004). Problemática actual del corredor ribereño del Ebro Aragonés en su curso de meandros libres. En J. Peña, L. Longares y M. Sánchez (Eds.), *Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos* (págs. 253-263). Obtenido de http://age.ieg.csic.es/fisica/docs/022.pdf.

Ortiz Monasterio, F. (13 de junio de 2016). Vía Verde: el periférico convertido en jardín. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=5x0T57U6PPQ.

Ortiz Muñoz, E. (2015). *Valoración económica del impacto de la construcción de obras de infraestructura sobre los servicios ecosistémicos y la biodiversidad: caso de estudio Avenida Longitudinal de Occidente*. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad de Los Andes. Bogotá. Obtenido de http://repositorio.uniandes.edu.co/xmlui/handle/1992/7019

Osorio, M. (18 de agosto de 2016). *Efectos de la dinámica urbana en los humedales de la ciudad de Bogotá: diagnóstico y propuestas de mejora en el marco del crecimiento verde*. (V. Aparicio e I. Avendaño, Entrevistadoras).

Pellicer, F. (5 de Agosto de 2016). Estrategias en los humedales de Zaragoza. (G. González, Entrevistador).

Oyón, M. P. (2011). Dispersión frente a compacidad: La paradoja del urbanismo protoecológico. Barcelona, España, N°169-170, 515-532. http://hdl.handle.net/2117/19851

Peña Angulo, D. (2016). Temperatura en Bogotá de máximas y mínimas. Publicación inédita

Pérez Peña, M. P., Henderson, B. H., Nedbor Gross, R. y Pachón, J. E. (2017). Natural mitigation factor adjustment for re-suspended particulate matter emissions inventory for Bogotá, Colombia. *Atmospheric Pollution Research, 8(1)*, 29-37. https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.07.006.

Preciado, J., Leal, R. y Almanza, C. (2005). *Historia ambiental de Bogotá, siglo XX.* Bogotá: Nomos S. A.

Pritchard, E. (1996). *Environmental impact assessment: Towards guidelines for adoption under the Ramsar Convention*. Sexta reunión de la conferencia de las partes contratantes de la convención Ramsar. Obtenido de https://www.ecolex.org/details/literature/environmental-impact-assessment-towards-guidelines-for-adoption-under-the-ramsar-convention-mon-057631/.

Puértolas, V. (2015). La mejora del medio ambiente urbano. Infraestructuras verdes y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en Zaragoza. Trabajo de fin de grado en Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza, Facultad de Filosofía y Letras. Zaragoza. Obtenido de http://zaguan.unizar.es/record/31917?ln=es

Ramsar (1999). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar. Laguna de Gallo canta*. Obtenido de https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/ES655_RIS990101.pdf?language=en.

Ramsar. (31 de Mayo de 2014). *Historia de la Convención de Ramsar*. Obtenido de http://www.ramsar.org/es/acerca-de/historia-de-la-convencion-de-ramsar.

Ramsar. (2015). Estado de los humedales del mundo y los servicios que prestan a las personas: una recopilación de análisis reciente. *Nota informativa Ramsar*, 2-19 . Obtenido de http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/cop12_doc23_bn7_sowws_s.pdf.

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB. (2013). *Informes de calidad de aire 2005-2013.* Bogotá. Rcuperado de http://201.245.192.252:81/.

RMCAB. (2016). *Informes de calidad de aire 2005-2013.* Bogotá. Obtenido de http://201.245.192.252:81/.

Redacción Bogotá. (16 de marzo de 2016). Hacen falta 694 predios para iniciar construcción de Avenida Longitudinal de Occidente. *El Espectador*. Obtenido de: https://www.elespectador.com/noticias/bogota/hacen-falta-694-predios-iniciar-construccion-de-avenida-articulo-622605.

Revista Semana (13 septiembre de 2014). El humedal del Distrito que costará US $32 millones. Obtenido de http://www.semana.com/nacion/articulo/el-humedal-del-distrito-que-costara-us-32-millones/402645-3.

Remolina, F (2006). Propuesta de tipología de corredores para la Estructura Ecología Principal de Bogotá. Revista nodo (1), volumen 1, 13-20. Obtenido de file:///C:/Users/Paola/Downloads/Dialnet PropuestaDeTipologiaDeCorredoresParaLaEstructuraEc-3396721.pdf

Ricart, S. y Clarimont, S. (2016). Modelling the links between irrigation, ecosystem services and rural development in pursuit of social legitimacy: Results from a territorial analysis of the Neste System (Hautes-Pyrénées, France). *Journal of Rural Studies, 43,* 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.09.012.

Rojas, C., de Meulder, B. y Shanon, K. (2015). Water urbanism in Bogota. Exploring the potentials of an interplay between settlement patterns and water management. *Habitat international*, 177-187. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.03.017.

Romero, J. A. (2010). Transformación urbana de la ciudad de Bogotá, 1990-2010: efecto espacial de la liberalización del comercio. *Perspectiva Geográfica, 15*, 86-112.

Ruiz-Luna, A. y Berlanga-Robles CA (2003). Land use, land cover changes and coastal lagoon surface reduction associated with urban growth in northwest México. *Landscape Ecology*, 18, 159-171. Obetnido de https://doi.org/10.1023/A:1024461215456

Schmeck, H. M. (1979). Study Depicts Fall of Mayan Civilization. *New York Times*, Recuperado de http://www.nytimes.com/1979/10/23/archives/study-depicts-may-an-decline-study-depicts-fall-of-mayan.html.

Secretaría de Hacienda. (10 de Febrero de 2017). *Instituto de Estudios Urbanos*. Obtenido de Secretaría de Hacienda: http://institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112118.htm

Secretaría de la Convención de Ramsar (2010). *Evaluación del impacto: Directrices sobre evaluación del impacto ambiental y evaluación ambiental estratégica, incluida la diversidad biológica*. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, vol. 16. Obtenido de http://ramsar.rgis.ch/pdf/lib/hbk4-16sp.pdf.

Secretaría Distrital de Ambiente - SDA. (2005). *Informe de la calidad del aire en Bogotá*. Bogotá: SDA.

SDA. (2009). *Plan de Manejo Ambiental humedal Santa María del Lago*. Bogotá. Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/planes-de-manejo-ambiental1.

SDA. (2013). *Informe Anual de calidad del aire de Bogotá.* Bogotá: SDA.

SDA. (09 de Agosto de 2017). *Humedales.* Obtenido de http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/humedales.

SDA. (2018). *Información general humedales*. Bogotá. Obtenido de http://humedalesdebogota.ambientebogota.gov.co/inicio/#informaciongeneralhumedales.

Secretaría Distrital de Movilidad - SDM. (2015). *Movilidad en cifras.* Bogotá: Obtenido de http://www.movilidadbogota.gov.co/web/SIMUR/ARCHIVOS/Movilidad_Cifras_2015_V4_marzo2017.pdf.

Secretaría Distrital de Planeación - SDP. (2010). *Síntesis de la problemática de las áreas desarrolladas informalmente.* Bogotá: Obtenido de www.sdp.gov.co.

SDP. (2013). *Índices de Ciudad.* Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.

SDP. (2015). *Unidades de Planeamiento Zonal*. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/OrdenamientoTerritorial/upzenprocesoderevision/QueEs.

SDP. (2016). *Coeficiente de Gini para Bogotá y la región (2011 y 2014)*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Bogot%E1%20Ciudad%20de%20Estad%EDsticas/Tab/079%20Coeficiente%20de%20Gini%20para%20Bogot%E1%20y%20Regi%F3n.

SDP. (2017). *Migrantes netos y tasa neta de migración por mil (2005-2011).* Bogotá. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/ProyeccionPoblacion:Proyecciones%20de%20Poblaci%F3n.

SDP y DANE. (2016). *Proyecciones de población por UPZ 2005-2015*. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/ProyeccionPoblacion:Proyecciones%20de%20Poblaci%F3n.

Singapore Government. (25 de Agosto de 2017). *Sino-Singapore*. Obtenido de Tinajin Eco-city: https://www.tianjinecocity.gov.sg/bg_masterplan.htm.

Smith, P. y Romero, H. (2009). Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lenga. *Revista de Geografía Norte Grande, 43,* 81-93. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022009000200005.

Suárez, M. (27 de febrero de 2009). *Barrios_SDP*. Obtenido de https://sites.google.com/site/seriescol/shapes.

Tirado, Á. (1976). *Aspectos sociales de las guerras civiles.* Bogotá: Colcultura.

Torres, A. y Morillón, D. (2007). Evaluación del uso de techos verdes en clima templado, caso Ecatapec de Morelos, estado de México. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, *11*, 183-190. Obtenido de http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2007/2007-t005-a024.pdf.

Tran, T. (26 de Junio de 2017). Contextualización de las zonas humedas en Francia. (G. González y M. Sierra, Entrevistadoras).

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital - UAECD. (2015). *Estadísticas totales de predios clasificados por localidad.* Bogotá.

UAECD. (2016). *Estadísticas totales de predios clasificados por localidad.* Bogotá. Obtenido de https://www.catastrobogota.gov.co/es/censo-inmobiliario/censo-inmobiliario-2012.

UAECD. (4 de agosto de 2017). *Catastro de Bogotá*. Obtenido de https://www.catastrobogota.gov.co/es/censo-inmobiliario/que-es-el-censo-inmobiliario.

UAECD. (1 de mayo de 2018). *Glosario técnico catastral*. Obtenido de https://www.catastrobogota.gov.co/es/node/364

United Nations Sustainable Development (1992). United Nations Conference on Environment & Development. Agenda 21. Rio de Janeiro, Brasil, 3 al 14 de junio de 1992. Obtenido de https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf.

Pontificia Universidad Javeriana y EAAB. (2008). *Plan de Manejo Ambiental humedal el Burro.* Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia (2015). *Plan de manejo ambiental de los humedales de Torca y Guaymaral*. Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia y EAAB (2012). *Plan de Manejo Ambiental de los humedales de Torca y Guaymaral*. Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia y EAAB. (2006). *Plan de Manejo Ambiental Humedal Córdoba.* Bogotá.

Uribe Ramírez, E. (1924). Plano "Bogotá Futuro". *Revista Técnica de Obras de Cundinamarca, 1.2*. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/achsc/article/viewFile/42341/44747/202098.

Van der Hammen, T. (2006). Génesis, evolución y estado actual del patrimonio natural y socio-cultural de los humedales de la Sabana de Bogotá. En A. Guarnizo y B. Calvachi, *Los humedales de Bogotá* (págs. 17-49). Bogotá: Acueducto de Bogotá, Conservación Internacional Colombia.

Villalobos, D. (13 de mayo de 2016). Efectos de la dinámica urbana en el humedal de La Vaca. (G. González, Entrevistador).

12. ANEXOS

Anexo 1. Tabla general de datos del modelo de simulación.

Año	Indicadores del subsistema económico (tipo de variable en según la dinámica de sistemas)													
	PIB (en miles de dólares) (1) (nivel)	*Inversión (en miles de dólares)* (nivel)	*Precio del suelo (en dólares por hectárea* (nivel)	*Saneamiento predial (en has)* (nivel)	*tendencia económica (dólares /año)* (flujo)	*tendencia de inversión* (flujo)	*tendencia del precio del suelo (en dólares sobre año) (tps)* (flujo)	*tendencia en saneamiento (en has sobre año)* (flujo)	*Ingresos per cápita (en dólares por habitante)* (auxiliar)	*Proporción de la inversión predial con respecto del PIB* (auxiliar)	*tasa de cambio económico* (auxiliar)	*tasa de inversión* (auxiliar)	*tasa de cambio precio del suelo* (auxiliar)	*tasa de cambio saneamieto predial* (auxilar)
2005	30.271.000	1033	19,105	58,13	1399	146	3345	-41,86	7,771	0,0034	6,60	0	66,9	-0,72000003
2006	30.449.598	1179	20,138	16,27	1460	-3	3526	8,46	7,681	0,0034	6,33	0	22,4	0,51999998
2007	30.650.566	1176	21,317	24,74	1524	1	3733	-20,53	7,598	0,0034	3,29	14,13	-34,7	-0,82
2008	30.843.664	1177	22,493	4,2	1591	-4	3939	-1,51	7,513	0,0038	2,10	-0,24	26,3	-0,36000001
2009	30.945.448	1173	23,67	2,69	1660	-12	4145	-2,69	7,407	0,0038	3,59	0,05	31,7	-1
2010	31.010.434	1161	24,843	0	1733	0	4350	0	7,294	0,0038	5,65	-0,37	21,8	0
2011	31.122.072	1161	26,004	0	1809	164	4553	0	7,193	0,0038	3,53	-1	18,5	0
2012	31.299.468	1325	27,164	0	1888	-3	4757	0	7,109	0,0037	3,85	0	17,3	0
2013	31.409.016	1322	28,489	0	1970	1	4989	0	7,01	0,0037	4,65	14,13	16,8	0
2014	31.531.512	1322	29,811	0	2056	-5	5220	0	6,915	0,0042	4,81	-0,24	15,5	0
2015	31.676.556	1318	31,133	0,5	2146	-13	5452	-0,5	6,826	0,0042	3,01	0,059	17,6	-1

Año	Indicadores del subsistema social (tipo de variable en según la dinámica de sistemas)								
	Población (nivel)	*Desigualdad económica (1)* (nivel)	*Asentamientos ilegales(en has)* (nivel)	*tendencia demográfica (en habitantes por año)* (flujo)	*tendencia de la desigualdad económica* (flujo)	*tendencia de asentamientos humanos* (flujo)	*tasa demográfica* (auxiliar)	*tasa de cambio en la desigualdad* (auxiliar)	*tasa de asentamientos* (auxiliar)
2005	3895441	0,5569	20.149	97385	-0,0062	0,004634	1,96	-4,66	
2006	3964201	0,5310	20.706	98771	-0,0061	0,004635	1,85	0	
2007	4034175	0,5310	21.256	100177	-0,0061	0,004636	1,78	0	
2008	4105384	0,5310	21.801	101604	-0,0060	0,004637	1,72	-0,94	
2009	4177850	0,5260	22.340	103050	-0,0059	0,004639	1,67	0	
2010	4251596	0,5260	22.873	104517	-0,0059	0,004640	1,63	-0,76	1,775
2011	4326643	0,5220	23.399	106005	-0,0058	0,004641	1,54	-4,78	
2012	4403014	0,4970	23.920	107515	-0,0057	0,004642	1,53	1,4	
2013	4480734	0,5040	24.435	109045	-0,0057	0,004643	1,55	-0,39	
2014	4559825	0,5020	24.945	110598	-0,0056	0,004644	1,59	-0,79	
2015	4640313	0,4980	24.025	112172	-0,0055	0,004645	1,64	-1,11	

Año	Indicadores del subsistema urbanístico (tipo de variable según la dinámica de sistemas)												
	Área urbana en hectáreas (has) (nivel)	*Predios en unidades* (nivel)	*Densidad predial en predio por has* (auxiliar)	*Vías en has* (nivel)	*Propiedad privada en has* (nivel)	*Nueva superficie construida (has/año)* (flujo)	*Tendencia predial (unidades/ año)* (flujo)	*Tendencia de la propiedad privada* (flujo)	*Tendencia vial* (flujo)	*tasa de area construida* (auxiliar)	*tasa de cambio predial* (auxiliar)	*tasa de cambio de la propieda d privada* (auxiliar)	*tasa vial* (auxiliar)
2005	10428	1.039.310	99.665	602,05	272,90	393	39942	-0,13688664	3,3	3,17	2,83		
2006	11361	1.079.252	94.478	605,40	272,76	431	41477	-0,13681796	3,4	4,37	4,82		
2007	12463	1.120.729	89.950	608,77	272,63	470	43071	-0,13674933	3,4	0,31	1,51		
2008	13111	1.163.799	85.966	612,15	272,49	510	44726	-0,13668075	3,4	4,89	6,19		
2009	14365	1.208.525	82.434	615,55	272,35	553	46445	-0,13661219	3,4	7,51	5,45		
2010	16059	1.254.970	79.284	618,98	272,22	597	48230	-0,13654365	3,4	4,04	4,66	-0,050	0,556
2011	17328	1.303.200	76.458	622,42	272,08	643	50083	-0,13647516	3,5	2,86	3,27		
2012	18446	1.353.283	73.910	625,88	271,94	690	52008	-0,1364067	3,5	2,94	3,43		
2013	19614	1.405.291	71.604	629,36	271,81	740	54007	-0,13633828	3,5	5,46	2,96		
2014	21314	1.459.298	69.506	632,85	271,67	792	56082	-0,13626988	3,5	2,30	2,10		
2015	22438	1.515.380	67.591	636,37	271,53	845	58238	-0,13620155	3,5	3,77	3,84		

Año	Indicadores del subsistema ambiental (tipo de variable según la dinámica de sistemas)							
	Estructura ecológica principal (1) (EEP en has) (auxiliar)	*Área de los humedales en has* (nivel)	*Zonas en conflicto adimensional (2)* (flujo)	*Zonas verdes y parques urbanos en has* (nivel)	*tendencia de zonas verdes* (flujo)	*tasa de zonas verdes* (auxiliar)	*Zvc per cápita (has / habitante)* (auxiliar)	*EEP per cápita (has/habitante)* (auxiliar)
2005	4129,1299	375,1	0,0248	2460	0,06562468	-1,2195	0,00063151	0,10599906
2006	4166,5586	442,6	0,0292	2430	0,06737533	4,1152	0,00061182	0,10490504
2007	4295,7451	471,7	0,0277	2530	0,06917269	18,5771	0,00062544	0,10619418
2008	4803,5386	509,5	0,0292	3000	0,07101798	13,3333	0,00072866	0,11667148
2009	5222,6362	528,6	0,0263	3400	0,07291251	-11,4706	0,00081187	0,12470844
2010	4849,2344	545,2	0,0225	3010	0,07485757	1,3289	0,00070695	0,11389326
2011	4901,4932	557,5	0,0202	3050	0,07685452	1,3115	0,00070486	0,11327361
2012	4952,7803	568,8	0,0186	3090	0,07890475	-3,5599	0,0007033	0,11272745
2013	4853,3799	579,4	0,0171	2980	0,08100966	1,6779	0,00066803	0,10879926
2014	4913,3081	589,3	0,0150	3030	0,08317073	47,5896	0,00066889	0,10846338
2015	6364,1416	598,2	0,0140	4472	0,08538945	9,8450	0,00097179	0,13829722

Año	**Indicadores del subsistema *crecimiento verde* (tipo de variable según la dinámica de sistemas)**						
	Atractivo urbano adimensional (auxiliar)	*Demanda de productos y servicios verdes en numero de visitas los humedales (Demproductserver)* (nivel)	*Empleos verdes en unidades* (nivel)	*Nueva demanda de servcios verdes* (flujo)	*Nuevos empleos verdes* (flujo)	*tasa de cambio productos verdes* (auxiliar)	*tasa de empleos verdes* (auxiliar)
2005	3,52	16000	96	1486	14,71		
2006	4,89	16886	101	1588	16,96		
2007	5,70	17822	105	1690	19,45		
2008	4,44	18809	110	1792	22,43		
2009	5,21	19851	115	1908	23,08		
2010	6,34	20951	117	2024	23,49	5,540	4,790
2011	7,38	22112	117	2140	23,49		
2012	8,45	23284	117	2255	23,49		
2013	9,63	24445	117	2371	23,49		
2014	10,95	25606	117	2484	23,49		
2015	12,38	26930	117	2598	23,49		

Anexo 2. Guía técnica del modelo de simulación de la dinámica urbana y su impacto en los humedales de Bogotá

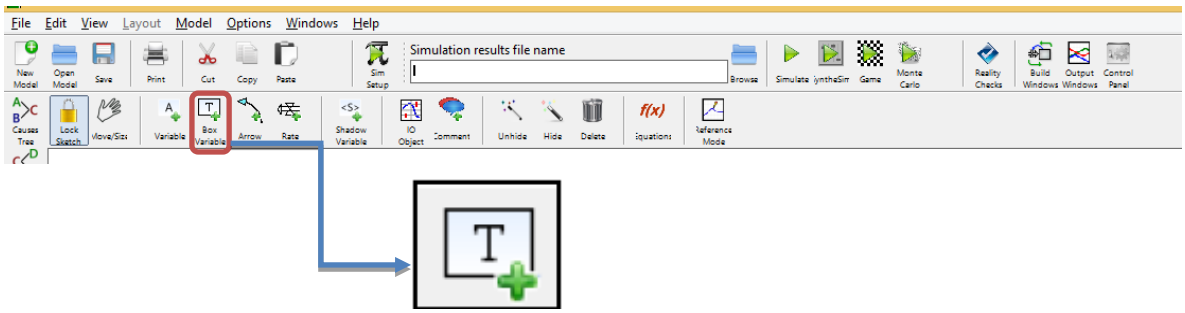
Para acceder al modelo de simulación, por favor remitirse al archivo digital 'modelo de simulación' que se adjunta a esta tesis. Para la visualización del modelo se requiere descargar la versión gratis de Vensim de la página http://vensim.com/free-download/. Aunque el modelo se encuentra elaborado con la versión *Vensim ple plus*, se pueden observar las generalidades del modelo con la versión gratuita.

INTRODUCCIÓN DEL MODELO EN EL ORDENADOR

1. En la pantalla inicial del software *Vensim ple plus* teclear File > Open Model>Modelo de simulación.

2. En este modelo se manejan diferentes tipos de variables, las cuales se describen a continuación para su mejor comprensión:

   - **Variables de Nivel**. Esta variable almacena gran cantidad de datos y representa los principales componentes del modelo de simulación, que se encuentran representados por un recuadro. El ícono que se utiliza se localiza en la parte superior de la barra de tareas y se encuentra representado en la siguiente ilustración:

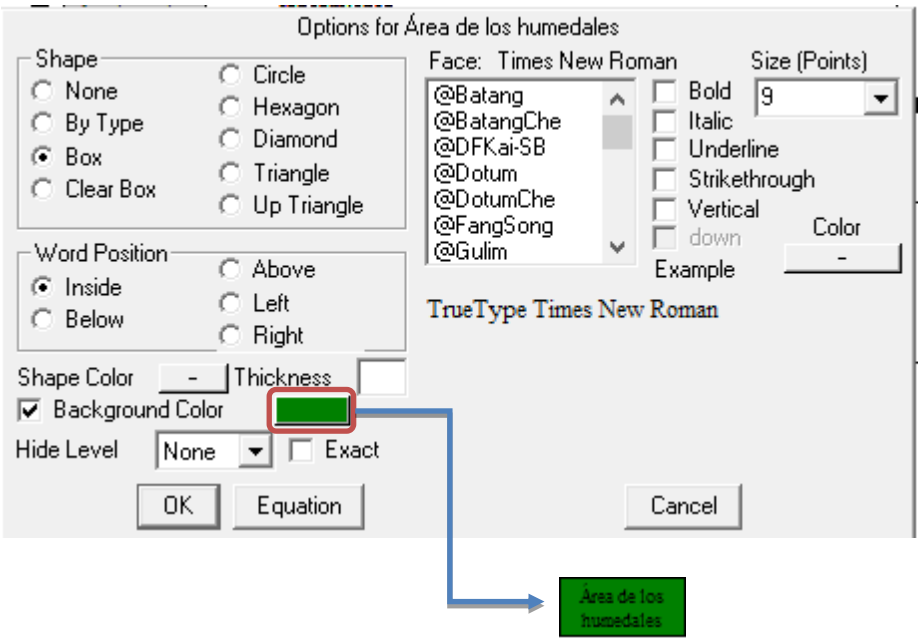


Posteriormente se insertan las variables con sus recuadros respectivos. El nombramiento de cada variable de nivel utiliza la primera letra en mayúsculas, siendo esta una de las reglas fundamentales de la dinámica de sistemas (García, 2017).

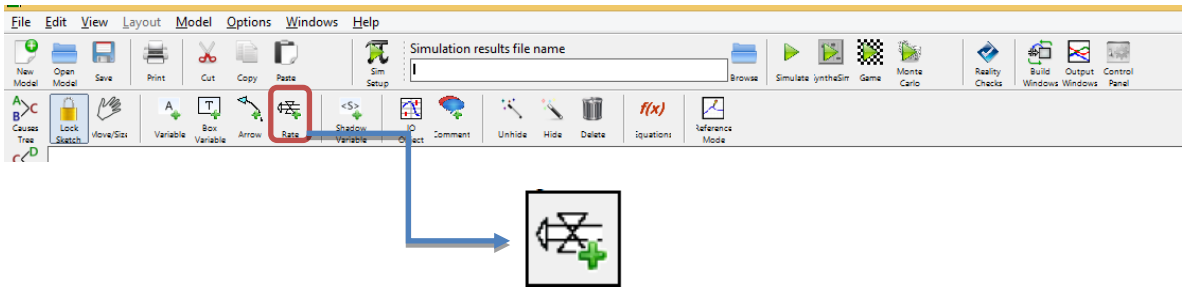
Los colores se insertan teniendo en cuenta el componente al que pertenecen las variables en el modelo de simulación, por ejemplo:

- el componente social tiene color gris
- el económico tiene color rojo
- el urbano tiene color amarillo
- el ambiental tiene color verde oscuro
- el *crecimiento verde* tiene color verde claro.

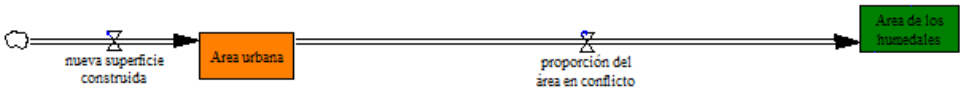
Para insertar el color de la variable de nivel es necesario activar la opción haciendo clic derecho sobre la variable. De esta forma se activan las opciones de la variable, y en la opción **Background Color** se procede a insertar el cambio de color, tal y como se indica en el siguiente recuadro:



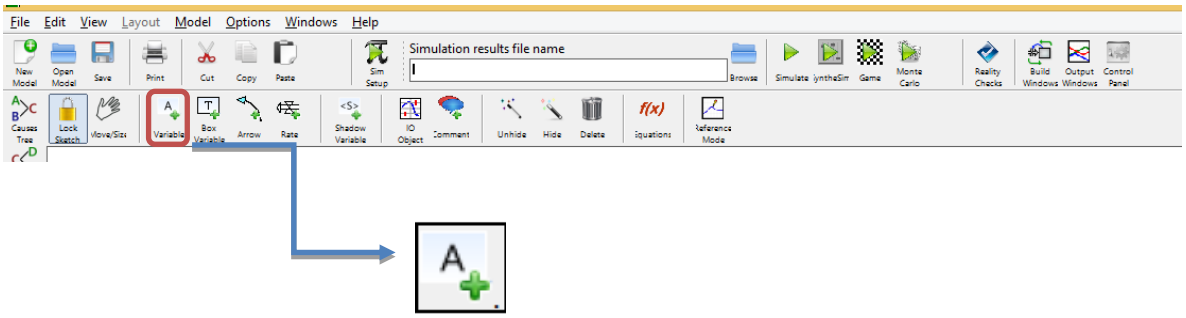
- **Variables de Flujo**. Simbolizan los cambios de las variables de nivel durante un periodo de tiempo y se encuentran intervenidas por componentes temporales (Forrester, 1969). Para insertar dichas variables es necesario identificar el ícono **Rate** en la barra de tareas en la parte superior, tal y como se inidica en la siguiente ilustración:



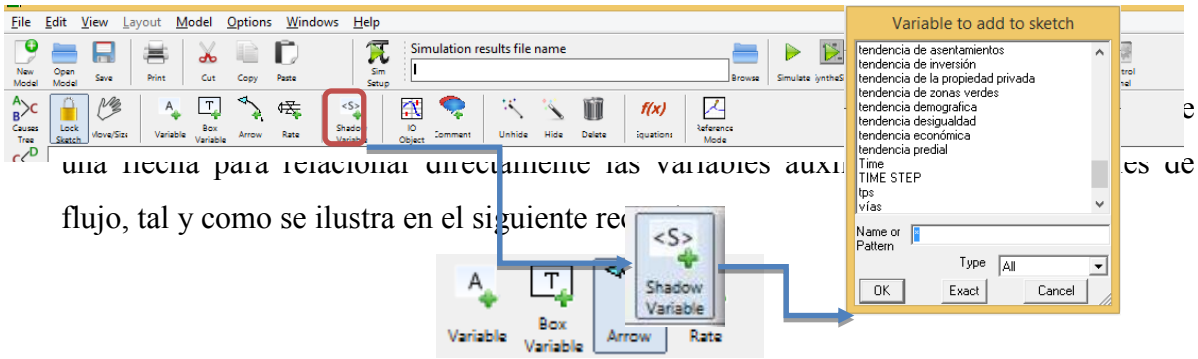
Además, las variables de flujo establecen las principales relaciones entre las variables de nivel e indican las entradas y salidas al sistema, las cuales se encuentran representadas en el espacio de trabajo de la siguiente manera:



- **Variables Auxiliares**. Representan pasos intermedios, (tasas de cambio demográfico, urbano, entre otros). En general para el modelo de simulación de esta investigación, este tipo de variables se alimentan de bases estadísticas que representan la tendencia temporal. El ícono utilizado se localiza también en la parte superior de la barra de tareas y se ilustra en el siguiente recuadro:

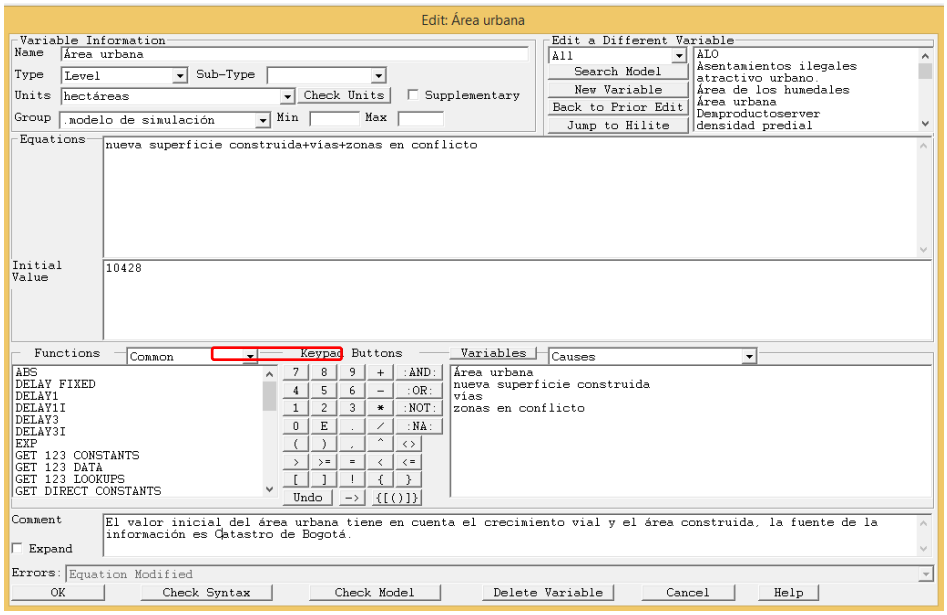


- **Variable de Sombra**. Esta variable representa la temporalidad y permite que la variable auxiliar obtenga los datos que se encuentran almacenados en la base de datos. La variable de sombra se localiza en la barra de tareas en la parte superior y se ilustra de la siguiente manera:

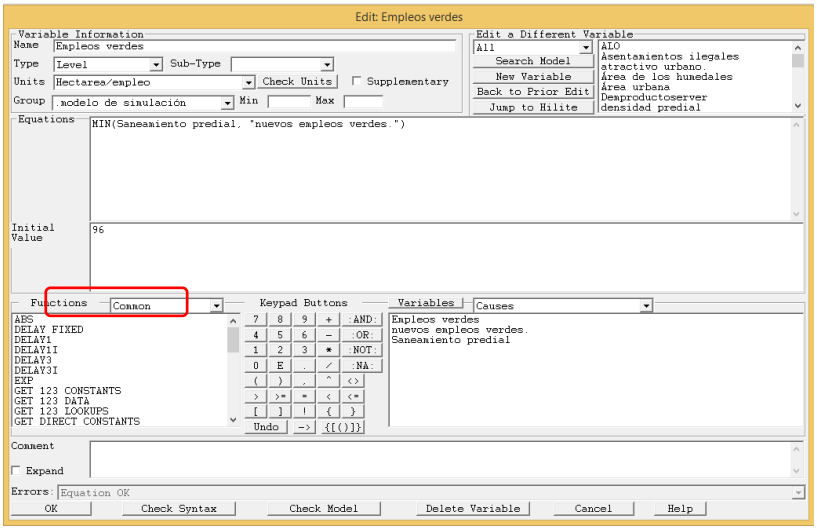


3. **Insertar las ecuaciones de las variables:** para insertar las variables de Nivel, Flujo y Auxiliares, se requiere la utilización del siguiente ícono:

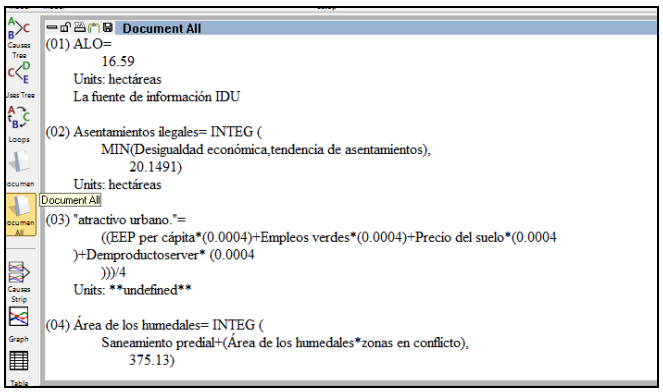
La activación de esta función permite ingresar cada una de las ecuaciones de las variables requeridas en el desarrollo del modelo de simulación. En la fase 1 del modelo se ingresaron las ecuaciones de las variables de nivel. Por ejemplo, al ingresar la fórmula de la variable 'área urbana' se activa un recuadro donde se debe ingresar cada una de las variables en la ecuación, luego se da doble clic sobre cada una de las variables para completar la ecuación y se utiliza el **keypad button** para elegir las funciones básicas, haciendo uso del signo (+), tal y como se visualiza a continuación:



Para ingresar las funciones de mayor complejidad es necesario identificar el recuadro de funciones, posteriormente se hace doble clic desde la función y se abre el recuadro de la ecuación. Por ejemplo, la variable de 'empleos verdes' utiliza la función MIN que permite ingresar X_1 y X_2, para este caso se relacionan las variables de saneamiento predial y los nuevos empleos verdes. Para observar la función solo se debe dar doble clic sobre empleos verdes y se activa la función, tal y como se ilustra a continuación:



En síntesis, todas las ecuaciones se encuentran organizadas en el modelo de simulación por orden alfabético y se pueden consultar con la función **Document all**, como se ilustra en el siguiente recuadro:



Finalmente, para consultar las bases de datos del modelo de simulación se hace clic sobre la variable y la función **Table Time**. De esta manera se pueden observar los

resultados de los escenarios desde el 2005 hasta el 2030. A continuación se ilustran los datos de la variable ‘Área de los humedales’:

- los datos de color azul corresponden al primer escenario.
- los datos de color rojo corresponden al segundo escenario.
- los datos de color verde corresponden al tercer escenario.

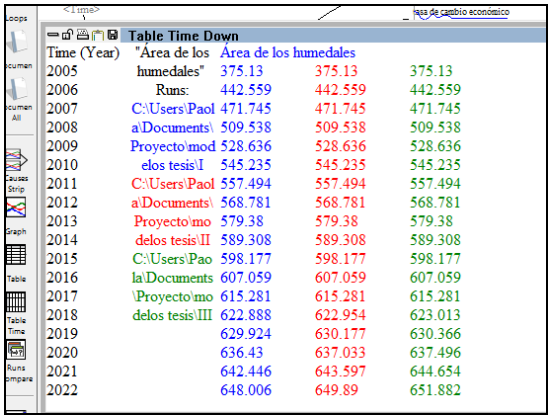


Table Time Down

Time (Year)	"Área de los humedales" Runs: C:\Users\Paola\Documents\Proyecto\modelos tesis\I	Área de los humedales C:\Users\Paola\Documents\Proyecto\modelos tesis\II	C:\Users\Paola\Documents\Proyecto\modelos tesis\III	
2005	375.13	375.13	375.13	
2006	442.559	442.559	442.559	
2007	471.745	471.745	471.745	
2008	509.538	509.538	509.538	
2009	528.636	528.636	528.636	
2010	545.235	545.235	545.235	
2011	557.494	557.494	557.494	
2012	568.781	568.781	568.781	
2013	579.38	579.38	579.38	
2014	589.308	589.308	589.308	
2015	598.177	598.177	598.177	
2016	607.059	607.059	607.059	
2017	615.281	615.281	615.281	
2018	622.888	622.954	623.013	
2019	629.924	630.177	630.366	
2020	636.43	637.033	637.496	
2021	642.446	643.597	644.654	
2022	648.006	649.89	651.882	

Anexo 3. Formulario de las entrevistas semi estructuradas y sus resultados

PREGUNTAS RESPUESTAS 15

Efectos de la dinámica urbana en los humedales de la ciudad de Bogotá: Diagnostico y propuestas de mejora en el marco del Crecimiento Verde

La presenta encuesta forma parte de una investigación de tipo académico sobre Efectos de la dinámica urbana en los humedales de la ciudad de Bogotá: Diagnostico y propuestas de mejora en el el marco del Crecimiento Verde. La encuesta tiene como finalidad obtener información sobre la gestión y saneamiento predial en los humedales de la ciudad de Bogotá D.C. Su información y opinión son muy importantes para nosotros. Por favor tómese unos minutos para responder a estas preguntas. Gracias.

Dirección de correo electrónico *

Dirección de correo electrónico válida

Este formulario recopila las direcciones de correo electrónico. Cambiar configuración

Área de Estudio

Humedales de la ciudad de Bogotá

Sección 2 de 5

I. DATOS IDENTIFICATIVOS

Descripción (opcional)

Nombre *

Texto de respuesta corta

Fecha *

Mes, día, año

Correo electronico

Texto de respuesta corta

Localidad en la que trabaja *

- Usaquén
- Suba
- Engativá
- Fontibón
- Bosa
- Kennedy

Otras localidades o municipios ¿Cuáles?

Sección 3 de 5

II. ADQUISICIÓN PREDIAL

Descripción (opcional)

¿Sabe usted si las entidades gubernamentales han adquirido predios en los humedales de su localidad durante los últimos 10 años? *

1. Si
2. No

Indique por favor los predios adquiridos

Texto de respuesta larga

¿Conoce Usted, aunque sea de forma aproximada, lo que se pagó por esos predios? *

1. Si
2. No
3. No responde

Proporcione, por favor, la cuantía de dichos pagos indicando a qué humedal corresponden.

Texto de respuesta larga

¿Considera usted que para facilitar la recuperación ecológica de los humedales de su localidad es necesario que las entidades gubernamentales adquieran más predios? *

1. Si
2. No
3. No responde

¿Qué predios habría que adquirir en su opinión?

Párrafo

Texto de respuesta larga

Sección 4 de 5

III. IMPACTO EN EL EMPLEO DE LAS ACCIONES REALIZADAS EN LOS PREDIOS ADQUIRIDOS

Descripción (opcional)

Entre las acciones de la lista siguiente, identifique las que se han efectuado en los predios adquiridos en los humedales de su localidad *

- [ ] Delimitación y amojonamiento
- [ ] Estudios técnicos (monitoreo biológico, inventario de fauna y flora, actualización del PMA)
- [ ] Mantenimiento (Vigilancia, malla eslabonada, espejo de agua, vegetación lacustre, áreas comunes, compostaje, reti...
- [ ] Restauración ecológica (control de vegetación acuática, plateo de árboles, control del nivel de agua, siembras endé...
- [ ] Protección mediante cerramientos
- [ ] Disposición final de residuo sólidos
- [ ] Habilitación para actividades de educación ambiental
- [ ] Saneamiento hídrico
- [ ] Todas las anteriores
- [ ] Otra...

En relación con las acciones efectuadas en los predios adquiridos, que se enumeran a continuación, señale por favor el número de empleos generados

Delimitación y amojonamiento

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30

Mantenimiento

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20

Disposición final de residuos solidos

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30

Saneamiento hídrico

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30

Restauración ecológica

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30

Protección mediante Cerramientos

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30

Habilitación para actividades de educación ambiental

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30

Monitoreo

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30

Sección 5 de 5

IV. IMPACTO DE LOS USOS FUTUROS DEL HUMEDAL EN LA GENERACIÓN DE EMPLEO Y DE NUEVOS SERVICIOS.

Descripción (opcional)

¿Cuáles considera usted que pueden ser los sectores en los que se pueden generar empleos y servicios una vez restaurados los humedales? *

- [ ] Mantenimiento
- [ ] Silvicultura
- [ ] Gestión ambiental
- [ ] Ecoturismo
- [ ] Consultoría ambiental
- [ ] Todas las anteriores
- [ ] Otra...

En relación con las acciones propuestas, que se enumeran a continuación, señale por favor el número de empleos generados.

Operarios de mantenimiento

1. 1-5
2. 5-10
3. 10-20
4. 20-30
5. 30-40
6. 40-50
7. 50-60

Interpretes ambientales

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Coordinador pedagogico

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Coordinador social

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Biólogo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

En este espacio puede ampliar la información o hacer comentarios adicionales

Texto de respuesta larga

I. DATOS IDENTIFICATIVOS

Nombre

15 respuestas

- Mauricio Castaño Penagos
- Jose Edgar Bermudez
- Fredy Ortiz
- Alejandro Torres
- Feidy Garza Manrique
- Jairo Osorio
- Tina Fresneda Cortes
- Dora Villalobos
- Nurys Esperanza Silva Castillo
- Mauricio Calderón
- Yeimy Medina Olaya
- Victor Adres Tello Franco

Fecha

15 respuestas

oct. 1986	17
may. 2016	7 12 13 19
jun. 2016	11
ago. 2016	11 13 18 26
sept. 2016	5 8 14
oct. 2016	11
jul. 2017	19

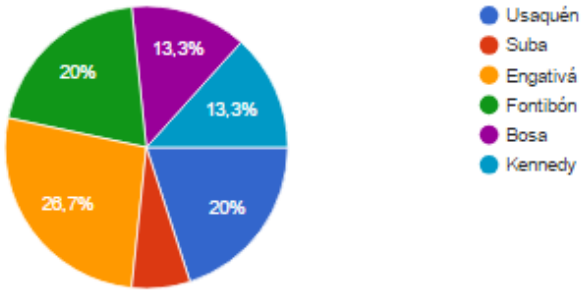
Correo electronico

15 respuestas

di@cable.net.co
josebese@gmail.com
fredmorphis@hotmail.com
Alejotor33@gmail.com
feidy.garza123@gmail.com
josorio50@hotmail.com
Cucarachero7@yahoo.es
Doti23@hotmail.com
Nurys_silva@hotmail.com
funcoajz@hotmail.com
yeimmymo09@hotmail.com
victortello77@gmail.com

Localidad en la que trabaja

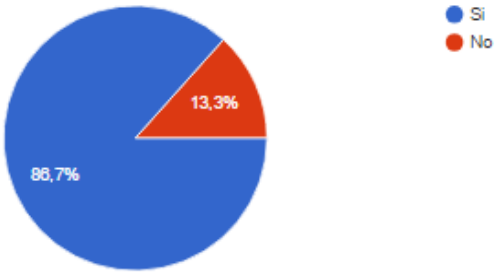
15 respuestas



II. ADQUISICIÓN PREDIAL

¿Sabe usted si las entidades gubernamentales han adquirido predios en los humedales de su localidad durante los últimos 10 años?

15 respuestas



Indique por favor los predios adquiridos

12 respuestas

CORDOBA: tramo alto y bajo se recupero ya hay un proceso de expropiación predial.

TIBABUYES:
Suba: Ciudadela colsubsidio (la cicloruta separo el barrio del humedal) Av. Cali. Av. Rincon (hasta el brazo del humedal)
Engativa: luis Carlos Galàn hasta villa cristina (por la construcción del Boxcoulbert)
JABOQUE: Unir 2

Reasentamiento
Juan Amarillo 6 familias
Jaboque 7 familias

Villa maria-villa castilla -predio de pedronel olmos

No se han Adquirido ningún predio en le humedal Torca-Guaymaral.

En el humedal Meandro del Say no han comprado predios

Proyectados 226 predios para adquisición pero faltan mas o menos 20 por adquirir en los barrios Manzanares mayoritariamente, La esperanza de Tibanica y Primavera

VACA NORTE
Finca monte verde

El predio que queda al lado de la transversal 94 no esta delimitada pero ya se adquirio

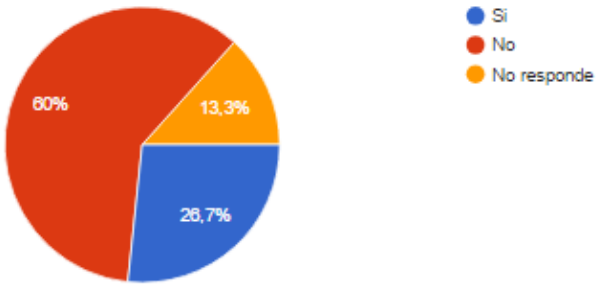
Aproximadamente 220 predios por Bosa Manzanares y algunos de la primavera

Humedal Tibabuyes o Juan Amarillo

Adquisición predios para la Vaca Norte, Recuperación de espacio del humedal Vaca Sur. En Suba se compraron casas por parte de bienes raices de la EAB para realizar el cerramiento en el humedal La Conejera.

¿Conoce Usted, aunque sea de forma aproximada, lo que se pagó por esos predios?

15 respuestas



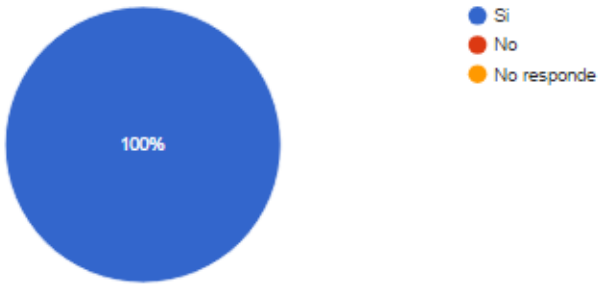
Proporcione, por favor, la cuantía de dichos pagos indicando a qué humedal corresponden.

5 respuestas

TIBABUYES: (5000000000) Cinco mil millones de pesos para obras de Boxcoulbert en el año 2000
Se recupero la ZAMPA Cerramiento Unir $3500.000.000 tres mil quinientos millones de pesos.
A todos de les pago por igual es de acuerdo al tipo de vivienda
10.025.000.000 (Diez mil millones de pesos) desde el año 2007-2015
Entre 20 y 90 millones de pesos

¿Considera usted que para facilitar la recuperación ecológica de los humedales de su localidad es necesario que las entidades gubernamentales adquieran más predios?

15 respuestas



¿Qué predios habría que adquirir en su opinión?

15 respuestas

JABOQUE: Comprar cuenca baja
TIBABUYES: Choque de los curies

las áreas comprendidas entre el limite del humedal y las zonas urbanas, hacer una transición de 10 o 20 mts adicionales a las rondas hìdricas.

Humedal Jaboque: Maranta, pantanitos, junca, montecitos
Predio constructora AR
Casa unir 2
predio providencia
predios santa librada

El burrito
Jaboque: Barrio Unir
Conejera: área rural
Techo: reubicación barrio lagos de costida

Para el caso del humedal Torca-Guaymaral el 99% del área es privada, por tal razón es necesario que se realicé un saneamiento predial, que permita la ejecución de las estrategias plantadas en el Plan de Manejo Ambiental

Meandro del Say: El predio de Jorge Ortiz, y decirle a Empacor, saferbo, colcrudos que cumplan con el fallo de estado

VACA
predios pegados que superan los 30 metros de ronda del humedal hay una casa de madera en recuperación, comprar el predio de bodega Azul

Los predios que se encuentra dentro de la Ronda Hidraulica y la ZMPA

toda la parte alta del humedal que queda al lado de la transversal 95 a, la esquina de la calle 24 con carrera 96 f y lo señalado en el mapa

Humedal Tibanica 3 ha por adquirir y declarar como ara protegida parte sur -oeste baja al lado de calle 5 s

Zonas de amortiguación

Los predios ubicados en los tercios alto y bajo del ecosistema

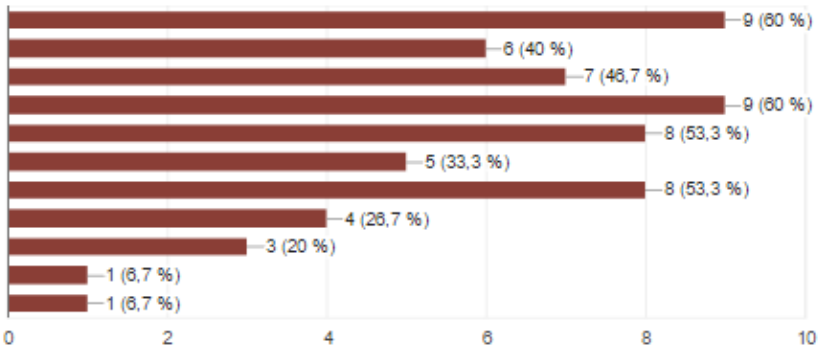
Los predios adyacentes a las zonas de ronda y todos los que existen alrededor de los humedales

Los predios de afectación por donde pasaría la avenida ALO para evitar que afecten los humedales Juan Amarillo, Jaboque, La Conejera, Capellanía y ver si es posible que la via la tracen por otro lado, para esto se debería adquirir predios de viviendas. lo dificil de esta acción es lograr encontrar zonas de compesación y de reubicación, esto debería ser otra de las gestiones en cuanto a adquisión de predios y poder conocer si exitirían los recursos distritales para esas compras prediales.

III. IMPACTO EN EL EMPLEO DE LAS ACCIONES REALIZADAS EN LOS PREDIOS ADQUIRIDOS

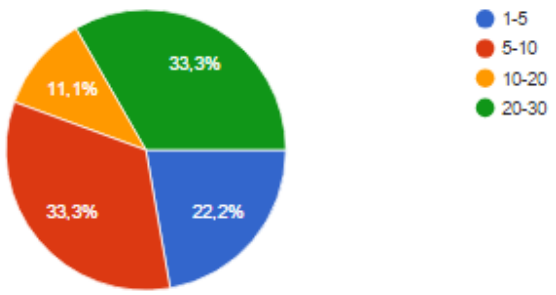
Entre las acciones de la lista siguiente, identifique las que se han efectuado en los predios adquiridos en los humedales de su localidad

15 respuestas



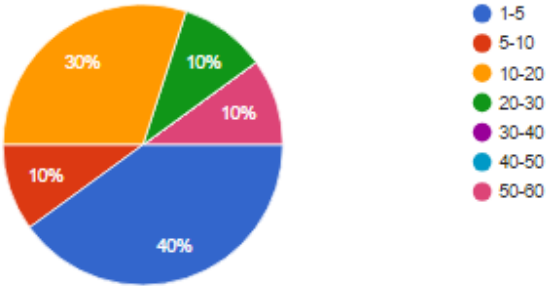
En relación con las acciones efectuadas en los predios adquiridos, que se enumeran a continuación, señale por favor el número de empleos generados

9 respuestas



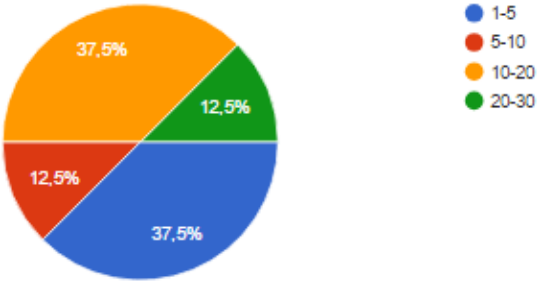
Mantenimiento

10 respuestas



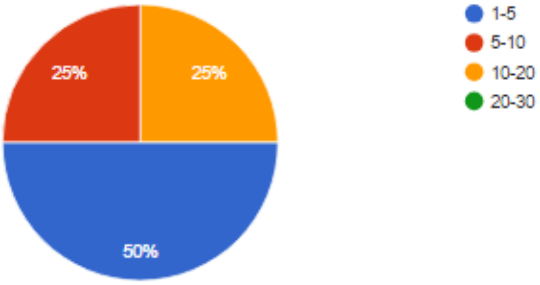
Disposición final de residuos solidos

8 respuestas



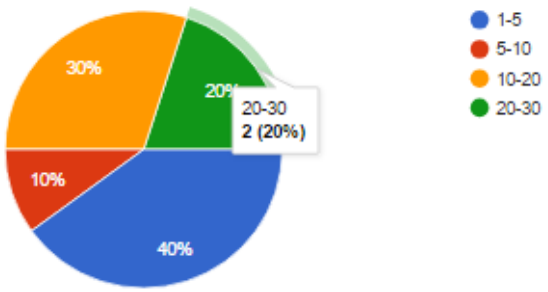
Saneamiento hídrico

4 respuestas



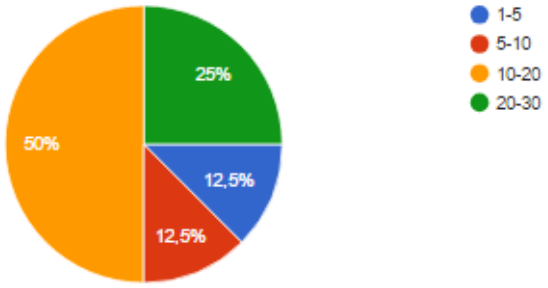
Restauración ecológica

10 respuestas



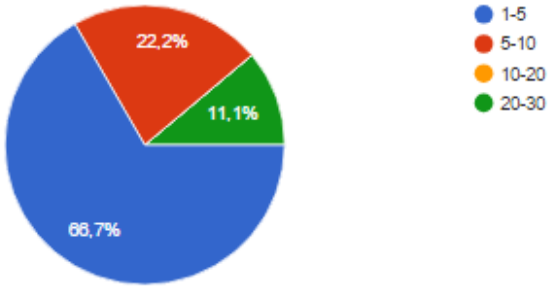
Protección mediante Cerramientos

8 respuestas



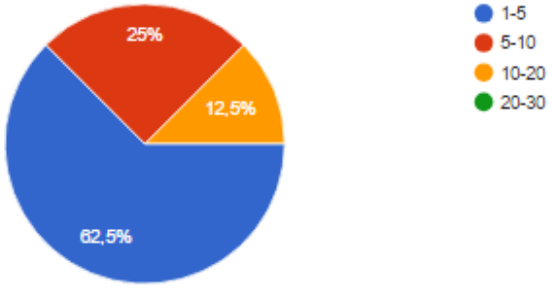
Habilitación para actividades de educación ambiental

9 respuestas



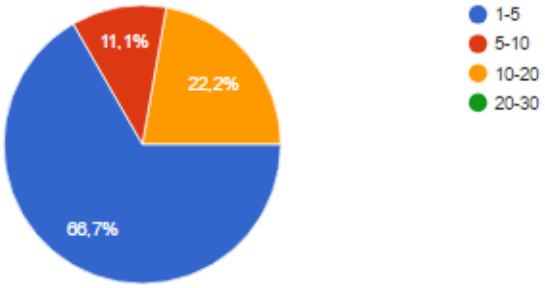
Estudios técnicos

8 respuestas



Monitoreo

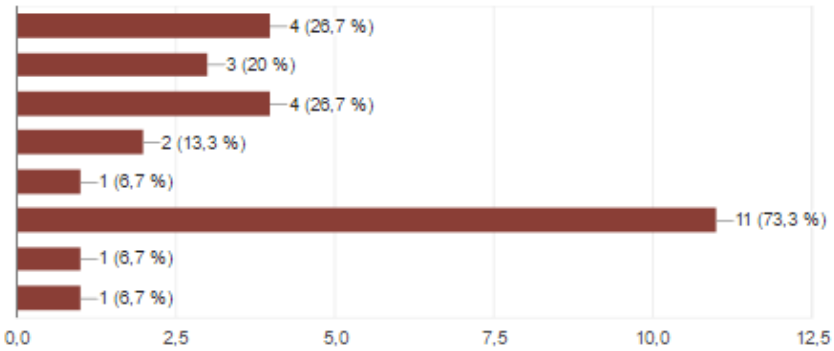
9 respuestas



IV. IMPACTO DE LOS USOS FUTUROS DEL HUMEDAL EN LA GENERACIÓN DE EMPLEO Y DE NUEVOS SERVICIOS.

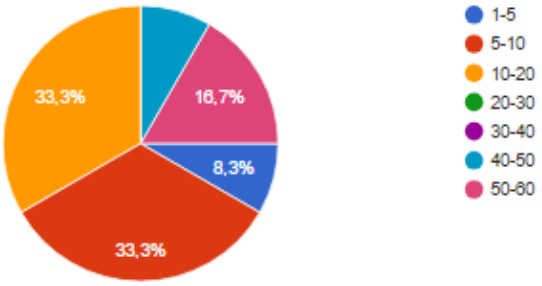
¿Cuáles considera usted que pueden ser los sectores en los que se pueden generar empleos y servicios una vez restaurados los humedales?

15 respuestas



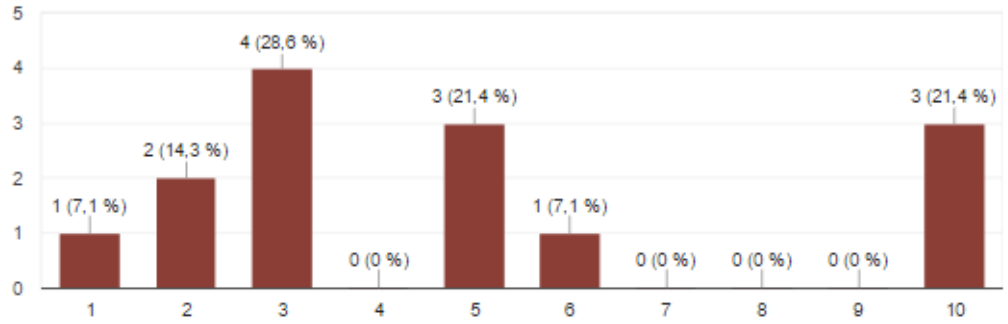
En relación con las acciones propuestas, que se enumeran a continuación, señale por favor el número de empleos generados.

12 respuestas



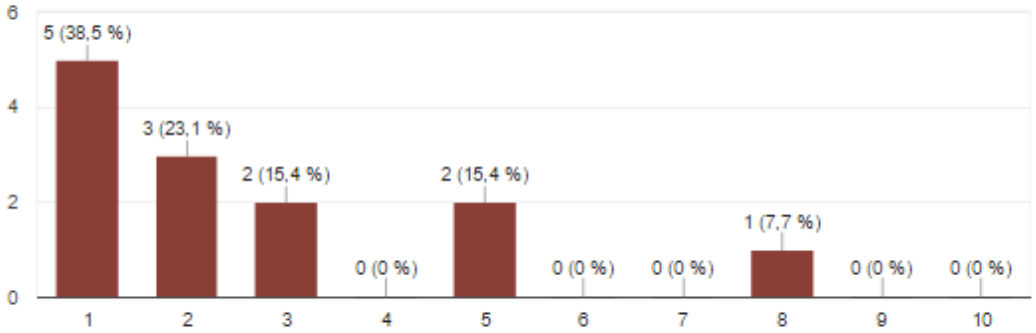
Interpretes ambientales

14 respuestas



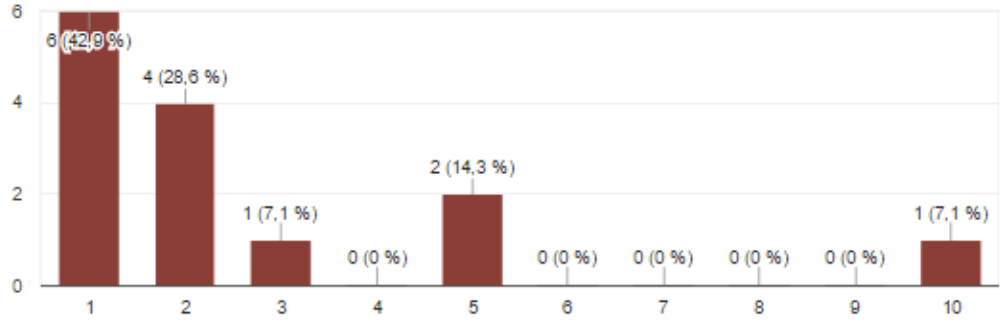
Coordinador pedagógico

13 respuestas



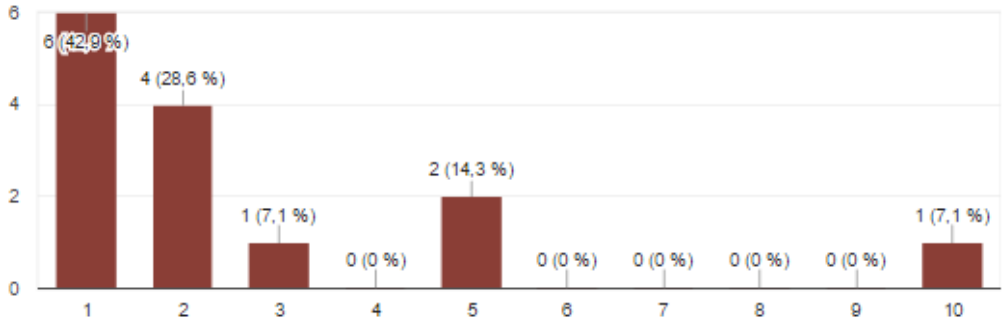
Coordinador social

14 respuestas



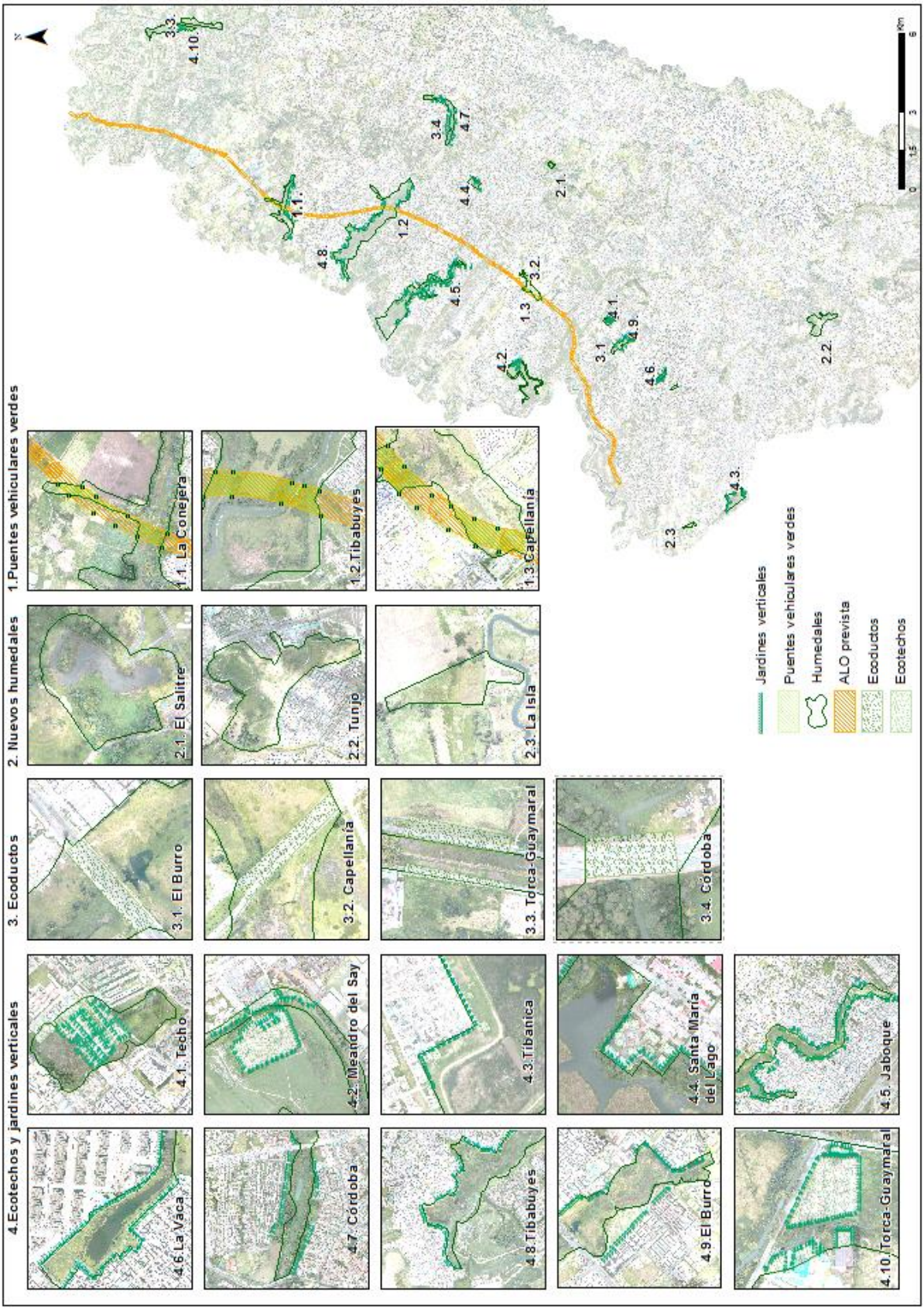
Biólogo

14 respuestas



En este espacio puede ampliar la información o hacer comentarios adicionales

- La delimitación y amojonamiento lo realiza el acueducto y no sabe el número de empleos al igual que saneamiento hídrico, considera que las actividades de encerramiento y saneamiento hídrico generan muchos empleos, pero él no sabe el dato exacto, una vez restaurados los humedales no considera apropiado realizar silvicultura y ecoturismo porque los humedales son de conservación y no para hacer podas o tumbar árboles, por tanto, no debe haber empleos en mantenimiento.
- Que no hay saneamiento en los humedales de Fontibón y considera que es importante para la generación de empleo y para beneficio del ecosistema.
- En el tema de empleos de delimitación y amojonamiento lo hacen entidades aparte como el acueducto y alcantarillado de Bogotá, al igual que saneamiento hídrico no se realiza en ningún humedal de Bogotá porque todas las aguas que recibe el humedal no son tratadas previamente y disposición final de residuos sólidos no se realiza porque el humedal no recicla ni tampoco hay un buen control de compost solo hay un arrume de pasto al lado.
- No conoce de los empleos generados al realizar mantenimiento y disposición final de residuos sólidos porque son entidades aparte y la persona que lo realiza es un líder comunitario, que considera importante que el mantenimiento se haga más constante y que vuelvan los PRAES sobre el humedal.
- Considera que es necesario terminar de adquirir predios bajo la firma de reasentamientos; puesto que el número de empleados de mantenimiento es la misma persona la que hace disposición final de residuos sólidos, la entrevistada hace la pregunta si ¿los canales cuentan cómo saneamiento? dice que no es necesario un coordinador pedagógico y el biólogo debe estar permanente en el humedal; Manejar pasantes: Biología, Guías ambientales del SENA.
- Considera que deben crear y fortalecer a las compañías para generar apropiación entre ellas Sinergia Interinstitucional, y hacer un empoderamiento de las comunidades.
- El Jardín Botánico y la empresa de acueducto y alcantarillado son los que generan el presupuesto para a restauración Ambiental

- En el tema de empleos para delimitación y amojonamiento aclara que son más de 30 personas entre ellas hay 4 profesionales para predios, 6 para topografía y 6 para cerramiento el Biólogo encargado del humedal debe tener experiencia en todas las áreas.
- La entrevistada sugiere que debe existir personal administrativo, teniendo en cuenta las necesidades, debe haber un banco de información para cada humedal, se debe divulgar más sobre los humedales
- El coordinador pedagógico debería cumplir también la función de generar materiales educativos y divulgativos en articulación con el coordinador social y los biólogos. Se requieren también Ingenieros ambientales y civiles para la adecuación vial de la autopista norte acorde con los objetivos de conservación de humedal, se requieren abogados e ingenieros para el saneamiento predial.
- Ampliar la vigilancia, 2 personas que recorran en el día y completar cerramiento
- Es importante realizar estudios de capacidad de carga en los humedales, ya que éstos dan la línea de partida en cuanto al volumen de personas que puede y debe estar en el ecosistema, facilitando el desarrollo de actividades y generando acciones enmarcadas en la conservación y protección. Otro elemento que se debe tener en cuenta es la actualización de los PMA.
- En estos espacios recuperados se ha logrado emplear a aproximadamente 100 operarios entre los contratos y convenios que tuvo la administración distrital entre los años 2014 al 2016, en los cuales se garantizó el mantenimiento de los humedales durante 2 años consecutivos. El empleo de los operarios correspondió al convenio entre la EAB y JBB con aproximadamente 40 operarios para restauración ecológica, 10 coordinadores sociales, 1 coordinador humedales, aproximadamente 10 profesionales de la EAB entre supervisión, gestión social y biólogos. En el contrato entre la EAB y Aguas de Bogotá fueron 66 operarios, 3 gestoras sociales, 5 personas administrativas de la coordinación y 5 personas de la EAB de la supervisión del contrato entre coordinador, sociales y biólogos.

Anexo 4. Plano general de propuestas bajo el marco del *crecimiento verde* para la ciudad de Bogotá.