

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Estética de los modelos autónomos celulares



Autor

Daniel Humberto Vinasco Gómez

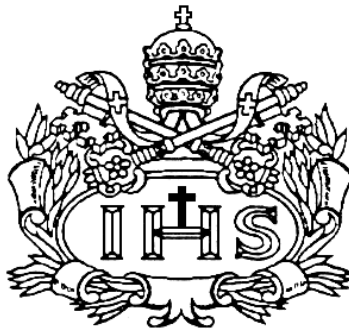
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
CARRERA DE ARQUITECTURA

Bogotá D.C

2016

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Estética de los modelos autónomos celulares



Autor

Daniel Humberto Vinasco Gómez

Presentado para optar al título de

ARQUITECTO

Director

Raúl Niño Bernal

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
CARRERA DE ARQUITECTURA**

Bogotá D.C

2016

Nota de Advertencia

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946:

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por qué las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

*Para Raul,
por su inestimable disposición y conocimiento.*

*Para mis padres,
por su generosidad infinita.*

*Y para aquellos que siempre confiaron,
por su inocencia.*

Índice

Tabla de contenidos:

1.	Primer módulo:.....	5
1.1.	Contexto del barrio.....	6
1.1.1.	Caso de estudio.....	6
1.1.2.	Problema.....	11
1.1.3.	Fenómenos y dificultades.....	16
1.1.4.	Objetivos del milenio.....	24
1.2.	Antecedentes y referentes.....	28
1.2.1.	Space Syntax.....	28
1.2.2.	Space fighter: the evolutionary city (game:)......	30
1.2.3.	City Engine.....	31
1.2.4.	Maurice Benayoun: Emotions Forecast.....	32
1.2.5.	Michel Batty: Urban Simulations.....	33
1.2.6.	Tania Fraga: Metaarquitecturas.....	34
1.3.	Diagnóstico.....	36
1.3.1.	Reconocimiento en Sistemas de Información geográfica (S.I.G.).....	36
1.3.2.	Sistema de habitabilidad No-Humana.....	38
1.3.3.	El rol de la plaza.....	41
1.4.	Modelación de datos.....	43
1.4.1.	Mapas de calor.....	43
1.4.2.	Geo-procesamiento de imágenes Ráster.....	45
1.4.3.	Space Syntax.....	51
1.4.4.	Valor del suelo.....	70
1.4.5.	Sistemas de habitabilidad.....	73
1.4.6.	Paisajes rugosos.....	76
2.	Segundo módulo:.....	87
2.1.	Alcance y objetivos.....	88
2.1.1.	Objetivo general.....	88
2.1.2.	Objetivos específicos.....	88
2.2.	Aproximación y desarrollo teórico.....	91
2.2.1.	Ciudad contemporánea vs. Entorno habitable.....	91

2.2.2.	Macro-organismo.....	92
2.2.3.	Simbiosis con las nuevas tecnologías	93
2.2.4.	Ecosistema Ciborg.....	93
2.2.5.	Ecología artificial.....	94
2.3.	Marco conceptual.....	95
2.3.1.	Conceptos	95
2.3.2.	Relevancia de la propuesta	100
2.3.3.	Preguntas de investigación.....	101
2.3.4.	Justificación	103
2.4.	Metodología	105
2.4.1.	Holística.....	105
2.4.2.	Heurística	111
3.	Tercer módulo:.....	135
3.1.	Preliminares	136
3.1.1.	Hipótesis inicial.....	136
3.1.2.	El dilema de representación: Píxeles.....	136
3.1.3.	La innovación radical.....	138
3.2.	Diseño de ecosistemas artificiales	139
3.2.1.	Micro-universo	139
3.2.2.	El Eco-barrio.....	141
3.2.3.	FoodHub.....	144
3.3.	Modelo de autómata celular	152
3.3.1.	Modelación de estrategias evolutivas	154
3.3.2.	Modelación de estrategias de cooperación	155
3.3.3.	Modelación del ecosistema artificial	156
3.4.	Imaginarios y proyecciones: La plaza	165
4.	Cuarto módulo:.....	177
4.1.	Consideraciones de cierre.....	178
4.3.	Palabras clave.....	180
4.4.	Índice de figuras.....	16
4.5.	Índice de tablas	15
4.6.	Bibliografía	187

Índice de tablas

Tabla 1. Valores de referencia por metro cuadrado disponibles en IDECA	18
Tabla 2. Sistema de puntuación para la variable de “ángulo de giro”	52
Tabla 3. Sistema de puntuación para la variable “Ancho de vía”.	53
Tabla 4. Sistema de puntuación para la variable “Densidad de cruces”	54
Tabla 5. Sistema de puntuación para la variable “Pendiente máxima”	55
Tabla 6. Valor asignado a cada cuadrante	58
Tabla 7. 1-1: Generación de un paquete de datos (Big Data)	60
Tabla 8. 1-2: Escala térmica de los puntajes parciales.	61
Tabla 9. 1-3: Generación de un paquete de datos (Big Data)).	62
Tabla 10. 1-4: Escala térmica de los puntajes parciales.	63
Tabla 11. 2-1: Sistema modificado según proyecciones	64
Tabla 12. 2-2: Los cambios puntuales en la valoración de variables.	65
Tabla 13. 2-3: Estado inicial del sistema modificado según proyecciones	66
Tabla 14. 2-4: Cambios puntuales en la valoración variables.	67
Tabla 15. Abstracción del mapa de cuadrantes	68
Tabla 16. Organización y determinación del área de estudio	71
Tabla 17. Definición de los rangos y los valores del autómata celular.	73

Índice de figuras

Figura 1. Distancias relativas del barrio	17
Figura 2. Cll 32 con Cra 5.....	18
Figura 3. Cra 5 con Cll 33.....	19
Figura 4. Cra 5 con calle 28.	19
Figura 5. Mapa de amenaza por remoción en masa del área de estudio.....	23
Figura 6. Mapa de amenaza por incendio forestal del área de estudio	24
Figura 7. Análisis de entornos urbanos según la metodología de Space Syntax..	29
Figura 8. Modelaciones de las jerarquías espaciales.....	29
Figura 9. Carátula y simulaciones de la investigación.....	30
Figura 10. Modelación realizada en City Engine	31
Figura 11. Visualización de la información contenida en SIG.....	32
Figura 12. Simulación de la emergencia en tiempo real.....	33
Figura 13. Simulaciones generadas	34
Figura 14. Jardín de Epicúro, simulación de realidad virtual	35
Figura 15. Wanderings. Perambulações: Simulación virtual.	35
Figura 16. Mapa generado desde IDECA.	36
Figura 17. Base cartográfica inicial	37
Figura 18. Identificación de los elementos de la EEP	39
Figura 19. Vinculación del anillo de innovación con el sistema de habitabilidad. ...	40
Figura 20. 2038: Vinculación de los HUBS ambientales.	41
Figura 21. Definición de los imaginarios de movilidad de los habitantes del sector.	44
Figura 22. Imagen base satelital extraída por el satélite LandSat.....	45
Figura 23. Información almacenada en los píxeles de una imagen satelital.....	46
Figura 24. Estructura piramidal de una imagen ráster.....	48
Figura 25. Coberturas vegetales y construcciones.....	49
Figura 26. Elementos construidos y naturales.....	50
Figura 27. Definición de los cuadrantes para Space Syntax.	57
Figura 28. Cartografías simuladas a partir de Space Syntax.	69
Figura 29. Valor del suelo según Catastro Bogotá.	70
Figura 30. Valor del suelo en la cartografía base del área de estudio.....	72
Figura 31. Sistema de habitabilidad.	74
Figura 32. Dispersión geográfica de los predios por desarrollar.	79
Figura 33. Dispersión geográfica del desarrollo inmobiliario	80
Figura 34. Base cartográfica interpolada hacia un estado de “pixelación”.	81
Figura 35. 1. Primeras iteraciones del autómata celular.	82
Figura 36. 2. Iteraciones posteriores del autómata celular	83
Figura 37. 3. Resultados y síntesis.	84
Figura 38. Paisaje rugoso para el sistema de laboratorios agrícolas	85
Figura 39. Árbol de relaciones conceptuales.....	116
Figura 40. Píxeles.....	137

Figura 41. El micro-universo.....	140
Figura 42. Paisaje rugoso para la conformación del FoodHub.....	145
Figura 43. Desarrollo progresivo del sistema colaborativo.....	147
Figura 44. Diagrama de un Warka Water.....	150
Figura 45. Construcción de un Warka Water.....	151
Figura 46. Esquema de modelación del autómata celular.....	153
Figura 47. 0: Base contextual.....	156
Figura 48. 1: Modelación de parámetros.....	156
Figura 49. 3: Modelación de parámetros ambientales.....	157
Figura 50. 4: Ubicación y clasificación de circuitos de movilidad	157
Figura 51. 5: Localización de las celdas de valor en un estado inicial... ..	158
Figura 52. 6: Píxeles con valores asociados al sistema SpaceSyntax.	158
Figura 53. 7: Píxeles con valores asociados al sistema de localización relativa .	159
Figura 54. 8: Píxeles con valores asociados al sistema de paisajes rugosos.....	159
Figura 55. 9: Iteración de usos según los parámetros iniciales.....	160
Figura 56. 10: Segunda generación o iteración de usos.	160
Figura 57. 10: Tercera generación o iteración de usos.	161
Figura 58. 11: Cuarta generación o iteración de usos.....	161
Figura 59. 12: Quinta generación o iteración de usos.	162
Figura 60. Alternativa A.....	163
Figura 61. Alternativa B.....	164
Figura 62. Modelación del territorio contextual del área de estudio.	165
Figura 64. Proceso de consolidación de la nueva plaza de mercado.....	172
Figura 65. Perspectiva con torre Gaia consolidada.....	174

Prefacio

La ciudad contemporánea se nos plantea como un organismo en constante evolución. Su misma condición, afín al cambio, plantea una serie de nuevos cuestionamientos referentes al desarrollo de la disciplina de la arquitectura para el resto del siglo XXI. La constante necesidad de actualización urbana implica indirectamente que no se puede pretender diseñar en cuestiones formales y funcionales a la ciudad, pues los mismos plazos en que se suelen desarrollar los grandes planes maestros hacen que, en el mismo momento en que el plan se termina de concretar, otro superior y posiblemente más complejo será demandado, dando pie a comenzar la operación de “actualización”, proceso que se ha visto brutalmente acelerado como consecuencia de las nuevas tecnologías de la comunicación y del transporte. Dentro de este contexto particular de nuestro tiempo, cabe preguntarse sobre el papel de la disciplina de la arquitectura dentro de las nuevas configuraciones funcionales y formales de los espacios urbanos del futuro, ciudades que desde su planeación y desarrollo deberán tener como cualidad intrínseca fundamental a la indeterminación entendida no como una negación de sí misma, sino como una posibilidad o el potencial de ser virtualmente cualquier cosa.

En estos nuevos espacios que demandan los nuevos y acelerados procesos urbanos, el rol del ciudadano es de central importancia al relacionarse con su entorno en una relación de transformación y transformado desde la micro-escala de maneras insospechadas y difícilmente predecibles, pero que son a su vez una condición y un síntoma de una sociedad vital. Sistemas urbanos emergentes, o su evolución natural: Ecosistemas artificiales en constante evolución, volátil y cambiante al extremo, un micro-universo en donde tanto software como hardware buscan un equilibrio dinámico de manera constante, del cual su éxito depende de su plasticidad y capacidad de adaptación.

Es, no solo posible, sino deseable, aprovechar positivamente esa masa crítica de conocimiento endógeno (Big Data) para gestionar a las ciudades en tiempo real apoyados en la necesidad-voluntad del ciudadano del siglo veintiuno para transformar su medio inmediato y en la gran cantidad de recursos técnicos a los que tenemos acceso: Modelando los algoritmos y la programación genética de la ciudad. El resultado final, objeto tangible, es entonces la culminación de un complejo proceso en el que muchos actores han tenido una decisiva influencia. No es un producto exclusivo de la mente de un urbanista ni de un grupo cuantificable de personas. En este sentido, un “Ecosistema artificial de evolución algorítmica” es entendido como un sistema complejo de habitabilidad cuyo genotipo es un conjunto

ordenado de pasos que transforman un “input” dado en un “output”, de manera tal que siempre que cambie una variable, el resultado final (formal/funcional) se verá inevitablemente afectado.

En la teoría, la fiabilidad de un algoritmo se puede comprobar en la iteración constante de su proceso. A medida que este se depura, el algoritmo puede mutar, de ser un elemento abstracto a uno con una manifestación cada vez más física, como si de un proceso de solidificación se tratara. Un proceso análogo se verá reflejado en las modelaciones generadas por el sistema, produciendo no solo progresivamente simulaciones más precisas, sino simultáneamente generando también un gran abanico de posibilidades de conformación territorial mediante la modificación de elementos claves de infraestructura y movilidad. Y esto se hace de manera jerárquica, fractálica y temporal, pues cada iteración de su programación construye sobre la base del resultado inmediatamente anterior.

El marco teórico de la propuesta pretende vincular los procesos termodinámicos propios de los organismos vivos en su proceso de negentropía; las posibilidades post-humanas y biotecnológicas presentes en nuestra contemporaneidad; las posibilidades latentes de una evolución de paradigmas mentales, culturales, sociales y fundamentalmente económicos de una población desde la competitividad hacia la colaboración; la inclusión de la incertidumbre y la emergencia en los procesos de diseño y finalmente la posibilidad autopoiética del ecosistema a partir de las teorías del caos y de juegos presentes en todos los niveles de la simulación. Esto implica transformar los paradigmas tradicionalmente asumidos por ramas del conocimiento independientes hacia nuevas epistemologías híbridas que permitan una comprensión ampliada de la realidad estudiada.

Para la aplicación de esta teoría en un caso de estudio, se propone la lectura, análisis, simulación y modelación a partir de metodologías innovadoras y heurísticas de un entorno habitado para la ciudad de Bogotá y particularmente en el barrio de “La Perseverancia”, en el cual se ponen en práctica tres momentos centrales:

- Análisis matemático del territorio (Space Syntax), paisajes rugosos, mapas de calor, procesamiento ráster de imágenes satelitales y sistemas de información geográficos.
- Conformación de micro-universos y elementos básicos para la modelación: parámetros algorítmicos y patrones de modelación (valor del suelo, localización de predios, accesibilidad, asolación, topografía, etc.).

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

- Simulación del ecosistema artificial y valoración de su aplicabilidad; proyección de imaginarios futuros: retroalimentación.

Las simulaciones generadas se inscriben en el contexto social colombiano y se proyectan a futuro (post-conflicto) y los deberes adquiridos internacionalmente (objetivos del milenio), siendo en sí mismos una alternativa replicable enfocada a el efectivo cumplimiento de las necesidades de su contexto histórico en el que se enmarca. Este tipo de simulaciones y las conclusiones generadas a partir del desarrollo de este trabajo pretenden ser una muestra de las posibilidades derivadas de la aplicación de las metodologías heurísticas tanto en el reconocimiento de un territorio a partir de modelos matemáticos como de las abundantes proyecciones y escenarios plausibles generados a partir de un estado inicial y unos parámetros variables en el proceso de la simulación. De esta manera, la ponderación de diferentes alternativas para la consolidación de propuestas de diseño de los nuevos ecosistemas artificiales (de despensas de cooperación agrícola, para el caso puntual de este trabajo) se convierten en un factor clave y determinante en la gestión de los territorios y las visiones prospectivas que de estos mismos se desprenden.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

1.Primer módulo:

APROXIMACIÓN

Capítulo uno: Aproximación al área de estudio. Contexto del barrio. Problemas preliminares evidenciados. Fenómenos y particularidades encontrados. Estado del arte. Diagnóstico y representación heurística de datos.

1.1. Contexto del barrio

En este primer aparte, se expondrán de manera ordenada las diferentes escalas contextuales del barrio y las relaciones físicas y funcionales derivadas de estos contextos. Adicionalmente, se definirá el problema inicial y fundamental sobre el cual se inscribe el proyecto en relación al barrio y todos los fenómenos y dificultades encontrados en la lectura inicial del área de estudio.

1.1.1.Caso de estudio

Para la aplicación de teoría, hipótesis y objetivos planteados en la investigación, se propone preliminarmente un caso de estudio sobre el cual poner en práctica la metodología indicada anteriormente en función de los objetivos señalados. Es importante indicar al respecto que particularmente la heurística como metodología central de la investigación demanda una serie de insumos iniciales (Big Data, cartografías, disponibilidad de infraestructuras, etc.), insumos que son relativamente más accesibles para el caso de Bogotá por sobre otros contextos geográficos valorados.

A continuación, se hará un barrido a diferentes escalas depurando y argumentando los motivos que llevaron a la elección del caso de estudio en particular desde el nivel nacional hasta llegar a una escala local.

1.1.1.1. Bogotá

El caso de estudio se ubicará inicialmente en Colombia y particularmente en la ciudad de Bogotá. Existen una serie de ventajas comparativas que ofrece esta ciudad frente otras alternativas, lo que la convierte en la mejor candidata para el desarrollo del trabajo de grado. Estas ventajas se enuncian a continuación.

1.1.1.1.1. Disponibilidad cartográfica

Al ser una de las ciudades más importantes del país, la disponibilidad, calidad y actualización de la cartografía es mucho mayor que otras ciudades del país comparativamente hablando. Esta información puede provenir de las imágenes satelitales (Google Earth, Google Maps), planos catastrales, plataformas como IDECA o incluso el Instituto Agustín Codazzi.

1.1.1.1.2. Accesibilidad al “Big Data”

Bogotá cuenta con las bases de datos más completas del país. Constantemente se generan estadísticas por parte de entidades como el DANE y otras consultorías estatales, información relativa al transporte (medios, modos, viajes, rutas), población, densidades demográficas, etc. Todo este paquete de datos es el insumo fundamental para la modelación heurística propuesta, ya que es el fundamento real sobre el cual se apoye la propuesta virtual.

1.1.1.2. Anillo de innovación

Dentro de la ciudad, existe una zona de particular interés en relación al potencial de creación y evolución de un modelo artificial. Esta zona es el anillo de innovación, la cual cuenta con condiciones que pueden llegar a propiciar y catalizar el desarrollo de un ecosistema híbrido.

1.1.1.2.1. Infraestructura

El anillo de innovación debido a su proyección programática poseerá la mejor infraestructura en términos tecnológicos (laboratorios, cableado óptico, de redes de comunicación, fuentes de energía, etc.) de Bogotá y posiblemente de Colombia. Esto facilitará la aplicación eficiente y eficaz de las nuevas tecnologías en la generación de un ecosistema artificial en el que se integren de manera potente los avances tecnológicos con las estrategias naturales, biológicas y evolutivas adaptadas de los ecosistemas.

1.1.1.2.2. Localización geoestratégica

La ubicación del anillo de innovación en el contexto urbano de Bogotá tiene una ventaja a nivel de localización geoestratégica expresada en su relación con los principales centros neurálgicos de la ciudad. Tiene un vínculo directo con el principal puerto aéreo de la ciudad (el aeropuerto El Dorado), cercanía con la principal vía de acceso terrestre (calle 13), proximidad con el centro del poder político nacional (centro tradicional) y relación directa con las principales vías de accesibilidad y conectividad de la ciudad. Estas ventajas geográficas permiten predecir la capacidad de este territorio como una zona catalizadora de la propuesta del ecosistema artificial, y su posibilidad de resonancia con otros sectores de la ciudad.

1.1.1.3. La Perseverancia

Finalmente, en este apartado se analizará a escala puntual la zona tentativa a desarrollar el proyecto, una vez desglosadas las diferentes escalas hasta desembocar en el barrio a intervenir: La Perseverancia.

1.1.1.3.1. *Patrimonio histórico, simbólico y cultural*

Con la llegada del siglo XX, Bogotá experimentó un crecimiento demográfico sin precedentes (de aproximadamente 20.000 habitantes en 1810 a más de 100.000 habitantes en 1910). Por esta razón, Bogotá se convierte en una fuente de empleo fundamental, toda vez que empiezan a darse implementarse todo tipo de innovaciones en los procesos industriales.

De manera paralela y reactiva, empiezan a aparecer sectores de vivienda obrera cerca de las zonas industriales, ubicadas principalmente en la periferia del centro de la ciudad. Así, muchas de las familias obreras se ubicaron en sectores como Belén, San Cristóbal y Egipto. Con la aparición de la fábrica de cerveza Bavaria muchos de los habitantes de estas zonas llegaron a los Altos de San Diego con el objetivo de fundar un nuevo barrio. Poco a poco sus habitantes, la mayoría trabajadores directos e indirectos de la cervecería construyeron el barrio con la ayuda de Kopp, dueño de la cervecería, quien “descontaba de los salarios de los trabajadores para la compra de los lotes”¹.

La construcción y consolidación del barrio fue un proceso lento debido a los procesos de autoconstrucción allí desarrollados. Inicialmente se destinaron lotes como huertas para la siembra de maíz, papa y hortalizas. Allí se fue formó una comunidad de campesinos provenientes de pueblos aledaños que venían a vender sus cultivos y animales, lo que propició que se fuera formando un mercado que poco a poco cogió fuerza para convertirse en lo que hoy es la plaza de mercado La Perseverancia. Más o menos para el 8 de diciembre de 1940, se empezó a construir la plaza de mercado como tal, con una infraestructura que más tarde se convertiría en patrimonio cultural².

¹ Ruiz, L. & Cruz, E. (2007) *La Perseverancia BARRIO OBRERO DE BOGOTA*. portel.bogota.gov.co. Retrieved 24 November 2016, from <http://portel.bogota.gov.co/archivo/libreria/pdf/PERSEVERANCIA.pdf>

² Historia de las vendedoras más antiguas de la plaza de mercado del barrio La Perseverancia, publicado en El Tiempo el 14 de marzo de 2008.

Los habitantes se surtían de agua en el Chorro de Padilla o el Río Arzobispo, en el lugar que hoy en día ocupa la iglesia. Sin fluido eléctrico, las comunidades utilizaban velas de cebo y estufas de carbón o leña construidas con ladrillos producidos en la zona. A diario, muchos de los niños del barrio se dedicaban a recoger leña de los cerros orientales^{3 4}.

Esta “vida de barrio”, los lazos vecinales y elementos comunitarios que han predominado a lo largo de la historia se explican en parte por el rápido crecimiento de la ciudad, que a su vez fue consolidando la dinámica barrial en las zonas periféricas de la ciudad. Esto se vio fuertemente reforzado por la forma de auto-construcción del barrio. Los habitantes de esta área eran en su mayoría obreros de la fábrica Bavaria, quienes con el tiempo construyeron la Iglesia, fundaron organizaciones sociales y consolidaron uno de los principales sectores populares de la ciudad⁵.

La Iglesia se construyó con la colaboración de los pobladores. Se realizaron innumerables bazares y fiestas para recolectar dinero. Muchos habitantes aportaron su mano de obra e, incluso, los niños cargaban los ladrillos hasta el sitio de la obra. En 1934 se inauguró oficialmente la Iglesia con el nombre de Jesucristo Obrero. Las imágenes religiosas fueron donadas por familias del barrio. San Pedro, San Juan y Jesucristo, poblaron las recién construidas naves del templo para salir en procesión a recorrer las empinadas calles del vecindario en hombros de sus donantes⁶.

³ Ruiz, L. & Cruz, E. (2007) *La Perseverancia BARRIO OBRERO DE BOGOTA*. portel.bogota.gov.co. Retrieved 24 November 2016, from <http://portel.bogota.gov.co/archivo/libreria/pdf/PERSEVERANCIA.pdf>

⁴ *Instituto Para La Economía Social - Plaza Distrital de Mercado la Perseverancia*. (2015). [ipes.gov.co](http://www.ipes.gov.co). Retrieved 4 November 2016, from <http://www.ipes.gov.co/index.php/19-plazas-de-mercado/152-plaza-distrital-la-perseverancia>

⁵ Ruiz, L. & Cruz, E. (2007) *La Perseverancia BARRIO OBRERO DE BOGOTA*. portel.bogota.gov.co. Retrieved 24 November 2016, from <http://portel.bogota.gov.co/archivo/libreria/pdf/PERSEVERANCIA.pdf>

⁶ *Ibíd.*

1.1.1.3.2. Potencial socio-económico

La zona en la que se ubica el barrio de La Perseverancia, por su ubicación en relación con el centro ampliado tal y como se plantea en los planes de ordenamiento de la ciudad, es una zona con un gran potencial de valorización económica y de desarrollo de nuevos proyectos de renovación urbana. Esto plantea una serie de consecuencias, tanto positivas como negativas: Por un lado, el desarrollo de una infraestructura actualizada y de punta en concordancia con su potencial programático. Por el otro lado, una posibilidad real de gentrificación y desplazamiento obligatorio de la población original de esta zona. El ecosistema artificial simulado podría en principio ser una herramienta para comparar y contrastar diversos escenarios posibles, en los cuales se definan las alternativas óptimas en su relación valor generado / bienestar social de los habitantes.

1.1.1.3.3. Posibilidad de ecosistema artificial

Al ubicarse en una zona próxima al anillo de innovación explicado anteriormente y a la estructura ecológica principal de la ciudad (los cerros orientales de Bogotá), el territorio de La Perseverancia ofrece un escenario ideal para la integración de las tecnologías de punta con un ecosistema natural. Esta relación sería la base y el origen (sustrato físico) sobre el cual se desarrolla el ecosistema artificial urbano planteado.

1.1.1.3.4. La sociedad del conocimiento y la inteligencia colectiva

El desarrollo de un ecosistema artificial como el planteado se basa en nuevos sistemas económicos radicalmente diferentes a los establecidos actualmente. En primer lugar, al desplazar el interés monetario como el principal motor del desarrollo y reemplazarlo por la I+D+I (investigación, desarrollo e innovación). Esto significa entender la relevancia y ventajas de la I+D+I como una alternativa real como actividad generadora de valor agregado y potencialmente beneficiosa para la humanidad en su globalidad (al promover una riqueza globalmente distribuida en términos del conocimiento).

Esta nueva economía se basa en las llamadas sociedades del conocimiento: sociedades que se regulan de maneras no jerárquicas y que están en una constante producción de innovaciones a partir de las interacciones mismas de sus habitantes

en un entorno que propicia y canaliza su energía productiva en un resultado beneficioso para la globalidad del sistema.

1.1.1.3.5. *Los neo-ciudadanos*

Finalmente, en relación directa con el punto anterior, está la redefinición del rol del ciudadano en un entorno como el propuesto. Ciudadanos que son conscientes de su papel en la gestión, diseño y transformación del ecosistema artificial como parte de un sistema complejo, en el que sus interacciones con su medio y las nuevas tecnologías les permiten lograr niveles de adaptación a su medio (y viceversa) de maneras nunca antes experimentadas. Ciudadanos que se encuentran inmersos en un cambio de paradigma económico que propende por el bienestar colectivo por sobre el individual. Una nueva generación de ciudadanos, necesarios para el soporte del ecosistema artificial de evolución algorítmica.

1.1.2. Problema

Los modelos tradicionales de planeación urbana no introducen ni reconocen las nociones vinculadas con los ecosistemas artificiales, así como tampoco exploran de manera profunda y central los conceptos asociados con la simulación de la emergencia en el entorno urbano. De esto se desprende la necesidad de replantear la pregunta central al respecto de la manera de diseñar ciudades, desde un punto de vista conservador hacia nuevos modelos más pertinentes y conscientes de las posibilidades bio-tecnológicas que poseemos propias de nuestro tiempo.

Si partimos de la base de un modelo anticuado y obsoleto, la siguiente pregunta que se deriva particularmente para nuestro contexto geográfico es: ¿Qué alternativas existen para reenfocar el modelo actual, tradicional y profundamente estático de planeación urbana hacia uno emergente y dinámico para la generación de nuevos ecosistemas artificiales en el contexto socio-espacial de la Bogotá del siglo XXI?

1.1.2.1.1. *Análisis de modelos tradicionales*

Jaques Attali en su libro “*Después de la crisis, ¿Qué?*” apunta⁷:

⁷ Attali, J. & Ostroviesky, H. (2009). *¿Y después de la crisis qué --?* (1st ed.). Barcelona: Gedisa.

La humanidad siempre ha atravesado crisis de distintos tipos: religiosas, morales, políticas y económicas. Desde que el capitalismo ha tomado el poder, incluso parece que la crisis es su estado natural. Sin embargo, todos sentimos que estamos frente a una grave conmoción, y que una gran depresión nos amenaza, como una sorpresa desagradable en un mundo lleno de promesas. Y todos sospechamos, en cierta manera, que algo muy profundo en nuestro estilo de vida y en nuestro modo de pensar está, confusamente, cambiando.

Adicionalmente, Nassim Taleb describe los grandes cambios (positivos, pero fundamentalmente negativos) en la historia de la humanidad como cisnes negros: sucesos improbables e impredecibles que solo se nos vuelven evidentes después de acontecidos, llegando al punto de reordenar nuestro entendimiento pasado y su proyección a futuro para tratar de acomodar dentro de una lógica coherente este acontecimiento aparentemente extraordinario⁸:

History is opaque. You see what comes out, not the script that produces events, the generator of history. There is a fundamental incompleteness in your grasp of such events, since you do not see what's inside the box, how the mechanisms work. What I call the generator of historical events is different from the events themselves, much as the minds of the gods cannot be read just by witnessing their deeds. You are very likely to be fooled about their intentions.

This disconnect is similar to the difference between the food you see on the table at the restaurant and the process you can observe in the kitchen. (The last time I brunched at a certain Chinese restaurant on Canal Street in downtown Manhattan, I saw a rat coming out of the kitchen.) The human mind suffers from three ailments as it comes into contact with history, what I call the triplet of opacity. They are:

⁸ Taleb, N. (2007). The black swan (1st ed.). New York: Random House.

a. the illusion of understanding, or how everyone thinks he knows what is going on in a world that is more complicated (or random) than they realize;

b. the retrospective distortion, or how we can assess matters only after the fact, as if they were in a rearview mirror (history seems clearer and more organized in history books than in empirical reality); and

c. the overvaluation of factual information and the handicap of authoritative and learned people, particularly when they create categories—when they "Platonify."

Entender la historia humana y urbana a partir de estas crisis, y como racionalmente adaptamos nuestra comprensión de la realidad que nos rodea para justificar estas crisis, es un paso inicial y fundamental para justificar un cambio radical de los paradigmas establecidos en el diseño y desarrollo de los ecosistemas artificiales llamados a ser el nuevo paso evolutivo de las llamadas "ciudades contemporáneas".

1.1.2.1.2. *¿Cuál es la crisis?*

Para desglosar el estado actual del constructo urbano con sus respectivas consecuencias e implicaciones, se analizan tres aspectos fundamentales derivados de los modelos tradicionales y de su vigencia como el paradigma bajo el cual se continúan pensando y diseñando las ciudades en la actualidad. Estos aspectos son los concernientes al estado ambiental, socio-económico y cultural de las ciudades contemporáneas.

- *Ambiental*

El entender las ciudades como espacios concebidos para generar riqueza económica como fin último ha tenido como consecuencia la degradación progresiva de la geósfera y de la biosfera terrestre. Esto en razón a la subordinación de los recursos finitos naturales, inscritos dentro de una lógica de sistema abierto, a un sistema económico y de producción absolutamente lineal en el que es fundamental mantener un crecimiento exponencial del consumo para asegurar el mantenimiento general del mismo.

Esta subordinación del medio ambiental ante los designios antropocéntricos afecta de manera directa no solo la sostenibilidad global del sistema, sino que también

compromete la posibilidad de generar efectivamente la noosfera: la integración cognitiva de las especies en una inteligencia colectiva global. Integración que tiene el potencial de ser el modelo de gestión mundial más eficiente del planeta.

Ante esta perspectiva, parece evidente que ya no podemos seguir concibiendo como estados antagónicos a las dimensiones natural y artificial del hombre y de lo que este como especie puede generar en su entorno. El siguiente paso lógico y evolutivo en nuestra relación con nuestro medio habitado es el de la generación de un verdadero ecosistema artificial, aceptando y aprovechando todas las implicaciones inherentes derivadas de esta decisión.

- *Socio-económica*

Derivada de la concepción netamente económica y de producción de capital implícita en la noción de “ciudad contemporánea” están los problemas asociados a la negación de la dignidad humana. Esta ciudad dicta que la población que no produce más de un cierto mínimo de riqueza económica está condenada a subsistir en entornos de baja calidad, en hacinamiento, sin espacio público, sin cobertura de salud ni de educación de calidad, en las periferias y sin posibilidades para la recreación o el ocio. Y peor aún, la tendencia en el crecimiento de esta proporción de la población es el de un crecimiento constante y progresivo.

Ante un sistema de comprobado fracaso, se hace imperativa la generación de nuevas alternativas. Y las posibilidades que nos brinda el desarrollo exponencial y constante de la tecnología nos da la más certera pista del camino a seguir: un sistema basado en el conocimiento.

- *Cultural*

La evolución descrita por Charles Darwin⁹ entendía que las mutaciones (epistasias) en las especies lograban introducir una variable de transformación y de cambio en los individuos de manera tal que estos logran una mejor adaptación a su medio. Daniel Dennet¹⁰ acotó con base en esta tesis que la evolución es la comprobación de que un sistema en transformación, dados los lapsos de tiempos suficientes,

⁹ Darwin, C. (2003). *El origen de las especies* (1st ed.). Santa Fe, Argentina: El Cid Editor.

¹⁰ Dennett, D. (1995). *Darwin's dangerous idea* (1st ed.). New York: Simon & Schuster.

lograría estados progresivamente más complejos a partir de iteraciones mecánicas y sencillas. Finalmente, Humberto Maturana y Francisco Varela¹¹ explican cómo se relacionan las ontogenias (la historia de la transformación de una unidad definida a cualquier escala) con las variaciones de los individuos en el proceso general de la evolución (una colección de ontogenias de diferentes unidades básicas). Es decir, la mutación de la estructura y la organización interna de los individuos son la manera más eficaz de introducir innovación positiva en la especie,

Pues bien, el proceso de transformación y evolución tal y como es entendido desde estos autores implica que como especie humana estamos ante el umbral de un cambio profundo hacia un post-humanismo. Parece solo cuestión de tiempo para que cambiemos el *Homo sapiens* por el *Homo ciborg*. Humano y maquina no se anulan, y tampoco son antónimos. Son el paso siguiente e inevitable de la especie, uno que no significa alienación de nuestro ser sino un desarrollo insospechado de nuestras posibilidades biológicas y cognitivas hacia nuevos estados de comprensión del universo en que existimos. Un nuevo entorno habitable como el propuesto demanda a su vez una nueva ciudadanía que la habite.

1.1.2.1.3. *¿Cómo evoluciona el modelo hacia una propuesta algorítmica?*

Un algoritmo es según la RAE un “conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema”. En pocas palabras, un algoritmo es una herramienta que permite transformar un dato de entrada (input) en un dato de salida (output) a través de un conjunto de pasos ordenados y finitos. Un mismo algoritmo puede generar una cantidad infinita de resultados mediante la modificación de los datos de entrada o de unas pocas transformaciones de los parámetros establecidos inicialmente. La propiedad fundamental del algoritmo es que su estructura es un proceso, y quien diseña un algoritmo está enfocándose más en el medio que en el fin (diseño de procesos). Los algoritmos son pues una manera de diseñar complejidad.

Como se ha desarrollado anteriormente, la planeación y diseño tradicional de las ciudades han derivado en la aparición y crecimiento de diversas problemáticas de toda índole. Y muchas veces estos resultados no son producto de la “mala fe” del planeador, sino de la natural imposibilidad del cerebro humano de concebir la

¹¹ Maturana, H. & Varela, F. (2004). *De máquinas y seres vivos* (1st ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria, Grupo Editorial Lumen.

totalidad de las infinitas variables que afectan el desarrollo de un entorno habitado por seres a su vez dinámicos y cambiantes. Es por esto que un desarrollo urbano enteramente enfocado en los fines no es el más pertinente, más aún cuando los plazos en los que estos métodos de planeación suelen ser de más lento diseño e implementación que la transformación misma del estado inicial de la ciudad.

La alternativa que surge a partir de los problemas señalados es una que interprete la actualización del ecosistema urbano como un proceso indefinidamente prolongado en el tiempo y no como un estado puntual de la ciudad. Un modelo que sea capaz de computar simultáneamente para un mismo espacio y tiempo diversas alternativas sobre las cuales posteriormente operar. Uno que tenga intrínsecamente en su estructura la flexibilidad de ser moldeado y transformado para generar en cortos lapsos de tiempo simulaciones y posibilidades tanto reales como factibles sobre las cuales fundamentar y tomar decisiones. Y finalmente, un modelo que introduzca aleatoriedad en sus procesos derivados de la acción y omisión de sus agentes constituyentes (emergencias).

El proceso de diseñar un proceso es pues la manera de responder ante una metodología aparente y comprobadamente en crisis basada en el diseño único, sesgado y determinista de la ciudad contemporánea.

1.1.3. Fenómenos y dificultades

A continuación, se presentarán algunas de las particularidades encontradas en principio en el barrio analizado. Estos fenómenos de distinta naturaleza (económicos, ambientales, sociales, etc.) hacen parte integral del territorio, y son características relevantes con injerencia directa en los elementos planteados posteriormente dentro de la propuesta de ecosistema artificial para La Perseverancia.

1.1.3.1. Presión inmobiliaria

Al estar el barrio en una posición privilegiada dentro de la ciudad tanto por su proximidad física a los principales centros económicos, culturales, tecnológicos y administrativos como por su relación directa con el sistema de habitabilidad no humano de Bogotá y sus relativamente bajos valores del suelo en comparación con los barrios aledaños, existe una creciente presión inmobiliaria sobre el barrio.

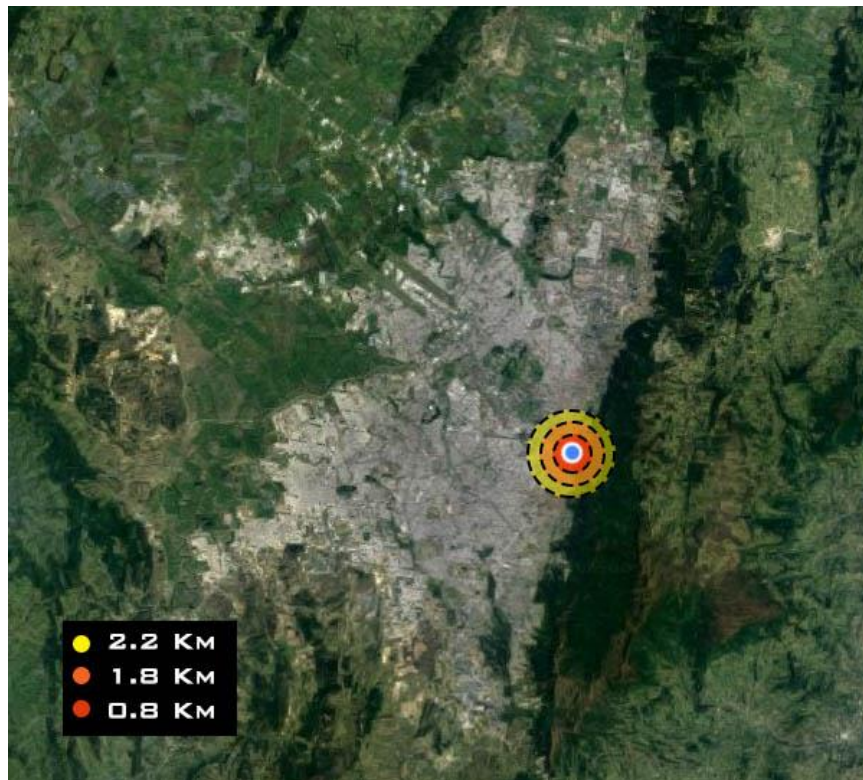


Figura 1. Distancias relativas del barrio: El anillo mayor posee un radio de 2.2 Km, una distancia recorrida en aproximadamente 45 minutos para un peatón (a una velocidad de 3 Km/h). Elaboración propia sobre mapa satelital.

La tendencia que se evidencia en la zona es la de constructoras que están comprando lotes baldíos o parqueaderos sobre los cuales se proyectan multifamiliares y viviendas en propiedad horizontal. Se contabilizaron un aproximado de 13 estacionamientos dentro de cuatro barrios analizados (La Merced, La Perseverancia y San Martín) que, de mantenerse la tendencia, probablemente serán edificados en un futuro próximo. Los parqueaderos encontrados se localizan en las siguientes direcciones:

- Calle 33 #6b-2 a 6b-98
- Calle 33 #6-2 a 6-98
- Calle 33a #5-2 a 5-48
- Carrera 6b #32-44 a 32-98
- Carrera 6 #33-38 a 33-98
- Calle 32a #6-27
- Diagonal 31a #6-1 a 6-99
- Carrera 5 #29-1 a 29-53
- Carrera 6 #27-2 a 27-98
- Calle 28 #5-1 a 5-99
- Calle 30a #4a-1 a 4a-75
- Calle 30a #4a-6
- Carrera 6 #35-2 a 35-98

Estos predios se presentan como oportunidades de inversión y negocio una vez se han puesto de manifiesto las ventajas comparativas de este sector y los valores aproximados promedio de los barrios mencionados, tal y como se evidencia en las siguientes fotografías y la correspondiente tabla:

Nombre del Barrio	Valor en Pesos
La Perseverancia	700.000
San Martín	1'200.000
La Macarena	1'600.000
La Merced	2'100.000

Tabla 1. Datos extraídos de los valores de referencia por metro cuadrado disponibles en IDECA. Elaboración propia.

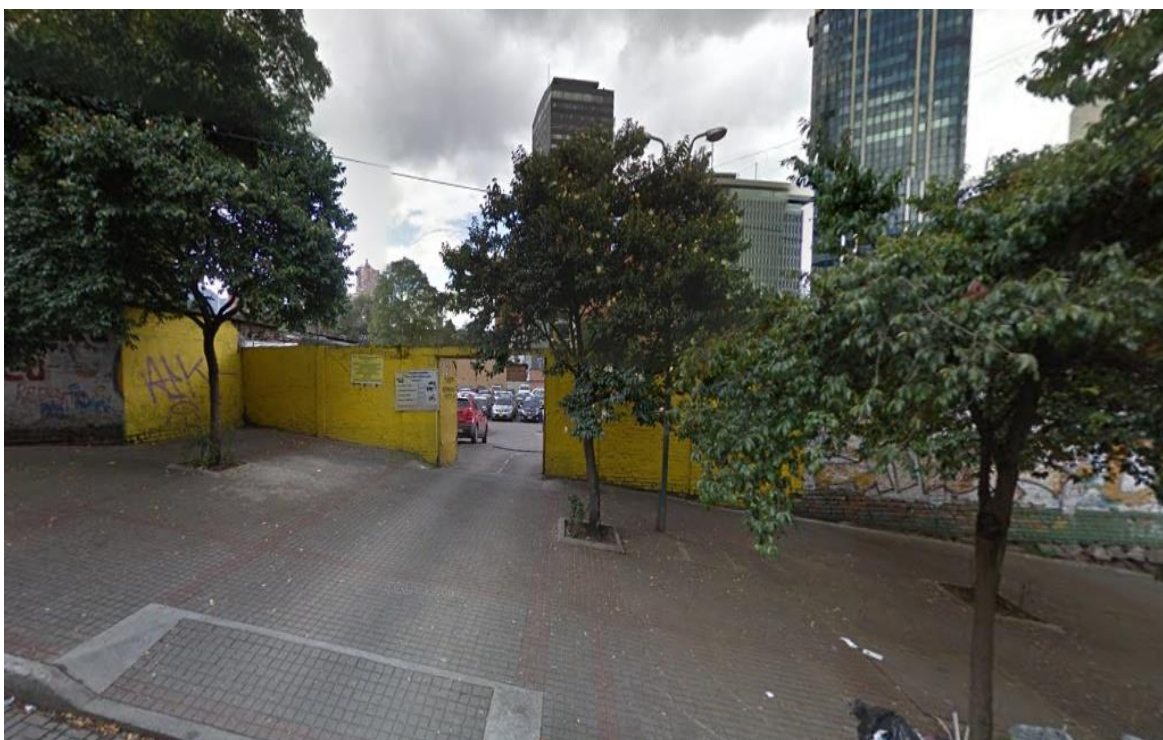


Figura 2. Cll 32 con Cra 5: Predio de parqueadero con licencia de construcción vigente. Tomado de Google Maps.



*Figura 3. Cra 5 con Cll 33: Lote baldío con licencia de construcción vigente.
Tomado de Google Maps.*



*Figura 4. Cra 5 con calle 28: Lote baldío con licencia de construcción vigente.
Tomado de Google Maps.*

Estos lotes, sumados a los proyectos actualmente en construcción, dan cuenta de una tendencia consolidada de aumento en la densificación y número de viviendas en el área de estudio, producto de las atractivas características geográficas de la zona, disponibilidad del suelo y bajos precios. Todas cualidades propicias para el mercado y la especulación inmobiliaria.

1.1.3.2. Gentrificación

En directa relación con el punto anterior existe un fenómeno de gentrificación en la zona en general y en el barrio en particular. El barrio de La Merced, caracterizado por sus construcciones de valor histórico, ha venido siendo ocupado por entidades como el Colegio de Estudios Superiores de Administración (CESA), la escuela de

modas Arturo Tejada y algunas ONG, además de cines y cafés que empiezan a proliferar en la zona. Por otro lado, el barrio de La Macarena ha tenido históricamente un carácter cultural y bohemio asociado a las librerías y restaurantes allí ubicados en lo que se conoce recientemente como la “zona M”.

La atracción ejercida por parte de estos dos barrios a segmentos de la población económicamente más solvente en comparación con la que reside actualmente en los barrios de San Martín y La Perseverancia han dado como resultado un proceso lento pero constante de gentrificación. Es cada vez más frecuente observar que los habitantes emigren hacia zonas periféricas de la ciudad y den en arrendamiento sus propiedades en el área de estudio, e incluso prefieran vender y aceptar una oferta por parte de las inmobiliarias que pretenden generar mayores desarrollos en altura.

Es importante resaltar el hecho de que el fenómeno de gentrificación, si bien se encuentra presente en todo el territorio estudiado, es menos frecuente en el barrio de La Perseverancia. Aunque ya no residen en él los trabajadores de la fábrica de Bavaria originales, si subsisten allí los descendientes de esta primera generación de obreros, conservando los estrechos lazos sociales que históricamente los han caracterizado. De hecho, estas comunidades se han organizado colectivamente y han frenado intentos directos de entidades por ingresar al barrio para la compra de predios en gran cantidad. Estas organizaciones colectivas han tenido resonancia en el barrio de San Martín, aunque no con la misma contundencia.

1.1.3.3. Indigencia y pobreza

La localidad de Santa Fe, de la que hacen parte los barrios en el área de estudio de La Perseverancia, La Macarena, San Martín y La Merced, presenta una segregación en cuanto a la distribución y número de equipamientos urbanos, presentando además indicadores de pobreza y miseria superiores al de otras localidades.

“En esta localidad el 15.3% de los hogares son pobres, el 4.5% está en condiciones de miseria según el índice NBI: el hacinamiento es la condición que presenta el mayor porcentaje de prevalencia (9,5%), seguido por la dependencia económica y la vivienda inadecuada (5,5% y 2,8% respectivamente), sobrepasando a Bogotá en pobreza en 8.3 puntos. En cuanto a la auto percepción de la condición de pobre en la localidad en 2007, el 48,5% de las

personas se considera pobre frente a un 47.5% en 2003. El 50.5% manifiesta no poder cubrir sus gastos mínimos”¹².

En la encuesta de Calidad de Vida 2007¹³ se indica que el 47.5% de la población de la localidad de Santafé se considera pobre (frente al promedio distrital del 36%), mientras que el 44% de la población dijo que su alimentación ha empeorado porque “bajaron sus ingresos o por una pérdida económica importante”. Adicionalmente, el 50% de la población dijo que los ingresos “solo alcanzaban para cubrir los gastos mínimos”. Estas condiciones socio-económicas dan cuenta de una población perteneciente en su mayoría a los estratos 1, 2 y 3.

Si bien los datos obtenidos y la información presentada hacen referencia a muestras de toda la localidad, este fenómeno es particularmente visible para el caso del barrio de La Perseverancia, en los que los indicadores de pobreza son aún mayores y actúan como detonante de otros fenómenos tales como la delincuencia y la inseguridad, como se desarrollará más adelante. Esto en gran medida porque las fuentes de trabajo que históricamente han sostenido a esta comunidad (la fábrica de Bavaria y la industria de chicha, por ejemplo) han venido decayendo a niveles críticos, al punto que la mayor proporción de residentes del barrio subsisten gracias a trabajos en áreas alejadas del barrio, los cuales a su vez son en una gran proporción de carácter informal, y tiendas o comercios de baja escala (droguerías, panaderías, marquerías, restaurantes, ferreterías, etc.) dentro de las viviendas complementados con servicios prestados por los habitantes (inyectología, sobanderos, domicilios y mensajería, zapateros, talleres de bicicletas, etc.).

1.1.3.4. Seguridad

En relación con el punto anterior, existe el fenómeno de la seguridad en el área de estudio. Si bien el barrio de La Merced suele considerarse un barrio relativamente

¹² LOCALIDAD DE SANTA FE 03 ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA DC.. (2009). *Diagnostico Local con Participacion Social 2009-2010*. Retrieved 3 October 2016, from <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Diagnosticos%20Locales/04-SAN%20CRISTOBAL.pdf>

¹³ DANE. (2007). *Colección de información y estudios estratégicos. Encuesta calidad de vida Bogotá 2007, estudios preliminares*. Retrieved 26 August 2016, from <http://www.dane.gov.co> Encuesta Calidad de Vida Bogotá 2007; DANE

seguro, la percepción ciudadana cambia radicalmente para el barrio de San Martín, La Macarena y particularmente para La Perseverancia. Una revisión rápida a los acontecimientos más recientes en los archivos de algunos de los principales medios bogotanos da cuenta de la manera en que se vive y se entiende para la ciudadanía estos sectores:

- Microtráfico, riñas y 'rompe vidrios', el día a día de la Policía en el barrio La Perseverancia; Caracol radio, el 10/05/2016.
- 'Tristemente he decidido irme de La Macarena': Una ciudadana explica la situación de inseguridad en la zona, donde su familia se ha visto afectada; El Tiempo, el 08/10/2015
- ¿Qué hacer con la inseguridad en el centro de Bogotá?; Las 2 Orillas, el 13/10/2015
- A La Macarena la desborda la inseguridad: Residentes no toleran más atracos. Piden presencia a jueces que no dejen sueltos a capturados; El Tiempo, el 07/08/2014.
- S.O.S. por la Macarena y sus vecinos; Radio Santa Fe, el 14/10/2014.
- Banda de microtráfico de La Perseverancia habría asesinado a un soldado en Bogotá; HSB noticias el 15/06/2016.

La inseguridad en estos barrios tiene, entre una de sus principales causas, la falta de oportunidades y de alternativas reales de ocio o productividad para los jóvenes que allí habitan, quienes son en su mayoría los responsables de los delitos que se cometen en el sector. Aunque se ha encontrado casos en los que familias y hasta generaciones enteras se han dedicado a realizar este tipo de actos criminales, es preciso acotar que se trata de minorías y que no se puede estigmatizar a todos los habitantes del sector quienes se consideran a sí mismos víctimas, pues expresan su miedo y temor a denunciar a bandas o actividades ilícitas por miedo a represalias.

Aunque existe una estación de policía en el barrio, las dificultades legales de capturar a menores de edad y las condiciones mismas del barrio en cuestión han demostrado ser condicionantes que no permiten la oportuna reacción de este organismo mediante acciones policivas. Por esta razón, se plantea como una posibilidad más viable y adecuada la generación de alternativas de fondo y estructurales ante una problemática evidentemente más profunda de lo que parece.

1.1.3.5. Riesgos ambientales

reafirmó el propósito de tener un mundo pacífico, más próspero y más justo para todos los habitantes. Bajo los valores de libertad, igualdad, solidaridad, tolerancia, respeto por la naturaleza y responsabilidad común; se acordaron ocho (8) objetivos claves, conocidos como los "Objetivos de Desarrollo del Milenio -ODM".

De estos objetivos, se enuncian a continuación aquellos relevantes dentro de la propuesta a realizar por su injerencia directa en las actividades o infraestructura generada en el área de intervención.

1.1.4.1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre¹⁵

Meta Nacional: Reducir a la mitad la población que vive en pobreza y pobreza extrema

- Reducir a 1.5% el porcentaje de personas con ingreso inferior a US\$1.25 diario (PPA de 2005).
- Reducir a 28.5% el porcentaje de personas en pobreza.
- Reducir a 8.8% el porcentaje de personas en pobreza extrema.

Meta Nacional: Aumentar el empleo formal, incluyendo mujeres y jóvenes.

- Reducir a 8.5% la tasa de desempleo a nivel nacional
- Reducir a 6% la proporción de la población ocupada con ingresos diarios inferiores a 1.25 dólares PPA.
- Reducir a 8.5% la proporción de población ocupada con ingresos diarios inferiores a 2 dólares PPA.
- Reducir al 45% la tasa de informalidad de las trece áreas.

Meta Nacional: Acceso a una alimentación adecuada y suficiente.

- Reducir a 2.6% la prevalencia de desnutrición global.
- Reducir a 8% la prevalencia de desnutrición crónica.
- Reducir a 7.5% el porcentaje de población total en subnutrición.
- Mantener por debajo del 10% el porcentaje de niños con bajo peso al nacer.

¹⁵ Ibid.

Dentro de los posteriores parámetros de simulación de la propuesta, se incluirán como elementos fundamentales la contribución activa del territorio en las actividades productivas de la población que allí habita, además de la generación y contribución hacia una efectiva garantía de seguridad alimentaria. Esto a partir de la inclusión de todas las franjas etarias en las cadenas de gestión, producción e innovación propuestas en el área de estudio, todas en función de una constante generación biotecnológica cooperativa para la producción de alimentos.

1.1.4.2. Garantizar la Sostenibilidad del Medio Ambiente¹⁶

Meta Nacional: Reforestar 23.000 hectáreas anualmente

- Mantener 23.000 hectáreas por año, de superficie reforestada.

Adicionalmente, con la vinculación de los sistemas ecológicos de la zona y de los sistemas de habitabilidad no humana dentro de la concepción ampliada de un verdadero “Ecosistema Artificial” que hibrida conceptualmente las lógicas biológicas (biomímesis) con las actividades innovadoras humanas, es posible garantizar la generación y el adecuado sostenimiento del medio ambiente y de los seres que lo habitan de manera equilibrada, responsable y sostenible. Esto a partir no solo de la reforestación per se, sino también con medidas estructurales como la introducción de lógicas cíclicas y metabólicas en las cadenas productivas o la gestión de la energía (termodinámica) en los procesos económicos de la sociedad y su hábitat.

1.1.4.3. Fomentar una sociedad mundial para el desarrollo¹⁷

Meta Nacional: Lograr el acceso universal a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC'S.

- Alcanzar 100 abonados móviles por cada 100 habitantes.
- Aumentar a 60 usuarios de internet por cada 100 habitantes.
- Aumentar a 23.8 el número de computadores por 100 habitantes.

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Ibid.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Como elemento central en el desarrollo de la propuesta de un ecosistema artificial de evolución algorítmica, está el proceso de la recolección y gestión en tiempo real del “Big Data” o paquetes de información producido tanto por las entidades distritales autorizadas o demás organismos competentes, pero también los metadatos producidos por los habitantes. Esta gestión parte del principio Ciborg de los ciudadanos, en los que el acceso progresivo y escalar hacia nuevas TICs permitirá una comprensión más completa, holística e integral de carácter “Bottom-up” de una realidad que se transforma cada vez más rápido. Una realidad en la que los ciudadanos tienen una injerencia directa en los procesos metabólicos de su ecosistema y de las actividades que allí se desarrollan.

1.2. Antecedentes y referentes

Para la realización de este documento y como parte de la investigación realizada, se presentan algunas de los proyectos realizados por otros autores y que tienen alguna relación conceptual con los conceptos centrales de este trabajo. Estos proyectos constituyen el “estado del arte”, o lo que equivale a los trabajos contextuales de vanguardia que sirven de inspiración formal y teórica.

1.2.1.Space Syntax

Space Syntax es una aproximación metodológica y conceptual ante la conformación espacial de las ciudades, y en como existen patrones mentales y cognitivos que influyen en la percepción humana que pueden ser en alguna medida modelados.

The UCL Space Syntax Laboratory is the international centre of the theory and methodology known as 'space syntax'. It studies the effects of spatial design on aspects of social, organisational and economic performance of buildings and urban areas.

Its aims:

- *to develop theories and to test these by studying the effects of spatial design on aspects of social, organisational and economic performance of buildings and urban areas*
- *to integrate computational approaches at the heart of the design process, including structural, societal and environmental analysis*
- *to develop the generation of design solutions that combine machine learning, optimisation and technological innovation*
- *to develop and disseminate ways of designing, producing and operating buildings and urban areas using virtual-reality techniques¹⁸*

¹⁸ *The Bartlett: Centre for Advanced Spatial Analysis; “SpaceSyntax”. UCL. Retrieved 24 November 2016, from <https://www.bartlett.ucl.ac.uk/space-syntax/research>*



Figura 7. Análisis de entornos urbanos según la metodología de Space Syntax.
Tomado de <https://www.bartlett.ucl.ac.uk/space-syntax>.

Mediante el computo de una serie de variables relacionadas con la accesibilidad y la movilidad, además de datos como la naturaleza de las intersecciones, los ángulos conformados, nivel de visibilidad, el valor del suelo y otros parámetros establecidos, es posible establecer algunos niveles de predicción en los comportamientos emergentes.

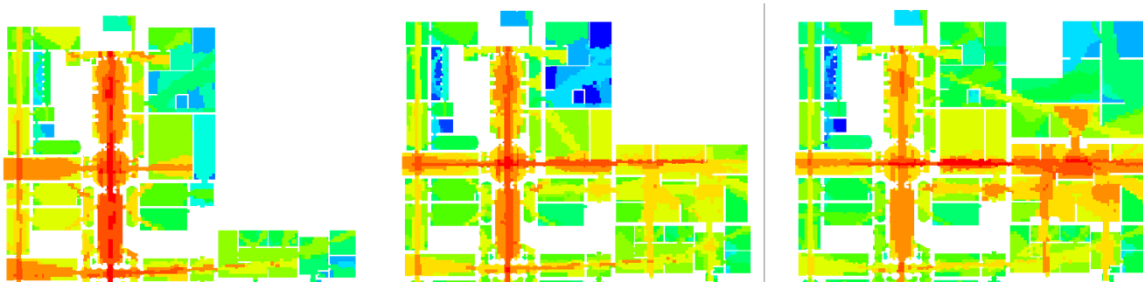


Figura 8. Modelaciones de las jerarquías espaciales: desde el estado original (izquierda) hasta los estados proyectados (derecha). Tomado de <https://www.bartlett.ucl.ac.uk/space-syntax>.

Esta metodología reconoce la importancia de los patrones mentales y de los sustratos cognitivos para entender posteriormente su incidencia en la manera en que los sujetos interactúan diariamente con su entorno. Sobre estas hipótesis, es posible posteriormente proyectar cambios y transformar la jerarquía inicial hacia una

deseada. Para esto, el programa y su teoría se fundamenta en diferentes epistemologías (*anthropology, archaeology, computer science, urban and human geography, psychology, sociology, medicine, mathematical modelling and physics*¹⁹), logrando un análisis y posterior comprensión innovadora de la realidad.

1.2.2. Space fighter: the evolutionary city (game:)

Space Fighter fue una investigación dirigida por Winy Maas de la firma de arquitectura holandesa MVRDV en la que se presenta un proyecto de creación de una herramienta de simulación urbana. Básicamente consiste en una serie de “mini juegos” desarrollados por varios equipos de investigación que se enmarcan en una plataforma virtual que los vincula y relaciona. El objetivo de esta plataforma es entender cómo se concatenan las diferentes escalas de la planeación urbana mediante la teoría de juegos y los autómatas celulares. Cada uno de los mini juegos ahonda en un aspecto puntual de la gestión urbana: interacciones entre macro-regiones mundiales, el rol del valor del suelo en el desarrollo inmobiliario, el resultado de la emergencia como producto de la interacción de usuarios dinámicos (teoría de juegos), la condición evolutiva y adaptativa de la ciudad y la lucha constante por los recursos energéticos.



Figura 9. Carátula y simulaciones de la investigación. Tomado de <https://www.mvrdv.nl/en/shop/space-fighter-the-evolutionary-city>

¹⁹ Ibid.

1.2.3. City Engine

City Engine es una de las plataformas desarrolladas por ESRI como parte de su suite, en la que se vincula la simulación urbana propiamente dicha con las posibilidades que ofrecen los sistemas de información geográfica SIG (particularmente ArcGis).



Figura 10. Modelación realizada en City Engine. Tomado de <http://www.esri.com/news/releases/12-4qtr/transform-2d-data-into-3d-city-models-faster-with-esri-cityengine-2012.html>

Esta plataforma permite lograr modelos basados en datos estadísticos reales mediante el ajuste de parámetros establecidos en su codificación, de manera que es posible permutar los parámetros en tiempo real para ponderar diversas alternativas según el curso de acción determinado ante una problemática puntual.

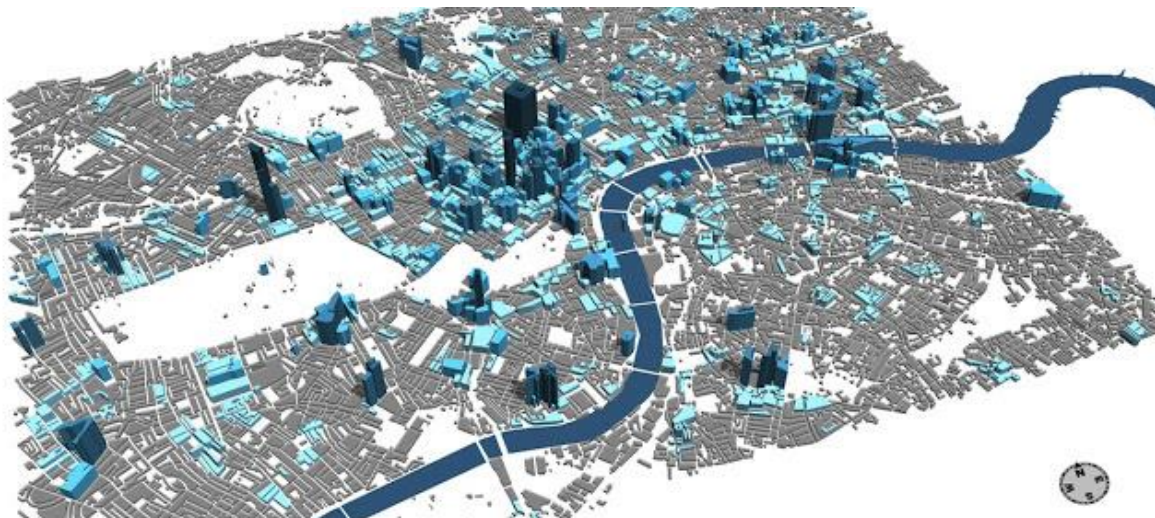


Figura 11. Visualización de la información contenida en SIG. Tomado de <http://www.esri.com/news/releases/12-4qtr/transform-2d-data-into-3d-city-models-faster-with-esri-cityengine-2012.html>

Adicionalmente, al estar fundamentalmente basado en datos de SIG, la modelación adquiere un grado de factibilidad muy alto combinado con tiempos de ejecución y modelado muy cortos.

1.2.4. Maurice Benayoun: Emotions Forecast

Extraído de streaming museum²⁰:

Emotion Forecast (2010) from Maurice Benayoun's Mechanics of Emotions series of over 20 works, reflects on the notion of the Internet as the nervous system of the world. It takes data from the Internet that measures 48 emotions on websites related to current events in more than 3200 cities worldwide, researches proximity of emotions and locations, and forecasts the tendencies for the next 2 days. The work embodies a hybrid integration of stock ticker display and the human factor.

²⁰ Benayoun, M. (2010). *Maurice Benayoun's real-time data art – STREAMING MUSEUM*. Streamingmuseum.org. Retrieved 19 October 2016, from <http://streamingmuseum.org/maurice-benayoun-1/>

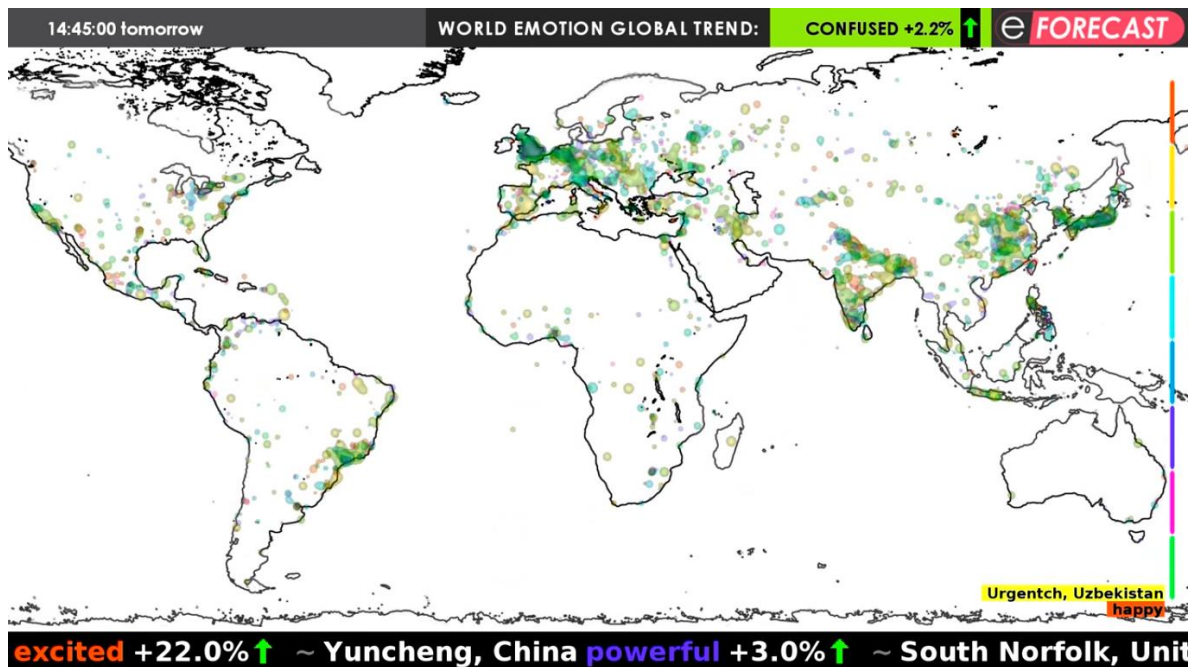


Figura 12. Simulación de la emergencia en tiempo real de una “bolsa de valores” emocional (sistema complejo). Tomado de <http://streamingmuseum.org/maurice-benayoun-1/>

La propuesta de Benayoun es pertinente para la presente propuesta, pues es una aproximación a la modelación de los sistemas emergentes (interacciones locales y de nivel “horizontal” o de la misma jerarquía que terminan afectando transversalmente y de maneras insospechadas el sistema en su totalidad). Adicionalmente, parte de la manera en la cual se tabulan, generan y presentan los datos son una muestra de un sistema que se transforma en tiempo real y que reacciona ante estímulos puntuales, tal y como se presentará en el presente trabajo más adelante.

1.2.5. Michel Batty: Urban Simulations

El trabajo desarrollado por Michel Batty abarca una amplia gama de simulaciones urbanas a partir de una gran variedad de metodologías (“From Land Use Transportation Interaction models, called LUTI models, to Cellular Automata (CA), Agent-Based Models (ABM), and variants such as micro-simulation to systems

dynamics models²¹). Michel Batty es además uno de los principales teóricos y exponentes del uso de la computación para la simulación de entornos urbanos, y sus trabajos académicos han servido de base para la elaboración del presente documento.

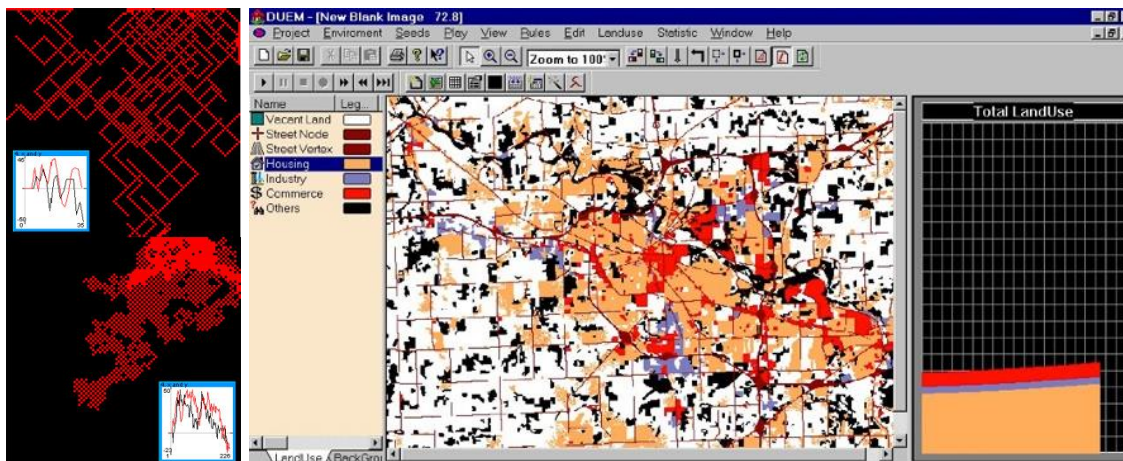


Figura 13. Simulaciones generadas en The Bartlett Centre for Advanced Spatial Analysis. Tomado de <http://audi-urban-future-initiative.com/api/fallback/blog/michael-batty>

1.2.6. Tania Fraga: Metaarquitecturas

Tania Fraga (Artista y arquitecta, doctora en comunicación semiótica de la PUC/SP) es una exponente de la utilización de nuevas tecnologías y simulaciones virtuales para reinterpretar el mundo real con base en las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías. Al respecto, Fraga escribe:

La revolución debido a la aparición de la tecnología informática tiene el potencial para amplificar y reconstruir en lo que consiste nuestro repertorio cultural, transformar, mejorar e incluso inducir la creación de nuevas formas y modalidades artísticas. Formas que permitan la diversidad, el desarrollo e incluso la competitividad en

²¹ Batty, M. *Urban Models | A Science of Cities*. *Complexcity.info*. Retrieved 8 May 2016, from <http://www.complexcity.info/simulations/>

el mercado internacional en las áreas en las que se pueden aplicar, por ejemplo, los juegos, la arquitectura y el diseño industrial²².

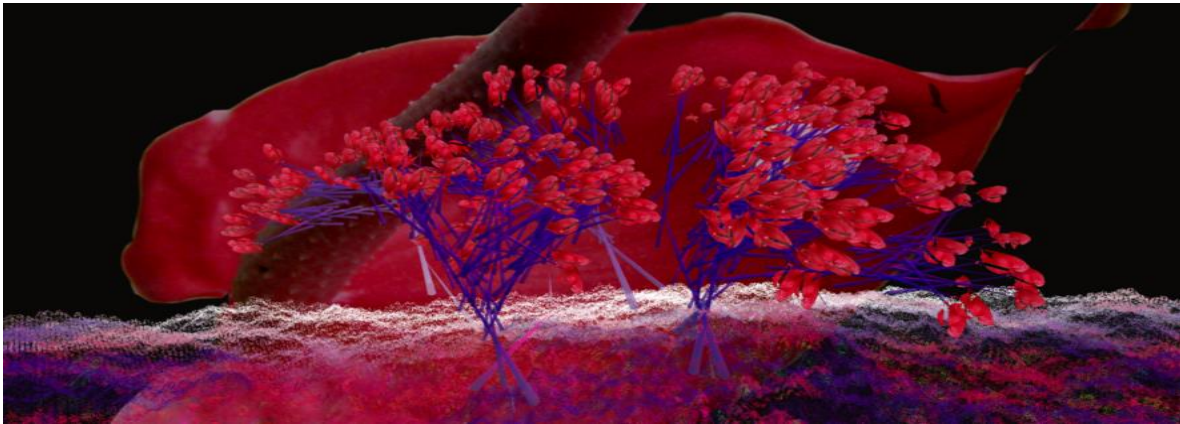


Figura 14. Jardín de Epicuro, simulación de realidad virtual. Tomado de <https://taniafraga.wordpress.com/>

Sus trabajos incluyen la experimentación del arte virtual y las relaciones entre la realidad y lo que ella denomina el BCI (Brain computer interface). Su producción se caracteriza por las temáticas y resultados teórica y formalmente sugerentes,

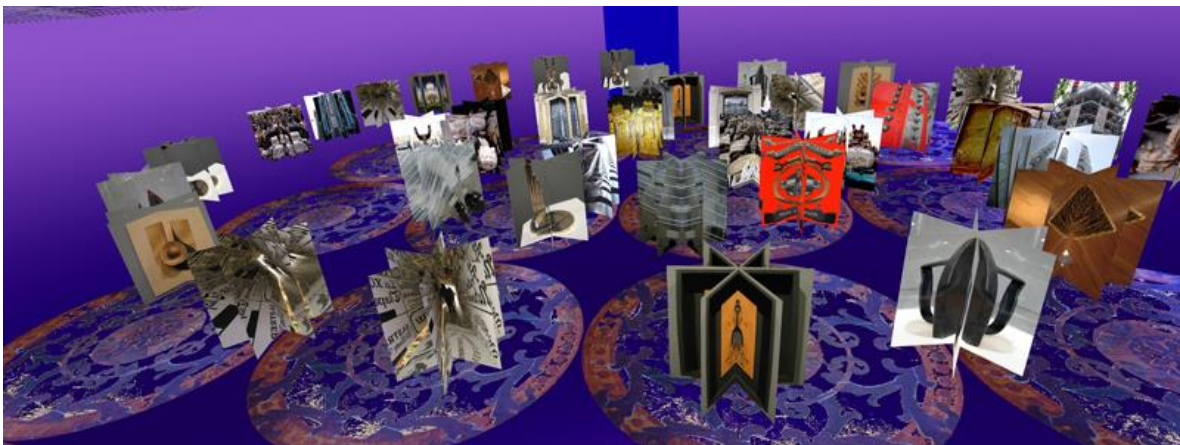


Figura 15. Wanderings. Perambulações: Simulación virtual. Tomado de <https://taniafraga.wordpress.com/>

²² Tania Fraga. (2016). *Tania Fraga*. Retrieved 24 November 2016, from <https://taniafraga.wordpress.com>

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

En pocas palabras, las cartografías generadas en estas plataformas de fuentes oficiales distritales representan de manera bastante acertada la territorialización de el “Big Data” o información generada constantemente y en tiempo real por la ciudad y sus habitantes.

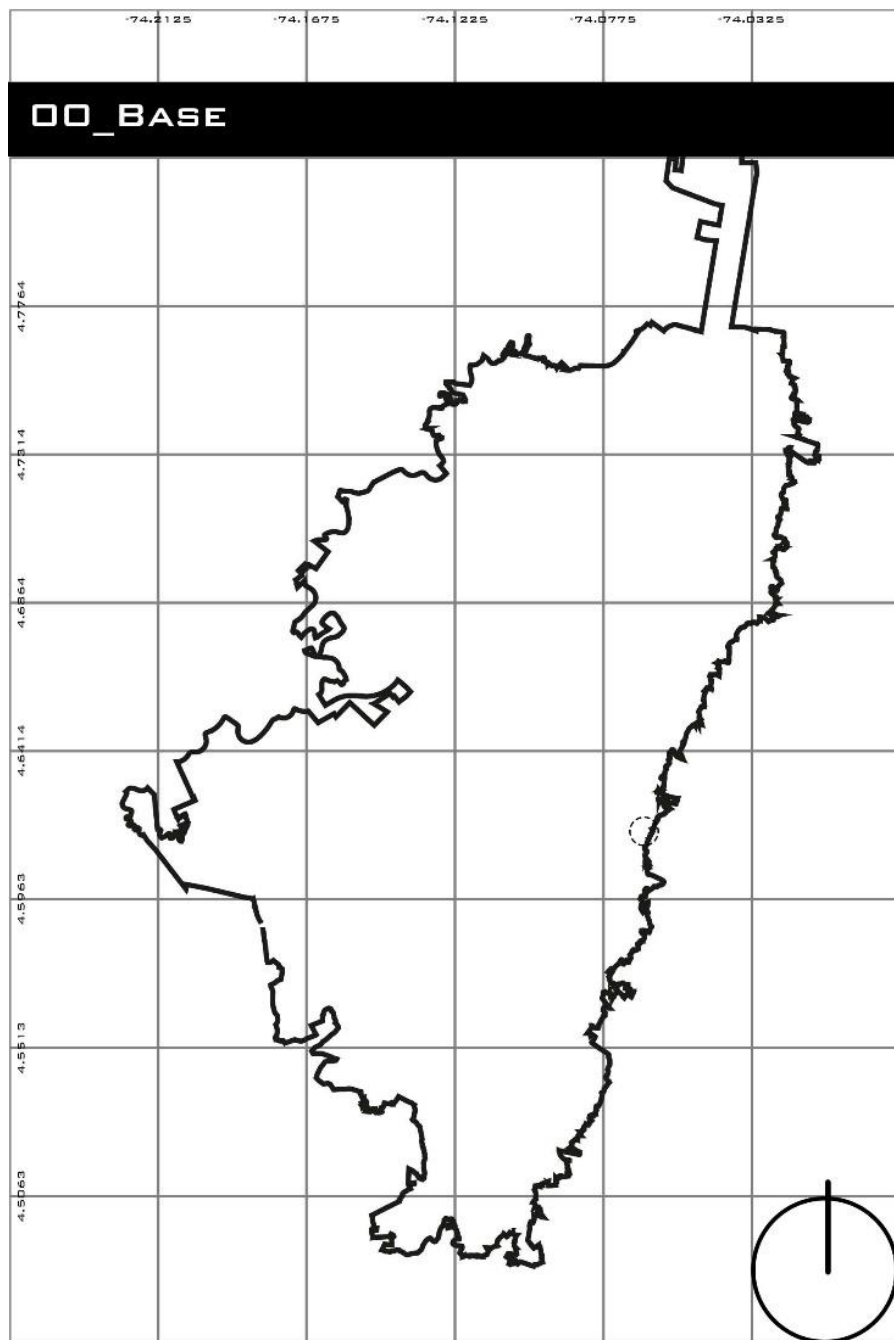


Figura 17. Base cartográfica inicial: Reconocimiento por el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS. Elaboración propia.

La información contemplada se divide en capas o “layers”, las cuales al cruzarse dan una imagen compleja de la ciudad. Estas son analizadas y revisadas inicialmente en una escala metropolitana para los siguientes rubros:

- Sector Catastral
- Construcción
- Lote
- Manzana
- Uso
- Placa Domiciliaria
- Código Postal
- Corriente de Agua
- Cuerpo de agua
- Cuenca
- Malla Vial Integral
- Andén
- Calzada
- Ciclo ruta
- Nodo de Transporte
- Puente
- Separador
- Área Infraestructura de transporte
- Municipio
- Corregimiento
- Centro Poblado
- Localidad
- Área Urbanística
- Suelo
- Unidad de Planeamiento
- Curva de nivel
- Punto Geodésico
- Sitio de Interés
- Estrato Socioeconómico

Es a partir de la información almacenada y actualizada de estos portales virtuales que se mapeó y cartografió inicialmente el territorio, y desde los cuales se extrajo la información y el Big Data, los cuales conformaran el “input” inicial en los procesos de simulación y modelación posteriores de la propuesta.

1.3.2. Sistema de habitabilidad No-Humana

Un segundo momento considera como parte integral del territorio la red de “habitabilidad no humana” o la estructura de elementos tanto bióticos como abióticos que permiten el desarrollo adecuado de las comunidades y especies que ocupan el entorno. Este sistema esta inicialmente denominado la “estructura ecológica principal” de Bogotá, y actualmente se considera como tal los cerros orientales; los cauces de ríos y sus respectivas rondas; los humedales y algunos parques metropolitanos.

Mediante la determinación de un componente denominado la Estructura Ecológica Principal -EEP- (y las acciones

correspondientes para su adecuado manejo) que se constituye “en el sustrato de base para el ordenamiento de la ciudad.”² Dicho de otra manera, la EEP tiene la función básica de “sostener y conducir la biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a través del territorio del Distrito Capital, en sus diferentes formas e intensidades de ocupación, y dotar al mismo de bienes y servicios ambientales para el desarrollo sostenible”²³

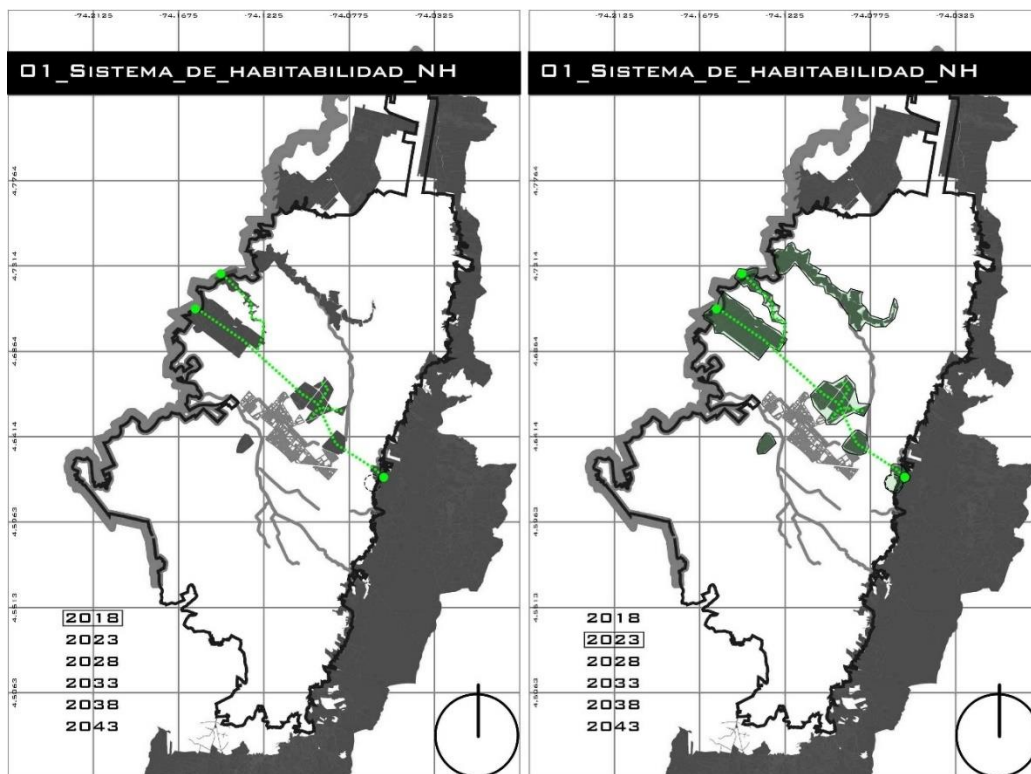


Figura 18. 2018: Identificación de los elementos establecidos inicialmente como de la estructura ecológica principal; Se insinúa un primer patrón de conectividad que vincula el área de estudio (Barrio La Perseverancia) con otros elementos del sistema de habitabilidad.

2023: Reconocimiento y fortalecimiento de los nodos identificados dentro de los futuros planes de ordenamiento (macro) y planes parciales (micro) como estrategia de consolidación del sistema de habitabilidad. *Elaboración propia.*

²³ *Ambiente Bogota.* (2009). *Ambientebogota.gov.co*. Retrieved 24 November 2016, from http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=96283dbb-76f1-4f23-b3ed-e242bf25a686&groupId=55886

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Este sistema de habitabilidad no es solo diferente sino necesariamente complementario al ecosistema urbano que de él se sustenta. Y es por esta razón que los cambios o evoluciones de uno de los sistemas invariablemente afectará a su contraparte, resultando ya sea en un positivo balance para ambas partes o por el contrario en un déficit perjudicial para todos los sistemas.

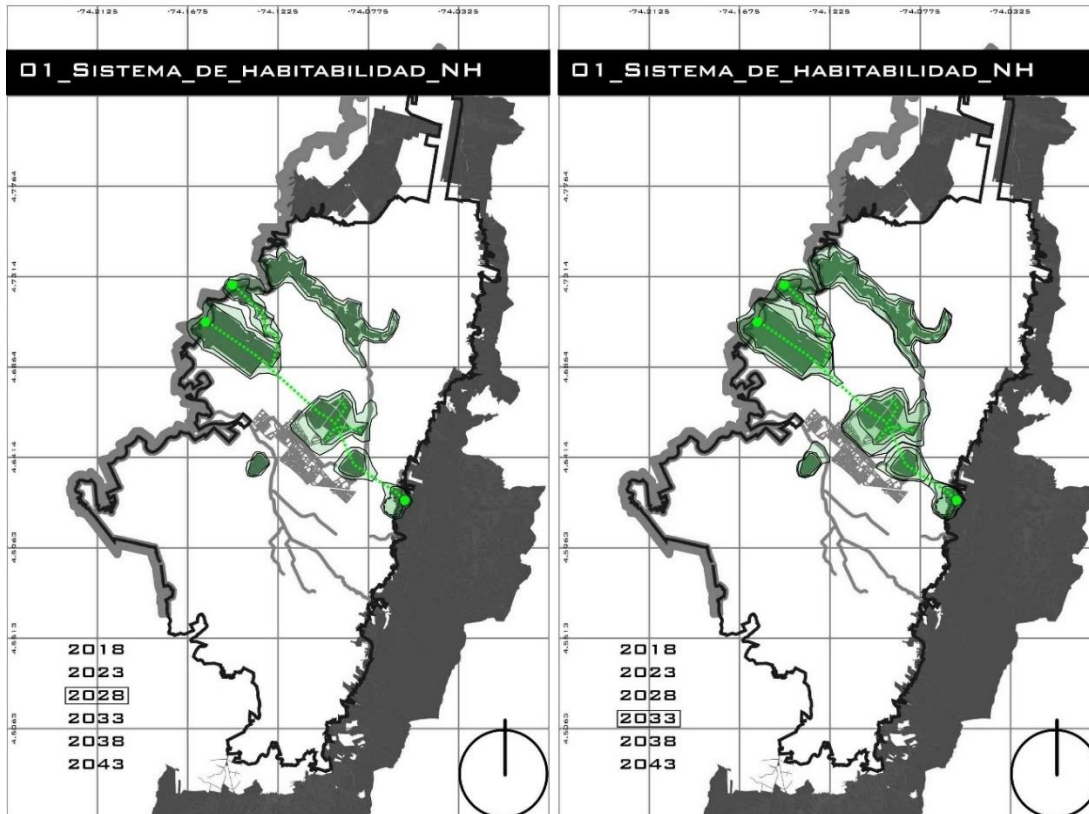


Figura 19. 2028: Vinculación de los nodos del sistema con el denominado “anillo de innovación” como parte de una estrategia de hibridación y evolución bio-tecnológica al interior del sistema de habitabilidad.

2033: Establecimiento de macro-nodos o HUBS de carácter ambiental. Fragmentos de ciudad enfocados (más no excluyentes) a ofrecer servicios ambientales. Elaboración propia.

Eventualmente y en un lapso temporal de aproximadamente treinta años, podrían evaluarse los crecimientos proyectados no necesariamente como un plan de acción oficial (deseable), sino también como un marco que permita comparar la situación actual en el momento de la evaluación con el escenario proyectado teniendo en cuenta exclusivamente el criterio de un desarrollo ambiental no humano.

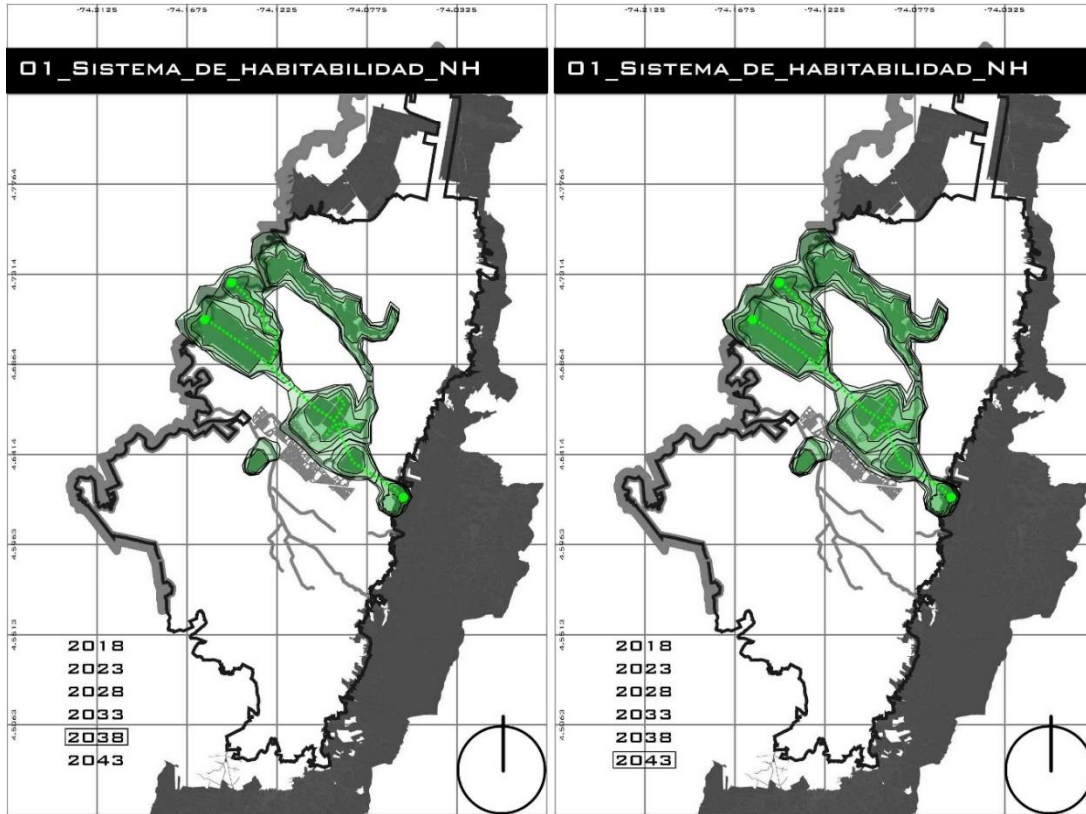


Figura 20. **2038**: Vinculación de los HUBS ambientales.

2043: Conformación del sistema vinculado de habitabilidad no humana en el territorio. Elaboración propia.

1.3.3.El rol de la plaza

Dentro del diagnóstico desarrollado para el presente trabajo, fue posible determinar no solo el papel que históricamente ha desempeñado la plaza dentro de la conformación y el correcto funcionamiento de los cinco barrios del área de estudio, sino también de las potencialidades y oportunidades que esta presenta en las proyecciones y prospectivas que se generen en torno a los ecosistemas artificiales de evolución algorítmica planteados.

En primer lugar, es necesario resaltar el carácter simbólico que representa la plaza. Como se señalaba anteriormente en la caracterización histórica de la zona de estudio, los primeros pobladores de los barrios (y en particular de La Perseverancia) que provenían de áreas rurales mantenían sus huertas y sus animales dentro de sus lotes mientras lograban consolidar la construcción de su vivienda. Todos los productos derivados de estas actividades eran intercambiados en la plaza, la cual se convirtió consecuentemente en un punto neurálgico de la interacción y

generación del tejido social de los habitantes. Este punto es de particular importancia toda vez que una de los pilares fundamentales de la propuesta de simulación que se presentara más adelante se sustenta en los principios de la cooperación por sobre la competencia de los individuos como una estrategia evolutiva de los organismos del ecosistema artificial planteado.

En segundo lugar, es importante poner de manifiesto la importancia de la plaza como elemento con el potencial de dinamizar, bajo el concepto de la bio-economía²⁴ y la integración de los principios de la termodinámica, los metabolismos que se planteen dentro del territorio en términos de pasar de un modelo de producción lineal a uno circular y metabólico. Esto se puede lograr mediante la reinterpretación de lo que ha sido históricamente un punto predominantemente comercial hacia una nueva comprensión de un centro cultural, con posibilidades de innovación biotecnológica, capaz de producir, replicar y divulgar el conocimiento generado de manera endógena sobre el territorio y a partir de las comunidades que allí mismo habitan, que integra y vincula a la población entorno a una idea de cooperación común, que es capaz de romper los paradigmas en cuanto a la captación y la gestión de la energía dentro de sus procesos y que logra interactuar dinámicamente con el ecosistema.

Por esta razón y para efectos de la simulación y modelación del ecosistema, la plaza es entendida como el elemento catalizador de los elementos que conforman el ecosistema artificial. Esta sería el corazón del sistema, tanto por las relaciones funcionales que de allí se podrán derivar con el resto del territorio como por las posibilidades de innovación que pueden refinarse y evidenciarse en un proyecto de escala arquitectónica en donde se demuestren las posibilidades y nuevos desarrollos tecnológicos y de bio-mimesis (tal y como es definida por Janine Benyus²⁵) planteados en la propuesta de una manera práctica.

²⁴ Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process* (1st ed.). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

²⁵ Benyus, J. (2005). *Biomimicry's surprising lessons from nature's engineers*. *Ted.com*. Retrieved 14 November 2016, from http://www.ted.com/talks/janine_benyus_shares_nature_s_designs#t-617801

1.4. Modelación de datos

En el presente capítulo se mostrarán diferentes análisis heurísticos realizados con base en el diagnóstico realizado en los acápite anteriores, además de formas de representación no tradicionales de la información derivada de los paquetes de “Big Data” generados por las entidades distritales de la ciudad y la cartografía satelital disponible. Por esta razón, el capítulo tendrá un especial énfasis en lo que se denominará la “representación heurística de datos e información”.

1.4.1. Mapas de calor

Como parte de la inclusión de epistemologías como la termodinámica en la concepción y análisis del territorio y en la manera de aprehender las dinámicas metabólicas propias de los sistemas vivos en los procesos de construcción de los entornos habitables, se propone la simulación y expresión de datos y cartografías en códigos térmicos, de manera que se insinúen de manera clara y directa cuales son los procesos fundamentales dentro de los ecosistemas artificiales analizados y planteados. Esto con el objetivo de indicar de manera aproximada el grado de entropía del sistema y los “boiling points” o puntos calientes que determinan el óptimo funcionamiento del sistema.

Adicionalmente, se emplea la metodología de mapas de calor y definición de “grados térmicos” para la expresión de algunos de los análisis posteriores de valor del suelo y la norma urbana presente en cada uno de los predios existentes del área de estudio según la información disponible proporcionada por entidades distritales como IDECA.

En el siguiente mapa se muestra la cartografía correspondiente a la relación a nivel de accesibilidad, conectividad y movilidad del área de estudio con otras zonas de la ciudad a través del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá, una vez se a georeferenciado el plano base con según los sistemas de información geográficos oficiales para la ciudad (IDECA). Se aprecian las zonas con mayor facilidad de relación, pero también destacan las áreas aisladas, correspondientes a las “islas grises” del plano.”

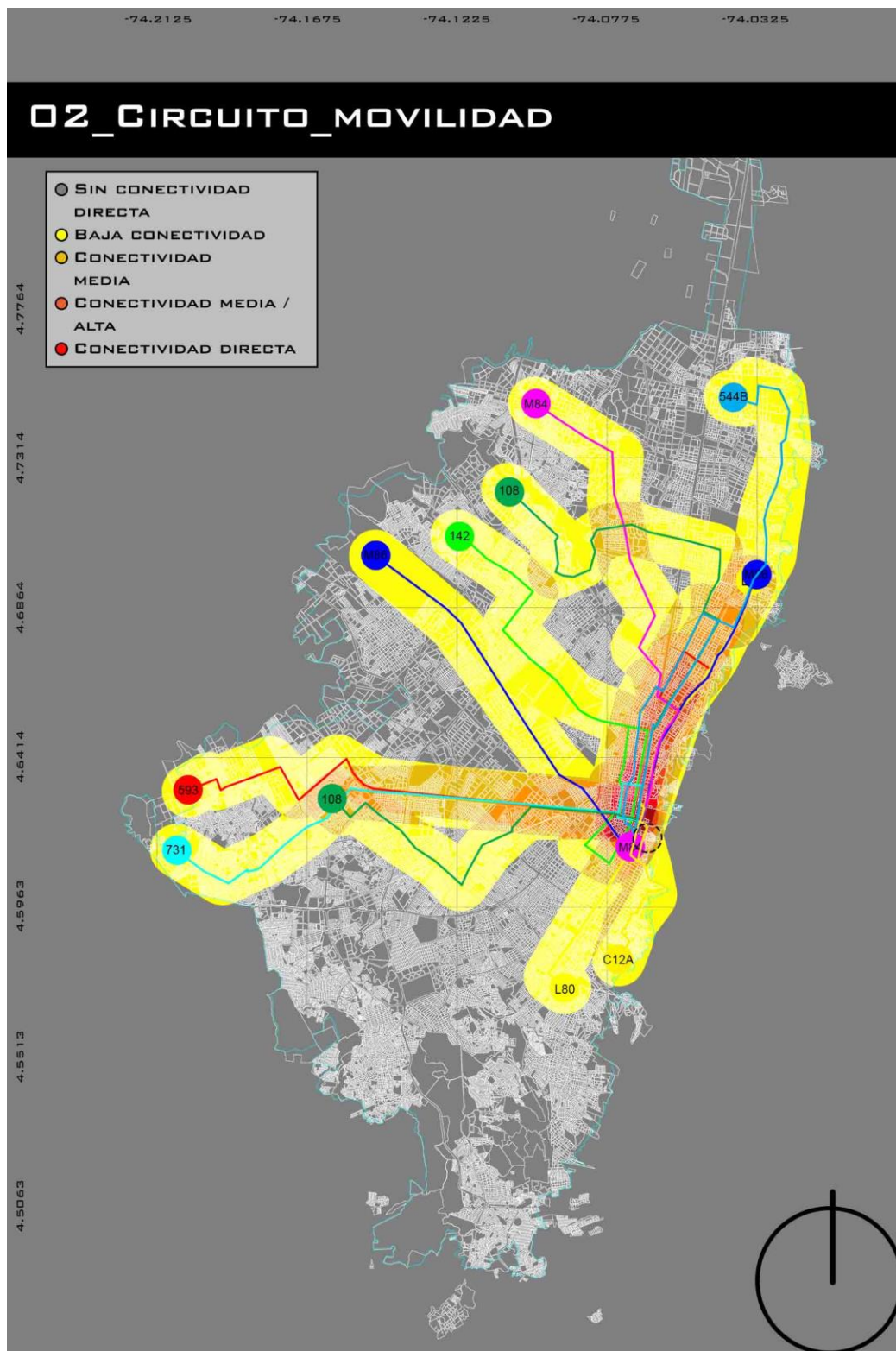


Figura 21. Análisis de la conectividad y accesibilidad del área de estudio a partir de los circuitos realizados por los sistemas de transporte principales. Definición de los imaginarios de movilidad de los habitantes del sector. Elaboración propia.

1.4.2. Geo-procesamiento de imágenes Ráster

La siguiente imagen muestra la cartografía satelital base para el posterior desarrollo de los análisis aquí presentados:

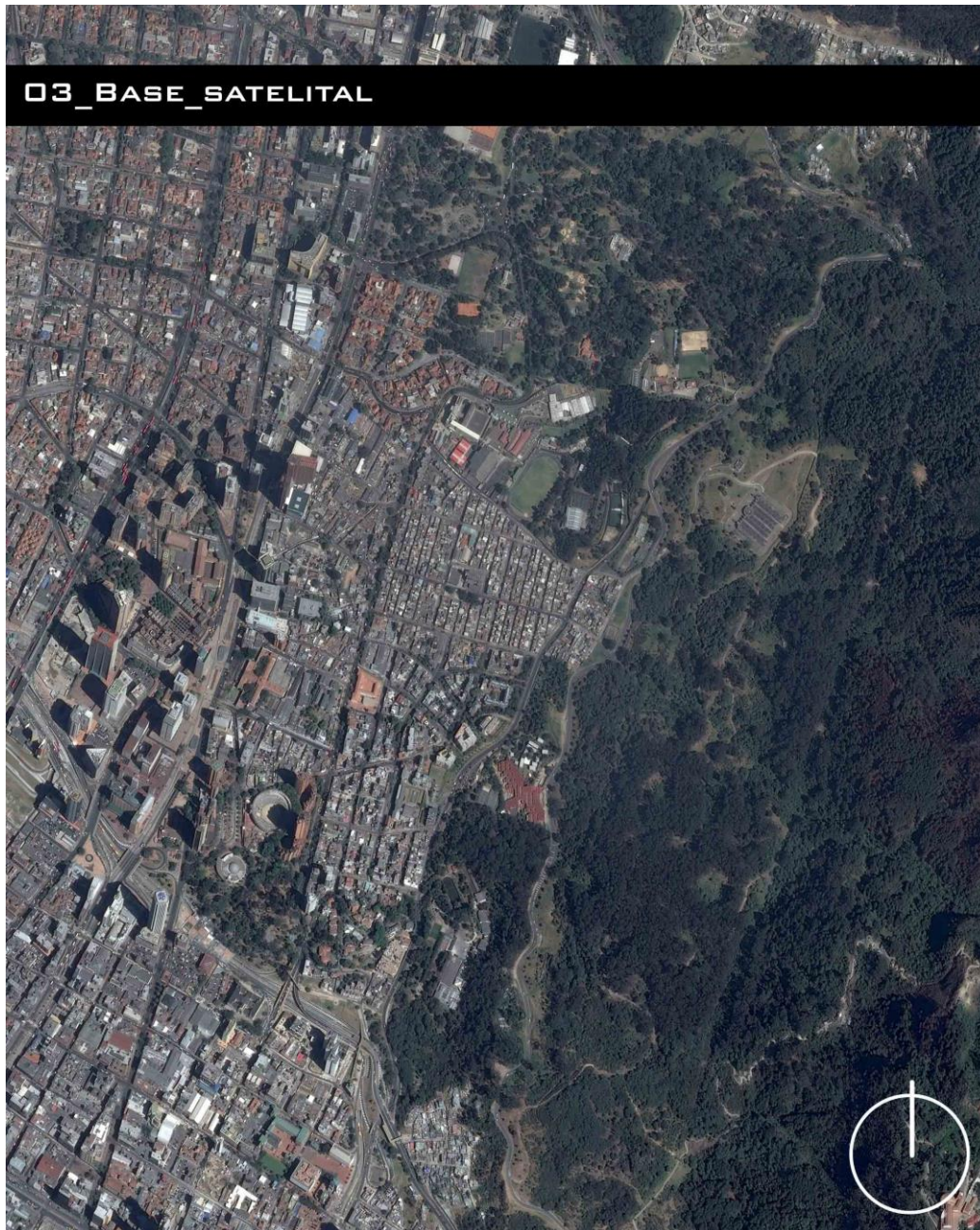


Figura 22. Imagen base satelital extraída de la cartografía disponible en Google Maps a partir de las fotografías tomadas por el satélite LandSat. Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

En una etapa posterior de análisis del área de estudio, se realizó un collage de imágenes satelitales de alta resolución sobre el territorio. Este collage consistió en 84 fotografías satelitales que posteriormente se combinaron en una sola imagen sobre la cual se realizarían los diferentes análisis ráster a partir de las metodologías de procesamiento Ráster existentes²⁶.

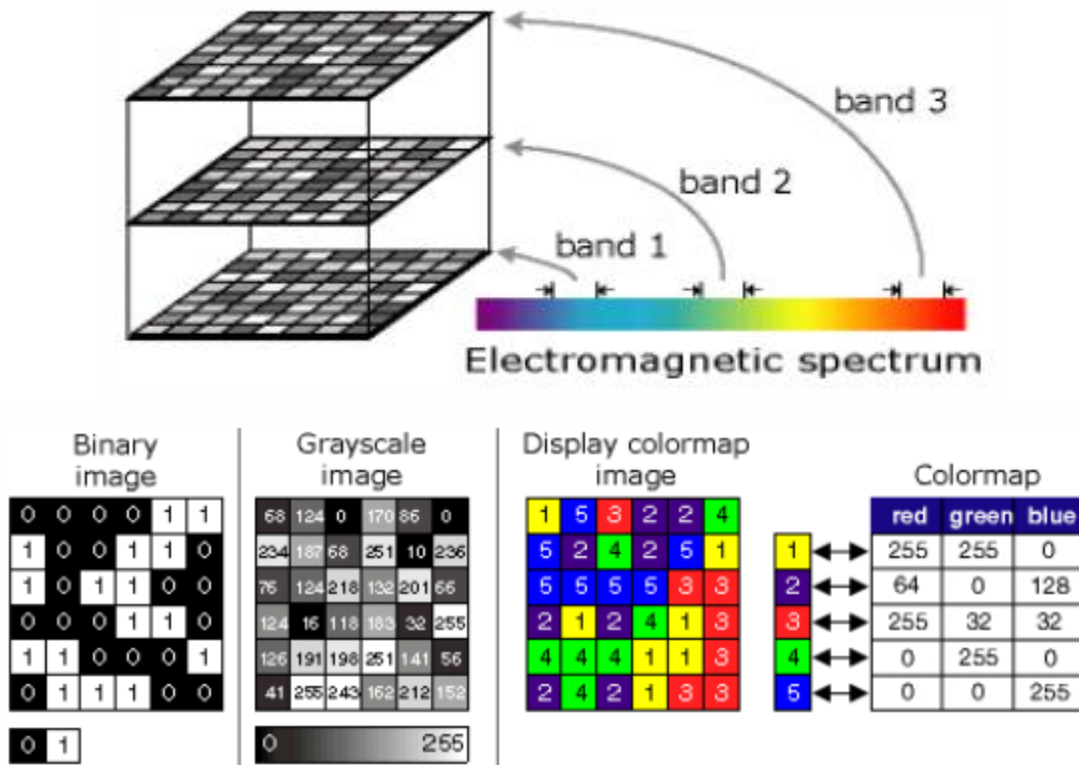


Figura 23. Correlaciones entre la información almacenada en los píxeles de una imagen satelital almacenada en “bandas” según las longitudes de onda dentro del espectro electromagnético. Cada píxel asocia diferentes tipos de datos que pueden ser extraídos, comparados o tabulados²⁷.. Tomado de <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/raster-bands.htm>

²⁶ Process satellite imagery | Mapbox. Mapbox.com. Retrieved 23 November 2016, from <https://www.mapbox.com/help/processing-satellite-imagery/>

²⁷ Tomado de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/raster-bands.htm>

Básicamente, el análisis de una imagen ráster satelital consiste en determinar y extraer toda la información posible de cada uno de los píxeles o celdas con valor asociado aprovechando la capacidad de los satélites, lentes y métodos en el proceso de captura de una imagen de captar mucho más que la información del espectro electromagnético visible por el ojo humano. Esto significa que se puede llegar a incluir información sobre coberturas vegetales, nubosidad atmosférica y reflejos ultravioleta e infrarrojos como parte de un territorio. Las bandas se dividen de la siguiente manera:

- **Banda 1:** Azul profundo y violeta.
- **Bandas 2, 3, and 4:** Azul, verde y rojos visibles.
- **Banda 5:** Infrarrojo o NIR.
- **Bandas 6 and 7:** Infrarrojo de onda corta o SWIR.
- **Banda 8:** Pancromática.
- **Banda 9:** Nubes.
- **Bandas 10 and 11:** Infrarrojo térmico o TIR.

Mapbox, una compañía líder en la generación de mapas e información cartográfica en el mundo, permite la extracción de este tipo de información.

Rasters are a pixel-based data format that efficiently represent continuous surfaces. The other common type of data you will come across in the world of mapping is vector data. Information in a raster is stored in a grid structure with each unit of information, or pixel, having the same size and shape but varying in value. Digital photographs are stored in this format, as are satellite images and orthophotography²⁸.

En la práctica, esto significa que la información que contienen los píxeles pueden emplearse para interpolar y determinar de manera precisa elementos, configuraciones y fenómenos que de otra manera tomaría un gasto elevado de tiempo y recursos para su efectiva comprobación en campo por medio de un equipo de profesionales. Este tipo de análisis se realizará posteriormente, teniendo en

²⁸ Process satellite imagery | Mapbox. Mapbox.com. Retrieved 23 November 2016, from <https://www.mapbox.com/help/processing-satellite-imagery/>

cuenta la “estructura piramidal” de las imágenes, en las que parte del grado de precisión del estudio depende de la escala en la que fue tomada la fotografía y el nivel de interpolación al que han sido sometidos los píxeles.

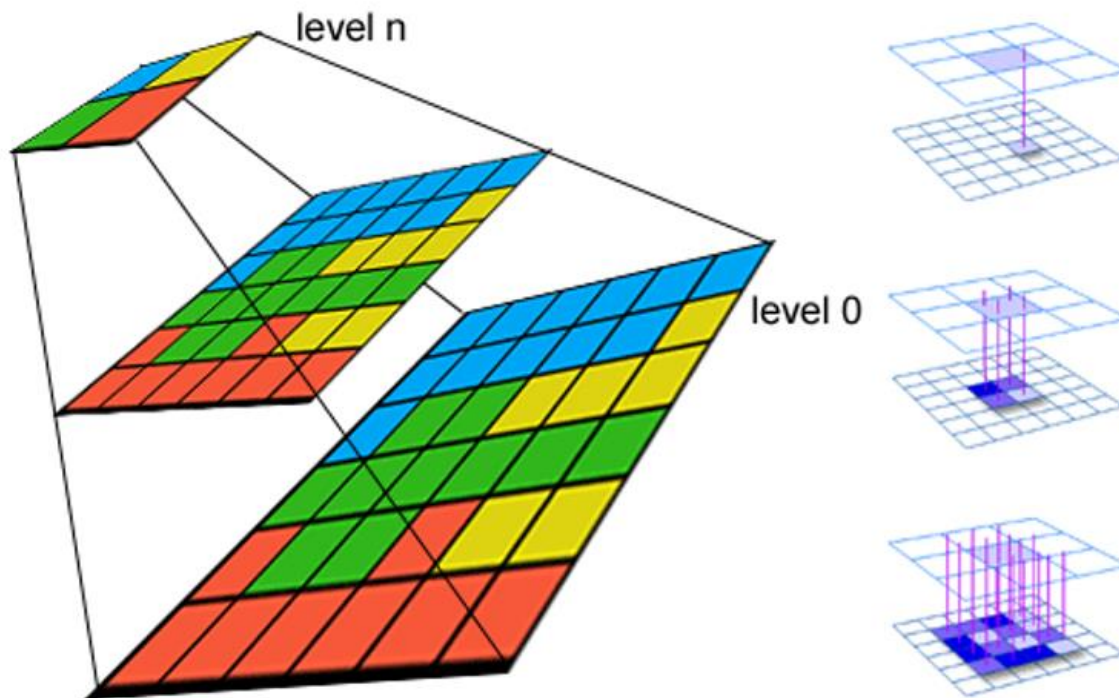


Figura 24. Representación de la estructura piramidal de una imagen ráster y de los diferentes tipos y grados de interpolación a los que esta puede ser sometida iterando los niveles y las escalas de precisión. Tomado de http://edndoc.esri.com/arcscde/9.0/java_api/raster/useapi/others.html

A partir de la imagen satelital de base presentada anteriormente, se realizan una serie de análisis preliminares en los que se puede llegar a determinar inicialmente las coberturas vegetales existentes en la zona, las construcciones y elementos no permeables dentro del área de estudio (edificios, casas, andenes, vías, etc.) y la reflectividad térmica o concentraciones de calor producidas en el territorio. Esta información se muestra a continuación:

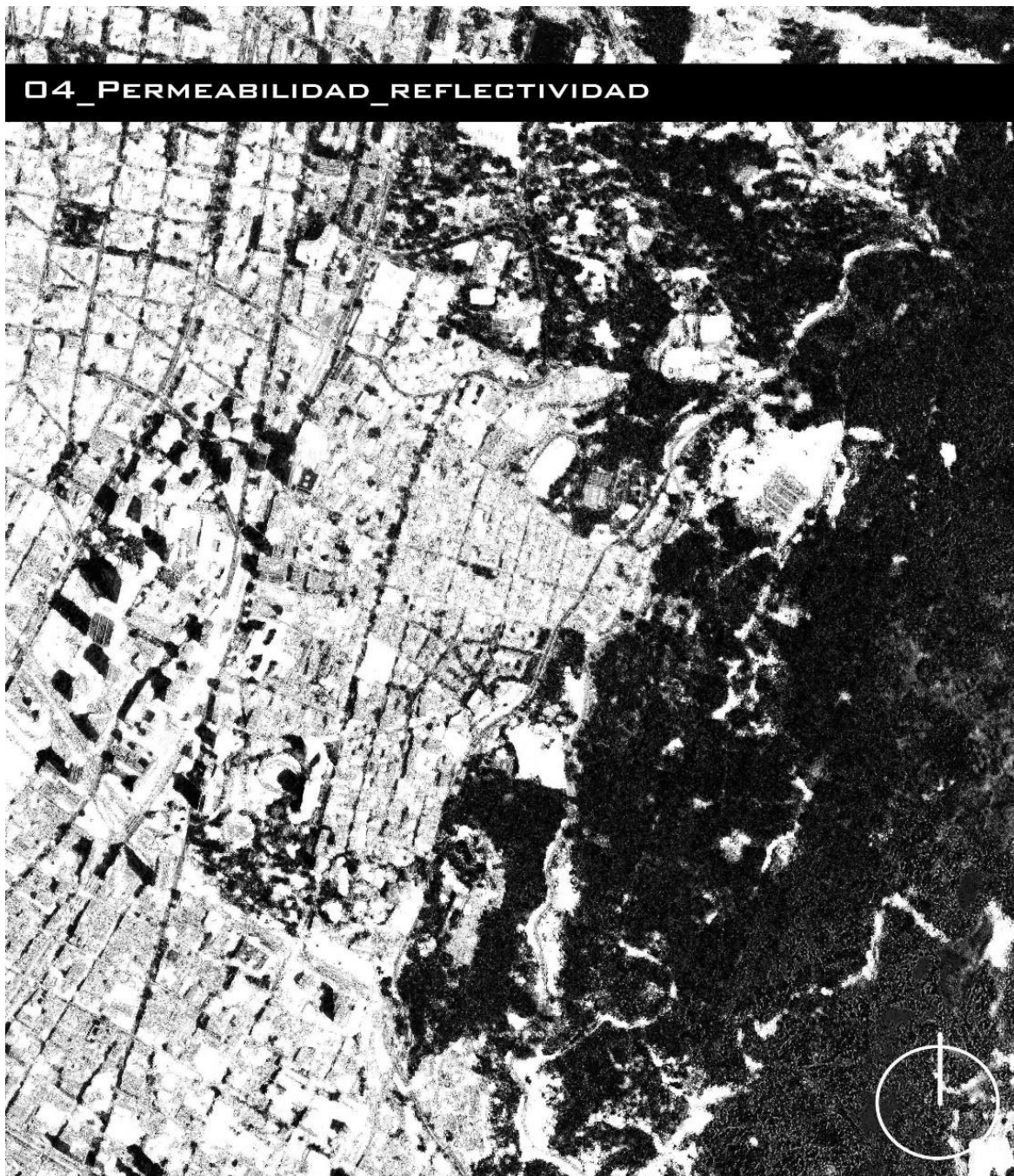


Figura 25. Cartografía con la información expuesta de las coberturas vegetales (zonas de mayor saturación, negras) y construcciones o elementos no permeables (zonas de baja saturación, blancas). Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

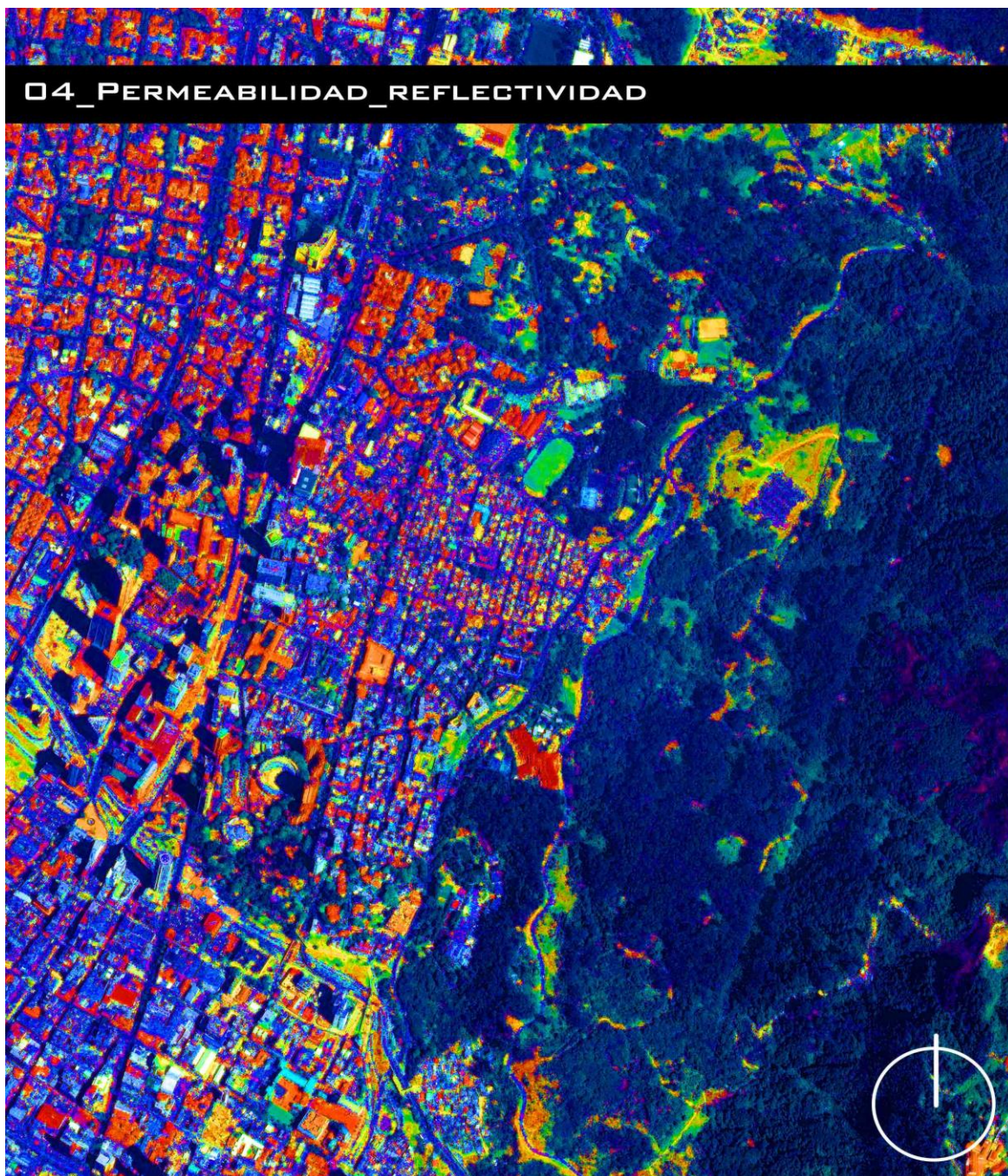


Figura 26. Cartografía con la información expuesta de los elementos construidos y naturales según la cantidad de calor retenido. Esta imagen es indicadora de los puntos térmicamente activos del área de estudio. Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

La información extraída a partir de estos análisis será posteriormente utilizada para formular, diseñar y definir el sistema de habitabilidad no humana aplicable para el área de estudio.

1.4.3. Space Syntax

A partir de los desarrollos implementados por el Centro para el Análisis Espacial Avanzado (Centre for Advanced Spatial Analysis - CASA), se propuso el desarrollo de una metodología análoga para la caracterización del área de estudio y de su contexto inmediato en términos de la importancia espacial que tiene un tramo de una vía en particular en un determinado momento según las percepciones cognitivas que se producen el cerebro según la disposición espacial de los elementos de la malla de conectividad y accesibilidad del ecosistema.

Para el desarrollo del Space Syntax en el análisis de la propuesta, se desarrolló una ecuación que relaciona y vincula cuatro parámetros clave: Angulo de giro máximo del tramo, ancho de vía mínimo del tramo, densidad de cruces en el tramo y pendiente máxima del tramo. Cada una de estas variables se explicará a continuación:

- **Angulo de giro máximo:** dada una vía con varias curvas en un tramo, se determina el ángulo de giro más cerrado para puntuar la variable, sin importar que la vía sea en la mayor proporción de su tramo no tan curva o incluso recta.
- **Ancho de vía mínimo:** dada una vía de ancho (entre paramento y paramento) variable, se determina el ancho menor dentro del tramo dado para puntuar la variable, sin importar si este valor no corresponde a el ancho promedio de la vía en el tramo dado.
- **Densidad de cruces:** Dado un tramo de vía, se contabilizarán cada una de las intersecciones que desembocan sobre ese tramo para puntuar la vía. Si la vía que desemboca sobre el tramo a su vez la cruza, la puntuación es doble.
- **Pendiente máxima:** se determinará la mayor pendiente de un tramo de vía dado para puntuar esta variable, sin importar que este no corresponda a la pendiente promedio.

La manera de puntuar cada una de las variables antes presentadas se muestra a continuación. Si bien se muestra un cuadro con el índice de puntajes tentativos propuestos para cada una, estos índices corresponden a una escala que puede

estar sujeta a variaciones. Esto significa que la metodología de puntuación no es esencialmente rígida, y puede servir para medir bajo diferentes ópticas y enfoques el mismo terreno dando como resultados diferentes mapificaciones en el Space Syntax resultante (método complejo de análisis).

1.4.3.1. Índice de puntuación para ángulos de giro:

La explicación de la manera en que se puntúa el tramo de la vía corresponde a que categoría dentro de los ocho posibles rangos (en donde 0° corresponde a callejos sin salida y 180° a un tramo completamente recto) se ubica el tramo en cuestión, luego de haber determinado cual es el ángulo de giro mínimo hallado en ese tramo. Teniendo en cuenta que el puntaje máximo otorgado a cada variable es de 1, los valores obtenidos se consideran el coeficiente resultante para la variable, el cual posteriormente será el introducido en la ecuación general de Space Syntax. Por ejemplo, para un tramo dado cuyo ángulo de giro máximo corresponde a 145°, se determina que este tramo se encuentra en el rango entre 131° y 156°, lo que corresponde a un coeficiente de 0.75 en la puntuación de la variable.

Ángulo de giro máximo (en grados)	Rubro	Multiplicador	Puntaje
180	0.125	8	1
157 a 179		7	0.875
131 a 156		6	0.75
112 a 130		5	0.625
89 a 111		4	0.5
67 a 88		3	0.375
44 a 66		2	0.25
0 a 43		1	0.125

Tabla 2. Sistema de puntuación para la variable de “ángulo de giro” en el sistema de Space Syntax. Elaboración propia.

1.4.3.2. Índice de puntuación para ancho de vía

Para la puntuación de la variable de ancho de vía, se procede con una metodología similar a la empleada para la puntuación de ángulos de giro (con respecto a la delimitación de los rangos y el uso de coeficientes). Para este caso, se determina un valor máximo del coeficiente de 1 y ocho rangos de clasificación del valor de ancho mínimo para un tramo de vía dado. Un ancho de vía mínimo para un tramo dado de 8 metros corresponde a un puntaje de 0.375 para el coeficiente de esta variable en particular, por ejemplo.

Ancho de vía mínimo	Rubro	Multiplicador	Puntaje
0 a 4.5	0.125	1	0.125
4.6 a 7.5		2	0.25
7.6 a 10.5		3	0.375
10.6 a 13.5		4	0.5
14.6 a 16.5		5	0.625
16.6 a 19.5		6	0.75
19.6 a 22.5		7	0.875
Mayor a 22.5		8	1

Tabla 3. Sistema de puntuación para la variable “Ancho de vía” en el sistema de Space Syntax. Elaboración propia.

1.4.3.3. Índice de puntuación para densidad de cruces

Para la puntuación de la variable de “densidad de cruces” en un tramo de vía dado, se procede a establecer el número de intersecciones viales existentes en el tramo, haciendo una diferenciación entre las intersecciones “completas” (que cruzan el tramo de vía) y las “incompletas” (que solo desembocan en el tramo). Para esta variable, la clasificación de los rangos es diferente a la clasificación presentada en los índices anteriores, pero conservan la misma lógica para la puntuación de los coeficientes, los cuales serán relacionados en la ecuación general de Space Syntax. Un tramo con 7 intersecciones viales corresponderá pues a una puntuación de 0.6 para el coeficiente de la variable, por ejemplo.

Densidad de cruces	Rubro	Multiplicador	Puntaje
0 a 3	0.2	1	0.2
4 a 5		2	0.4
6 a 9		3	0.6
10 a 19		4	0.8
Mayor a 19		5	1

Tabla 4. Sistema de puntuación para la variable “Densidad de cruces” en el sistema de Space Syntax. Elaboración propia.

1.4.3.4. Índice de puntuación para pendiente máxima de la vía

Para la clasificación y la puntuación de esta variable, se procede a establecer unos cuadrantes en el área de estudio, los cuales determinan a su vez una serie de áreas sobre las cuales se aplicará la puntuación. Para este caso, es necesario poseer la información topográfica del terreno a analizar, que para el caso del presente trabajo fue extraído de las bases cartográficas disponibles en IDECA Bogotá en medio electrónico como recurso y archivo de información geográfica (de extensión .SHP). Una vez definidos los cuadrantes y las pendientes máximas de toda el área de estudio, se procede a establecer los rangos sobre los cuales se puntuará el coeficiente de esta variable. La pendiente máxima siempre será la que defina la categoría en que se ubica el cuadrante analizado. Por ejemplo, un cuadrante con la presencia de una pendiente máxima de 18° corresponderá a un coeficiente de 0.56 en la puntuación de la variable.

Pendiente máxima	Rubro	Multiplicador	Puntaje
0° a 5°	0.14	7	0.98
6° a 10°		6	0.84
11° a 15°		5	0.7
16° a 20°		4	0.56
21° a 25°		3	0.42
26° a 30°		2	0.28
Mayor a 30°		1	0.14

Tabla 5. Sistema de puntuación para la variable “Pendiente máxima” en el sistema de Space Syntax. Elaboración propia.

1.4.3.5. Análisis del área de estudio mediante metodología de Space Syntax

El análisis y mapificación del área de estudio mediante Space Syntax consistió de tres fases:

- Diseño y definición de los rangos a emplear para cada una de las variables sujetas a ser puntuadas (esta definición es particular para el área de estudio de este trabajo. Cada territorio puede precisar rangos y rubros diferentes según las condiciones propias de la zona). Esto corresponde a los “índices de puntuación” explicados anteriormente, cuyo diseño y aplicación particular está relacionado directamente con el área de estudio de este trabajo.
- Definición de los cuadrantes sobre los cuales se puntuará el área de estudio. Estos cuadrantes corresponderán a áreas de terreno de idénticas proporciones, aunque el área definida puede ser variada según el grado de precisión sobre el cual se va a trabajar (es decir, territorios más extensos pueden ser analizados con márgenes de error mayores y cuadrantes más grandes; porciones de territorio puntuales pueden ser posteriormente analizados bajo cuadrantes más pequeños y con un grado de precisión mayor).

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

- Diseño y formulación de la ecuación general de Space Syntax que relaciona las cuatro variables a analizar, determinando el peso relativo que cada variable tiene en la totalidad de la ecuación (este “peso relativo” es la manera en que se jerarquiza la importancia de cada una de las variables analizadas, y pueden a su vez ser modificadas según las particularidades de un territorio).

La definición de los cuadrantes para el análisis del área de estudio del presente trabajo se muestra a continuación:

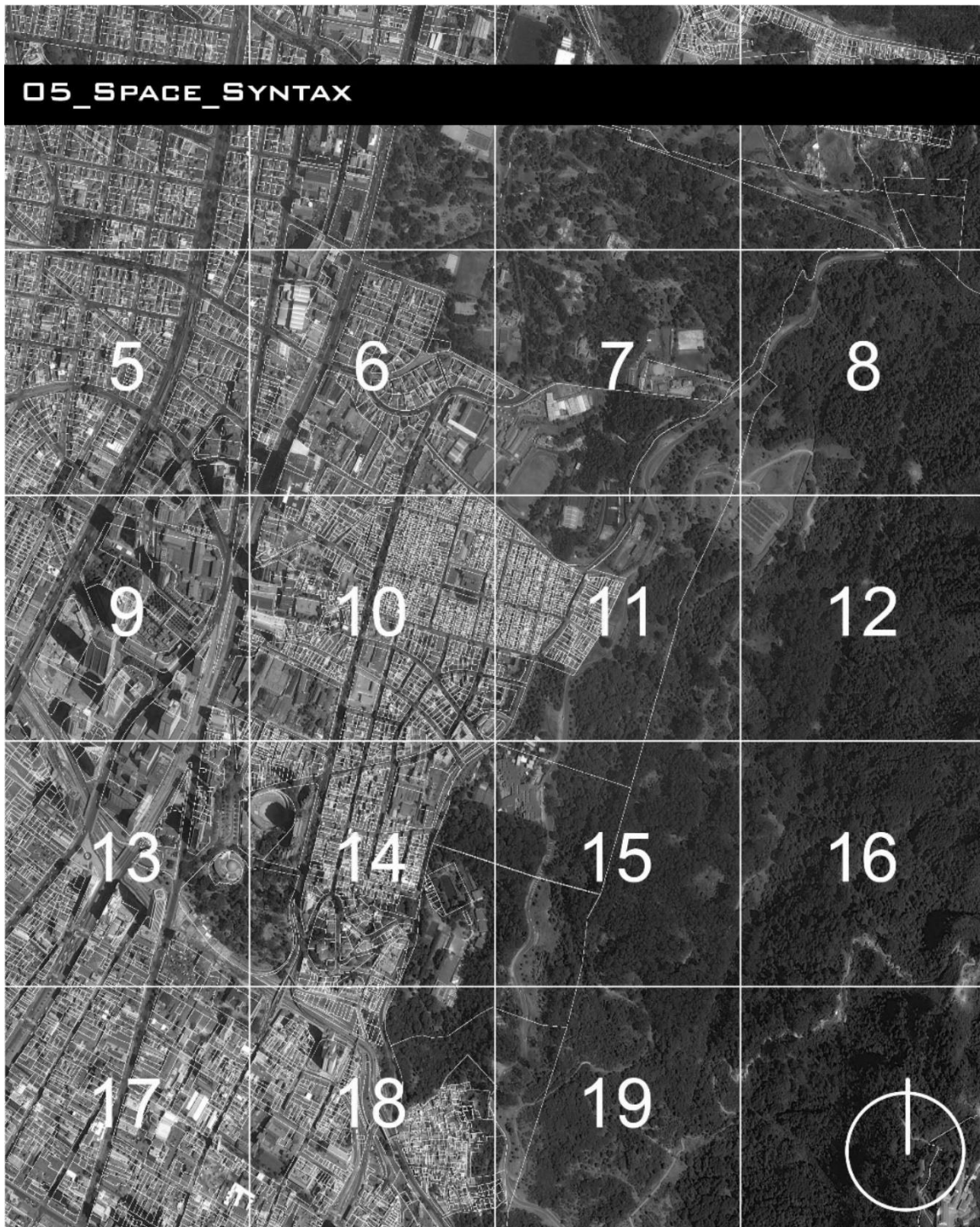


Figura 27. Definición de los cuadrantes para posterior análisis de Space Syntax. Grilla de 500m x 500m. Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

Cada uno de estos cuadrantes tiene asociada una información extraída de las bases de datos y los sistemas de información geográfica encontradas en la cartografía disponible en IDECA. Para el caso del análisis por Space Syntax, se asoció inicialmente un valor de pendiente máxima a cada uno de los cuadrantes, tal y como se presenta en la siguiente tabla. Esta tabla es una abstracción que representa la ubicación de cada uno de los cuadrantes y el valor de la pendiente máxima otorgada para cada celda:

Mapa pendientes						
3		7		24		26
4		11		16		26
5		15		18		26
5		14		18		26
5		20		18		26

Tabla 6. Tabla de abstracción con el valor asignado a cada cuadrante y su localización relativa en el sistema de coordenadas relativo al área de estudio. Elaboración propia.

Posteriormente, se procede a la formulación de la ecuación general de “Space Syntax” empleada para este análisis particular. Para este caso, la formula diseñada es la siguiente, donde:

- AG: Angulo de giro máximo
- AV: Ancho de vía mínimo
- DC: Densidad de cruces
- P: Pendiente máxima

$$\text{Puntaje del tramo} = ((AG*0.15) + (AV*0.3) + (DC*0.35) + (P*0.2))$$

El diseño y formulación de esta ecuación en particular jerarquiza las variables de tal manera que la densidad de los cruces es la variable con más peso relativo, seguido por el ancho de la vía, la pendiente máxima y el ángulo de giro, en ese orden.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

A continuación, se procede a realizar una caracterización minuciosa de cada una de las calles y carreras existentes dentro del área de estudio en cada uno de los cuadrantes, en los que se consigna toda la información relacionada a las variables de análisis expuestas anteriormente. Como parte de este trabajo, se desarrolló una versión de Space Syntax (Versión 3.0) en una hoja de cálculo de Excel, la cual se anexa como parte de los productos y herramientas de modelación resultantes del presente proyecto.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Vía	Tramo	Ángulos de giro		Ancho de vía		Nuevo ancho			Densidad de cruces		Nuev	
		Valor	Coficiente	Valor	Coficiente	Valor	Coficiente	Cambio	Valor	Coficiente	Valor	
Carrera	1	8	123	0.75	3	0.125	3	0.125	→	2	0.2	2
		12	116	0.75	3	0.125	3	0.125	→	0	0.2	0
		11	149	0.875	3	0.125	3	0.125	→	0	0.2	0
		15	140	0.875	3	0.125	3	0.125	→	0	0.2	0
		19	100	0.625	3	0.125	3	0.125	→	4	0.4	4
	2	11	175	1	13.4	0.5	13.4	0.5	→	5	0.4	5
		18	174	1	7.5	0.25	7.5	0.25	→	6	0.6	6
	3	3	157	0.875	10	0.375	10	0.375	→	2	0.2	2
		4	155	0.875	6.7	0.25	6.7	0.25	→	2	0.2	2
		8	165	1	8.8	0.375	8.8	0.375	→	1	0.2	1
		7	133	0.875	10.7	0.5	10.7	0.5	→	2	0.2	2
		11	160	1	7.9	0.375	7.9	0.375	→	3	0.2	3
		15	162	1	8.2	0.375	8.2	0.375	→	0	0.2	0
		19	143	0.875	8.2	0.375	8.2	0.375	→	5	0.4	5
	4	3	132	0.875	4.8	0.25	4.8	0.25	→	3	0.2	3
		10	146	0.875	8.5	0.375	8.5	0.375	→	8	0.6	8
		14	93	0.625	10	0.375	10	0.375	→	10	0.8	10
	5	3	107	0.625	13.5	0.5	13.5	0.5	→	5	0.4	5
		7	145	0.875	11.9	0.5	11.9	0.5	→	2	0.2	2
		6	148	0.875	18.5	0.75	18.5	0.75	→	5	0.4	5
		10	178	1	16	0.625	16	0.625	→	11	0.8	11
		14	162	1	22.3	0.875	22.3	0.875	→	10	0.8	10
		18	177	1	26.8	1	26.8	1	→	16	0.8	16
		17	178	1	17.1	0.75	17.1	0.75	→	6	0.6	6
	6	6	180	1	13	0.5	13	0.5	→	9	0.6	9
	7	2	179	1	22.1	0.875	22.1	0.875	→	6	0.6	6
		6	175	1	20.5	0.875	20.5	0.875	→	8	0.6	8
		9	172	1	40.26	1	40.26	1	→	9	0.6	9
		13	171	1	16.6	0.75	16.6	0.75	→	18	0.8	18
		17	178	1	17.7	0.75	17.7	0.75	→	6	0.6	6
	8	2	175	1	13.9	0.625	13.9	0.625	→	7	0.6	7
		17	178	1	12.4	0.5	12.4	0.5	→	8	0.6	8
	9	13	180	1	11.2	0.5	11.2	0.5	→	4	0.4	4
17		176	1	10.1	0.375	10.1	0.375	→	8	0.6	8	
10	13	179	1	32.7	1	32.7	1	→	19	0.8	19	
	17	178	1	40.5	1	40.5	1	→	4	0.4	4	
13	2	180	1	20.9	0.875	20.9	0.875	→	11	0.8	11	
	6	180	1	18.8	0.75	18.8	0.75	→	5	0.4	5	
	9	164	1	21.6	0.875	21.6	0.875	→	6	0.6	6	
	13	169	1	22.8	1	22.8	1	→	18	0.8	18	
13a	2	177	1	15.7	0.625	15.7	0.625	→	8	0.6	8	
	5	88	0.5	6.6	0.25	6.6	0.25	→	9	0.6	9	
	9	160	1	14.3	0.625	14.3	0.625	→	9	0.6	9	

Tabla 7. 1-1: Generación de un paquete de datos (Big Data) con la información discriminada en cada calle, carrera y tramo de vía analizado, En la imagen se muestra el estado inicial sin cambios en el sistema (las flechas horizontales indican que no se presentó un cambio en los valores). Elaboración propia.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

a densidad de cruces		Pendiente		Puntaje	Puntaje promedio	Nuevo Puntaje	Puntaje promedio
Coeficiente	Cambio	Valor	Coeficiente				
0.2	⇒	26	0.28	0.276	0.32735	0.276	0.32735
0.2	⇒	26	0.28	0.276		0.276	
0.2	⇒	18	0.56	0.35075		0.35075	
0.2	⇒	18	0.56	0.35075		0.35075	
0.4	⇒	18	0.56	0.38325		0.38325	
0.4	⇒	18	0.56	0.552	0.5495	0.552	0.5495
0.6	⇒	20	0.56	0.547		0.547	
0.2	⇒	24	0.42	0.39775	0.423786	0.39775	0.423786
0.2	⇒	26	0.28	0.33225		0.33225	
0.2	⇒	26	0.28	0.3885		0.3885	
0.2	⇒	16	0.56	0.46325		0.46325	
0.2	⇒	18	0.56	0.4445		0.4445	
0.2	⇒	18	0.56	0.4445		0.4445	
0.4	⇒	18	0.56	0.49575		0.49575	
0.2	⇒	24	0.42	0.36025	0.52675	0.36025	0.52675
0.6	⇒	15	0.7	0.59375		0.59375	
0.8	⇒	14	0.7	0.62625		0.62625	
0.4	⇒	24	0.42	0.46775	0.682893	0.46775	0.682893
0.2	⇒	16	0.56	0.46325		0.46325	
0.4	⇒	11	0.7	0.63625		0.63625	
0.8	⇒	15	0.7	0.7575		0.7575	
0.8	⇒	14	0.7	0.8325		0.8325	
0.8	⇒	20	0.56	0.842		0.842	
0.6	⇒	5	0.98	0.781		0.781	
0.6	⇒	11	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65
0.6	⇒	7	0.84	0.7905	0.8082	0.7905	0.8082
0.6	⇒	11	0.7	0.7625		0.7625	
0.6	⇒	5	0.98	0.856		0.856	
0.8	⇒	5	0.98	0.851		0.851	
0.6	⇒	5	0.98	0.781		0.781	
0.6	⇒	7	0.84	0.7155	0.71075	0.7155	0.71075
0.6	⇒	5	0.98	0.706		0.706	
0.4	⇒	5	0.98	0.636	0.65225	0.636	0.65225
0.6	⇒	5	0.98	0.6685		0.6685	
0.8	⇒	5	0.98	0.926	0.856	0.926	0.856
0.4	⇒	5	0.98	0.786		0.786	
0.8	⇒	7	0.84	0.8605	0.815	0.8605	0.815
0.4	⇒	11	0.7	0.655		0.655	
0.6	⇒	5	0.98	0.8185		0.8185	
0.8	⇒	5	0.98	0.926		0.926	
0.6	⇒	7	0.84	0.7155		0.648688	
0.6	⇒	4	0.98	0.556	0.556		
0.6	⇒	5	0.98	0.7435	0.7435		

Tabla 8. 1-2: Los colores indican, siguiendo una escala térmica (azul/frío y rojo/caliente) los puntajes parciales de cada uno de los tramos y su relación con el resto del sistema. En este caso, se presentan dos simulaciones idénticas, pues no hay cambios en el sistema tal y como lo indican las flechas horizontales.

Elaboración propia.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Calle	14	13	150	0.875	8.1	0.375	8.1	0.375	→	5	0.4	5
		1	177	1	40.3	1	40.3	1	→	11	0.8	11
		5	173	1	40.6	1	40.6	1	→	12	0.8	12
		9	178	1	40.1	1	40.1	1	→	15	0.8	15
	39	2	157	0.875	26.3	1	26.3	1	→	15	0.8	15
		3	114	0.75	10.21	0.375	10.21	0.375	→	4	0.4	4
		4	99	0.625	7.5	0.25	7.5	0.25	→	8	0.6	8
	38	1	180	1	10.5	0.375	10.5	0.375	→	7	0.6	7
		2	180	1	13.4	0.5	13.4	0.5	→	6	0.6	6
	37	1	157	0.875	15.5	0.625	15.5	0.625	→	13	0.8	13
		2	149	0.875	3.5	0.125	3.5	0.125	→	8	0.6	8
	36	1	180	1	14.1	0.625	14.1	0.625	→	18	0.8	18
		2	93	0.625	15.8	0.625	15.8	0.625	→	5	0.4	5
		6	160	1	10.6	0.5	10.6	0.5	→	7	0.6	7
	35	1	180	1	15.9	0.625	15.9	0.625	→	10	0.8	10
		6	155	0.875	7.1	0.25	7.1	0.25	→	12	0.8	12
	34	5	163	1	18	0.75	18	0.75	→	15	0.8	15
		6	62	0.375	7.2	0.25	7.2	0.25	→	10	0.8	10
		11	127	0.75	5.3	0.25	5.3	0.25	→	11	0.8	11
		8	119	0.75	6	0.25	6	0.25	→	2	0.2	2
	33	5	176	1	13.2	0.5	13.2	0.5	→	15	0.8	15
		6	177	1	8.3	0.375	8.3	0.375	→	11	0.8	11
		10	87	0.5	9.3	0.375	9.3	0.375	→	15	0.8	15
		11	180	1	10	0.375	10	0.375	→	8	0.6	8
	32	5	158	1	22.3	0.875	22.3	0.875	→	20	1	20
		9	39	0.25	19.2	0.75	19.2	0.75	→	11	0.8	11
		10	177	1	7.7	0.375	7.7	0.375	→	29	1	29
		11	161	1	9.8	0.375	9.8	0.375	→	17	0.8	17
	31	10	101	0.625	5.8	0.25	5.8	0.25	→	16	0.8	16
		11	149	0.875	14.3	0.625	14.3	0.625	→	8	0.6	8
	28	10	176	1	9.3	0.375	9.3	0.375	→	11	0.8	11
	28	9	146	0.875	13.8	0.625	13.8	0.625	→	19	0.8	19
	27	11	180	1	9.8	0.375	9.8	0.375	→	6	0.6	6
		10	164	1	9.4	0.375	9.4	0.375	→	9	0.6	9
		14	161	1	13.1	0.5	13.1	0.5	→	7	0.6	7
		13	154	0.875	29.7	1	29.7	1	→	9	0.6	9
	26	13	174	1	26.8	1	26.8	1	→	24	1	24
		18	152	0.875	29.3	1	29.3	1	→	13	0.8	13

Tabla 9. 1-3: Generación de un paquete de datos (Big Data) con la información discriminada en cada calle, carrera y tramo de vía analizado, En la imagen se muestra el estado inicial sin cambios en el sistema (las flechas horizontales indican que no se presentó un cambio en los valores). Elaboración propia.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

0.4 →	5	0.98	0.57975		0.57975		
0.8 →	3	0.98	0.926	0.926	0.926	0.926	
0.8 →	4	0.98	0.926		0.926		
0.8 →	5	0.98	0.926		0.926		
0.8 →	7	0.84	0.87925	0.58767	0.87925	0.58767	
0.4 →	24	0.42	0.449		0.449		
0.6 →	26	0.28	0.43475		0.43475		
0.6 →	3	0.98	0.6685	0.67325	0.6685	0.67325	
0.6 →	7	0.84	0.678		0.678		
0.8 →	3	0.98	0.79475	0.67075	0.79475	0.67075	
0.6 →	7	0.84	0.54675		0.54675		
0.8 →	3	0.98	0.8135	0.68425	0.8135	0.68425	
0.4 →	7	0.84	0.58925		0.58925		
0.6 →	11	0.7	0.65		0.65		
0.8 →	3	0.98	0.8135	0.71988	0.8135	0.71988	
0.8 →	11	0.7	0.62625		0.62625		
0.8 →	4	0.98	0.851	0.57381	0.851	0.57381	
0.8 →	11	0.7	0.55125		0.55125		
0.8 →	18	0.56	0.5795		0.5795		
0.2 →	26	0.28	0.3135		0.3135		
0.8 →	4	0.98	0.776	0.66263	0.776	0.66263	
0.8 →	11	0.7	0.6825		0.6825		
0.8 →	15	0.7	0.6075		0.6075		
0.6 →	18	0.56	0.5845		0.5845		
1 →	4	0.98	0.9585	0.776	0.9585	0.776	
0.8 →	5	0.98	0.7385		0.7385		
1 →	15	0.7	0.7525		0.7525		
0.8 →	18	0.56	0.6545		0.6545		
0.8 →	15	0.7	0.58875	0.61475	0.58875	0.61475	
0.6 →	18	0.56	0.64075		0.64075		
0.8 →	15	0.7	0.6825	0.6825	0.6825	0.6825	
0.8 →	5	0.98	0.79475	0.79475	0.79475	0.79475	
0.6 →	18	0.56	0.5845	0.67106	0.5845	0.67106	
0.6 →	15	0.7	0.6125		0.6125		
0.6 →	14	0.7	0.65		0.65		
0.6 →	5	0.98	0.83725		0.83725		
1 →	5	0.98	0.996	0.90963	0.996	0.90963	
0.8 →	20	0.56	0.82325		0.82325		

Tabla 10. 1-4: Los colores indican, siguiendo una escala térmica (azul/frío y rojo/caliente) los puntajes parciales de cada uno de los tramos y su relación con el resto del sistema. En este caso, se presentan dos simulaciones idénticas, pues no hay cambios en el sistema tal y como lo indican las flechas horizontales.

Elaboración propia.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

	Vía	Tramo	Ángulos de giro		Ancho de vía		Nuevo ancho			Densidad de cruces		Nuev
			Valor	Coficiente	Valor	Coficiente	Valor	Coficiente	Cambio	Valor	Coficiente	Valor
Carrera	1	8	123	0.75	3	0.125	5	0.25	↑	2	0.2	4
		12	116	0.75	3	0.125	4	0.125	↑	0	0.2	2
		11	149	0.875	3	0.125	8	0.375	↑	0	0.2	3
		15	140	0.875	3	0.125	2	0.125	↓	0	0.2	6
		19	100	0.625	3	0.125	1	0.125	↓	4	0.4	5
	2	11	175	1	13.4	0.5	5	0.25	↓	5	0.4	4
		18	174	1	7.5	0.25	6	0.25	↓	6	0.6	8
	3	3	157	0.875	10	0.375	10	0.375	→	2	0.2	9
		4	155	0.875	6.7	0.25	4	0.125	↓	2	0.2	5
		8	165	1	8.8	0.375	8	0.375	↓	1	0.2	4
		7	133	0.875	10.7	0.5	10.7	0.5	→	2	0.2	7
		11	160	1	7.9	0.375	20	0.875	↑	3	0.2	8
		15	162	1	8.2	0.375	21	0.875	↑	0	0.2	4
	19	143	0.875	8.2	0.375	8.2	0.375	→	5	0.4	5	
	4	3	132	0.875	4.8	0.25	2	0.125	↓	3	0.2	9
		10	146	0.875	8.5	0.375	12	0.5	↑	8	0.6	5
		14	93	0.625	10	0.375	2	0.125	↓	10	0.8	1
	5	3	107	0.625	13.5	0.5	5	0.25	↓	5	0.4	2
		7	145	0.875	11.9	0.5	66	1	↑	2	0.2	5
		6	148	0.875	18.5	0.75	4	0.125	↓	5	0.4	4
		10	178	1	16	0.625	8	0.375	↓	11	0.8	7
		14	162	1	22.3	0.875	7	0.25	↓	10	0.8	8
		18	177	1	26.8	1	41	1	↑	16	0.8	4
	17	178	1	17.1	0.75	10	0.375	↓	6	0.6	9	
	6	6	180	1	13	0.5	20	0.875	↑	9	0.6	6
	7	2	179	1	22.1	0.875	25	1	↑	6	0.6	5
		6	175	1	20.5	0.875	32	1	↑	8	0.6	3
		9	172	1	40.26	1	15	0.625	↓	9	0.6	2
		13	171	1	16.6	0.75	14	0.625	↓	18	0.8	5
		17	178	1	17.7	0.75	12	0.5	↓	6	0.6	4
	8	2	175	1	13.9	0.625	15	0.625	↑	7	0.6	8
		17	178	1	12.4	0.5	32	1	↑	8	0.6	8
	9	13	180	1	11.2	0.5	21	0.875	↑	4	0.4	7
		17	176	1	10.1	0.375	45	1	↑	8	0.6	4
	10	13	179	1	32.7	1	10	0.375	↓	19	0.8	5
		17	178	1	40.5	1	20	0.875	↓	4	0.4	9
	13	2	180	1	20.9	0.875	12	0.5	↓	11	0.8	8
		6	180	1	18.8	0.75	18.8	0.75	→	5	0.4	6
		9	164	1	21.6	0.875	21.6	0.875	→	6	0.6	5
		13	169	1	22.8	1	22.8	1	→	18	0.8	8
	13a	2	177	1	15.7	0.625	12	0.5	↓	8	0.6	6
		5	88	0.5	6.6	0.25	15	0.625	↑	9	0.6	5
		9	160	1	14.3	0.625	15	0.625	↑	9	0.6	8

Tabla 11. 2-1: El paquete de datos que representa el estado inicial del sistema es modificado según proyecciones o conjeturas que se hacen sobre el sistema en su estado 0 (columna “ancho de vía”). Las flechas indican la naturaleza del cambio (columna “nuevo ancho”): Verdes indican un cambio positivo en la puntuación de la variable con respecto al estado 0. Una flecha horizontal indica que no hubo cambio. Una flecha roja indica un cambio negativo en la puntuación. Elaboración propia.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

a densidad de cruces		Pendiente		Puntaje	Puntaje promedio	Nuevo Puntaje	Puntaje promedio	
Coeficiente	Cambio	Valor	Coeficiente					
0.4	↑	26	0.28	0.276	0.32735	0.3835	0.39185	
0.2	↑	26	0.28	0.276		0.276		
0.2	↑	18	0.56	0.35075		0.42575		
0.6	↑	18	0.56	0.35075		0.49075		
0.4	↑	18	0.56	0.38325		0.38325		
0.4	↓	18	0.56	0.552	0.5495	0.477	0.512	
0.6	↑	20	0.56	0.547	0.547	0.547		
0.6	↑	24	0.42	0.39775	0.423786	0.53775	0.551286	
0.4	↑	26	0.28	0.33225		0.36475		
0.4	↑	26	0.28	0.3885		0.4585		
0.6	↑	16	0.56	0.46325		0.60325		
0.6	↑	18	0.56	0.4445		0.7345		
0.4	↑	18	0.56	0.4445		0.6645		
0.4	⇒	18	0.56	0.49575		0.49575		
0.6	↑	24	0.42	0.36025	0.52675	0.46275	0.455083	
0.4	↓	15	0.7	0.59375	0.56125	0.34125		
0.2	↓	14	0.7	0.62625	0.32275	0.32275	0.57325	
0.2	↓	24	0.42	0.46775	0.682893	0.68325		
0.4	↑	16	0.56	0.46325		0.44875		
0.4	↓	11	0.7	0.63625		0.6125		
0.6	↓	15	0.7	0.7575		0.575		
0.6	↓	14	0.7	0.8325		0.702		
0.4	↓	20	0.56	0.842		0.6685		
0.6	↑	5	0.98	0.781		0.65	0.65	0.7625
0.6	↓	11	0.7	0.65	0.65	0.7625	0.7625	
0.4	↓	7	0.84	0.7905	0.8082	0.758	0.6662	
0.2	↓	11	0.7	0.7625		0.66		
0.2	↓	5	0.98	0.856		0.6035		
0.4	↓	5	0.98	0.851		0.6735		
0.4	↓	5	0.98	0.781		0.636		
0.6	↑	7	0.84	0.7155	0.71075	0.7155	0.78575	
0.6	⇒	5	0.98	0.706	0.706	0.856		
0.6	↑	5	0.98	0.636	0.65225	0.8185	0.80225	
0.4	↓	5	0.98	0.6685	0.6685	0.786		
0.4	↓	5	0.98	0.926	0.856	0.5985	0.7085	
0.6	↑	5	0.98	0.786	0.786	0.8185		
0.6	↓	7	0.84	0.8605	0.815	0.678	0.751875	
0.6	↑	11	0.7	0.655		0.725		
0.4	↓	5	0.98	0.8185		0.7485		
0.6	↓	5	0.98	0.926		0.856		
0.6	↓	7	0.84	0.7155	0.648688	0.678	0.704938	
0.4	↓	4	0.98	0.556		0.5985		
0.6	↓	5	0.98	0.7435		0.7435		

Tabla 12. 2-2: Los cambios puntuales en la valoración de una variable en particular (indicados por las flechas) influyen en la conformación del sistema en su totalidad y en la manera en que se gestionan en tiempo real las escalas térmicas en que se clasifican los tramos de vía analizados. Elaboración propia.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Calle	14	13	150	0.875	8.1	0.375	20	0.875	↑	5	0.4	7
		1	177	1	40.3	1	21	0.875	↓	11	0.8	8
		5	173	1	40.6	1	40.6	1	→	12	0.8	9
		9	178	1	40.1	1	40.1	1	→	15	0.8	8
	39	2	157	0.875	26.3	1	26.3	1	→	15	0.8	7
		3	114	0.75	10.21	0.375	12	0.5	↑	4	0.4	7
		4	99	0.625	7.5	0.25	5	0.25	↓	8	0.6	8
	38	1	180	1	10.5	0.375	6	0.25	↓	7	0.6	9
		2	180	1	13.4	0.5	12	0.5	↓	6	0.6	8
	37	1	157	0.875	15.5	0.625	32	1	↑	13	0.8	7
		2	149	0.875	3.5	0.125	10	0.375	↑	8	0.6	8
	36	1	180	1	14.1	0.625	14.1	0.625	→	18	0.8	9
		2	93	0.625	15.8	0.625	15.8	0.625	→	5	0.4	8
6		160	1	10.6	0.5	10	0.375	↓	7	0.6	7	
35	1	180	1	15.9	0.625	12	0.5	↓	10	0.8	5	
	6	155	0.875	7.1	0.25	7.1	0.25	→	12	0.8	4	
34	5	163	1	18	0.75	18	0.75	→	15	0.8	5	
	6	62	0.375	7.2	0.25	12	0.5	↑	10	0.8	6	
	11	127	0.75	5.3	0.25	12	0.5	↑	11	0.8	8	
	8	119	0.75	6	0.25	6	0.25	→	2	0.2	5	
33	5	176	1	13.2	0.5	13.2	0.5	→	15	0.8	4	
	6	177	1	8.3	0.375	12	0.5	↑	11	0.8	5	
	10	87	0.5	9.3	0.375	9.3	0.375	→	15	0.8	8	
	11	180	1	10	0.375	15	0.625	↑	8	0.6	7	
32	5	158	1	22.3	0.875	50	1	↑	20	1	1	
	9	39	0.25	19.2	0.75	20	0.875	↑	11	0.8	5	
	10	177	1	7.7	0.375	32	1	↑	29	1	2	
	11	161	1	9.8	0.375	9.8	0.375	→	17	0.8	4	
31	10	101	0.625	5.8	0.25	5.8	0.25	→	16	0.8	8	
	11	149	0.875	14.3	0.625	12	0.5	↓	8	0.6	4	
28	10	176	1	9.3	0.375	10	0.375	↑	11	0.8	2	
27	9	146	0.875	13.8	0.625	10	0.375	↓	19	0.8	5	
	11	180	1	9.8	0.375	20	0.875	↑	6	0.6	6	
	10	164	1	9.4	0.375	12	0.5	↑	9	0.6	9	
	14	161	1	13.1	0.5	12	0.5	↓	7	0.6	4	
26	13	154	0.875	29.7	1	12	0.5	↓	9	0.6	8	
	13	174	1	26.8	1	26.8	1	→	24	1	4	
	18	152	0.875	29.3	1	29.3	1	→	13	0.8	8	

Tabla 13. 2-3: El paquete de datos que representa el estado inicial del sistema es modificado según proyecciones o conjeturas que se hacen sobre el sistema en su estado 0 (columna “ancho de vía”). Las flechas indican la naturaleza del cambio (columna “nuevo ancho”): Verdes indican un cambio positivo en la puntuación de la variable con respecto al estado 0. Una flecha horizontal indica que no hubo cambio. Una flecha roja indica un cambio negativo en la puntuación. Elaboración propia.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

0.6	↑	5	0.98	0.57975		0.79975		
0.6	↓	3	0.98	0.926		0.8185		
0.6	↓	4	0.98	0.926	0.926	0.856	0.8435	
0.6	↓	5	0.98	0.926		0.856		
0.6	↓	7	0.84	0.87925		0.80925		
0.6	↑	24	0.42	0.449	0.58767	0.5565	0.60017	
0.6	⇒	26	0.28	0.43475		0.43475		
0.6	↑	3	0.98	0.6685		0.631		
0.6	↑	7	0.84	0.678	0.67325	0.678	0.6545	
0.6	↓	3	0.98	0.79475		0.83725		
0.6	⇒	7	0.84	0.54675	0.67075	0.62175	0.7295	
0.6	↓	3	0.98	0.8135		0.7435		
0.6	↑	7	0.84	0.58925	0.68425	0.65925	0.67175	
0.6	⇒	11	0.7	0.65		0.6125		
0.4	↓	3	0.98	0.8135		0.636		
0.4	↓	11	0.7	0.62625	0.71988	0.48625	0.56113	
0.4	↓	4	0.98	0.851		0.711		
0.6	↓	11	0.7	0.55125		0.55625		
0.6	↓	18	0.56	0.5795	0.57381	0.5845	0.55881	
0.4	↑	26	0.28	0.3135		0.3835		
0.4	↓	4	0.98	0.776		0.636		
0.4	↓	11	0.7	0.6825		0.58		
0.6	↓	15	0.7	0.6075	0.66263	0.5375	0.60325	
0.6	↓	18	0.56	0.5845		0.6595		
0.2	↓	4	0.98	0.9585		0.716		
0.4	↓	5	0.98	0.7385		0.636		
0.2	↓	15	0.7	0.7525	0.776	0.66	0.63163	
0.4	↓	18	0.56	0.6545		0.5145		
0.6	↓	15	0.7	0.58875		0.51875		
0.4	↓	18	0.56	0.64075	0.61475	0.53325	0.526	
0.2	↓	15	0.7	0.6825	0.6825	0.4725	0.4725	
0.4	↓	5	0.98	0.79475	0.79475	0.57975	0.57975	
0.6	⇒	18	0.56	0.5845		0.7345		
0.6	⇒	15	0.7	0.6125		0.65		
0.4	↓	14	0.7	0.65	0.67106	0.58	0.66294	
0.6	↓	5	0.98	0.83725		0.68725		
0.4	↓	5	0.98	0.996		0.786		
0.6	↓	20	0.56	0.82325	0.90963	0.75325	0.76963	

Tabla 14. 2-4: Los cambios puntuales en la valoración de una variable en particular (indicados por las flechas) influyen en la conformación del sistema en su totalidad y en la manera en que se gestionan en tiempo real las escalas térmicas en que se clasifican los tramos de vía analizados. Elaboración propia.

Una vez se han determinado todos los puntajes iniciales y los cambios proyectados en el sistema, se procede a la tabulación de toda la información en los cuadrantes definidos anteriormente. De esta manera se puede sintetizar y visualizar el resultado de la simulación en tiempo real sobre cartografías que se superponen en el territorio. Inicialmente, se determinan los valores mínimos y máximos resultantes de la “ecuación general de Space Syntax” sobre los cuales se organizarán los rangos térmicos para los cuadrantes. Posteriormente, se otorga una puntuación y un “grado térmico” a cada cuadrante, tal y como se muestra a continuación:

		Mapa de cuadrantes							
Rangos de calor	6.3	1	4.02	2	5.78	3	1.7	4	0.77
	4.9								
	4.2	5	4.07	6	5.21	7	0.9	8	1
	3.5								
	2.8	9	4.88	10	4.6	11	4.4	12	0.3
	2.1								
	1.4	13	5.75	14	2.11	15	0.8	16	0
	0.7								
	0	17	3.72	18	2.21	19	0.9	20	0

Tabla 15. Abstracción del mapa de cuadrantes con su información térmica. Se indica el número de cada cuadrante, la puntuación otorgada según los tramos de vida existentes en él y su “temperatura” en relación con el resto del sistema. Elaboración propia.

Finalmente, la información generada a partir de la simulación de los datos se plasma sobre el territorio, en donde se determinan los cuadrantes clave en el área de estudio y las relaciones que se generan entre ellos, ya sea para la formulación de proyectos clave (cuadrantes calientes) o de proyectos estratégicos para lograr un aumento consciente de la temperatura del cuadrante. Estos cuadrantes, como se explicó anteriormente, tienen la posibilidad de ser interpolados y divididos en subcuadrantes para depurar a niveles más precisos la información simulada.

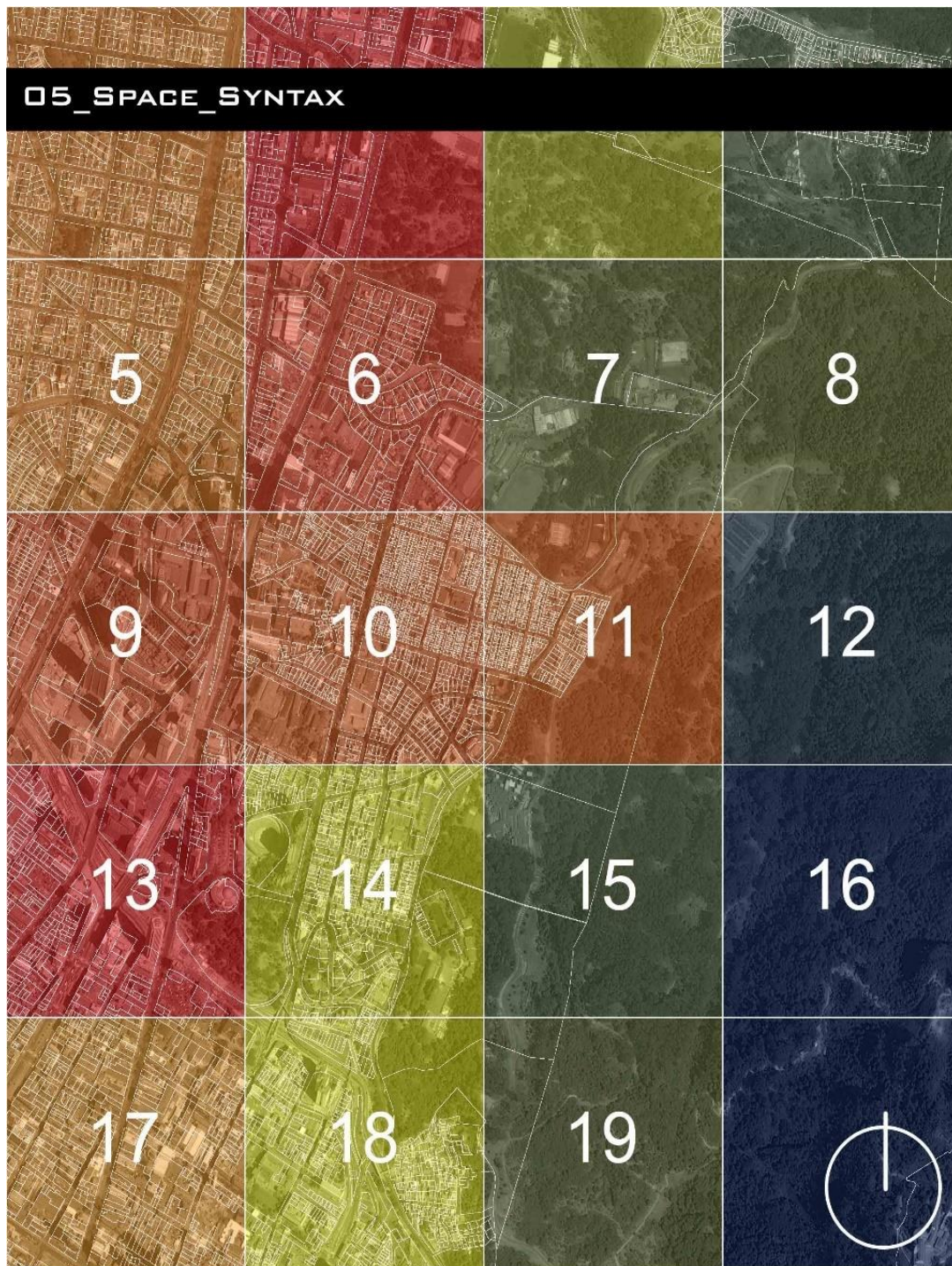


Figura 28. Resultado de las cartografías simuladas a partir de la valoración de cuadrantes por cuenta de la metodología de Space Syntax para el caso del área de estudio. Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

1.4.4. Valor del suelo

En una etapa posterior del análisis del área de estudio, se incorporaron las variables del valor del suelo dentro de las cartografías y mapas de calor que se producen como base de las simulaciones. Esta nueva capa de información que se agrega a los mapas es a su vez parte del paquete de “Big Data” generada por Catastro Distrital y divulgado en medios virtuales y a través de portales oficiales como el mapa de referencia del valor del suelo para la ciudad de Bogotá bajo la dirección de la entidad IDECA. Los mapas de los cuales se extrae la información se muestran a continuación, como parte de la visualización de la base de datos catastral en sistemas de información geográfica:

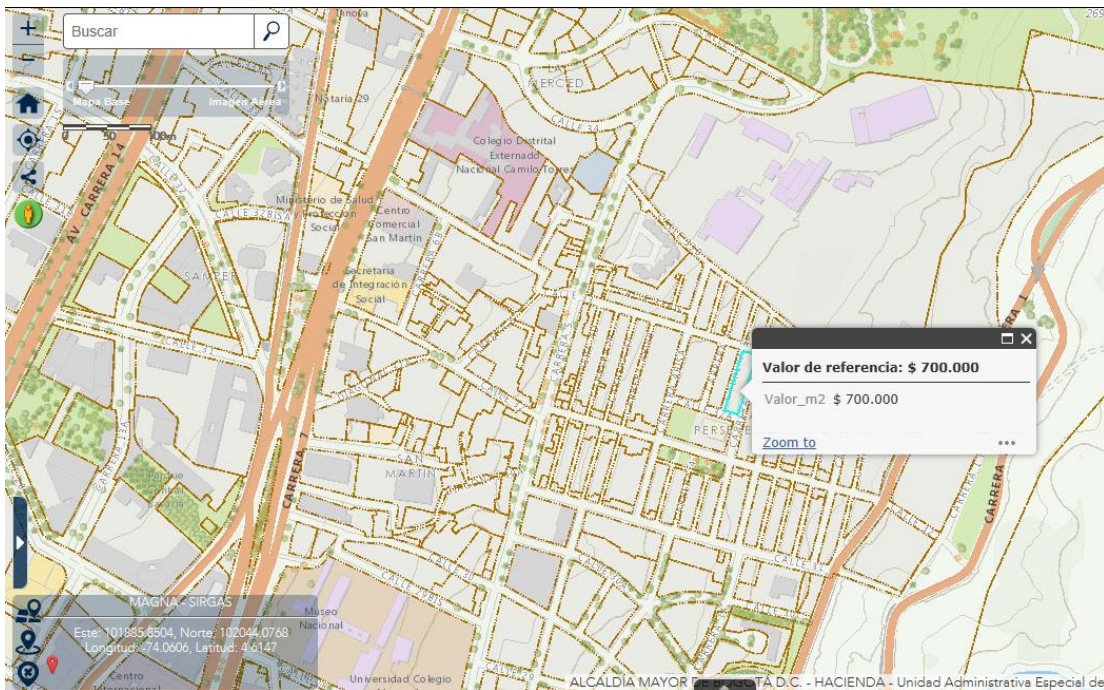


Figura 29. Obtención del valor del suelo en el portal “Mapas Bogotá” según la información proporcionada por Catastro Bogotá actualizadas a 2016.

A partir de la asociación y vinculación de los valores extraídos del valor del suelo y las manzanas que componen íntegramente el área de estudio más su contexto inmediato, fue posible organizar y graficar cada una de las 70 manzanas según una escala térmica. Esta información resultara clave en etapas subsiguientes de la investigación al ser uno de los elementos que organizan y determinan la información genética de los píxeles en su estado inicial sobre los cuales se realizarán las modelaciones de datos y los autómatas celulares. Para estos casos, los menores valores del suelo representan áreas de mayor oportunidad para el desarrollo de

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

proyectos o planes parciales orientados hacia la consolidación del ecosistema artificial.

Manzana	Categoría	Valor	Manzana	Categoría	Valor
1	G	\$1,300,000.00	36	C	\$700,000.00
2	F	\$1,300,000.00	37	A	\$210,000.00
3	E	\$700,000.00	38	C	\$700,000.00
4	E	\$1,100,000.00	39	C	\$700,000.00
5	C	\$700,000.00	40	C	\$700,000.00
6	C	\$700,000.00	41	C	\$700,000.00
7	C	\$700,000.00	42	C	\$700,000.00
8	C	\$700,000.00	43	C	\$700,000.00
9	C	\$700,000.00	44	C	\$700,000.00
10	C	\$700,000.00	45	C	\$700,000.00
11	C	\$700,000.00	46	A	\$61,000.00
12	E	\$1,100,000.00	47	A	\$61,000.00
13	E	\$1,100,000.00	48	A	\$61,000.00
14	C	\$700,000.00	49	F	\$1,100,000.00
15	C	\$700,000.00	50	D	\$960,000.00
16	C	\$700,000.00	51	H	\$1,700,000.00
17	C	\$700,000.00	52	F	\$1,300,000.00
18	A	\$420,000.00	53	H	\$1,600,000.00
19	A	\$420,000.00	54	H	\$1,600,000.00
20	C	\$700,000.00	55	F	\$1,300,000.00
21	C	\$700,000.00	56	H	\$1,600,000.00
22	C	\$700,000.00	57	H	\$1,600,000.00
23	C	\$700,000.00	58	H	\$1,600,000.00
24	C	\$700,000.00	59	H	\$1,600,000.00
25	C	\$700,000.00	60	F	\$1,300,000.00
26	C	\$700,000.00	61	D	\$960,000.00
27	C	\$61,000.00	62	H	\$1,600,000.00
28	A	\$61,000.00	63	K	\$2,200,000.00
29	A	\$61,000.00	64	J	\$2,000,000.00
30	G	\$1,800,000.00	65	J	\$1,600,000.00
31	E	\$1,100,000.00	66	H	\$1,600,000.00
32	C	\$700,000.00	67	I	\$1,800,000.00
33	C	\$700,000.00	68	K	\$2,200,000.00
34	C	\$700,000.00	69	J	\$2,400,000.00
35	C	\$700,000.00	70	D	\$960,000.00

Tabla 16. Organización y determinación de las 70 cuadras del área de estudio según una codificación térmica (colores) y de letras (expresados en la columna "categoría"). Elaboración propia.

Luego de un proceso de tabulación, numeración y organización de las manzanas en función de la información “valor de referencia del m²”, se procede a cartografiar los resultados con base en los rangos definidos y sintetizados en 10 categorías:



Figura 30. Superposición de la información ordenada y clasificada del valor del suelo en la cartografía base del área de estudio. Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

Finalmente, y al ser este análisis un proceso dinámico cuyos resultados deberán ser aplicables en etapas posteriores a la simulación de un autómata celular de reglas simples, se procede a extraer en valores relativos y valores absolutos la información en categorías que pueden ser almacenadas en las celdas o pixeles del autómata para su fácil lectura.

Rangos		
200	A	0
400	B	
600	C	10
800	D	20
1000	E	30
1200	F	40
1400	G	50
1600	H	60
1800	I	70
2000	J	80
2200	K	90
2400	L	100

Tabla 17. Síntesis de la definición de los rangos y los valores extraídos para su almacenamiento en las celdas iniciales del autómata celular. *Elaboración propia.*

1.4.5. Sistemas de habitabilidad

Como parte de la innovación planteada en la manera de analizar los territorios se plantea un cambio en la manera en que se discriminan las ideas de la “estructura ecológica principal”, “áreas verdes” o “zonas vegetales” en contraposición con lo construido humana y artificialmente. En este caso, se pretende introducir la idea de “sistema de habitabilidad” como un concepto integrador compuesto por dos subsistemas: Subsistema de habitabilidad humano y subsistema de habitabilidad no humano.

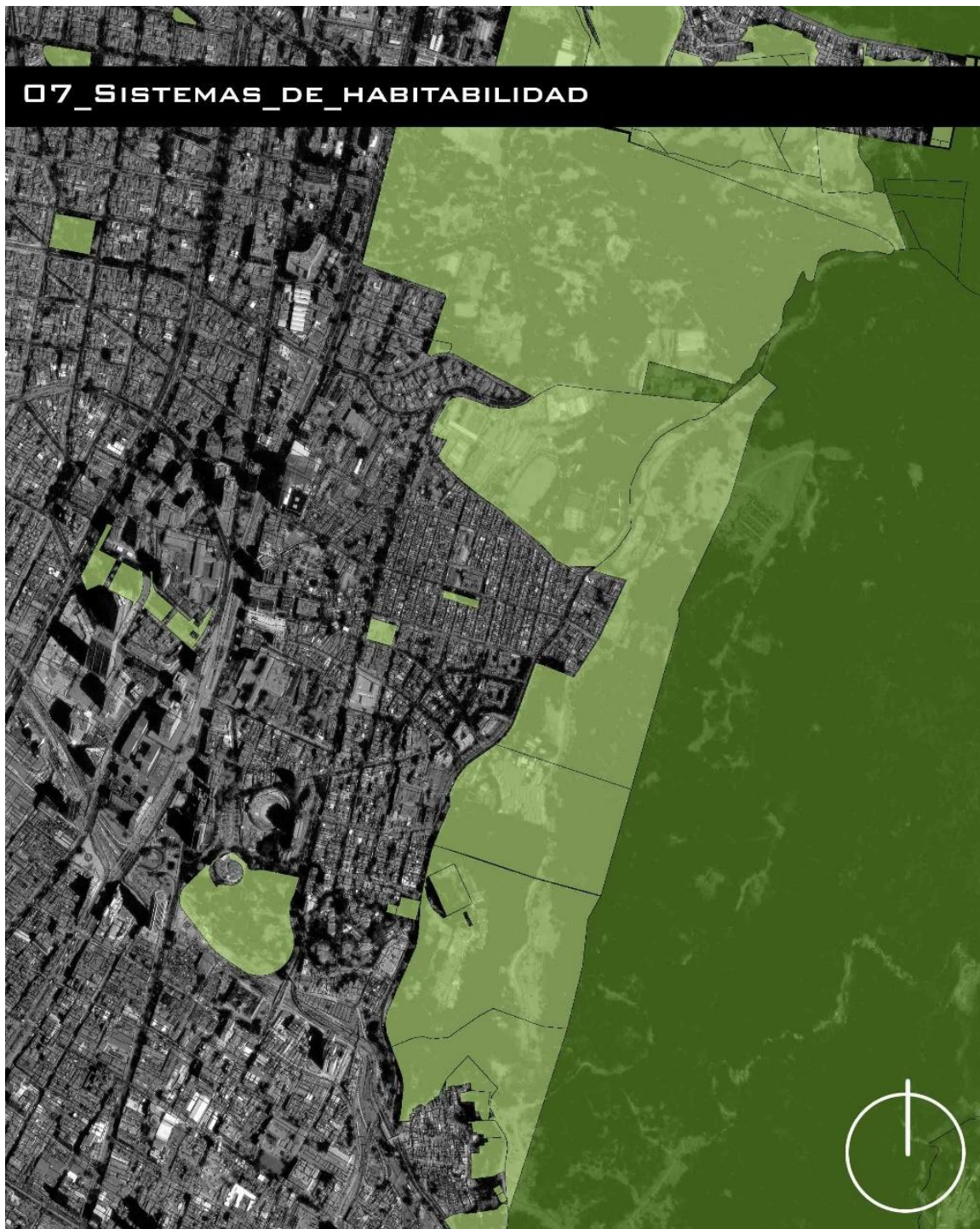


Figura 31. Sistema de habitabilidad: Cobertura vegetal definida según el análisis de imágenes satelitales ráster (verde en la imagen). Subsistema de habitabilidad no humano (verde oscuro) y subsistema de habitabilidad híbrido (área de intersección entre ambos subsistemas, verde claro) en donde se vinculan los elementos naturales con desarrollos bio-tecnológicos (ciborg). Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

La simbiosis entre ambos sub-sistemas de habitabilidad, su definición y caracterización tienen como fundamento la base cartográfica de las coberturas disponibles en sistemas de información geográfica, desde los cuales es posible determinar las áreas tentativas (sub-sistema de habitabilidad no humana: 2'717.968,33 m²; sub-sistema de habitabilidad híbrida: 919.138,92 m²) y las relaciones que se desprenden de este concepto.

Esencialmente, el concepto de sistema de habitabilidad pondera la noción de un nuevo concepto de gestión del ecosistema artificial desde una idea mixta del concepto de ecopolítica, uno que logra englobar las siguientes epistemologías:

- Ecosistema
- Eco-existencia
- Ecología
- Bio-economía
- Termodinámica

Finalmente, el entendimiento del sistema y de cada uno de sus subsistemas en sus procesos internos e inherentes es condición inicial para el posterior reconocimiento, identificación y proposición de los elementos estratégicos para la efectiva conformación del sistema por medio de las estrategias pertinentes, tanto políticas como de infraestructura.

1.4.5.1. Subsistema de habitabilidad humano

Hace referencia al conjunto de elementos físicos y funcionales que constituyen y propician la adecuada coexistencia de los individuos humanos en el ecosistema artificial. Este subsistema es de naturaleza bio-mimética y sus procesos son de carácter absolutamente cíclico y sostenible en el tiempo, interactuando con su contexto de manera activa de manera tal que alcance grados muy altos de negentropía y entropía creativa en su normal desarrollo. Esto implica la captación eficiente de recursos, el uso de fuentes de energía renovables, la preservación del entorno y la capacidad de generar procesos cíclicos en las cadenas de producción (RRR: Reducir, Reutilizar, Reciclar).

Este subsistema tiene un vínculo directo e indisoluble con el subsistema de habitabilidad no humana en cuanto a que el éxito del sistema global está fundamentado en estrategias de cooperación y coevolución entre las especies que componen el ecosistema en su globalidad.

1.4.5.2. Subsistema de habitabilidad no humano

Hace referencia al conjunto de elementos físicos y funcionales que hacen de soporte vital para las diferentes comunidades de organismos no humanos, de los que hacen parte tanto especies animales como vegetales. Este subsistema entra en igualdad de condiciones e importancia a la hora de ponderar cada uno de los subsistemas, en cuanto a que lo componen organismos con los que la especie humana cohabita el territorio.

Este subsistema tiene la particularidad de retroalimentarse con los procesos y funcionamientos propios del ecosistema artificial, al permitir un desarrollo híbrido (ciborg) en el que las capacidades biológicas pueden llegar a ser protegidas o potenciadas por desarrollos de tecnologías NIBC (nano-info-bio-cogno²⁹).

1.4.6. Paisajes rugosos

Otro de los elementos de innovación en el análisis y lectura de territorios planteado es el de la elaboración de cartografías basadas en las teorías de “picos adaptativos” propuestas por el genetista Sewall Wright y retomadas por autores como Jordi Bascompte, Bartolomé Luque Serrano³⁰ y José Cuesta³¹.

Un paisaje adaptativo es como una agreste cordillera llena de picos elevados separados por profundos valles. La razón es que es un hecho experimental que mutaciones que alteran poco la secuencia pueden producir grandes variaciones en la tasa de replicación de

²⁹ Echeverría, J. (2016). *Interdiscipliniedad y convergencia tecnocientífica nano-bio-info-cogno*. Retrieved 23 November 2016, from

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222009000200003

³⁰ Bascompte, J. & Luque Serrano, B. (2012). *Evolución y complejidad* (1st ed.). [Valencia]: PUV.

³¹ Cuesta, J. (2009). *Las matemáticas de la evolución. La Gaceta de la RSME*. Retrieved 28 August 2016, from <http://gisc.uc3m.es/~cuesta/PDFs/Gaceta.pdf>

los individuos. Además, existe el conocido fenómeno de la epistasis, mediante el cual algunos genes interactúan constructiva o destructivamente, potenciando este efecto de variación grande por cambios pequeños³².

Bajo estas teorías, sería posible traducir el espacio y el área de estudio en términos de “picos de adaptación” según el sistema que se estudie o se desee implementar en un momento dado. Es decir, en estos casos la “especie más adaptada” no se entendería exclusivamente en términos biológicos, sino que también se traduciría en ideas tales como los “lugares estratégicos”, “puntos neurálgicos” y “zonas catalizadoras” para el desarrollo y conformación del sistema particular.

Cada punto del plano base corresponde a una determinada combinación de tamaño y forma. La altura de la montaña representa la eficacia biológica de dicha combinación. Como existiría una eficacia diferente para cada una de las combinaciones posibles, esta se pondría de manifiesto por la existencia de un paisaje rugoso, con picos (combinaciones con gran eficacia biológica elevada) y valles (combinaciones poco eficaces).

Bajo esta descripción, una población sería una nube de puntos moviéndose a través de dicho paisaje. Y la selección natural empujaría a dicha población hacia la cima de los picos adaptativos³³.

Para el caso de la presente propuesta, se presentan dos paisajes rugosos producto del análisis bajo dos ópticas de diferente naturaleza: El desarrollo inmobiliario presente y futuro al que está sometido el área de estudio según las licencias de construcción expedidas y a los predios en condición de venta, y el eventual desarrollo de un sistema de “colaboratorios agrícolas” con base en la producción biotecnológica y el aumento de la presencia en términos cuantitativos y cualitativos del sistema de habitabilidad no humano e híbrido para la zona de estudio, tal y como se mostrará a continuación. Mientras que el primero es un paisaje “de análisis” ante

³² Ibid.

³³ Bascompte, J. & Luque Serrano, B. (2012). Evolución y complejidad (1st ed.). [Valencia]: PUV.

un fenómeno presente y evidente, el segundo es un paisaje “de proyección” para la implementación estratégica de un eventual sistema de producción biotecnológica.

1.4.6.1. Paisaje de desarrollo inmobiliario

Este paisaje es el resultado de la identificación de los principales puntos de nuevos desarrollos en altura en el área de estudio, combinados con el número de predios y construcciones en venta y su dispersión geográfica en el territorio. A continuación, se listan algunos de los predios encontrados con estas condiciones:

- Carrera 5 con Calle 28
- Calle 30^a con Carrera 6
- Carrera 5 con Calle 35
- Calle 32 #5-1 a 5-99
- Carrera 5 #32-9 a 32-99
- Transversal 1 #31-2 a 31-90
- Calle 32 #1-1 a 1-43
- Carrera 5 #26C-64
- Calle 30 #5-71
- Calle 30 #5-2 a 5-98
- Calle 32 #5-1 a 5-99
- Calle 32 #5-2 a 5-98
- Calle 32 #5-2 a 5-98
- Carrera 6 #32-2 a 32-88
- Carrera 6 #32-1 a 32-87

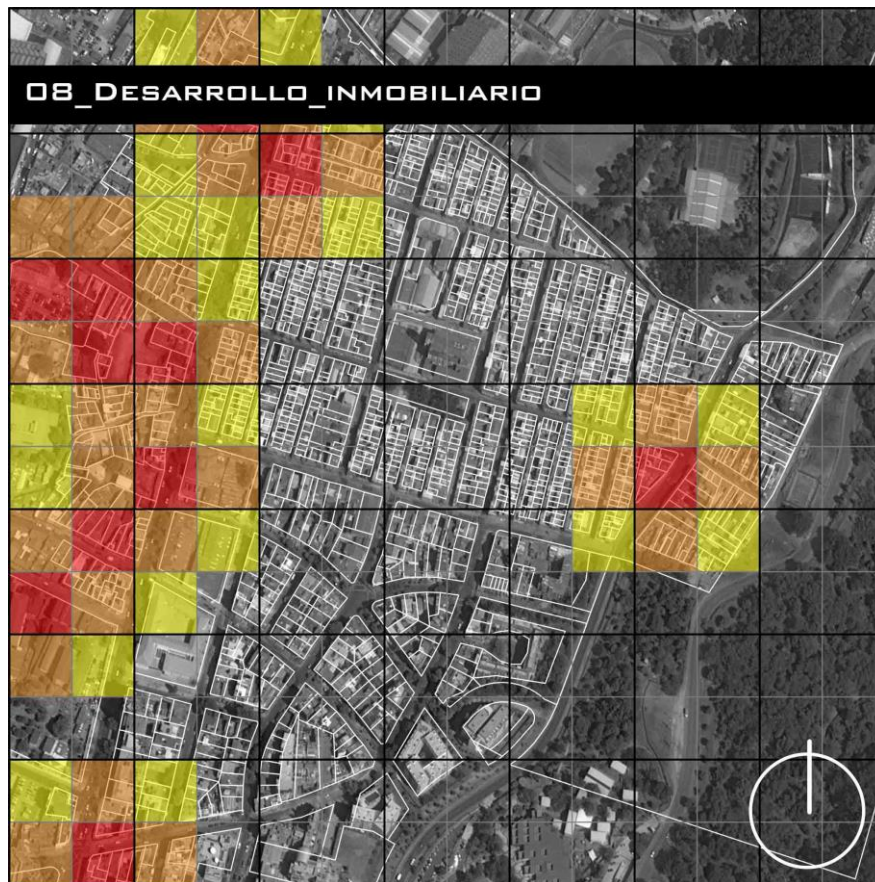


Figura 32. Dispersión geográfica de los predios con desarrollos futuros en altura y de predios en condición de venta. Elaboración propia con base en cartografía satelital disponible en Google Maps.

La identificación y caracterización de estos predios se traducen en un paisaje rugoso en el que mediante una escala se pueden graficar sobre el territorio analizado. Para esta etapa de diagnóstico, se parte de la hipótesis de que los mayores picos representan las áreas del territorio de mayor demanda comercial debido a sus características, tales como la localización sobre vías principales o cerca de áreas de creciente valoración predial. De este paisaje posteriormente se extraerá información útil para la codificación inicial (el genotipo) del estado 0 de simulación del autómata celular.

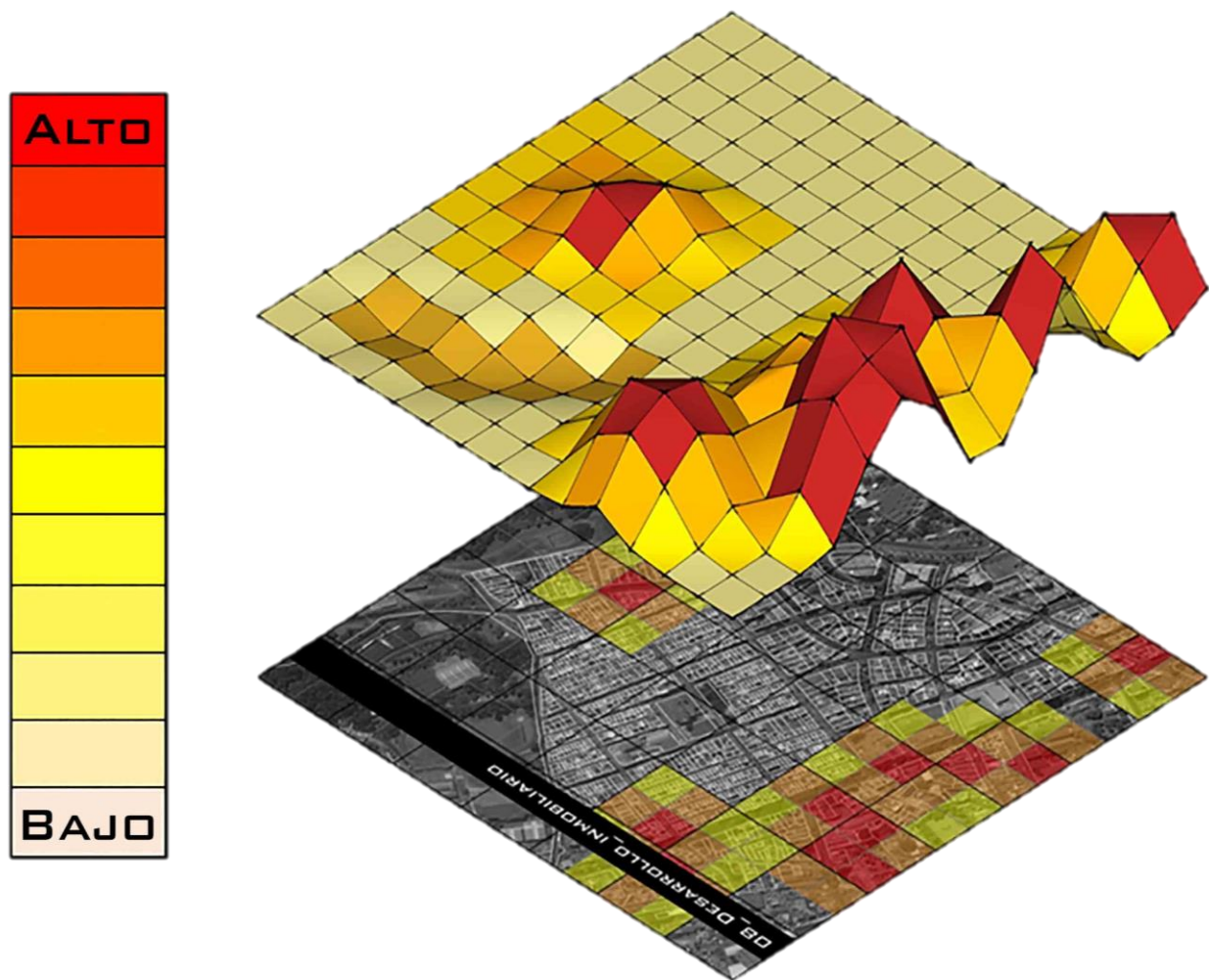


Figura 33. Traducción de la información de dispersión geográfica del desarrollo inmobiliario presente y proyectado sobre un paisaje rugoso. Elaboración propia.

1.4.6.2. Paisaje de laboratorios agrícolas

Para el desarrollo del segundo paisaje, en este caso “de proyección”, se empleó como base cartográfica la imagen satelital del área de estudio luego de pasar por un proceso de distorsión digital de “pixelación”. En este proceso, la información codificada en el archivo de imagen se agrupa según semejanzas y adyacencias cromáticas, “promediando” los pixeles originales (a través de un proceso de interpolación similar al empleado en las imágenes piramidales de los visualizadores cartográficos como ArcGis). El resultado de esta distorsión se muestra a continuación:



Figura 34. Base cartográfica del área de estudio una vez procesada e interpolada hacia un estado de "pixelación". Elaboración propia.

A partir del plano distorsionado se procedió, mediante la identificación de las gamas cromáticas que corresponden a las áreas verdes y zonas de bosque, a la elaboración de una simulación a modo de autómeta celular en la cual se determinarían los patrones de crecimiento y población de lo que podría llegar a consolidarse como un sistema de "colaboratorios agrícolas". Este sistema identificaría las áreas con mayor potencial de producción biotecnológico, así como también las áreas con predominante vocación ambiental (en relación con el sistema de habitabilidad del ecosistema artificial) y puntos estratégicos para el desarrollo de infraestructura relacionada al metabolismo mismo de un sistema de esta naturaleza tales como centros de acopio, de reciclaje, de divulgación científica, de producción, de captación de energía y tratamiento de agua, por mencionar algunos.



Figura 35. 1. Primeras iteraciones del autómata celular: identificación primaria de los elementos susceptibles a ser parte del sistema de laboratorios agrícolas. Elaboración propia.

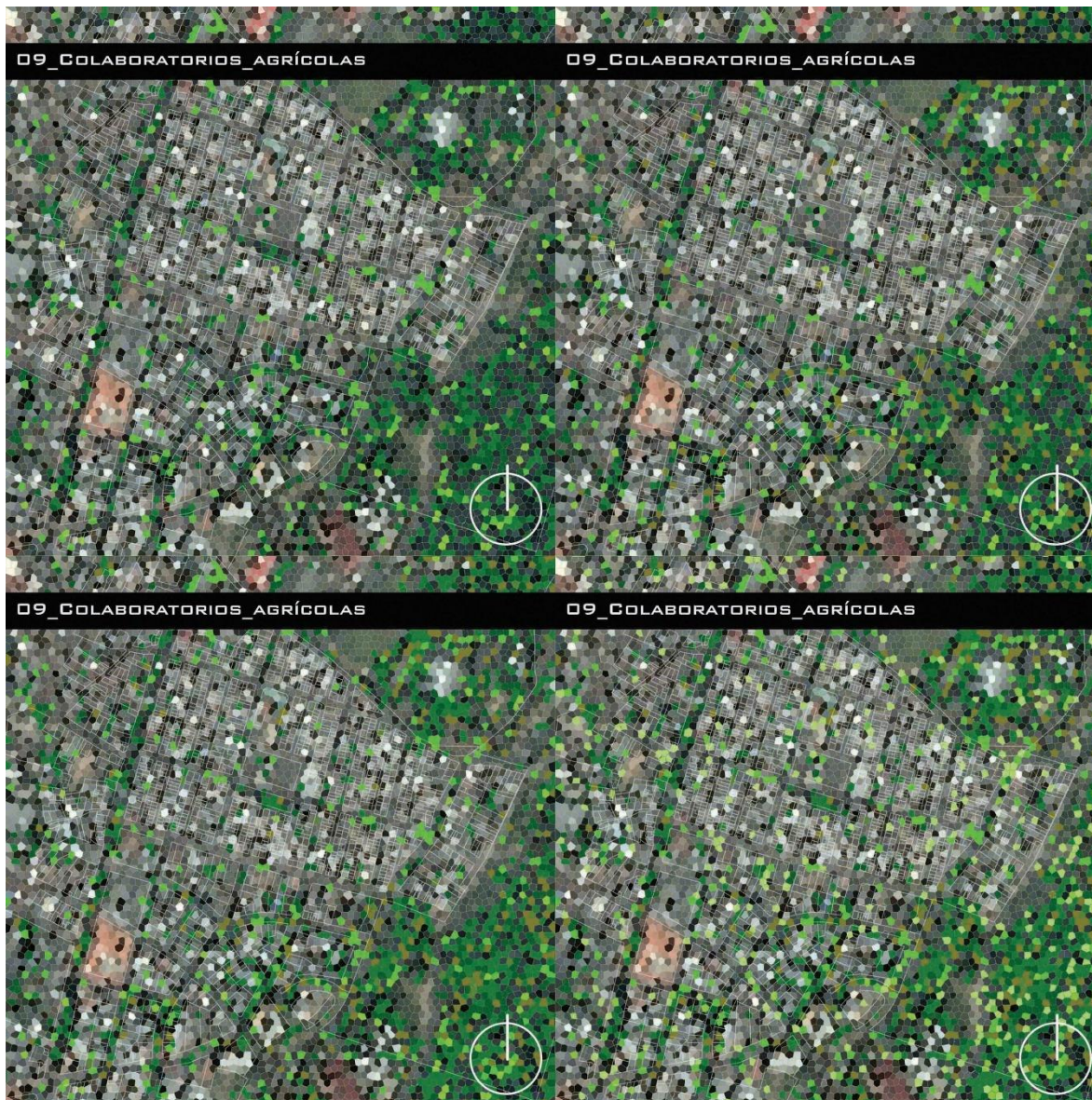


Figura 36. 2. Iteraciones posteriores del autómata celular: Se muestran las dispersiones y concentraciones de las manchas correspondientes al sistema de habitabilidad híbrido. El crecimiento y la interacción de este sistema con el ecosistema artificial puede empezar a leerse como una organización emergente de elementos o intervenciones puntuales sobre todo el territorio. El resultado final es un territorio de organización compleja de naturaleza “Bottom-up” y de una inteligencia colectiva que gestiona el medio en tiempo real. Elaboración propia.



Figura 37. 3. Resultados y síntesis: las imágenes pueden superponerse e interpolarse de manera tal que sea posible determinar las áreas estratégicas para el desarrollo de proyectos estratégicos puntuales (cuadrados de tonalidades verdes en la segunda imagen) tales como áreas de producción, capacitación o procesamiento con el objetivo de conformar el sistema de laboratorios. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de las últimas iteraciones del modelo de autómata celular permiten una traducción espacial de los patrones allí encontrados en una malla tridimensional, tal y como se propuso para el paisaje de desarrollos inmobiliarios. En este caso, los resultados formales no evidencian un fenómeno actual. Por el contrario, muestran y ponen de manifiesto los “cuadrantes” estratégicos para el desarrollo del sistema para desarrollos futuros, manifestando a su vez cuáles son los picos de evolución del sistema de manera análoga con los organismos biológicos.

A continuación, se presenta el resultado final del paisaje rugoso sobre el territorio y el área de estudio, el cual será empleado en etapas posteriores del proyecto para la localización y definición de los elementos centrales de las despensas de cooperación agrícola.

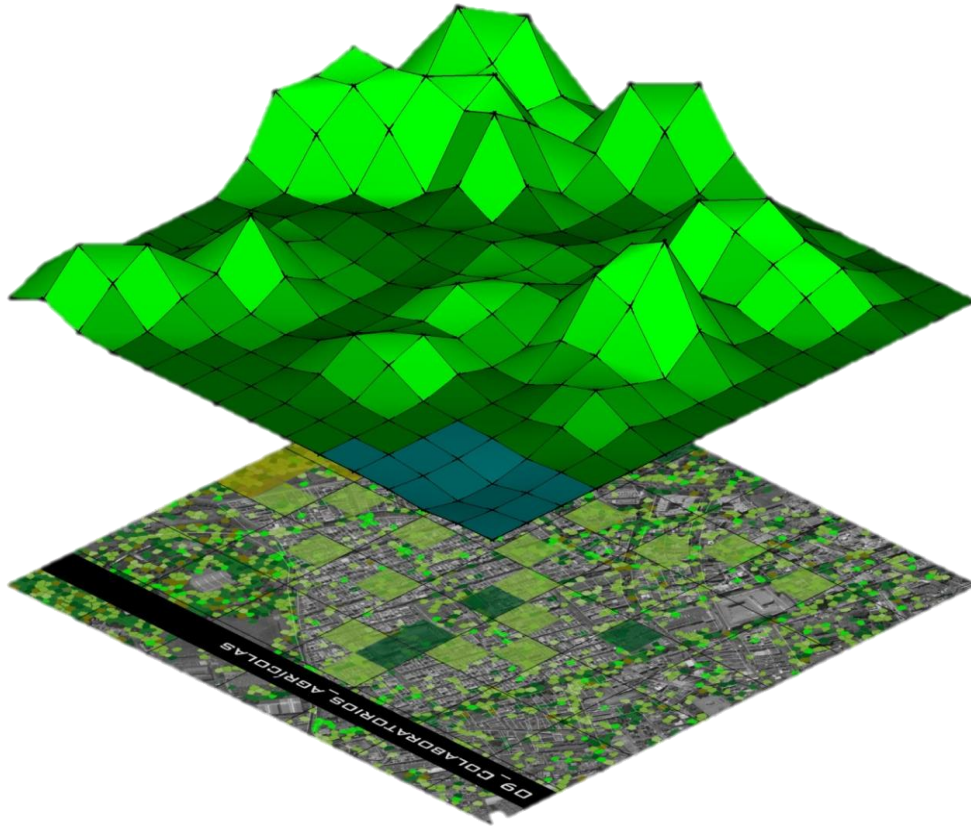


Figura 38. Paisaje rugoso para el sistema de laboratorios agrícolas. Los picos representados guardan relación directa con la localización geográfica de los eventuales elementos catalizadores para la efectiva implementación del sistema, de acuerdo con la información extraída por el autómata celular en sus etapas finales. *Elaboración propia.*

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

2. Segundo módulo:

TEORÍA

Capítulo dos: Alcance de la propuesta. Objetivos. Marco teórico. Árbol de relaciones conceptuales. Metodología. Preguntas de investigación. Justificación.

2.1. Alcance y objetivos

En el presente capítulo se presentarán los alcances preliminares entendidos como objetivos del proyecto. Estos serán los indicadores cuantitativos y cualitativos del desarrollo de la propuesta.

Durante el desarrollo del presente proyecto de investigación, se plantea un objetivo general (finalidad última del trabajo de grado) y una serie de objetivos específicos puntuales cuyo cumplimiento dará como resultado alcanzar progresivamente la meta propuesta. En este sentido, el objetivo general tiene un carácter predominantemente cualitativo, mientras que los objetivos específicos tienden a ser fundamentalmente cuantitativos.

El alcance de este proyecto es pues el análisis, simulación y modelación de un entorno habitable en el barrio “La Perseverancia” en Bogotá a partir de metodologías heurísticas y patrones innovadores para la conformación de un micro-universo de carácter emergente, además de energética, social, ambiental y económicamente sostenible en función de un sistema comunitario y cooperativo de despensas agrícolas.

2.1.1. Objetivo general

Diseñar un modelo autómatas celular programable que responda a la interacción de distintas variables dinámicas y a los cambios establecidos con relación al intercambio energético.

2.1.2. Objetivos específicos

Se proponen cuatro objetivos específicos, cada uno con una intención y propósito particular dentro del proceso general del desarrollo del presente trabajo.

2.1.2.1. Operativo

Comprender el uso de los algoritmos genéticos en su rol para reconocer el entorno urbano.

Holland y Goldberg³⁴ de las universidades de Michigan y Alabama al respecto de los algoritmos genéticos acotan:

“Despite these suggestions, genetic algorithms and genetics-based machine learning have often been attacked on the grounds that natural evolution is simply too slow to accomplish anything useful in an artificial learning system; three billion years is longer than most people care to wait for a solution to a problem. However, this slowness argument ignores the obvious differences in time scale between natural systems and artificial systems. A more fundamental fault is that this argument ignores the robust complexity that evolution has achieved in its three billion years of operation. The 'genetic programs' of even the simplest living organisms are more complex than the most intricate human designs.”

La complejidad que pueden alcanzar los algoritmos mediante la introducción de aleatoriedades progresivas en la codificación misma del algoritmo es una manera de conseguir mimesis entre el desarrollo posterior indeterminado del algoritmo con el proceso evolutivo natural.

En este sentido, es importante entender el funcionamiento inherente de los algoritmos genéticos para poder trazar paralelismos pertinentes que emulen y simulen el metabolismo del entorno habitable y su transformación progresiva en el tiempo.

2.1.2.2. De codificación

Diseñar estrategias evolutivas modelables en computador para su aplicación en los escenarios de la virtualidad.

Mediante la síntesis y sistematización de una serie de variables principales en un código computable, será posible establecer la manera en que estas relaciones interactúan desde la programación. Posteriormente, es esta codificación la

³⁴ Goldberg, D. & Holland, J. *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning* (1st ed.).

encargada de orientar y organizar la génesis de la simulación, la cual eventualmente derivará autónomamente a nuevos modelos emergentes.

2.1.2.3. De diseño

Diseñar ecosistemas artificiales para valorar su aplicabilidad en los entornos reales.

Después de los primeros resultados y simulaciones virtuales preliminares, deberá ser posible comparar el modelo resultante con el estado real actual análogo en el que se podría inscribir el proyecto. De esta comparación podrán surgir nuevas hipótesis de investigación futura, pero fundamentalmente las principales ventajas, deficiencias y dificultades a la hora de implementar parcialmente los conceptos implícitos del modelo.

2.1.2.4. De decisión

Establecer variaciones y jerarquías evolutivas en los procesos referentes a la gestión de la energía.

De manera similar a la manera en que se podrían sintetizar y codificar las estrategias evolutivas para su modelación (el segundo objetivo específico), deberán poderse establecer cursos de acción para el devenir del modelo mismo en términos de la gestión de la energía. Para esto se deberán sentar las bases de un sistema abierto que interactúe dinámicamente con su contexto, de manera que logre mantener la negentropía global del sistema.

2.2. Aproximación y desarrollo teórico

En este apartado se procederá a la exposición y re significación de algunos de los conceptos claves y desarrollados durante el curso posterior de este trabajo. Esto con el fin de lograr una claridad sobre las ideas centrales en las que se fundamenta el proyecto, lo que en ocasiones implica avanzar y romper paradigmas instalados en las disciplinas encargadas históricamente del desarrollo de los entornos humanos.

2.2.1. Ciudad contemporánea vs. Entorno habitable

La ciudad tal y como ha venido siendo entendida históricamente está inmersa dentro de una serie de ideas obsoletas, o cuanto menos, llamados a ser actualizadas. Entender el constructo urbano como un entorno diseñado exclusivamente como una herramienta generadora de valor económico ha devenido en la destrucción sistemática del ecosistema natural. Incluso, aún se tiende a contraponer de manera arcaica lo natural a lo artificial, sin llegar nunca a superar este viejo paradigma hacia una nueva comprensión del entorno humano como un ecosistema integral e integrador de las ecologías naturales y los desarrollos artificiales (la ecología artificial, como la entiende Guto Nóbrega³⁵).

De manera adicional a la crisis ambiental inherente en el concepto de “ciudad”, existe otra crisis de naturaleza social y económica. Una crisis en la que la brecha económica entre los distintos sectores de la sociedad crece invariablemente, la informalidad (el actuar “por fuera” de lo oficial) es la opción más accesible para la supervivencia humana y hasta la segregación espacial es normal y hasta aceptada por los habitantes. Una crisis que demanda desde su misma concepción original que unos tengan poco para que otros tengan más. Una crisis que aun percibe a los humanos como individuos generadores de plusvalías, y que no es capaz de permitir la evolución sensata hacia otros sistemas económicos más “humanos” y basados en nuestro mayor valor como especie: El conocimiento.

Y finalmente, una crisis cultural. Una en la que no terminamos de comprender y aceptar nuestro rol como una especie que es parte de una generación que está

³⁵ Nobrega, G. (2012). Hip3rorganicos-Hibridacoes entre organismos naturais e artificiais e a telemática. *www.revistas.ufg.br. Revistas.ufg.br*. Retrieved 23 September 2016, from <https://www.revistas.ufg.br/VISUAL/article/viewFile/19847/12236>

llamada a dar un salto cualitativo y evolutivo: del hombre biológico al hombre ciberbiológico (El concepto de “ciborg” desarrollado por Donna Haraway³⁶), un posthumano que potencia sus cualidades biológicas inherentes con las posibilidades aumentadas propias de los macroscópicos (como lo expone Joël de Rosnay en “El hombre simbiótico”³⁷) y las tecnologías de la información de las comunicaciones.

Es después de sopesar estas crisis derivadas del paradigma tradicional de ciudad actual que se vislumbra la pertinencia y la sensatez de invertir esfuerzos en el rediseño de un nuevo concepto, uno que nos permita una eventual evolución y avance en la manera en que como especie habitamos un planeta de recursos finitos y de cualidades infinitamente complejas. La idea de entorno habitable por sobre una anticuada “ciudad contemporánea”.

2.2.2. Macro-organismo

Dentro de las lógicas de la complejidad se privilegian las ideas de la “no linealidad”, “indeterminación”, “desorden”, “emergencia” e “irreversibilidad”. Estas propiedades son, tal y como lo han desarrollado filósofos como Edgar Morin³⁸, Ilya Prigogine³⁹, Humberto Maturana, Francisco Varela⁴⁰ y Daniel Dennet⁴¹ entre otros, más propias de entidades biológicas que de elementos inertes. Y no es difícil distinguir este tipo de cualidades que antes se adjudicaban exclusivamente a organismos vivos a todo el sistema que conforman los diferentes ecosistemas relacionados en red que envuelven al planeta tierra.

³⁶ Haraway, D. (1984). *Cyborg Manifiesto*. Georgetown.edu. Retrieved 17 September 2016, from <http://faculty.georgetown.edu/irvinem/theory/Haraway-CyborgManifiesto-1.pdf>

³⁷ Rosnay, J. & Martorell, A. (1996). *El hombre simbiótico* (1st ed.). Madrid: Cátedra.

³⁸ Morin, E. (2006). *RESTRICTED COMPLEXITY, GENERAL COMPLEXITY*. <http://cogprints.org/>. Retrieved 29 September 2016, from <http://cogprints.org/5217/1/Morin.pdf>

³⁹ Prigogine, I. & Antoniou, I. (2003). *Is future given?* (1st ed.). River Edge: World Scientific.

⁴⁰ Maturana, H. & Varela, F. (2004). *De máquinas y seres vivos* (1st ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria, Grupo Editorial Lumen.

⁴¹ Dennett, D. (1995). *Darwin's dangerous idea* (1st ed.). New York: Simon & Schuster.

Es por eso que es de vital importancia que se involucren en la nueva concepción de los ecosistemas artificiales los conceptos de la “Híper-dermis mundial”, la teoría Gaia (la vida misma fomenta y transforma las condiciones adecuadas para sí misma en su entorno) y la “noosfera” que Vladímir Vernadski⁴² concibió. Conceptos que entienden y abrazan la idea de enlazar armónicamente las diferentes capas que componen el planeta que cohabitamos con toda la vida terrestre: La geósfera (materia inanimada), la biosfera (vida biológica) y finalmente la noosfera (la cognición humana transformando la biosfera: evolución de la consciencia universal).

Es por esto que el “entorno habitable” propuesto y la idea de un “ecosistema artificial” es una idea más próxima a un “macro-organismo” que a una “ciudad contemporánea”.

2.2.3. Simbiosis con las nuevas tecnologías

Las fronteras y barreras físicas a las que hemos estado habituados históricamente ya no son obstáculos para la comunicación y la relación espacial y temporal sobre el planeta entero. Estamos entrando en un estado de continuo espacio-temporal gracias a los nuevos medios de transporte híper-eficientes y a los medios de comunicación omnipresentes. Un estado de semi-ubicuidad humana en la que tenemos la posibilidad de ser y estar en múltiples puntos simultáneamente. Prima con diferencia el movimiento y los flujos de todos los tipos y naturalezas por sobre el estatismo.

Nuevas tecnologías que son tanto causa como efecto de una nueva sociedad fundamentada en el conocimiento.

2.2.4. Ecosistema Ciborg

Dado el momento histórico en el que nos encontramos, hemos sido capaces de establecer un vínculo entre las incontables posibilidades cognitivas propias del

⁴² Vernadsky, V. (1938). *The Transition From the Biosphere To the Noösphere*. www.21stcenturysciencetech.com. Retrieved 25 August 2016, from https://www.21stcenturysciencetech.com/Articles_2012/Spring-Summer_2012/04_Biosphere_Noosphere.pdf

cerero humano con las alternativas que ofrece la tecnología. Poseemos macroscópios como herramienta para la progresiva comprensión de la complejidad, nuestras capacidades biológicas tienen la opción de ser aumentadas y avanzamos hacia una cada vez mayor desmaterialización de los sistemas que habitamos (el “éter” que definía Donna Haraway⁴³, o la migración body-hardware-software-data que explica Manuel de Landa⁴⁴).

Unos seres que han dado un paso evolutivo como el que demanda nuestro tiempo y nuestras posibilidades tecnológicas, tienen el deber de hacer evolucionar a su vez la manera de interactuar y relacionarse con su entorno. Un ser ciborg que habita a su vez un ecosistema ciborg.

2.2.5. Ecología artificial

La ecología artificial es un paso evolutivo de la ecología tradicional. Ya no es un entendimiento únicamente biológico del entorno habitado, sino es una comprensión desde diferentes campos epistemológicos. Es capaz de aunar la ecosofía descrita por Félix Guattari⁴⁵, la biología evolutiva y las leyes de la termodinámica (principio de la conservación de la energía, la entropía y las nociones de los sistemas abiertos y cerrados) en un todo integrador sobre el cual se desarrolla armónicamente la coexistencia de la vida humana con todas las especies que componen el sistema. Todo de la mano de las transformaciones permitidas por los desarrollos tecnológicos y las nuevas relaciones que se pueden gestar entre los nuevos desarrollos antrópicos artificiales y las estructuras ecológicas naturales.

Es pues el entorno apropiado para el desarrollo de la vida ciborg, tal y como se expuso anteriormente.

⁴³ Haraway, D. (1984). *Cyborg Manifiesto*. *Georgetown.edu*. Retrieved 17 September 2016, from <http://faculty.georgetown.edu/irvinem/theory/Haraway-CyborgManifiesto-1.pdf>

⁴⁴ deLanda, M. *Zero News Datapool, Meshworks, Hierarchies And Interfaces*. *T0.or.at*. Retrieved 19 August 2016, from <http://www.t0.or.at/delanda/meshwork.htm>

⁴⁵ Guattari, F. (1990). *Las tres ecologías* (1st ed.). Valencia: Pre-Textos.

2.3. Marco conceptual

Para el desarrollo de la investigación aplicada propuesta, se presenta un marco conceptual en el que se vinculan las ideas centrales y fundamentales del proyecto con sus respectivos autores. Estas ideas son las que definen la propuesta, y es precisamente de la articulación racional de estos conceptos que se desprende el título del presente trabajo. Adicionalmente, de cada concepto central se derivan una serie de subconceptos de soporte que sustentan y reafirman la pertinencia de estas ideas para el correcto avance del trabajo de grado en términos de coherencia interna y fundamentación teórica.

Adicionalmente, se exponen brevemente algunos de los trabajos realizados por estos autores y el estado del arte con respecto a investigaciones análogas (simulación de entornos humanos, vinculación de la emergencia en la gestión urbana, generación de ecosistemas urbanos a partir del diseño procesos, posibilidades de la complejidad en el entorno construido, etc.). Estos desarrollos prácticos han sido fundamentales no solo como modelos de inspiración formal, sino por el contenido teórico subyacente.

2.3.1. Conceptos

A continuación, se desarrollan los conceptos centrales de la investigación propuesta: “Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica – Estética de los modelos autónomos celulares”.

2.3.1.1. Ecosistemas

Sistemas abiertos, negentropía, no linealidad, Bio-tecnología.

El concepto de ecosistemas es entendido para la presente investigación como un cúmulo de ideas aportadas desde varios referentes teóricos (Maturana, Varela⁴⁶,

⁴⁶ Maturana, H. & Varela, F. (2004). *De máquinas y seres vivos* (1st ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria, Grupo Editorial Lumen.

MVRDV⁴⁷, Haraway⁴⁸, Nobrega⁴⁹) en los que se reconoce el valor agregado de los ecosistemas por sobre el pensamiento obsoleto de la ciudad contemporánea. Este valor es la capacidad del ecosistema de lograr la negentropía a partir de su relación con el medio en el que existe, logrando mantener su metabolismo (procesos internos que demandan energía) a partir de extraerla a su vez del “afuera” mismo del sistema. Esto lleva implícita la idea de los procesos cíclicos y no lineales propios del sistema capitalista sustentado en el consumismo desaforado. Es decir, para los ecosistemas, el uso de recursos (sources) no produce desechos, pues todo es potencialmente un recurso (resources).

2.3.1.2. Evolución

Diseño acumulativo, rizomático.

El concepto de evolución se comprende fundamentalmente de las ideas expresadas por Daniel Dennet⁵⁰ y Gilles Deleuze⁵¹. Esto significa aceptar que grados infinita y progresivamente más complejos en la organización de un sistema pueden ser alcanzados mediante la iteración indefinida en el tiempo de pasos mecánicos relativamente sencillos (es decir, a partir de la aparición de epistemas y mutaciones leves en la estructura del sistema). Pero también (y como aporta Deleuze), significa una evolución de naturaleza “rizomática”, entendiendo que “el rizoma es una anti genealogía”⁵².

⁴⁷ Maas, W. (2007). *Space fighter*. Barcelona: Actar.

⁴⁸ Haraway, D. (1984). *Cyborg Manifiesto*. *Georgetown.edu*. Retrieved 17 September 2016, from <http://faculty.georgetown.edu/irvinem/theory/Haraway-CyborgManifiesto-1.pdf>

⁴⁹ Nobrega, G. (2012). Hip3rorganicos-Hibridacoes entre organismos naturais e artificiais e a telemática. *www.revistas.ufg.br. Revistas.ufg.br*. Retrieved 23 September 2016, from <https://www.revistas.ufg.br/VISUAL/article/viewFile/19847/12236>

⁵⁰ Dennett, D. (1995). *Darwin's dangerous idea* (1st ed.). New York: Simon & Schuster.

⁵¹ Deleuze, G. & Guattari, F. (1977). *Rizoma* (1st ed.). Parma: Pratiche.

⁵² *Ibíd.*

«Evolución paralela de dos seres que no tienen absolutamente nada que ver el uno con el otro». Desde un punto de vista más general, puede que los esquemas de evolución tengan que abandonar el viejo modelo del árbol y de la descendencia. En determinadas condiciones, un virus puede conectarse con células germinales y transmitirse como gen celular de una especie compleja; es más, podría propagarse, pasar a células de una especie totalmente distinta, pero no sin vehicular «informaciones genéticas» procedentes del primer anfitrión (por ejemplo las investigaciones actuales de Benveniste y Todaro en un virus de tipo C, en su doble conexión con el ADN de zambo y el ADN de algunas especies de gatos domésticos). Los esquemas de evolución ya no obedecerían únicamente a modelos de descendencia arborescente que van del menos diferenciado al más diferenciado, sino también a un rizoma que actúa inmediatamente en lo heterogéneo y que salta de una línea ya diferenciada a otra.

2.3.1.3. Algorítmica

Genotipos de la indeterminación.

El concepto de algoritmo incluido en el título de la investigación está relacionado a la manera en que toda la propuesta a desarrollar se plantea en términos de la complejidad, es decir, la posibilidad real de encontrar múltiples e indefinidas respuestas ante un mismo problema. Para el caso de la presente investigación, esto significa el desarrollo de un enfoque relativo a la elaboración y diseño de procesos por sobre los productos únicos y determinados.

Inicialmente se propone el desarrollo de un algoritmo o de la cualidad “algorítmica” del proyecto, una vez se ha establecido que un algoritmo es en pocas palabras una serie de pasos finitos y definidos que transforman un dato o información inicial (input) en una posibilidad final (output). Esta cualidad es de fundamental relevancia al permitir establecer variaciones en los productos resultantes mediante la modificación de pequeños parámetros del algoritmo o de los datos de entrada iniciales sin la necesidad de rediseñar todo el proceso desde cero cada vez, tal y

como lo desarrollan algunos de los referentes relacionados en esta propuesta (MVRDV⁵³, Levi⁵⁴⁵⁵, Prada⁵⁶, Mandelbrot⁵⁷).

Este planteamiento de los algoritmos del proyecto es a su vez análogo a los genotipos biológicos en la medida en que son el sustrato invisible y codificado de la evolución a la que se somete el sistema establecido, y las “mutaciones” presentes en los seres vivos serían equivalentes a los cambios en los parámetros del algoritmo. Esta variabilidad que ofrece el proyecto es finalmente el valor agregado de la propuesta frente a los modelos tradicionales de diseño urbano.

2.3.1.4. Modelos

Abstracción de relación en bucle con la realidad

Para entender la complejidad del universo en que existimos, los humanos se basan en la creación de límites imaginarios que les permitan entender, por lo menos de manera parcial, parte de las leyes, causas y consecuencias de lo que los rodea. Adicionalmente, el conocimiento que producimos a partir de este universo se abstrae en modelos simplificados y depurados de la complejidad inicial, lo que facilita la comprensión posterior desde los aspectos esenciales de la teoría generada.

Para el caso de la presente propuesta, los modelos generados son síntesis de los procesos urbanos, los cuales tienen una relación recíproca con la realidad de la que

⁵³ Maas, W. (2007). *Space fighter*. Barcelona: Actar.

⁵⁴ Lévy, P. (1999). *Qué es lo virtual?* (1st ed.). Barcelona: Paidós.

⁵⁵ Levy, P. (1999). *Cibercultura*. (1st ed.). São Paulo.

⁵⁶ Elizalde Prada, Ó. (2013). Aproximación a las ciencias de la complejidad. *Revista Universidad de La Salle*, 0(61), 45-66. Recuperado de <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/2438>

⁵⁷ Mandelbrot, B. (2010). *Benoît Mandelbrot: Fractales y el arte de la fracturación*. Ted.com. Retrieved 19 October 2016, from https://www.ted.com/talks/benoit_mandelbrot_fractals_the_art_of_roughness?language=es

surgen y la que posteriormente transforman. Esta relación se puede clasificar en los siguientes pasos:

- a) Comprensión inicial de la realidad, de la que un investigador abstrae una serie de hipótesis de trabajo.
- b) El experto (programador, por ejemplo) traduce sus hipótesis iniciales (conocimiento en lenguaje informal) en un código legible por procesadores computacionales (conocimiento en lenguaje formal).
- c) El código generado se introduce en el computador, cuyas operaciones arrojan resultados a priori impredecibles.
- d) El experto (programador) decodifica la información producida por el ordenador, y se la transmite al investigador.
- e) El investigador compara y comprende los resultados entre el modelo generado y la realidad. Este trabajo le permite comprender o transformar con criterio la realidad inicial.
- f) Vuelve a iniciar el ciclo mediante una nueva re-comprensión de la realidad (segunda generación).

2.3.1.5. Autónomos

Emergencia, autopoiesis, caos y teoría de juegos

La autonomía en el sistema planteado en la presente investigación se entiende desde autores como Mandelbrot⁵⁸, MVRDV⁵⁹, Maturana, Varela⁶⁰ y Rosnay⁶¹, los cuales plantean conceptos como emergencia (o el resultado impredecible en la forma global de un sistema a partir de las interacciones locales de sus elementos constitutivos), la autopoiesis (en la que se entiende a los seres vivos como unidades autónomas y con una identidad definida, los cuales se definen en términos de su auto-organización interna y su respuesta ante estímulos de su medio), la teoría del caos (que acepta que los sistemas complejos y dinámicos son muy sensibles a las variaciones en las condiciones iniciales, implicando grandes diferencias en el

⁵⁸ Ibíd.

⁵⁹ Maas, W. (2007). *Space fighter*. Barcelona: Actar.

⁶⁰ Maturana, H. & Varela, F. (2004). *De máquinas y seres vivos* (1st ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria, Grupo Editorial Lumen.

⁶¹ Rosnay, J. & Martorell, A. (1996). *El hombre simbiótico* (1st ed.). Madrid: Cátedra.

comportamiento futuro y dificultando su predictibilidad) y la teoría de juegos (una serie de jugadores que interactúan recíprocamente sobre un medio con unas reglas formales preestablecidas, modificando su accionar y sus estrategias generadas en tiempo real para sacar el mayor provecho de su entorno).

2.3.2. Relevancia de la propuesta

Uno de los valores agregados del proyecto es su potencial aporte ante temas de relativamente poca apropiación actual a pesar de los grandes adelantos y desarrollos teóricos en otros campos del conocimiento. En este sentido y para esta propuesta en particular, existen tres pilares fundamentales sobre los cuales se argumenta la relevancia de este trabajo de grado.

2.3.2.1. Ponderación de alternativas desde la academia

Poner de manifiesto una manera alternativa para el diseño de los ecosistemas artificiales humanos diferente a las opciones históricas y tradicionales que enfatizan el rol del planeador individual y autónomo. Esta alternativa sería además un aporte teórico válido y legitimado desde la academia, con el potencial de ser sujeta a comprobación y experimentación práctica posteriormente.

2.3.2.2. Aparición de nuevas tecnologías que permean la vida cotidiana

Indagar sobre el efecto y la influencia que tienen las nuevas tecnologías en el habitar mismo del ciudadano y en la generación o construcción colectiva del entorno habitable humano es un aspecto clave para el desarrollo de una propuesta coherente con el contexto histórico al que pertenecemos. Pero al ser la naturaleza de estas tecnologías tan volátiles y dinámicas en su exponencial velocidad de evolución, es inevitable llegar a la conclusión de la importancia de estar continuamente explorando y teorizando sobre cómo las NBIC (tecnologías nano-info-bio-cogno, o la superación de los tradicionales TIC) pueden llegar a sugerir de alguna manera la generación de estos ecosistemas artificiales en todos sus niveles: Desde la concepción de su diseño, la adopción de nuevos procesos constructivos, la introducción de materiales innovadores, la inclusión y el entendimiento de los metabolismos urbanos, la gestión del "Big Data" en tiempo real y hasta la capacidad de transformación real y efectiva que se les otorga a los neo-ciudadanos como habitantes del medio.

Adicionalmente, son estas tecnologías de la información y la comunicación lo que más drásticamente distingue a los entornos construidos actuales de los modelos pasados. Es decir, parte de la cualidad intrínseca del ecosistema artificial propuesto es precisamente la apropiación de su identidad parcialmente biológica, parcialmente ciborg: un estado en que tanto los individuos como los medios están en un estado híbrido.

2.3.2.3. Heurística como motor de la innovación

Al plantear una metodología heurística, el proyecto tiene inherentemente un carácter innovador. A priori no pretende una única solución ideal pues reconoce la imposibilidad de la misma. Por el contrario, manifiesta la pertinencia de encontrar alternativas preliminares e innovadoras a partir de rupturas y discontinuidades en los procesos de diseño e investigación. Esto se logra a través de creación de universos posibles sustentados en reglas definidas a partir de campos epistemológicos de diferente naturaleza que anteriormente no habían sido permutados o combinados de esta manera.

2.3.3. Preguntas de investigación

Manuel de Landa señala como una de las cualidades de las redes: “Meshworks grow by drift and they may drift to places we don’t want to go⁶²”. Esto como parte de una argumentación en donde expone que no se debe contraponer maniqueamente el concepto de red con el de la jerarquía, pues ambos son complementarios y útiles.

Por esta razón, si bien este trabajo de grado es una mutación relativamente libre de la temática general propuesta desde la facultad de arquitectura y diseño (La ciudad contemporánea y los nuevos territorios resultantes de la desaparición de las fronteras físicas), tiene un grado de estructura dado por unas preguntas de investigación que delimitan un campo de acción y orientan un desarrollo futuro. Estas preguntas y consideraciones se muestran a continuación.

2.3.3.1. Sobre las nuevas tecnologías:

⁶² deLanda, M. *Zero News Datapool, Meshworks, Hierarchies And Interfaces. T0.or.at*. Retrieved 19 August 2016, from <http://www.t0.or.at/delanda/meshwork.htm>

¿Cómo influyen y transforman las tecnologías NIBCS el proceso de construcción del ecosistema artificial urbano?

La evolución constante y exponencial de las tecnologías de la información y la comunicación transforman de manera radical nuestro entendimiento del mundo y fundamentalmente nuestra manera de relacionarnos a través del espacio y el tiempo en el planeta. Un ecosistema artificial relativamente aislado del siglo XVIII es inevitablemente diferente a uno en el marco del siglo XXI, hiper-conectado y relacionado simultáneamente con el resto del mundo.

Entender este contexto y la influencia de las NIBCS en la generación del entorno habitable es fundamental para el diseño adecuado y pertinente de una propuesta algorítmica.

2.3.3.2. Sobre los neo-ciudadanos

¿Cuál es el rol de los ciudadanos en el resultado final de este ecosistema?

Al fundamentarse en la complejidad, una propuesta basada en algoritmos tiene como pilar constitutivo la emergencia global del sistema. Esta emergencia se obtiene a través de la interacción constante entre los elementos que componen el sistema, en la que las relaciones en un mismo nivel de jerarquía (relaciones horizontales) tienen repercusión y producen cambios estructurales en la configuración global del mismo sistema (relaciones verticales).

Adicionalmente, es necesario introducir como otro de los parámetros de “aleatoriedad” del sistema a la teoría de juegos. Los individuos tienen diversos intereses propios y generan estrategias y planes de acción ante un sistema común de reglas establecidas según les conviene en el tiempo. Estas estrategias son a su vez modificadas constantemente ante la inminencia de interacción con otros individuos quienes a su vez poseen sus propios intereses y estrategias.

Para el caso de los ecosistemas urbanos de evolución algorítmica, el actuar de los neo-ciudadanos (dotados adicionalmente con todo el potencial tecnológico propio de este momento histórico, los llamados ciudadanos “ciborg” explicados anteriormente) tienen un enorme potencial de transformación y gestión en tiempo real del sistema. Cabe resaltar que estos ciudadanos están continuamente

generando información y “Big Data” con respecto a la movilidad, variables climatológicas e incluso deseos y anhelos respecto a la ciudad, información que es el insumo principal del desarrollo de la propuesta.

Entender el rol de los neo-ciudadanos es fundamental para su incorporación activa en la generación y gestión del ecosistema artificial de evolución algorítmica.

2.3.3.3. Sobre la incertidumbre en el sistema

¿Cómo se aborda la complejidad inherente al neo-ecosistema propuesto?

Al introducirse tantas variables en la generación de un modelo, es inevitable preguntarse cómo se incluyen todo el universo de las posibilidades en el ecosistema artificial propuesto. Para esto se propone inicialmente el desarrollo de algoritmos y el diseño de procesos sobre los cuales modificar eventualmente parámetros puntuales.

Esta metodología permite abstraer una serie de variables concebibles dentro de la enorme complejidad del ecosistema para depurarlas en un algoritmo relativamente ligero que organice y defina los procedimientos y procesos que dan cuenta de las posibilidades del sistema, de manera que unas pocas variaciones en los datos de entrada impliquen una transformación total del resultado final.

La incertidumbre es pues el desconocimiento inicial del resultado final, sumado a la infinita gama de posibles resultados diferentes ante variaciones mínimas en el input o los parámetros de cálculo.

2.3.4. Justificación

El desarrollo del presente trabajo de grado tiene como objetivo y finalidad el aportar resultados útiles en la práctica misma de la manera en que se concibe y diseña la ciudad. Las razones que sustentan esta posibilidad se enuncian a continuación.

2.3.4.1. Conveniencia: Research by design.

El proyecto plantea la posibilidad del desarrollo continuo e indeterminado en el tiempo de nuevo conocimiento a partir de la concatenación cíclica de los momentos que se explicarán a continuación:

- a. La teoría inicial es un trampolín: Se utilizan las fuentes para la generación de nuevos modelos y simulaciones teóricas
- b. Las simulaciones y modelos derivados de todo el proceso son a su vez una fuente para el análisis de los resultados generados. De estos resultados con bases reales (el modelo surge a partir de la gestión de paquetes de datos existentes, el “Big Data”) pueden surgir nuevas hipótesis y teorías.
- c. A partir de las conclusiones del análisis de los resultados, se pueden volver a plantear nuevos entornos y modelos de simulación que pongan en práctica la teoría de “segunda generación”, dando inicio al ciclo una vez más.

2.3.4.2. Relevancia: Producción de conocimiento

De manera preliminar, el desarrollo de un proyecto basado en temas y campos del conocimiento poco apropiados y aceptados desde el campo de la arquitectura y llevado a cabo por medio de metodologías no tradicionales (con énfasis en la complejidad, la indeterminación y demás ciencias no lineales) plantea una posibilidad de generación de conocimiento innovador. Por esta razón, independientemente de la aplicabilidad integra real del proyecto, los posibles resultados derivados de su desarrollo podrán servir de base teórica para diferentes iniciativas. Y finalmente, el proceso mismo de diseño de los modelos del presente trabajo tiene la capacidad de ser un insumo que aporte a la comprensión teórica de los ecosistemas urbanos contemporáneos.

2.3.4.3. Implicaciones: Simultaneidad e incertidumbre

Tal vez la mayor implicación y potencial del desarrollo de un proyecto que se fundamenta en las ideas de la incertidumbre es la posibilidad de diseñar una infinita cantidad de universos complejos a partir de un mismo proceso. Esto significa cambiar el paradigma de diseño urbano actual (el planeador que toma decisiones relativamente individuales) hacia uno en que se sopesen simultáneamente diferentes alternativas factibles según cursos de acción alternos.

Es entonces cuando el diseño de un proceso (algoritmo) de múltiples variables de entrada y con flexibilidad en los parámetros de su estructura y no de un resultado se convierte en el nuevo paradigma.

2.4. Metodología

Meta: “más allá”; **Odos:** “camino”; **Logía:** “estudio”.

La metodología del presente proyecto hace referencia a la manera en que se abordará la investigación aplicada planteada para el desarrollo de la propuesta. Esto incluye el conjunto de procedimientos racionales y lógicas de método empleados durante la elaboración tanto del planteamiento teórico como de las formulaciones y modelaciones prácticas finales.

Para el caso de esta propuesta de investigación aplicada se ponderaron una serie de metodologías y se valoraron según su pertinencia en relación con la problemática planteada inicialmente. Por esta razón, a continuación, se expondrán las dos bases metodológicas principales del proyecto. Estas se seleccionaron por las posibilidades formales y conceptuales que permiten en el marco de la investigación, además de por su relación directa con los datos estadísticos y generados constantemente durante la gestión misma de la ciudad (el “Big Data”), lo que le otorga un sustento real a los resultados obtenidos de las modelaciones.

Al respecto, es fundamental señalar que la metodología predominante es la Heurística, aunque se guarde una relación inicial con la Holística de la que se extraen algunos de sus principios fundamentales.

2.4.1. Holística

Holos: “todo”.

La holística es una superación a la lógica científica, en la que un sistema no se puede explicar exclusivamente como la suma de sus partes. Es pues una metodología en la que las relaciones y las interacciones de los elementos constituyentes de un sistema tienen el protagonismo, y estas trascienden de maneras que inicialmente no se pueden predecir. Es por esta razón que la máxima

“el todo es más que la suma de sus partes” (de Aristóteles en su libro “Metafísica”) suele usarse para explicar la metodología holística.

Esta metodología propone una serie de principios, recogidos de Jacqueline Hurtado de Barrera en su artículo “La integración metodológica en las ciencias sociales, dificultades y posibilidades⁶³”. Estos principios se sintetizarán y explicarán a continuación.

2.4.1.1. Unidad, no homogeneidad

En la holística, se concibe el universo como una unidad indivisible. Todo hace parte de la misma identidad, aunque esto no significa de ninguna manera que todo sea lo mismo. Según Jaqueline Hurtado (en su artículo ¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?⁶⁴):

“Cada vez más teóricos e investigadores coinciden en la idea de que el universo es una totalidad y que todo en él está íntimamente relacionado. Esta afirmación se basa, entre otras cosas, en los descubrimientos de la física cuántica. Al respecto, Capra (1992) expresa que la interconexión universal de las cosas y de los sucesos parece ser un rasgo fundamental de la realidad atómica. Bohm (c. p. Capra, 1992) confirma esto al decir, en relación a la física cuántica: “uno llega a un nuevo concepto de inquebrantable totalidad que niega la idea clásica del mundo en partes existentes por separado e independientes” (p.156)”.

Además, también menciona:

⁶³ Hurtado, J. (2008). ¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?. *Investigacionholistica.blogspot.com.co*. Retrieved 24 November 2016, from <http://investigacionholistica.blogspot.com.co/2011/01/investigacion-holistica-o-comprension.html>

⁶⁴ *Ibíd.*

“La integralidad le recuerda al investigador que si bien el universo es una unidad, no es uniforme, sino complejo. La integralidad alude a la unidad en lo diverso, por lo tanto la holística dista mucho de ser una forma de monismo. El ser humano es también un ser integral, que si bien es uno, se manifiesta desde diversas dimensiones (biofisiológica, volitiva, cognitiva, ética)”.

Esto implica comprender las relaciones globales del sistema como aquellas que logran definirlo como una unidad integral, un conjunto de sinergias que actúan armónica y dinámicamente. No tiene sentido diseccionar los aspectos para su análisis independiente, pues no lograríamos entender la identidad misma del objeto de estudio.

2.4.1.2. Investigador = investigado

Según Jaqueline Hurtado (en su artículo *¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?*⁶⁵):

“En la antigua concepción de ciencia se creía que las descripciones científicas eran “objetivas” e “independientes” del observador humano y del proceso de conocimiento, pero esta manera de pensar ha cambiado. El planteamiento de la unidad entre observador y observado tiene además su apoyo en el principio de indeterminación de Heisenberg, mencionado anteriormente: cuando se trata de medir con precisión los valores de un evento, los otros valores se vuelven inciertos. En consecuencia, “las propiedades de los objetos no se pueden separar del acto de medición y, por ende, del observador mismo” (Briggs y Peat, 1996)”.

Es necesario superar el paradigma de la objetividad como estado ideal de las investigaciones. Esto implica el reconocimiento de nuestro papel en la generación del sentido trascendente en la comprensión del mundo, y la esencia antropológica que inevitablemente imprime la humanidad en su manera de concebir, entender y transformar su entorno artificial.

⁶⁵ *Ibíd.*

2.4.1.3. El límite entendido como abstracción humana

Según Jaqueline Hurtado (en su artículo ¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?⁶⁶):

Para la holística, el universo es una sola realidad, de modo que los límites son considerados abstracciones del ser humano que le permiten aproximarse al conocimiento, al focalizar su atención en un evento específico de su interés. Es el investigador quien crea una frontera o un “límite” para poder aproximarse al estudio. Cuando el investigador presupone que las fronteras son reales y cree que es el medio externo el que determina los límites del evento a investigar, suele demorarse mucho en delimitar el tema y sus alcances, pues se queda esperando que el tema o la pregunta emerjan solos del contexto”.

El hecho de poseer las herramientas tecnológicas de la potencia de la que disponemos hoy en día (los macroscópios como los definía Joël de Rosnay⁶⁷) nos brindan una inconmensurable ayuda a la hora de comprender la complejidad del universo del que históricamente hemos sido vistos obligados a limitar para siquiera concebirlo mentalmente. Al asumir la unidad y complejidad de un universo que no nos es ajeno sino del que somos parte integrante (parte del “Holos”), lograremos mayores niveles de entendimiento.

2.4.1.4. Caología y cosmología

Según Jaqueline Hurtado (en su artículo ¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?⁶⁸):

⁶⁶ Ibíd.

⁶⁷ Rosnay, J. & Martorell, A. (1996). *El hombre simbiótico* (1st ed.). Madrid: Cátedra.

⁶⁸ Hurtado, J. (2008). *La integración metodológica en las ciencias sociales, dificultades y posibilidades*. *Investigacionholistica.blogspot.com.co*. Retrieved 23 November 2016, from <http://investigacionholistica.blogspot.com.co/2010/08/la-integracion-metodologica-en-las.html>

“El proceso investigativo no puede ser una receta. Si bien es cierto que los métodos de investigación orientan sobre los caminos a seguir, esos caminos pueden estar llenos de sorpresas. Un proceso investigativo dinámico, abierto y creativo no puede estar limitado a una única técnica o a un método reduccionista, requiere variedad de posibilidades, de técnicas y de instrumentos acordes con las múltiples situaciones que se pueden presentar a lo largo de la indagación”.

Además, también menciona:

“Para Prigogine los elementos creadores del orden y los creadores del desorden siempre están ligados, de modo que orden y desorden aparecen a la vez. Así como los procesos lineales en la física son predecibles y los sistemas cerrados son poco sensibles a las variaciones externas, en investigación el abordaje cosmológico (estructurado, cerrado, preestablecido, orientado a corroborar) responde a un camino relativamente preestablecido, con criterios más precisos y orientaciones más restringidas y es menos sensible a las variaciones que se apartan de los criterios y conceptos previos del investigador; este abordaje fue el preferido del positivismo. De la misma forma como los procesos disipativos en la física son complejos, no lineales e impredecibles, el abordaje caológico en investigación (inestructurado, abierto, con un mínimo de criterios previos, orientado a descubrir) se inicia sin preguntas, sin instrumentos estructurados, sin hipótesis, sólo con una actitud de escucha y apertura por parte del investigador, de modo que hasta los mismos eventos de estudio van emergiendo en el proceso; este tipo de abordaje ha sido el preferido del estructuralismo y de la fenomenología”.

Si se logra una integración de los aspectos caológicos, flexibles e innovadores de la “deriva” (el “meshwork”, como lo entiende Manuel de Landa⁶⁹) con el aspecto

⁶⁹ deLanda, M. *Zero News Datapool, Meshworks, Hierarchies And Interfaces. T0.or.at*. Retrieved 19 August 2016, from <http://www.t0.or.at/delanda/meshwork.htm>

estructurado y orientador (la “hierarchy”, como la entiende Manuel de Landa⁷⁰), el potencial derivado de la investigación tendrá el potencial de ser profundamente innovador a la vez que útil y práctico. Esto siempre y cuando no se caiga en la trampa de divinizar un concepto por sobre el otro, sino que se entienda el rol complementario de ambas ideas.

2.4.1.5. Sintagma

Según Jaqueline Hurtado citando a Barrera Morales⁷¹:

(El término sintagma) “está ligado al de convergencia, coincidencia (syn) de diversos aspectos constitutivos de un algo, visto como todo (hol), aspectos que convocados en un propósito representativo producen un efecto, figura, forma (tagma). Este efecto puede ser constitutivo de la totalidad, esto es, puede conformar el evento en cuestión o, en su defecto, expresar la referida totalidad de manera simbólica”.

Además, también menciona:

“Dado que los diferentes paradigmas proporcionan nociones de aspectos diferentes de un mismo evento, el sintagma sería una percepción amplia de un evento visto desde varios puntos de vista. El sintagma constituye, entonces, una comprensión mayor en la cual puede percibirse el evento como totalidad, en lugar de percibirlo desde una única perspectiva. Los diferentes modelos epistémicos en investigación se consideran como maneras distintas de percibir la misma realidad, es decir, aspectos complementarios del proceso investigativo global, y la comprensión holística presenta un sintagma de esos modelos”.

⁷⁰ Ibíd.

⁷¹ Hurtado, J. (2008). *¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?*. *Investigacionholistica.blogspot.com.co*. Retrieved 24 November 2016, from <http://investigacionholistica.blogspot.com.co/2011/01/investigacion-holistica-o-comprension.html>

Un sintagma es una comprensión ampliada de un objeto de estudio: la construcción de una imagen mucho más compleja a partir del aporte de diferentes campos del conocimiento. La ventaja del sintagma es la posibilidad que brinda de incorporar diferentes epistemologías hacia una causa común, acercándose conceptualmente al ideal “holístico” de una identidad indivisible que no puede entenderse sesgadamente desde miradas individualizadas y autistas.

2.4.1.6. Integración y evolución progresiva del conocimiento

Según Jaqueline Hurtado (en su artículo ¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?⁷²):

“Desde una visión integradora se concibe el proceso investigativo como un devenir a través de diferentes niveles de conocimiento. En este devenir, el conocimiento anterior no queda desechado completamente, sino que se integra dentro de una nueva comprensión, pues ha sido la tarea evolutiva necesaria para alcanzar el nuevo aprendizaje. Desde una comprensión holística el ser humano se aproxima al conocimiento en un proceso permanente en “espiral” donde cada resultado alcanza grados de complejidad cada vez más avanzados”.

El fin de la holística es lograr comprensiones progresivamente más complejas del universo. Esto se logra a partir de la integración de las viejas concepciones en las nuevas teorías generadas, asumiendo a su vez que en un futuro estas serán un parte de una red superior de un estado de la naturaleza superior del conocimiento.

2.4.2. Heurística

Carlos Maldonado, académico colombiano estudioso de la metodología heurística explica⁷³:

⁷² Ibíd.

⁷³ Maldonado, C. (2000). *Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS*. www.researchgate.net. Retrieved 4 September 2016, from

“Como se aprecia, etimológicamente la heurística consiste en el estudio del descubrimiento y la invención; mejor aún, de la invención y del descubrimiento debido a la reflexión y no al azar. En consecuencia, todos los factores y elementos extrarracionales o irracionales de juegan un papel o que pueden jugar un papel en la invención y el descubrimiento deben quedar por fuera de la heurística”.

Básicamente y de manera pertinente con este proyecto, la heurística permite la creación de nuevos universos cimentados en multitud de campos del conocimiento. Si bien toma como punto de partida algunos de los principales principios holísticos, toma distancia de esta metodología en el momento en que se apoya en la gestión de datos reales y el manejo del Big Data, aparte de una flexibilidad intrínseca en cuanto a la vinculación de diversos campos epistemológicos para establecer normas plausibles sobre las cuales posteriormente modelar universos innovadores.

2.4.2.1. Propiedades

A continuación, se expondrán las principales cualidades que hacen de la heurística una metodología idónea para el desarrollo del presente proyecto, principalmente por la flexibilidad e innovación respecto a los procesos y los resultados que permite.

2.4.2.1.1. Inducción frente a deducción

Carlos Maldonado explica⁷⁴:

“Pues bien, en el marco de esta lógica es imposible, a todas luces, que una idea nueva pueda producirse, supuesto justamente el carácter deductivo de la lógica. En efecto, la deducción no permite, por definición, jamás nada que no esté ya contenido o posibilitado por ella misma. Sin embargo, si se asumen otras

https://www.researchgate.net/publication/228353101_Heuristica_y_produccion_de_conocimiento_nuevo_en_la_perspectiva_CTS

⁷⁴ Ibíd.

lógicas, notablemente las lógicas no-clásicas, es posible que sí podamos obtener ideas nuevas de manera lógica, puesto que entonces la lógica no se asimila ya ni se funda en la deducción”.

A diferencia de los métodos deductivos en los que por definición no se puede descubrir nada nuevo que no esté implícitamente contenido en las premisas iniciales, la heurística no es autorreferencial. Esto significa que tiene el potencial de la incertidumbre en su desarrollo en la medida en que es una metodología que expresamente produce resultados complejos. Por esta razón, es posible vincular este principio con el concepto de “virtualidad” expresado por Pierre Lévy⁷⁵ en la que los resultados no son simplemente aquello que “tiene el potencial de ser” (como un árbol en el caso de las semillas), sino algo completamente inesperado y novedoso.

2.4.2.1.2. *Innovación a partir de discontinuidades*

Carlos Maldonado explica⁷⁶:

“En el lenguaje de Th. Kuhn, la radicalidad de la heurística no es otra cosa que la efectuación de rupturas epistemológicas – epistemológicas, metodológicas, lógicas, conceptuales-, que son o que implican, en verdad, rupturas sociales”.

Una de las principales cualidades de este marco metodológico es la posibilidad de desligarse conceptualmente de los desarrollos académicos tradicionales y de habilitar la posibilidad de explorar terrenos teóricos nunca explorados anteriormente. Esto es la ruptura en todo sentido, la “epistasis” en la evolución: Una forma de introducir mutabilidad en el sistema hacia estados superiores de la evolución.

⁷⁵ Lévy, P. (1999). *Qué es lo virtual?* (1st ed.). Barcelona: Paidós.

⁷⁶ Maldonado, C. (2000). *Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS*. www.researchgate.net. Retrieved 4 September 2016, from https://www.researchgate.net/publication/228353101_Heuristica_y_produccion_de_conocimiento_nuevo_en_la_perspectiva_CTS

2.4.2.1.3. *Ciencia de la creación de sistemas de conocimiento plausibles*

Carlos Maldonado explica⁷⁷:

“En su acepción contemporánea, la heurística es comprendida como la ciencia de la creación de sistemas de conocimiento con una determinada plausibilidad y en sistemas de invención y descubrimiento bien adaptados”.

Esto significa que la heurística amplía al infinito los campos de acción para el investigador. Ya no se pretende observar y comprender el universo desde las epistemologías preestablecidas académicamente, sino que permite la vinculación de diferentes disciplinas para la creación de un universo particular y nunca antes estudiado. Pero estas nuevas relaciones generadas no son únicamente el resultado arbitrario y caprichoso del investigador, sino una nueva e innovadora perspectiva integradora que permita comprender otra dimensión del objeto de estudio a partir de normas plausibles establecidas previamente.

Para el caso de este proyecto, se propone de manera preliminar la vinculación de los siguientes campos epistemológicos a modo de “set de reglas” inicial para el universo modelado:

En esencia, se pretende la creación de nuevos universos cimentados en multitud de campos del conocimiento:

- a. Termodinámica.
- b. Biología evolutiva.
- c. Neurociencia cognitiva.
- d. Programación.
- e. Inteligencia artificial.

⁷⁷ *Ibíd.*

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

- f. Neo-ecologías.
- g. Estética.
- h. Matemática fractal.

Estas epistemologías, a pesar de que se vinculan y desarrollan de maneras simbióticas e híbridas, se pueden ilustrar de manera sintética en el siguiente árbol conceptual, de las cuales es preciso resaltar los tres campos fundamentales y pilares centrales de la simulación y modelación posterior:

- **Termodinámica:** Aplicada a la gestión de la energía en ecosistemas artificiales.
- **Matemática fractal:** Aplicada al análisis y diseño de los ecosistemas artificiales a partir de formas auto similares, irregulares y el modelado de formas naturales.
- **Inteligencia artificial:** Aplicada en los algoritmos de simulación, la introducción de incertidumbre en los sistemas y a la gestión del Big Data.

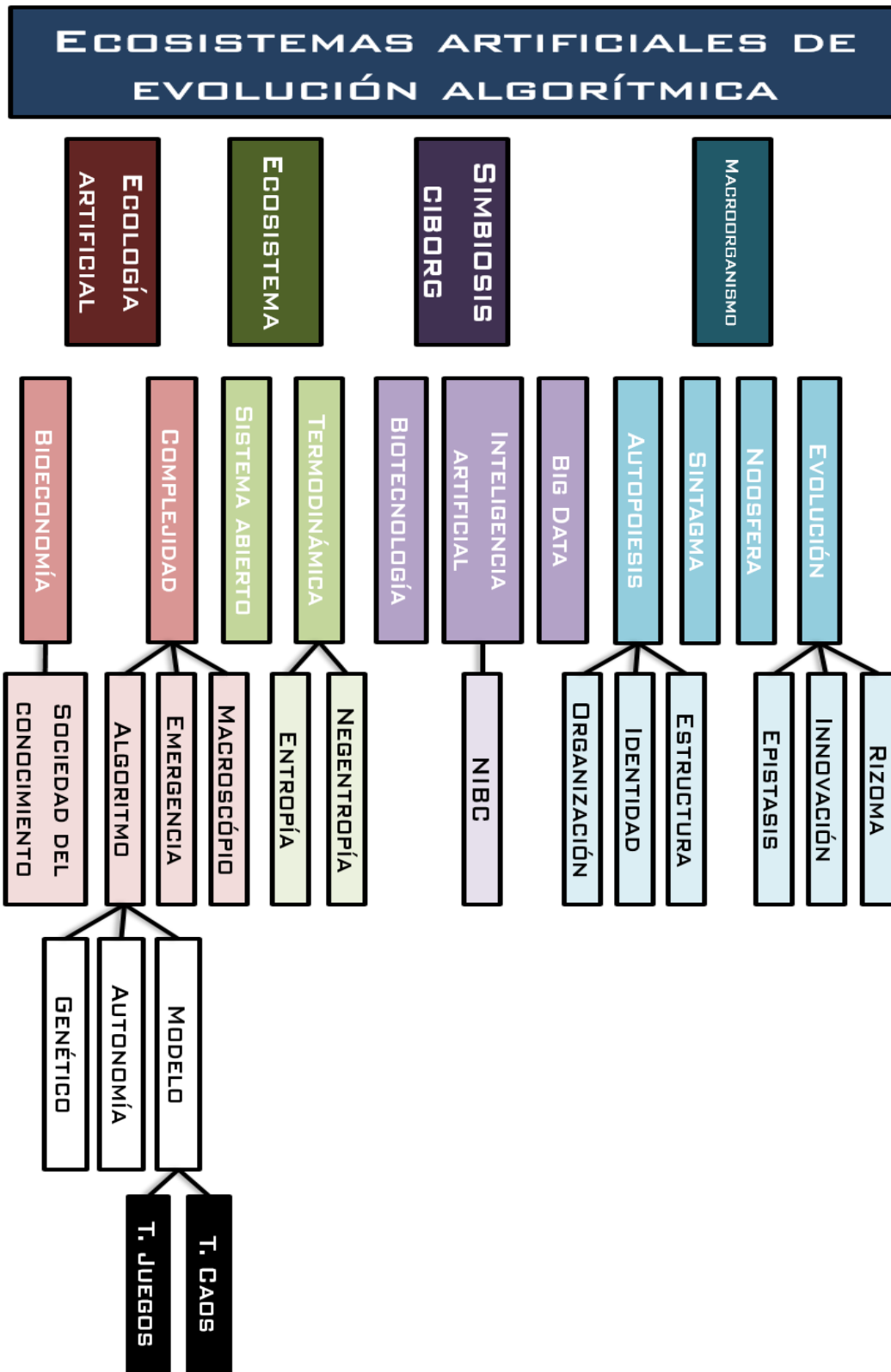


Figura 39. Árbol de relaciones conceptuales principales para el desarrollo y comprensión del proyecto. Elaboración propia.

2.4.2.1.4. *Invención = descubrimiento*

Carlos Maldonado explica⁷⁸:

“Desde el punto de vista heurístico, no existe en principio ninguna diferencia entre invención y descubrimiento, una distinción que tiene mucho más que ver con el desarrollo de la ciencia en la modernidad a partir del paradigma newtoniano, y que consiste en contraponer teoría y práctica dándole, sin embargo, un alto reconocimiento a la experimentación. De esta suerte, el hallazgo, la invención o el descubrimiento ocupan exactamente el mismo estatuto y nivel y constituyen el objeto de una tematización racional. Tal es el tema de origen de la heurística”.

El entender la metodología heurística como “la metodología del descubrimiento” pone de manifiesto la importancia central del descubrimiento en el proceso de generación de innovación y en el devenir de la evolución de la comprensión humana. Por lo tanto, descubrir un nuevo universo plausible bajo las reglas de la heurística posee un valor teórico equiparable a la invención del mismo universo, independientemente de si es un desarrollo conceptual (y base teórica para la creación posterior de nuevas hipótesis) o si tiene una aplicación práctica y literal en la realidad.

2.4.2.1.5. *Obra colectiva, riqueza colectiva*

La heurística como marco metodológico para la presente propuesta de investigación incorpora las ideas de la I+D+I (investigación, desarrollo e innovación) como el motor del desarrollo humano. Esto significa repensar profundamente el rol de los habitantes en un entorno habitable ya no como individuos generadores de valor económico, sino como parte de una red global fundamentada el saber: Las llamadas “sociedades del conocimiento”.

De cambiar este primer paradigma económico sobre el cual se basan todos los desarrollos urbanos actuales, estaremos dando un paso hacia un nuevo tipo de riqueza. Estaríamos comprendiendo que el incremento de la producción intelectual

⁷⁸ *Ibíd.*

y la redistribución del capital del conocimiento son más beneficiosos que la acumulación compulsiva de dinero. En este nuevo paradigma, la riqueza ya no es meramente material, sino que contempla el equilibrio ecosistémico y el bienestar humano como el fin de la evolución.

2.4.2.1.6. Soluciones razonables fundamentadas en la gestión del “Big Data”

A diferencia de la holística, la heurística tiene un fuerte énfasis en la gestión de los paquetes de datos generados constantemente desde los entornos urbanos. Esto implica que esta metodología tiene un fuerte sustento de carácter científico y comprobable sobre la realidad. Este paquete de datos o “Big Data”, como se conocerá de aquí en adelante, incluye información relativa a la demografía, los flujos de tránsito, comunicaciones, relaciones económicas y las estadísticas producidas desde las organizaciones reconocidas para esa labor.

La inclusión del “Big Data” es además una manera práctica y eficiente de vincular a los habitantes de los ecosistemas urbanos artificiales en la gestión en tiempo real del entorno habitado, aprovechando de manera profunda la posibilidad que brindan por ejemplo los dispositivos electrónicos para introducir emergencia en el sistema (Información relacionada con los desplazamientos realizados, los cambios climáticos o incluso la gestión del tráfico del sistema global por medio de aplicaciones digitales no jerárquicas como “Waze”).

2.4.2.2. Carácter instrumental

A nivel instrumental, la heurística propone una serie de estrategias y procedimientos para estimular el desarrollo de procesos que induzcan la innovación. Es pues un curso de acción que pretende generar soluciones preliminares adecuadas (aunque no sean optimizadas) a problemas de una alta complejidad.

2.4.2.2.1. Soluciones preliminares no optimizadas ante problemas complejos

Al respecto de este principio, Carlos Maldonado explica⁷⁹:

⁷⁹ *Ibíd.*

Cuando no existe un método exacto de resolución o éste requiere mucho tiempo de cálculo o memoria. Ofrecer entonces una solución que sea sólo aceptablemente buena resulta de interés frente a la alternativa de no tener ninguna solución en absoluto.

Adicionalmente añade:

Como paso intermedio en la aplicación de otro algoritmo. A veces son usadas soluciones heurísticas como punto de partida de algoritmos exactos de tipo iterativo.

El objetivo es evitar el estancamiento en el desarrollo de propuestas por falta de perfección en las propuestas de solución. Por esta razón, la heurística como método propone un desarrollo progresivo de la solución de manera evolutiva, en la que no es necesaria una respuesta final absoluta sino una primera aproximación en relación con los principales aspectos del problema, pues se asume que eventualmente el desarrollo natural del conocimiento devendrá en una inevitable depuración y optimización del algoritmo inicial.

2.4.2.2.2. *Flexibilidad*

Al respecto de este principio, Carlos Maldonado explica⁸⁰:

Cuando los datos son poco fiables. En este caso, o bien cuando el modelo es una simplificación de la realidad, puede carecer de interés buscar una solución exacta, dado que de por sí ésta no será más que una aproximación de la real, al basarse en datos que no son los reales.

El método heurístico permite aproximaciones plausibles e indicativas frente a problemas que no poseen inicialmente toda la exactitud en sus variables. Los

⁸⁰ *Ibíd.*

modelos generados mediante esta metodología no pretenden ser precisos (se puede llegar a concluir de antemano que la exactitud no es posible), pero aun así es capaz de proponer alternativas preliminares de solución con un alto grado de aplicabilidad y relación.

También otorga flexibilidad si existen limitaciones de tiempo sobre el cual operar, y es necesaria una alternativa de rápida respuesta aun a costa de la precisión.

2.4.2.2.3. Radicalidad

Los desarrollos y modelaciones obtenidas de puntos de partida novedosos y de vínculos epistemológicos aparentemente distantes dan como resultado una absoluta radicalidad en las propuestas y alternativas de solución generadas como respuesta a los universos constituidos. Esta radicalidad probablemente contrastante con la realidad tiene utilidad en tanto por lo sugerente de los resultados obtenidos como por su producción teórica inherente.

2.4.2.2.4. Lógica de la incertidumbre

La heurística como marco metodológico promueve la generación de múltiples soluciones ante un mismo problema definido. Por esta razón, los desarrollos derivados de esta metodología tienden a adelantarse bajo dentro de las lógicas de la complejidad. La ventaja de estos métodos no-lineales para el proceso de elaboración de proyectos es la posibilidad de estudiar y analizar simultáneamente diversos resultados derivados de aproximaciones diferentes ante un problema dado. Es pues una manera de ampliar la perspectiva (sintagma, como se explicó anteriormente) ante el proceso tradicional de diseño.

2.4.2.2.5. Lógica de producción de procesos

Vinculado con el punto anterior está el hecho de ser la heurística la llamada "metodología de los algoritmos". Esto a raíz de que un algoritmo es un proceso codificado, y quien diseña un algoritmo está pensando en una cadena finita de instrucciones modelables y no en un único resultado determinado y preconcebido. El desarrollo de algoritmos es pues una manera de concebir la incertidumbre.

2.4.2.2.6. Construcción de nuevos universos modelables

Al ser la heurística una metodología no lineal, innovadora e inductiva tanto en sus procesos como en sus resultados, es posible desprenderse teóricamente del “universo objetivo” (entendiendo este universo como una colección de leyes y normas generalmente aceptadas y contrastadas) y reemplazarlo por un “nuevo universo” construido a partir de los campos epistemológicos de diferentes naturalezas y disciplinas establecidos previamente por el investigador. Esto implica la introducción de parámetros novedosos en la continua generación de modelos; parámetros innovadores más no arbitrarios o caprichosos. La razón y objetivo fundamental en esta etapa es el de generar nuevas relaciones y vínculos teóricos desconocidos de manera anterior a la investigación realizada.

Es necesario tener presente que los resultados de este tipo de modelaciones, si bien no tienen una aplicación literal en la realidad, permiten explorar alternativas y posibilidades reales y análogas en el entorno habitado a partir de su fundamentación inicial en los campos del conocimiento existentes.

2.4.2.2.7. Epistasis y generación de paisajes rugosos

El proceso operativo fundamental de la evolución natural es la constante introducción de mutaciones y cambios en un sistema inicial para lograr estados progresivamente más adaptados de un sujeto ante un medio dado. Este tipo de mutaciones en el campo de la biología tiene el nombre de “epistasis”.

Desde el punto de vista de la ontogenia de los individuos y de las mutaciones de las especies, una epistasis es fundamentalmente útil, aun cuando no sea siempre positiva. Es útil ya sea porque puede significar una mejor adaptación del individuo a largo plazo, o porque, aunque la transformación introduzca una complicación en la identidad, en el proceso general de la evolución se asumirá y ganará una consciencia en la que una determinada ruta de acción que no es la más adecuada para el bienestar final de la especie.

La heurística como metodología de investigación es análoga al proceso evolutivo de la epistasis, y los resultados obtenidos de este tipo de procesos son, a la luz de una iteración reiterada en el tiempo (un marco temporal), la impresión y la huella de

un paisaje rugoso⁸¹. Picos ascendentes evolutivos (adaptación positiva), depresiones (des-adaptación) y valles reposados (estados de in-alteración), todas posibilidades aceptadas como resultado final del proceso.

2.4.2.3. Potencial

Finalmente, a continuación, se desarrollan los tres puntos sobre los cuales las modelaciones y simulaciones obtenidas tienen un verdadero potencial tanto como una herramienta transformadora de la realidad práctica, como de ser un sistema plausible de implementación y consistencia con los entornos habitables actuales basado en la gestión de datos y flujos reales. Esto es lo que se entenderá como el potencial heurístico de la investigación: La producción de contenido epistémico, la comprensión sintagmática y la gestión del “Big Data”.

2.4.2.3.1. Producción epistémica

La producción de conocimiento generado por medio de la metodología heurística es útil, aun cuando no sea siempre positiva. Esto a raíz de lograr una comprensión más profunda de las ventajas de la introducción de mutaciones por sobre los sistemas estáticos e inmutables en el tiempo: El epistema es entendido entonces como el motor de la innovación y del avance progresivo hacia una sociedad basada real y efectivamente en el conocimiento.

2.4.2.3.2. Comprensión sintagmática

Vincular campos del conocimiento aparentemente y en principio distantes bajo el marco de una investigación heurística consigue que se integren diversas miradas epistemológicamente distintas en una única perspectiva compleja y aumentada. En la práctica, esto equivale a lograr una mayor y mejor comprensión del objeto de estudio sin las limitaciones y sesgos propios de los análisis uni-disciplinarios (retomando el principio holístico que defiende la unidad del universo por sobre las fronteras y límites abstractos formulados por el cerebro humano para tratar de dimensionar la complejidad universal).

⁸¹ Cuesta, J. (2009). *Las matemáticas de la evolución. La Gaceta de la RSME*. Retrieved 28 August 2016, from <http://gisc.uc3m.es/~cuesta/PDFs/Gaceta.pdf>

2.4.2.3.3. Gestión del “Big Data”

Mediante la incorporación práctica del “Big Data” generado constantemente desde el ecosistema artificial se pueden obtener resultados complejos a partir de la emergencia de las dinámicas propias de los seres integrantes del entorno en cuestión. Estos resultados emergentes involucran además datos serios y actualizados en tiempo real, los cuales son producto de las mismas dinámicas de los individuos para lograr la gestión de la ciudad de la manera más descentralizada y precisa posible en cada momento.

2.4.2.4. Epistemologías

En el presente apartado se procederá a introducir el conjunto epistemológico de base para la modelación original (estado inicial) de la investigación propuesta. Es este conjunto el que define los parámetros establecidos por el investigador y que servirán de marco novedoso (en cuanto a las nuevas relaciones interdisciplinarias generadas) para el desarrollo del proceso y los resultados derivados del mismo.

2.4.2.4.1. Termodinámica

Termo: “Calor”. **Dinamis:** “Fuerza”.

Dorion Sagan y Eric Schneider describiendo la termodinámica⁸²:

Thermodynamics has evolved over the past fifty years to allow for the study of a new class of thermodynamics systems known as nonequilibrium or dissipative systems because they exist some distance away from equilibrium. The structures studied by this science include thunderheads, whirlpools, intricate chemical cycles and life.

Al respecto también apuntan⁸³:

⁸² Schneider, E. & Sagan, D. (2005). *Into the cool* (1st ed.). Chicago: University of Chicago Press.

⁸³ *Ibíd.*

Indeed, life's emergence and evolution is, we argue, a cyclical process sired by energy flow. Although life is safeguarded by the natural biotechnology of DNA replication, and spread by reproducing cells, it is energy that gives the evolutionary process its impetus to begin and persist. Complex patterns of cycling matter appear in regions of energy flow. Life, from its inconspicuous microscopic start to its possible interplanetary and interstellar future, is one of these patterns.

La termodinámica es la rama de la física que se encarga del estudio de los estados de dinamismo y equilibrio de la energía térmica en los sistemas. Con estas herramientas, la termodinámica describe cómo los sistemas responden a los cambios en su entorno. Su principal aporte en las ciencias fueron los principios o “leyes de la termodinámica”, los cuales se retomaron y se implementaron conceptualmente en la presente investigación. Estos principios son:

- a) Principio o “ley cero” de la termodinámica: Explica la tendencia al equilibrio de los sistemas (“*Si se pone un objeto con cierta temperatura en contacto con otro a una temperatura distinta, ambos intercambian calor hasta que sus temperaturas se igualan*”).
- b) Primera ley de la termodinámica o principio de conservación de la energía: Establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma.
- c) Segunda ley de la termodinámica o principio de la entropía: Establece que la cantidad de entropía del universo tiende a incrementarse con el tiempo (entropía entendida como el desorden de la materia y de la energía).

2.4.2.4.2. Biología evolutiva

Daniel Dennet, uno de los mayores expertos en los temas relativos a la evolución explica⁸⁴:

The fundamental core of contemporary Darwinism, the theory of DNA based reproduction and evolution, is now beyond dispute among scientists. It demonstrates its power every day, contributing crucially to the explanation of planet-sized facts of geology and meteorology, through middle-sized facts of ecology and agronomy, down to the latest microscopic facts of genetic engineering. It unifies all of biology and the history of our planet into a single grand story. Like Gulliver tied down in Lilliput, it is unbudge-able, not because of some one or two huge chains of argument that might—hope against hope—have weak links in them, but because it is securely tied by hundreds of thousands of threads of evidence anchoring it to virtually every other area of human knowledge.

La biología evolutiva es la ciencia que se encarga del estudio de los cambios de los seres vivos en el tiempo. Esta disciplina establece las causas del origen y diferenciación entre los sistemas biológicos con capacidad de reproducción, herencia y mutación entre generaciones. Estos cambios son entendidos como la razón causal de la diversidad (por mutación génica, recombinación genética y selección natural), y la razón de las adaptaciones que desarrollan los individuos de una especie para poder relacionarse de manera más eficiente con su entorno.

2.4.2.4.3. Neurociencia cognitiva

Patricia Smith y Terrence Sejnowski al respecto de las ciencias cognitivas explican⁸⁵:

If we are to understand how the brain sees, learns and is aware, we must understand the architecture of the brain itself. The brain's computational style and the principles governing its function re not

⁸⁴ Dennett, D. (1995). *Darwin's dangerous idea* (1st ed.). New York: Simon & Schuster.

⁸⁵ Churchland, P. & Sejnowski, T. (1992). *The computational brain* (1st ed.). Cambridge, Mass.: MIT Press.

manifest to a casual inspection. Nor can they be just inferred from behavior, detailed though the behavioral descriptions may be, for the behavior is compatible with a huge number of very different computational hypotheses, only one of which may be true of the brain. Moreover, trying to guess the governing principles by drawing on existing engineering ideas has resulted in surprisingly little progress in understanding the brain, and the unavoidable conclusion is that there is no substitute for conjuring the ideas in the context of observations about real nervous systems: from the properties of neurons and the way neurons are interconnected.

La Neurociencia cognitiva es la disciplina que se ocupa del estudio de los mecanismos biológicos que permiten o posibilitan la cognición. Esta área en específico hace énfasis en las redes neurales de base para los procesos mentales, de lo que se desprende que se pregunte en última instancia el cómo las funciones psicológicas y cognitivas son producidas por el circuito neuronal.

2.4.2.4.4. Programación

La programación informática se entiende como el proceso de “diseñar, codificar, depurar y mantener el código fuente de programas computacionales”. El objetivo de la programación es lograr el diseño de programas que exhiban un comportamiento deseado. El proceso de escribir código requiere del dominio del lenguaje a utilizar, algoritmos especializados y lógica formal (entendiendo los algoritmos como una secuencia finita y ordenada de instrucciones para resolver un problema).

2.4.2.4.5. Inteligencia artificial

Es una rama de las ciencias informáticas y computacionales que se caracteriza por tener un enfoque multidisciplinar (vincula áreas de la computación, la matemática, la lógica, la filosofía, etc.), y por la creación y diseño de sistemas capaces de resolver problemas utilizando como paradigma la inteligencia humana.

Para Nils Nilsson⁸⁶, son cuatro los fundamentos de la inteligencia artificial (I.A.):

⁸⁶ Nilsson, N. (2010). *The quest for artificial intelligence* (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

- a) Búsqueda del estado requerido en el conjunto de los estados producidos por las acciones posibles.
- b) Algoritmos genéticos (análogo al proceso de evolución de las cadenas de ADN).
- c) Redes neuronales artificiales (análogo al funcionamiento físico del cerebro de animales y humanos).
- d) Razonamiento mediante una lógica formal análogo al pensamiento abstracto humano.

2.4.2.4.6. *Neo-ecología*

Las neo-ecologías para efectos de este trabajo se entienden como dos vertientes que reinterpretan y logran comprensiones más vanguardistas y complejas de las relaciones tradicionales entre los humanos y su entorno. Estas vertientes son la bioeconomía y las ecologías artificiales.

2.4.2.4.7. *Bio-economía*

La bioeconomía es entendida como la “ciencia de la gestión de la sustentabilidad”. Su finalidad es lograr un equilibrio en los desarrollos sociales y económicos de manera sostenible, mediante el uso racional de los recursos naturales. A diferencia de las teorías económicas tradicionales, la bioeconomía es un campo de estudio multidisciplinar en el que se conjuga además de la economía la biología, la física y la termodinámica.

Al respecto de esta nueva concepción de la economía, Nicholas Georgescu-Roegen defendía que “no incluir las leyes de la biología y la termodinámica en la economía era un grave error”. Además, afirmó que “somos una de las especies biológicas de este planeta, y como tal estamos sometidos a todas las leyes que gobiernan la

existencia de la vida terrestre⁸⁷. Marina Pérez en un artículo web⁸⁸ define los fundamentos principales de la bioeconomía como se muestran a continuación. Estos principios serán retomados para el desarrollo de la investigación propuesta.

- Defender el medio ambiente y asegurar la capacidad de regeneración de la biodiversidad.
- Cerrar los ciclos de materia. En la naturaleza no existe el concepto de residuo, los deshechos de unos seres vivos se convierten siempre en el alimento de otros.
- Centrar la producción y el consumo en lo local.
- Actuar desde lo colectivo. En la evolución de la naturaleza ha sido más importante la cooperación que la competencia. Somos seres interdependientes.
- Promover la mejora del bienestar y la equidad social.
- Usar recursos renovables y energías limpias para evitar la destrucción y contaminación de los ecosistemas.
- Fomentar la creación de grupos transdisciplinares para poder comprender el funcionamiento de la realidad económica.
- Impulsar un desarrollo humano equitativo, los bienes comunales, el progreso local y regional equilibrado, el comercio justo, el acceso igualitario al conocimiento, los derechos sociales, unos salarios dignos, una reforma agraria real y el acceso libre al agua.

Monsour Mohammadian⁸⁹, otro de los grandes exponentes de esta disciplina, argumenta:

⁸⁷ Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process* (1st ed.). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

⁸⁸ Marina Perez. *¿Qué es la bioeconomía o economía ecológica?*. (2013). Fundación Melior. Retrieved 17 October 2016, from <http://www.fundacionmelior.org/content/tema/que-es-la-bioeconomia-o-economia-ecologica>

⁸⁹ Mohammadian, M. *Instituto de Ciencias Ambientales. Universidad Complutense de Madrid*. Retrieved 12 November 2016, from <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%BA19/Mansour%20Mohammadian.pdf>

“Existe un Homo oeconomicus y un Homo bioeconomicus. El primero es un ser avaro, sin sentimientos, depredador. El segundo un ser satisfecho con lo que posee, sensible a las necesidades de los demás y a las realidades sociales, económicas, biológicas y ambientales. El "Homo bioeconomicus", un ser cooperativo y en armonía con su medio, puede cambiar la cultura de avaricia y el despilfarro, por la cultura de suficiencia y conservación. Así, también ayudará a infundir el don de la solidaridad y fraternidad, a establecer las condiciones sociales necesarias para promover la sostenibilidad y las relaciones de confianza entre los seres humanos.

Básicamente, la bioeconomía defiende que el interés general es mucho más grande que la suma de las partes, y que no es sensato regir los recursos naturales según las actuales leyes del mercado y porque existen bienes comunes (el aire y el agua, por ejemplo) cuyos problemas trascienden la lógica de las naciones y de los mercados. Aun así, la bioeconomía no debe ser entendida como una aproximación económica a lo viviente, sino como una “aproximación viviente a la economía”⁹⁰. Monsour Mohammadian⁹¹ indicaba:

Estamos evaluando los problemas interactivos con una mentalidad anticuada, evolucionada para un mundo que hemos dejado atrás hace décadas. Hay un gran desajuste entre la evolución biológica y la evolución cultural, y la brecha sigue más grande con el paso de tiempo. Tenemos que desarrollar un proceso educativo que dé más importancia al arte de ser, que el estado de tener; al arte de savoir vivre, que el estado de savoir fair; al arte de optimización, que la ciencia de maximización. Para lograr esta nueva mentalidad, el proceso educativo debe experimentar una revolución científica-académica a través de la síntesis de las teorías de la Biología, Economía y Cognición, para promocionar una educación integrada en forma de proceso educativo bioeconómico. Tal proceso educativo es holístico e interdisciplinario, y ayuda a desarmar la educación reduccionista para promocionar la cultura de síntesis además de facilitar el arte de aprender a aprender.

⁹⁰ *Ibíd.*

⁹¹ *Ibíd.*

2.4.2.4.8. *Ecología artificial*

Como se explicó anteriormente, la ecología artificial es un paso evolutivo de la ecología tradicional en el que ya no prima exclusivamente el entendimiento biológico del medio sino un todo teórico integrador sobre el cual se desarrolla armónicamente la coexistencia de la vida humana con todas las especies que componen el sistema. Esta nueva ecología es hija de los desarrollos tecnológicos y de las nuevas relaciones híbridas que se generan entre los desarrollos antrópicos artificiales y las estructuras ecológicas naturales (un entorno ciborg).

2.4.2.4.9. *Estética*

Aísthesis: “Sensación, sensibilidad”. **Ícá:** “relativo a”.

La estética es un área amplia de la filosofía en la que se desarrollan varias líneas relativas a la comprensión de la realidad y los vínculos entre el hombre y el universo. Entre otras, a continuación, se muestran algunas de las preocupaciones fundamentales de la estética:

- La relación teórico-cognoscitiva con la que se acercan a la realidad para comprenderla.
- La relación práctico-productiva que define la manera en que se interviene materialmente a la naturaleza se transforma produciendo objetos que satisfacen determinadas necesidades vitales.
- La relación práctico-utilitaria en la cual utilizan o consumen esos objetos, además de las diversas relaciones del ser humano con el mundo

El vínculo del campo epistemológico de la estética a la propuesta se define por la manera en que abarca toda una manera de entender, aprehender y expresar un estado de contemplación ante un objeto de estudio, particularmente frente a los

procesos y productos resultantes de las simulaciones algorítmicas generadas por la presente propuesta. Ned Rossiter y Soenke Zehle al respecto dicen: ⁹²

If the power of art (and aesthetic experience) “belongs to the apprehension (not the acquisition) of an object that breaks with customary divisions of labor and places us in a state of contemplative bliss that belongs to everyone and no one”, this bliss is now owned. The act of sensation, contemplation and more broadly experience becomes ownable as it is expressed (Massumi), grammaticalized (Stiegler) and captured (Agre). We see a need to engage capture as the enclosure of aesthetic experience, not, however, from the perspective of the contemporary commercialization of the art world. As Jacques Rancière notes, the latter is “merely a distant effect of the revolution constituted by the very birth of museums” and its display of princely predilections and looted treasures. Instead, we focus on the immanence of the algorithmic to experience.

Adicionalmente añaden⁹³:

The integration of algorithmic architectures (social media, finance capital, big data, supply chain operations) with labour and life has further intensified the subsumption of value from the realm of experience. A shift is registered from economies of production predicated on regimes of scarcity and the governance of labour-power to economies of extraction immanent to biopower and algorithmic agency. Far from some kind of instrumental takeover of the body and brain, algorithmic architectures are what Parisi terms “performing entities”, which is to say they ‘expose the internal inconsistencies of the rational system of governance, inconsistencies that correspond to the proliferation of increasingly random data within it’. In analyzing the material conditions that

⁹² Rossiter, N. & Zehle, S. (2015). *Organized Networks / The Aesthetics of Algorithmic Experience*. Nedrossiter.org. Retrieved 2 August 2016, from <http://nedrossiter.org/?p=436>

⁹³ *Ibíd.*

produce, modulate and ultimately capture experience as surplus value, we find critical (in fact paradigmatic) purchase in algorithmic architectures special to global logistics industries and a “supply chain capitalism” that organizes the lifestream logistics of practices of relation and production.

Esto implica reconocer la relevancia de los procesos algorítmicos como parte de la nueva experiencia estética resultante de los cambios de paradigma actuales fundamentados en la evolución exponencial de los desarrollos bio-tecnológicos de nuestro contexto histórico. Es esta nueva estética difiere de las concepciones clásicas, por lo que es necesario reinterpretarlas a partir del marco teórico en el que se inscribe la presente investigación.

2.4.2.4.10. Matemática fractal

Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas. Según Mandelbrot, un objeto es auto similar o auto semejante si sus partes tienen la misma forma o estructura que el todo, aunque pueden presentarse a diferente escala y pueden estar ligeramente deformadas.⁹⁴. El término deriva del latín fractus, que significa “quebrado o fracturado”. La estructura fractal tiene la cualidad de estar presente en muchas de las estructuras naturales. Según Kenneth Falconer⁹⁵, las principales características de un fractal son:

- Son demasiado irregulares para ser descrito en términos geométricos tradicionales.
- Son auto similares, su forma es hecha de copias más pequeñas de la misma figura.

Adicionalmente, Gouyet también describe los fractales como una herramienta mediante la cual no solo se definen figuras geométricas sino también procesos

⁹⁴ Mandelbrot, B. & Llosa, J. (1997). *La geometría fractal de la naturaleza* (1st ed.). Barcelona: Tusquets.

⁹⁵ Falconer, K. (1990). *Fractal geometry* (1st ed.). Chichester: Wiley.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

temporales: “Fractals are not limited to geometric patterns, but can also describe processes in time”⁹⁶.

⁹⁶ Gouyet, J. (1996). *Physics and fractal structures* (1st ed.). Paris: Masson.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

3.Tercer módulo:

PROPUESTA HEURÍSTICA

Capítulo tres: Procesos preliminares a la simulación y modelación del autómata celular. Hipótesis. Desarrollo del autómata celular. Diseño de ecosistemas artificiales.

3.1. Preliminares

A continuación, se señalarán y presentarán los elementos y procesos previos al momento de establecer los estados iniciales o de partida de la propuesta de simulación y modelación de datos. Estos elementos incluyen desde las hipótesis iniciales del proyecto hasta el proceso de búsqueda hacia un adecuado modelo de representación del autómata celular.

3.1.1. Hipótesis inicial

Para el desarrollo de la hipótesis de partida sobre las simulaciones y modelaciones futuras se abarcaron tanto los sistemas propuestos para el análisis de entornos a partir de metodologías heurísticas (explicadas en el capítulo 1) y las proyecciones conceptuales derivadas de las hibridaciones epistemológicas (explicadas en el capítulo 2). La hipótesis inicial para la presente etapa quedará pues formulada de la siguiente manera:

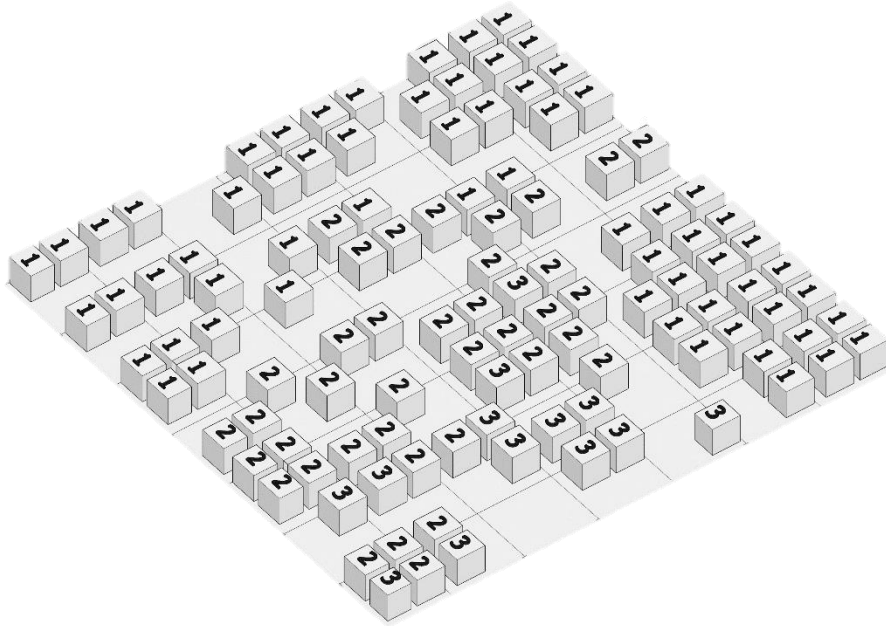
El empleo de métodos de análisis heurísticos sobre el territorio basados en la programación y el diseño de procesos a partir de algoritmos dinámicos y cambiantes en tiempo real que a su vez susceptibles a modificaciones locales (emergentes y complejas) ejercen una influencia decisiva en la conformación y comportamiento de los autómatas celulares modelados a partir de ellos. Este, al ser un proceso esencialmente heurístico y gestionado a partir del Big Data, permitirá la evaluación, comparación y ponderación de alternativas de conformación de ecosistemas artificiales en lapsos de tiempo cortos y eficientes, con un alto grado de precisión y aplicabilidad en la realidad.

La hipótesis será puesta a prueba en las etapas posteriores de la simulación y modelación del ecosistema artificial.

3.1.2. El dilema de representación: Píxeles

En el momento de iniciar una simulación y modelación de datos, el proceso de escogencia de un medio de representación fue fundamental. Si bien en un principio fueron considerados medios como las mallas, los planos cromáticos y los videos como posibilidades formales de representación, finalmente se optó por un sistema de bloques de información: los píxeles.

La ventaja de los pixeles es que funcionan de manera ordenada y clara en un sistema de autómata celular, en donde no solo se pueden establecer inicialmente las normas de adyacencia iniciales y de proceso, sino que también se pueden emplear como celdas con información almacenada. Para el caso de la simulación, esta información almacenada (proveniente de los análisis heurísticos desarrollados sobre el área de estudio en un primer momento tal y como se explicó anteriormente) es guardada en cada pixel según su ubicación geográfica, siendo una codificación única para cada pixel según su localización. Esta codificación -o información- contendrá la información genética de cada pixel, ejerciendo una influencia directa en el desarrollo posterior del pixel dentro de la modelación.



*Figura 40. **Pixeles:** Almacenan variables, representan dispersiones, agrupaciones y contienen parámetros. Elaboración propia.*

Eventualmente, el genotipo almacenado en cada pixel influirá en la manera en que ese pixel en particular se desenvolverá de acuerdo a los parámetros establecidos durante el proceso de simulación. Esto, sumado a la manera en que los pixeles por su condición de “células” son capaces de expresar de manera visual patrones como condensaciones, agrupaciones, densidad, dispersión y otros fenómenos análogos, los convierten en el elemento ideal para la representación de las modelaciones posteriores.

3.1.3.La innovación radical

Como parte de la relevancia asociada al desarrollo de la presente propuesta, se introduce el concepto de la “innovación radical” como complemento a la tradicional y más extendida idea de la “innovación incremental”. En el mismo orden de ideas, la investigación aplicada realizada pretende generar alternativas de diseño y conformación para los ecosistemas artificiales más que una refinación y depuración de los procesos convencionales desarrollados desde las disciplinas de la arquitectura y el urbanismo.

Esta innovación radical, asociada y derivada de las ideas biológicas de la “epistasis”, mutaciones genéticas y evolución, no es consecuencia directa y causal de las metodologías deductivas sobre las que se sustentan la mayor parte de los procesos de diseño urbano. Su naturaleza es en cambio de carácter inductivo, experimental e innovador. Para estos casos, el resultado de la innovación es relevante indistintamente de su aplicabilidad práctica, puesto que sirve para la creación del conocimiento holístico sobre el que se fundamenta la nueva ontogenia del diseño de los sistemas de habitabilidad y de los ecosistemas artificiales. En otras palabras, los resultados obtenidos siempre serán aprovechables en la medida en que harán parte de la conciencia dentro de la que se inscribe la historia de las mutaciones se los nuevos sistemas evolutivos implementados.

3.2. Diseño de ecosistemas artificiales

En el presente acápite se procederá a explicar los parámetros iniciales utilizados para la fundamentación del ecosistema artificial, haciendo especial énfasis en los elementos estratégicos de alternativa explorada en la presente propuesta con relación a los análisis heurísticos del micro-universo de estudio en toda su complejidad (superando el paradigma de “la ciudad” autónoma y estática) y al enfoque ciborg y biotecnológico dado al territorio a partir de las despensas de cooperación agrícola.

3.2.1. Micro-universo

Para el desarrollo del concepto de micro-universo, se parte de la noción y cualidad esencialmente compleja de los territorios habitados, los ecosistemas artificiales y los sistemas de habitabilidad. En este sentido, un micro-universo es entendido como una unidad holística más no como un conjunto finito y delimitado de elementos. No es un área definida por una serie de límites geo-políticos ni una zona determinada por magnitudes cuantitativas.

Por el contrario, es un territorio conformado por un elevado número de sistemas que actúan e interactúan entre sí en diferentes niveles y escalas, que varían desde lo micro (en la composición microscópica de los elementos que conforman un determinado sistema), lo barrial (dinámicas poblacionales, culturales, socio-económicas, etc.), lo metropolitano (circuitos de movilidad, accesibilidad, conectividad, equipamientos, etc.), lo regional (sistemas de habitabilidad humanos, híbridos y naturales o no-humanos) y hasta lo planetario (gestión y aprovechamiento de energías renovables).

Esta serie de escalas y de relaciones pueden ser eventualmente estudiadas y aplicadas sobre los territorios de infinitas maneras y a partir de una serie de enfoques o ideas compatibles con el área de estudio en cuestión. Para el caso puntual del presente proyecto, se define el rol y el enfoque del territorio en función del potencial hallado para el barrio y su contexto (explicado en el acápite 1.1.1) con respecto a la disponibilidad y posibilidad derivada de la gestión del Big Data, la geolocalización estratégica (ambiental, política y geográfica) del territorio, la inscripción del proyecto en el marco temporal de un eventual post-conflicto y el compromiso adquirido a nivel nacional con relación a los objetivos del milenio. Todo esto adaptando las ideas evolutivas de la cooperación y la colaboración como estrategias comparativa y diferencialmente más eficientes para garantizar la

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

subsistencia y sostenibilidad a largo plazo de los individuos y todas las especies no-humanas que conforman el ecosistema.

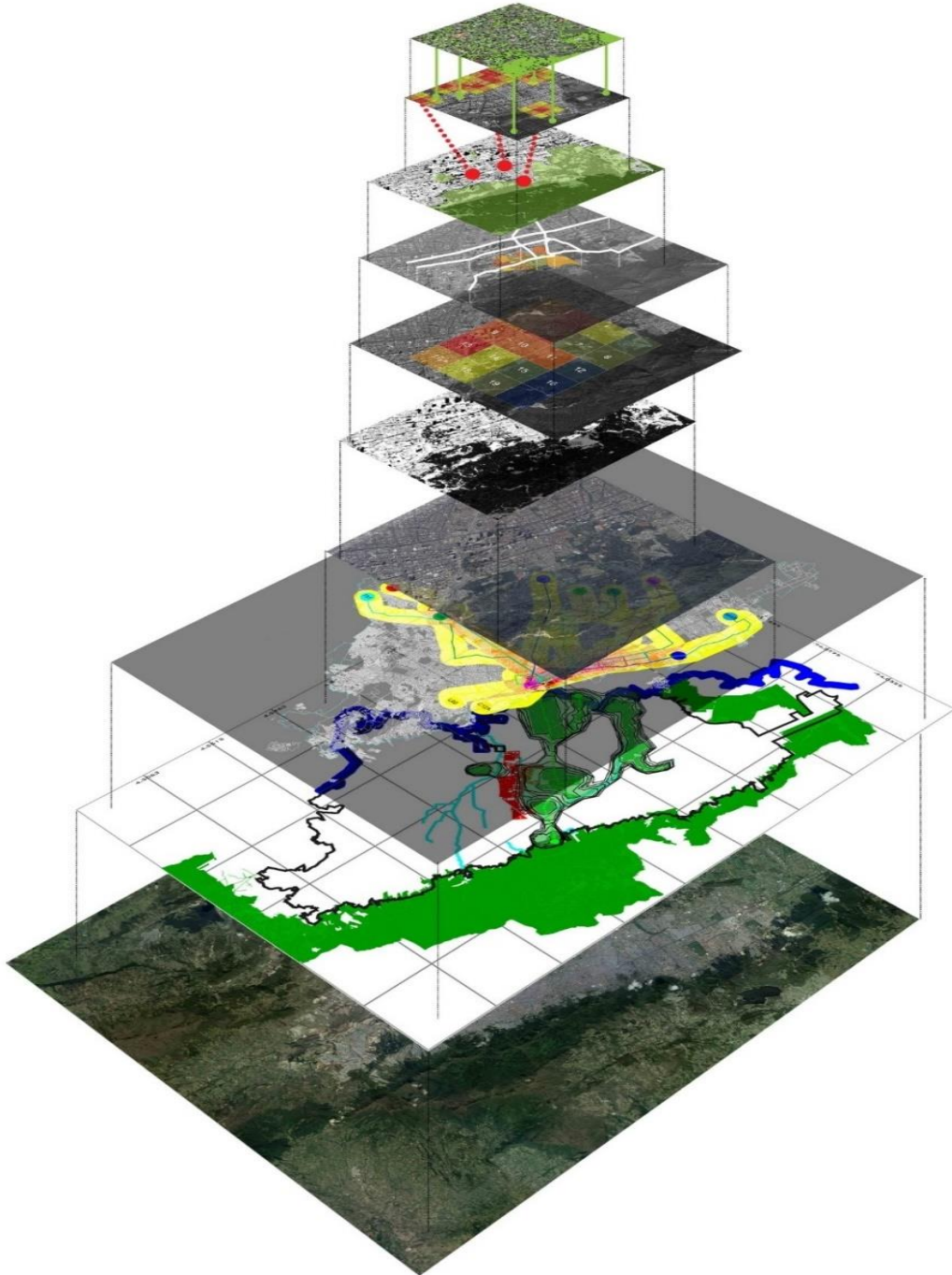


Figura 41. El micro-universo: Unidad no contenida en límites espaciales definidos dentro de la cual interactúan sistemas de diversas naturalezas a diferentes escalas y en tiempo real. Elaboración propia.

3.2.2.El Eco-barrio

Para el efectivo desarrollo del micro-universo planteado en el punto anterior, se desarrolla la idea y noción del “eco-barrio” como una alternativa para la definición de los criterios de diseños a aplicar sobre el área de estudio. La pertinencia de un eventual desarrollo del ecosistema artificial a partir de esta noción se puede entender a partir de una serie de principios complementarios y compatibles con los principios desarrollados para el micro-universo del que hace parte el área de estudio del presente proyecto.

3.2.2.1. Ecología de relaciones

El eco-barrio permite el desarrollo de una idea evolucionada de la ecología tradicional hacia estados con un mayor grado de complejidad. Esto en la medida en que esta “ecología de relaciones” vincula una serie de conceptos, tal y como se muestra a continuación:

- **Eco-existencia:** Revalorización de los sistemas de habitabilidad no humanos y de todos los individuos biológicos que componen dicho sistema. Interacción directa, dinámica, equilibrada, respetuosa y recíproca entre estos sistemas (colaboratorios). Introducción de estrategias de colaboración y cooperación dentro de las dinámicas de interacción social como alternativa a la competencia económica.
- **Ecosistema:** Concepción holística de la idea de ecosistema. Superación de la noción fundamentalmente biológica del ecosistema tradicional hacia un neo-ecosistema o ecosistema artificial con implicaciones tecnológicas y ciborg. Aceptación y conformación de un sistema de habitabilidad complejo e híbrido.
- **Eco-política:** Revalorización y ponderación del rol del individuo (neo-ciudadano) en la modelación, transformación y gestión de su entorno inmediato y de su ecosistema artificial. Organización autopoietica (auto organización) de los sistemas que configuran el ecosistema artificial y de la manera de diseñarlos a partir de inteligencias colectivas, emergencias, decisiones locales y simulaciones a partir de autómatas celulares.
- **Ecología:** Aplicación e implementación de las ideas de sostenibilidad: reducción del uso intensivo de recursos no renovables, reutilización y aprovechamiento de los recursos ya disponibles, reciclaje de los desechos

producidas durante el funcionamiento y el metabolismo de los sistemas (la lógica de “las 3 R”: reducir, reutilizar y reciclar).

- **Bio-economía:** Entendimiento de los procesos intrínsecos de la gestión de los sistemas y del metabolismo de los ecosistemas artificiales a partir de las leyes de la termodinámica, la entropía y la negentropía en el aprovechamiento de los recursos y las relaciones económicas sobre las que se fundamenta el territorio. Relevancia de la economía naranja en los procesos de innovación internos del sistema.

3.2.2.2. Gestión de la energía y los recursos

Otro de los pilares fundamentales sobre el cual se sustenta la pertinencia en la implementación de la idea de Eco-barrio como sistema de organización social para el área de estudio es el de la gestión de la energía y los recursos durante el funcionamiento y metabolismo de dicha sociedad con relación a su ecosistema artificial.

En este sentido, el Eco-barrio prioriza los esfuerzos y la energía invertida en los denominados “procesos estratégicos”. Esto tiene dos implicaciones fundamentales, ambas aplicables tanto a procesos dinámicos como al desarrollo de infraestructura física.

Por un lado, se asume que entre menos eslabones “críticos” existan para el desarrollo de un sistema, el sistema puede considerarse más eficiente. O, en otras palabras, para dos sistemas con idénticos objetivos y productos resultantes, se considerará más eficiente aquel que requiera de menos procesos para alcanzar su fin. Por el otro lado, se pone de manifiesto la necesidad de una adecuada “focalización de la entropía” o jerarquización de los gastos energéticos que un sistema requiere para su óptimo funcionamiento. Esto es, la energía deberá destinarse prioritariamente para aquellos procesos mínimos identificados como “críticos” para el funcionamiento del sistema. Estos dos pilares del Eco-barrio se pueden expresar en la siguiente fórmula:

Menos eslabones críticos + gasto focalizado de la entropía = mayor rendimiento

Es decir, un Eco-barrio funciona en procura de la conformación y consolidación de las denominadas “comunidades de alto rendimiento”, de manera análoga con el funcionamiento de los microchips en los que está dispuesta toda una red de circuitos físicos (o de infraestructura) sobre la cual la energía se transmite de manera eficiente y con el menor grado de fricción posible según las demandas puntuales del sistema. Siguiendo con el ejemplo, si los microchips no son lo suficientemente eficientes, la energía se concentra de manera indebida, sobrecalentando (saturando) el sistema y llevándolo a su eventual colapso.

Adicionalmente, la energía se utiliza en función de los beneficios comparativos que se puedan obtener en un momento dado, dando como resultado que es más eficiente a largo plazo la inversión de la energía y los recursos en mecanismos de prevención que en procesos correctivos (es más económico y más coherente invertir en establecer un estilo de vida saludable que en utilizar un mayor gasto en el sistema de salud, por ejemplo). Estos beneficios también son observables en términos de las dinámicas de desplazamiento de la población, las cuales se desarrollan sobre sistemas de transporte eficientes e intermodales, adecuadamente diseñados para garantizar la eficiencia en la manera en que los espacios físicos son accesibles en diferentes escalas (es más eficiente promover desplazamientos cortos en medios individuales y no motorizados, mientras que los desplazamientos largos deberían tender a ser promovidos por medios de transporte masivo).

Finalmente, el Eco-barrio entiende la importancia en la gestión de los recursos en tiempo real, fundamentando la obtención de estos recursos físicos y energéticos en fuentes renovables. Esto significa que se supera la dependencia propia de la modernidad a los combustibles fósiles, migrando hacia un sistema basado en energías eólicas, solares, térmicas y de bio-masa para el adecuado metabolismo del ecosistema artificial, además de aumentando la eficiencia en su uso y el ahorro de los recursos indispensables como el hídrico. De esta manera se procura lograr la preservación y conservación del territorio contextual y de todos los individuos biológicos que conforman el medio habitado.

3.2.2.3. Dinámicas sociales

A nivel social, la implementación de la noción de un Eco-barrio tiene una serie de implicaciones adicionales benéficas para la población que eventualmente la conformará.

En primer lugar, el Eco-barrio es esencialmente una experiencia de usuario. Quienes lo habitan y quienes desarrollan sus actividades allí, proyectan todo un estilo de vida a niveles formales y espaciales. Esto significa que la mera existencia de un Eco-barrio es un proyector social de una idea territorial fundamentada en la cooperación y la colaboración, tanto social (entre individuos humanos) como ambiental (entre humanos y demás especies biológicas que componen el ecosistema artificial).

En segundo lugar y en relación con la importancia de la colaboración y de la cooperación como estrategias de interacción entre los individuos que componen el ecosistema artificial, está el desarrollo de un sentido de pertenencia a una comunidad cohesionada y dispuesta en función del bien colectivo. En el caso del Eco-barrio planteado para la presente propuesta, la conformación de las despensas de cooperación agrícola son la excusa para generar cadenas productivas que vinculan a toda una población ante una idea progresiva de un sistema colaborativo de producción sostenible e innovadora de la que cada individuo es parte integral y necesaria para su óptimo desarrollo. A su vez, esto implica que las cadenas productivas deberán involucrar a todos los grupos demográficos de la comunidad, siendo accesible a todos los sexos y rangos etáreos (estudiantes que apropian conocimiento y participan en actividades de concientización y de siembra, jóvenes que desarrollan procesos de cosecha, adultos repartidos en actividades de generación y divulgación de conocimiento innovador desde sus territorios, adultos mayores en actividades de cocina, etc.). A largo plazo, esto se verá reflejado en una población más vibrante y llena de actividad.

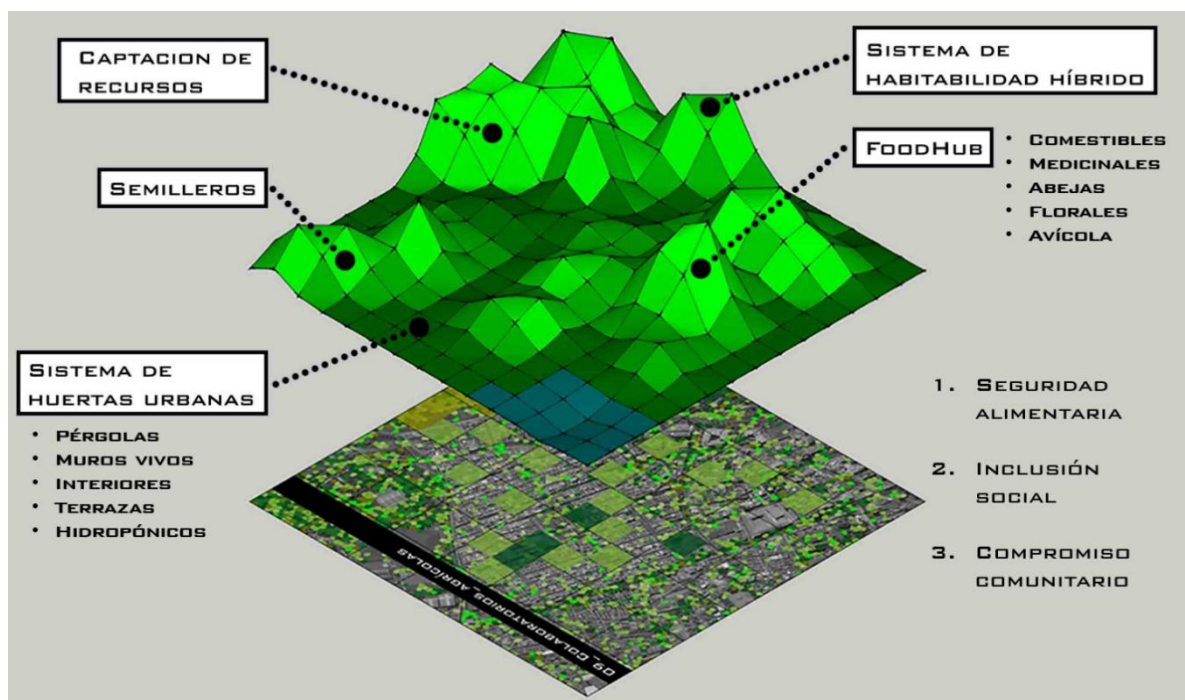
Finalmente, la consolidación del Eco-barrio es el resultado emergente de un proceso de evolución compleja e indeterminado que involucra variables energéticas (y de termodinámica), ambientales (sistemas de habitabilidad y ecosistemas artificiales) y tecnológicas, en la que los individuos post-humanos que lo integran tienen un rol central en su gestión y desarrollo en la medida en que logran adecuar sus capacidades biológicas con las posibilidades derivadas de las NIBCs y las simulaciones heurísticas a partir del Big Data generado en el territorio.

3.2.3. FoodHub

En una etapa posterior de la implementación del Eco-barrio, se pretende la conformación del área de estudio a modo de "FoodHub": Un nodo de importancia central para el desarrollo de actividades asociadas a la alimentación, debidamente equipado y cualificado para la producción de comida, conocimiento y divulgación de innovación heurística y radical, tanto en sus procesos vitales-metabólicos como de las aplicaciones prácticas de su funcionamiento sobre los habitantes del territorio que lo conforman. El eventual funcionamiento del FoodHub es de particular

importancia proyectando el rol nacional que tendrá Colombia como despensa alimentaria del mundo, de acuerdo con los objetivos del milenio mencionados anteriormente en el capítulo 1 del presente trabajo.

El planteamiento del FoodHub repercutirá en tres grandes ramas de impacto sobre la población en la que se inscribe, revalorizando y revitalizando su vez la plaza de mercado de La Perseverancia como el elemento central del sistema, en concordancia con su intrínseco valor histórico y cultural.



*Figura 42. Paisaje rugoso para la conformación del FoodHub en el área de estudio. Los picos representan los proyectos estratégicos para la elaboración de proyectos puntuales. Estos se proyectan a su vez sobre las cartografías desarrolladas en las etapas de diagnóstico de la presente propuesta, siendo un indicador de la dispersión geográfica y localización de dichos elementos.
Elaboración propia.*

- **Seguridad alimentaria:** Acceso aumentado a alimentos sanos y nutritivos; elección voluntaria de la dieta; actividades y talleres para mejorar las habilidades técnicas (producción, preparación y preservación).

- **Inclusión social:** Generación de interacciones mutuamente beneficiosas y significativas, fortaleciendo las redes sociales; aparición de oportunidades laborales enfocadas hacia el postconflicto.
- **Compromiso comunitario:** Opciones reales de transformación e impacto del entorno por parte de la comunidad; transmisión y replicabilidad del conocimiento.

3.2.3.1. Despensas de cooperación agrícola

Para la conformación del FoodHub es preciso establecer en el territorio una red de “despensas de cooperación agrícola”. Estas despensas son la manera de integrar estratégicamente a los pobladores, sus espacios de residencia, infraestructura de producción, capacitación y de ocio en un sistema integrado y holístico. De esta manera es posible dar solución a algunos de los mayores inconvenientes encontrados para la producción agrícola en suelo urbano, proponiendo a su vez alternativas para su conformación, mantenimiento y sostenibilidad en el tiempo.

Para evaluar la efectiva conformación de estas despensas de cooperación y si nivel de aplicación y apropiación en el área de estudio, se proponen los siguientes indicadores:

- Empleos generados por actividades asociadas a los colaboratorios.
- Valor comparado de lo cultivado en los colaboratorios frente a la región.
- Porcentaje de la producción consumida dentro del colaboratorio.
- Porcentaje de la población involucrada en los colaboratorios.
- Producción total.
- Porcentaje de la tierra utilizada para cultivos.
- Variedad de los cultivos.
- Salud y nutrición de la comunidad.
- Porcentaje del ingreso familiar asociado a los colaboratorios.
- Representatividad de lo producido en la dieta familiar.
- Mejoramiento de los microclimas.
- Incremento en la biodiversidad.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

- Productividad y fertilidad del suelo.
- Fuentes hídricas y uso.
- Fuentes energéticas y gasto.

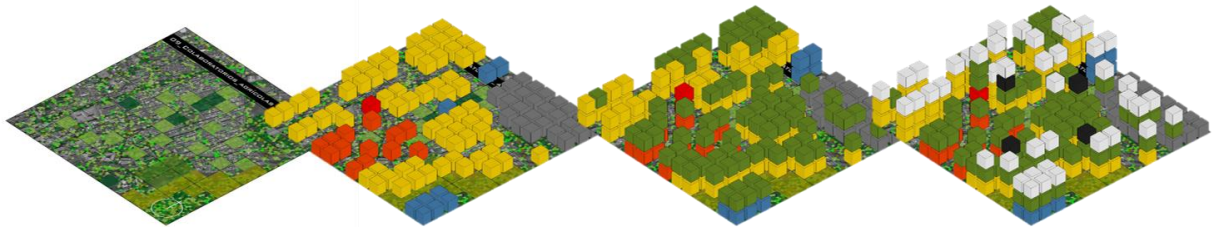


Figura 43. Desarrollo progresivo del sistema colaborativo: Generación de cadenas productivas y de valor agregado de acuerdo con los potenciales proyectados sobre el territorio en las etapas iniciales de diagnóstico a partir de la modelación de datos. Elaboración propia.

A continuación, se hará una breve descripción de algunas de las principales ventajas comparativas al escoger desarrollar e implementar un sistema de despensas de cooperación agrícola frente a otras alternativas para la simulación y modelación a partir de autómatas celulares que se llevará a cabo en el área de estudio posteriormente.

3.2.3.1.1. Cultivar sin tierra nueva:

La tierra disponible en nivel 0 puede ser empleada para la conformación de espacio público o la construcción de nuevos equipamientos, pues la superficie de producción estará integrada en un sistema de huertas urbanas en altura y en las fachadas de las construcciones proyectadas y existentes.

3.2.3.1.2. Capturar agua de lluvia:

El sistema de producción agrícola se sustentará en un proceso de recolección, procesamiento y distribución de agua lluvia, eliminando la necesidad de agua extraída del acueducto y de bombas hidroneumáticas para su distribución. El agua también podrá ser extraída directamente de la atmosfera a partir de un sistema independiente de "Warka Water": mallas que capturan y condensan la humedad del aire.

3.2.3.1.3. *Reducir el uso de energía:*

Ya sea como elementos bioclimáticos pasivos de alta inercia térmica o como parte de una estrategia para eliminar la necesidad de transporte de alimentos, la producción local de comida en terrazas y fachadas contribuye a la reducción de la entropía del ecosistema artificial.

3.2.3.1.4. *Generación de desechos biodegradables:*

La producción de biomasa y de productos agrícolas tiene como residuos desechos biodegradables. Estos eventualmente pueden convertirse en valiosos recursos mediante procesos relativamente simples. Estos recursos incluyen bio-gas (energía), abono y compost.

3.2.3.1.5. *Controles biológicos:*

La producción y consumo “in situ” de las frutas, hortalizas y demás productos del FoodHub mediante procesos orgánicos garantiza la calidad de estos elementos y les proporciona un valor agregado comparativo frente a las alternativas comerciales en términos de economía y calidad (a diferencia de los controles químicos presentes en la producción en masa convencional, por ejemplo).

3.2.3.1.6. *Interacción directa productor-consumidor:*

Al vincular directamente en el territorio a los productores y consumidores, siendo generalmente de la misma comunidad o incluso el mismo núcleo familiar, se consolida el tejido social y las relaciones de confianza entre los miembros integrantes de la comunidad.

3.2.3.1.7. *Tecnologías reproducibles y transmisibles:*

El conocimiento necesario, aplicado y generado para y por la implementación de las despensas de cooperación agrícola es un valor agregado de los procesos del sistema sobre el territorio. Los individuos que conforman la comunidad están en constante capacitación y cualificación en nuevas tecnologías e innovaciones heurísticas radicales producto de la interacción constante y cotidiana con el metabolismo del ecosistema artificial en general y el FoodHub en particular.

3.2.3.1.8. *Agricultura data-driven y escalable:*

Las cadenas productivas y los elementos producidos son gestionados en tiempo real según el Big Data propio de la población que la genera. De esta manera, se generará una correlación directa entre la oferta y la demanda en tiempo real, permitiendo ajustar los volúmenes de producción según las dinámicas emergentes y complejas propias del mercado.

3.2.3.2. Economía naranja y nano-biotecnología

Como parte de las estrategias de innovación heurística aplicadas sobre el área de estudio en términos de la inclusión y desarrollo radical de nuevas tecnologías en los procesos de producción alimentaria, se implementará progresivamente el uso de nuevos avances en el campo de la nano-biotecnología. Esto tiene una serie de implicaciones, como los son el mejoramiento de los procesos biológicos hacia nuevos estados híbridos (esencialmente ciborg, tal y como se explicó anteriormente) y la introducción y aporte de la propuesta en un nuevo segmento de la economía: La economía naranja.

La economía naranja o economía creativa es particularmente relevante en el proceso de consolidación de un FoodHub de innovación heurística tal y como se plantea, pues permite la focalización de las entropías creativas inherentes de los colaboratorios agrícolas en el marco de las nuevas sociedades del conocimiento, en las que la producción del mismo conocimiento tiene un valor agregado incluso superior al de la producción física en sí misma.

Adicionalmente, el desarrollo de economías naranjas sobre el territorio posicionara tanto a los barrios del área de estudio como a sus habitantes dentro de una red global de conocimiento agrícola compartido, más aun en un periodo contextual de desaceleración económica a nivel global producto de las caídas en el precio de los combustibles fósiles en donde el desarrollo de modelos económicos alternativos basados en la cultura, el conocimiento y la creatividad se presentan como una alternativa viable.

3.2.3.3. Warka Water

Finalmente, el FoodHub se sustenta bajo un modelo de aprovechamiento sostenible y eficiente de los recursos hídricos, tanto para su captación como para su distribución y uso. Por esta razón, se plantea la implementación de un sistema de “Warka Water” o cosechadores de agua atmosférica. Este es un sistema desarrollado y testeado alrededor del mundo por un equipo internacional de diseño

liderado por Arturo Vittori, enfocado al aprovechamiento del agua en poblaciones vulnerables.

Al respecto, la página oficial del Warka Water⁹⁷ apunta:

Warka Water relies only on natural phenomena such as gravity, condensation & evaporation and doesn't require electrical power. It is a vertical structure designed to harvest potable water from the atmosphere (it collects rain, harvests fog and dew). Warka Water is designed to be owned and operated by the villagers, a key factor that will facilitate the success of the project. The tower not only provides a fundamental resource for life – water – but also creates a social place for the community, where people can gather under the shade of its canopy for education and public meetings.

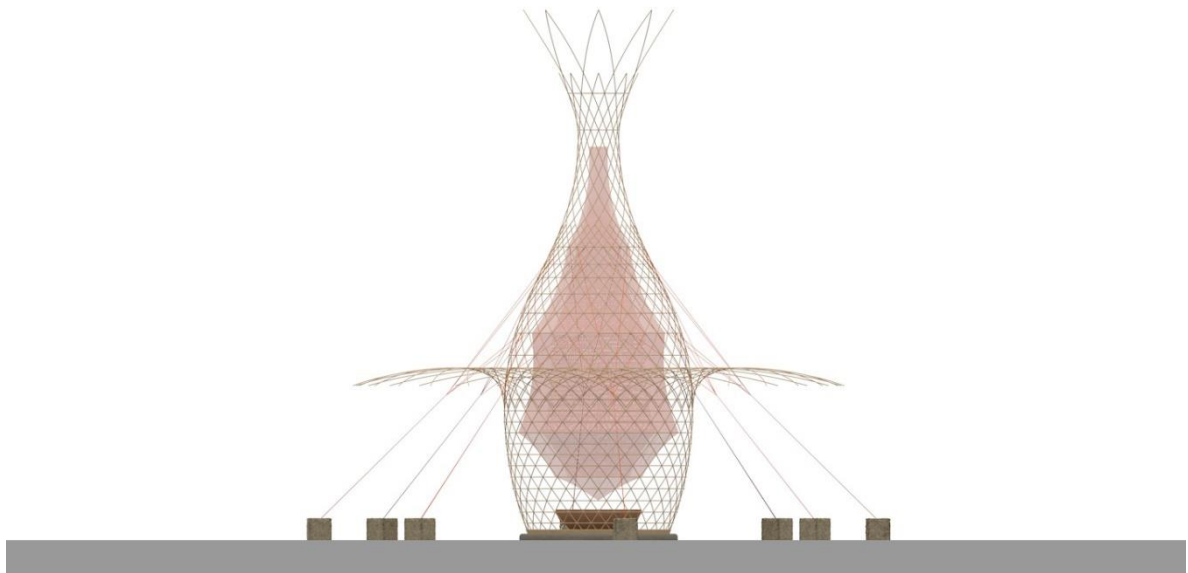


Figura 44. Diagrama de un Warka Water. Tomado de <http://www.warkawater.org/design>

⁹⁷ Design | WarkaWater. (2016). Warkawater.org. Retrieved 24 November 2016, from <http://www.warkawater.org/design>

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Warka Water is designed for autonomous distribution and scaling. The tower can be easily built and maintained by the local communities using simple tools. The tower can be also maintained without using special parts or heavy machinery. With training and guidance, the locals can easily build and maintain the Warka tower. This local know-how can then be transferred to surrounding communities, with villagers helping install other towers in the area and creating an economy based on the assembly and maintenance of the towers. This can expedite the scaling of Warka Water in the region. Following the prototype development and testing phases, we intend to start manufacturing the Warka on a large scale, which can bring the material's cost down to \$1000 per tower significantly less than other water relief options available.



Figura 45. Construcción de un Warka Water. Tomado de <http://www.warkawater.org/design>

El desarrollo del sistema de Warka Water además es escalable, y surge a partir de la autogestión de las comunidades para su construcción y mantenimiento del sistema, convirtiéndose así mismo en una tecnología con la capacidad de ser aprehendida, enseñada, divulgada y perfeccionada a partir de la experiencia misma de su implementación.

3.3. Modelo de autómata celular

En el presente acápite se procederá al mostrar el desarrollo y la aplicación del modelo de autómata celular a partir de la recolección inicial de los datos, las modelaciones heurísticas realizadas y la definición de los parámetros conceptuales y territoriales para el área de estudio de la presente propuesta.

Inicialmente, el proceso de modelación del autómata celular se divide en tres etapas fundamentales. La primera, un sustento basado en la información y en los paquetes de Big Data generados en tiempo real sobre el área de estudio, analizados en el primer capítulo. Este análisis “pixela” u organiza el campo de análisis en una grilla compuesta de celdas que contienen un puntaje inicial sobre el cual se cimentaran los desarrollos posteriores a nivel de proyectos estratégicos, usos y alturas de construcción. Este puntaje es el resultado de la localización relativa de las celdas o pixeles dentro de la conformación del sistema, el valor del suelo y su relación con el sistema de valores generado por el Space Syntax.

La segunda etapa consiste en la definición de los parámetros a emplear para el desarrollo del autómata. Para el caso del área de estudio, estos parámetros fueron definidos a partir de la idea de implementar un micro-universo a partir de un desarrollo a nivel de eco-barrios. Estos eco-barrios a su vez tienen como énfasis fundamental la consolidación de un sistema de colaboratorios agrícolas, el FoodHub y las despensas de cooperación. Estas ideas se plasman sobre el área de estudio en un paisaje rugoso en el que se definen los picos críticos para el desarrollo de estos proyectos, los cuales a su vez se proyectaran sobre el territorio.

En tercer lugar y a partir de la información almacenada en la primera etapa y los énfasis proyectuales y parámetros establecidos en la segunda etapa, se procede a la simulación del autómata celular a partir de la iteración en tres dimensiones de los pixeles iniciales según unas reglas definidas de compatibilidad de usos, espacios públicos y alturas.

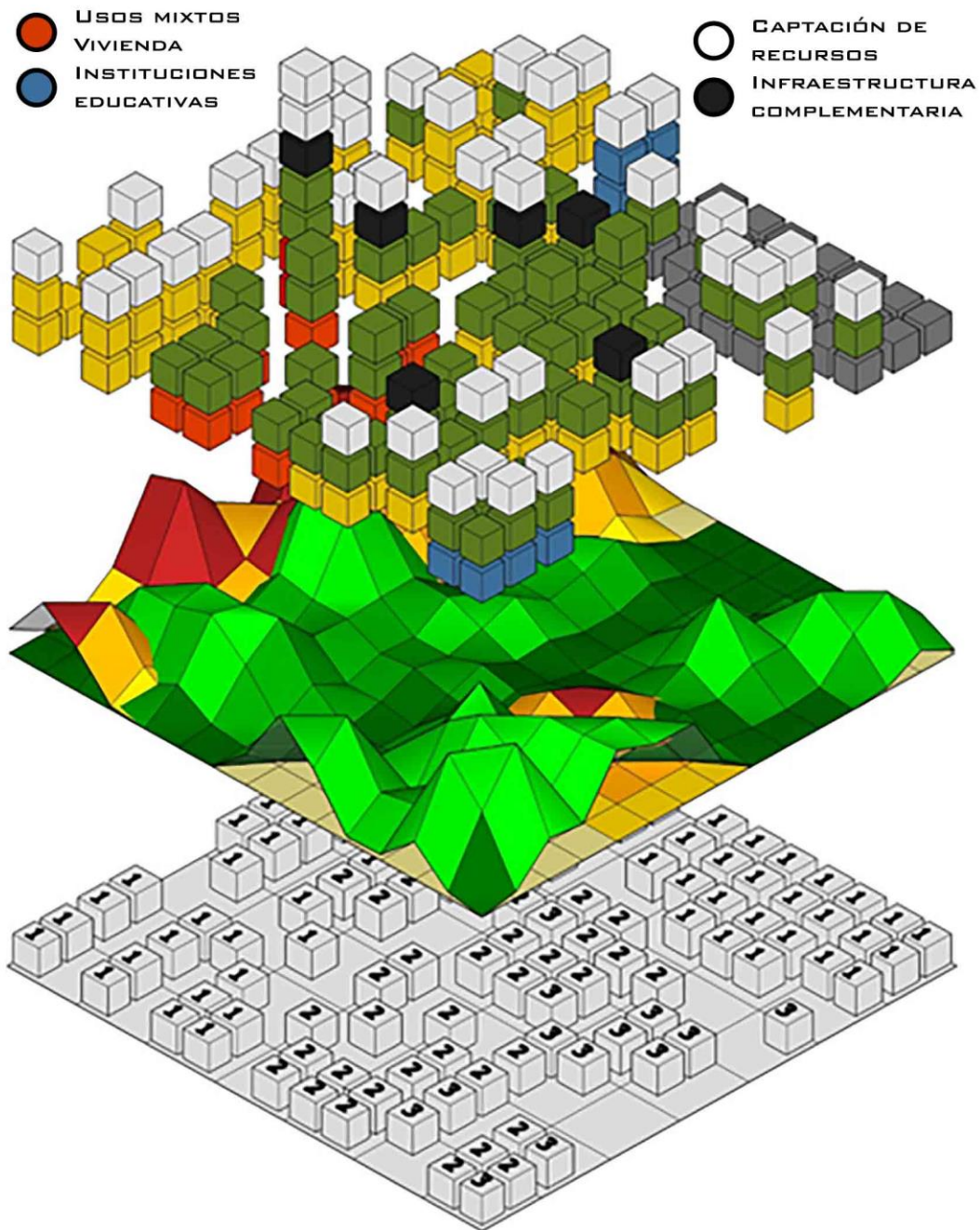


Figura 46. Esquema de la modelación del autómata celular mostrando las capas de información y codificación que contiene la simulación. La capa inferior corresponde a la información genética contenida en cada pixel de acuerdo a variables de dispersión geográfica y de Space Syntax. La capa intermedia los valores asociados a los paisajes rugosos. La capa superior muestra la simulación de usos a partir de la iteración de generaciones según los parámetros establecidos inicialmente para el área de estudio. Elaboración propia.

3.3.1. Modelación de estrategias evolutivas

A continuación, se presentan algunas de las estrategias evolutivas modeladas antes y durante las simulaciones para su posterior aplicación en el sistema de autómata celular generado:

3.3.1.1. Evolución hacia diseños de complejidad

Incluir la minería de datos a partir de los Sistemas de Información Geográficos con el objetivo de vincular en tiempo real la información generada sobre y por el territorio (Big Data) en los procesos de simulación heurística, de manera que se alcancen grados altos de precisión y aplicabilidad del proyecto en la realidad. Estos datos podrán ser actualizados en cualquier momento, transformando a su vez los resultados del autómata celular. Adicionalmente, la permutación de simulaciones en el tiempo eventualmente se traducirá en un proceso continuo de selección natural y deriva genética sobre el cual es posible tomar decisiones de gestión del territorio de una manera más precisa y acertada.

3.3.1.2. Evolución hacia diseños emergentes

Vincular los procesos y dinámicas de los ciudadanos a partir de los avances tecnológicos (ciborg o de las TIC) dentro de los parámetros de transformación del ecosistema artificial y del autómata celular. Esta transformación podrá efectuarse eventualmente en tiempo real. Las inteligencias colectivas estimuladas por las economías naranjas moldearán a futuro parámetros adicionales de diseño y gestión del territorio de una manera menos determinista y más de carácter Bottom up.

3.3.1.3. Evolución hacia diseños post-humanistas

Aplicar los desarrollos biotecnológicos y ciborg en la conformación de los sistemas de habitabilidad ampliados e híbridos. Esto implica romper el paradigma antropocéntrico en las nociones del ecosistema humano una vez aprovechadas las posibilidades dispuestas por el desarrollo exponencial de la tecnología y los macroscópios. También es una estrategia de revitalización territorial a partir de la aplicación de un modelo progresivo de la teoría Gaia: “La vida crea condiciones para la vida”.

3.3.1.4. Evolución hacia diseños negentrópicos

Ponderar el rol de la gestión de la energía dentro del metabolismo del ecosistema artificial a partir de la implementación de estrategias sostenibles de generación y captación de la energía. Adicionalmente, invertir la energía en sistemas de innovación radical y de valor agregado para las comunidades a modo de entropías creativas, economía naranja y bioeconomía.

3.3.2. Modelación de estrategias de cooperación

A continuación, se presentan algunas de las estrategias de cooperación modeladas antes y durante las simulaciones para su posterior aplicación en el sistema de autómata celular generado:

3.3.2.1. Cooperación inter-biológica

Relacionar funcional y espacialmente a todos los integrantes biológicos que hacen parte de los sistemas de habitabilidad analizados de manera que coexistan y coevolucionen de manera armónica en el marco de los ecosistemas artificiales diseñados. Adicionalmente, el metabolismo mismo del ecosistema artificial desarrollado, por sus características intrínsecas en relación a la gestión de la energía, los recursos y la generación de procesos cíclicos en su interacción con su contexto, propiciara progresivamente más y mejores condiciones para el desarrollo de los organismos que componen dicho sistema (teoría Gaia).

3.3.2.2. Cooperación social

Integrar todos los grupos sociales, etéreos y étnicos en las cadenas productivas, de innovación, de producción de conocimiento y bioeconómicas establecidas dentro del ecosistema artificial. Relacionar las actividades y dinámicas de toda la población que compone la comunidad alrededor de un modelo de laboratorios agrícolas y despensas de cooperación como estrategia para el mejoramiento de la calidad de vida (seguridad alimentaria, cohesión social, mejoramiento del entorno y ambiente habitado, etc.).

3.3.2.3. Cooperación hacia la sostenibilidad

Desarrollar una ecología de relaciones innovadoras a partir de la comprensión holística del entorno habitado y de las relaciones simbióticas existentes dentro del ecosistema artificial a partir de la gestión de la energía y las sinergias en el desarrollo y evolución de las distintas dinámicas del ecosistema y su entorno.

3.3.3. Modelación del ecosistema artificial

A continuación, se procederá a desarrollar paso a paso una de las modelaciones realizadas a partir de la metodología explicada en los acápites anteriores, mostrando la relación existente entre los datos de partida, las simulaciones generadas y la influencia ejercida sobre las modelaciones finales.

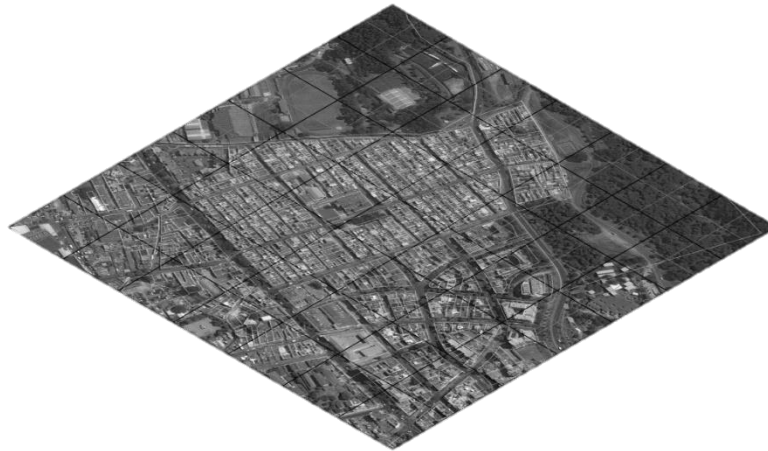


Figura 47. 0: Base contextual. Análisis y delimitación de los cuadrantes establecidos para la investigación y simulación de datos. Tomado de la cartografía disponible en Google Maps.

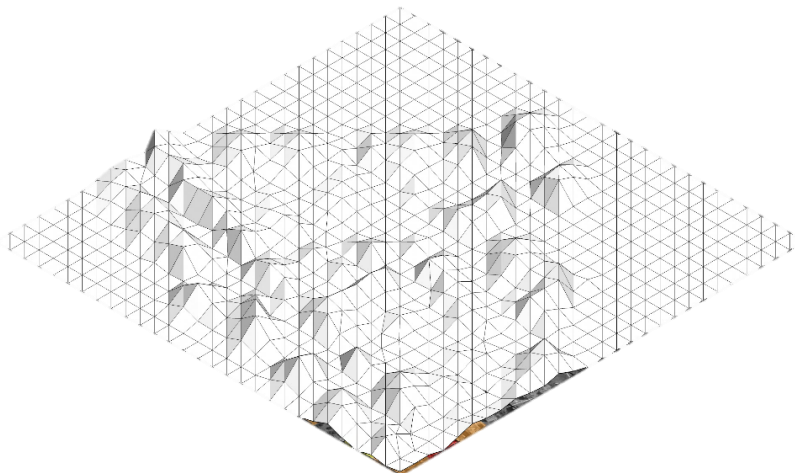


Figura 48. 1: Modelación de parámetros. Primeras aproximaciones volumétricas de acuerdo a la disposición del espacio público y privado en el área de estudio. Elaboración propia.

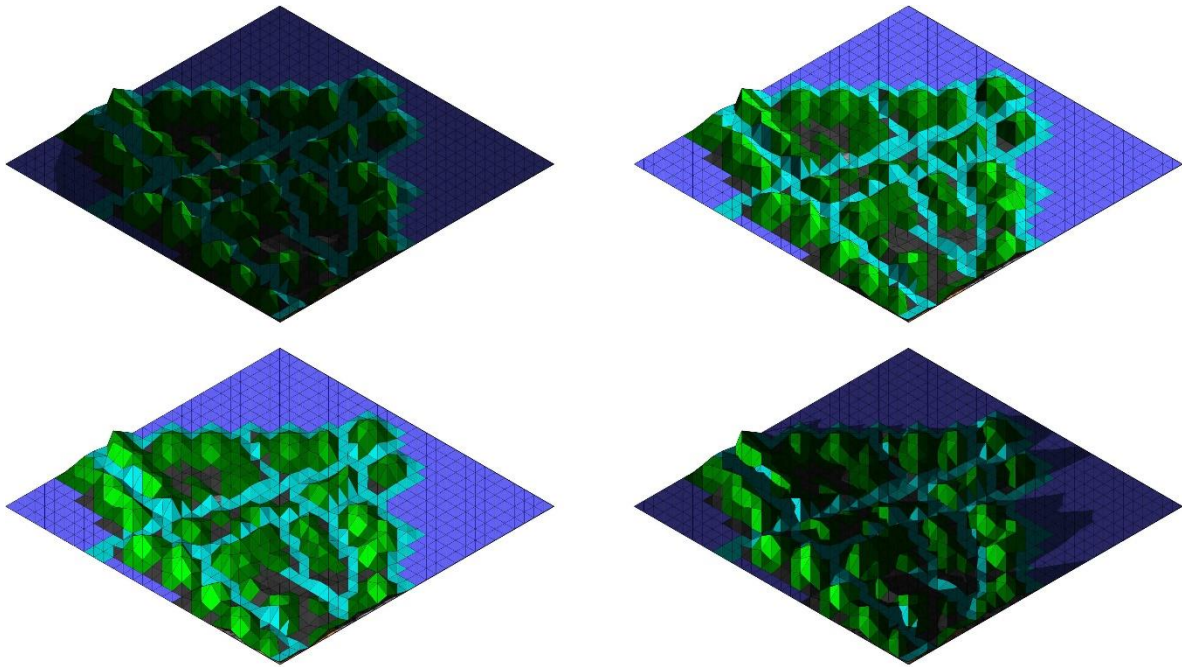


Figura 49. 3: Modelación de parámetros ambientales. Proceso de retroalimentación en la que los parámetros modelados en la etapa 1 se conjugan con variables bioclimáticas (asoleación, sombras) y geográficas (topografía, escorrentías). Elaboración propia.

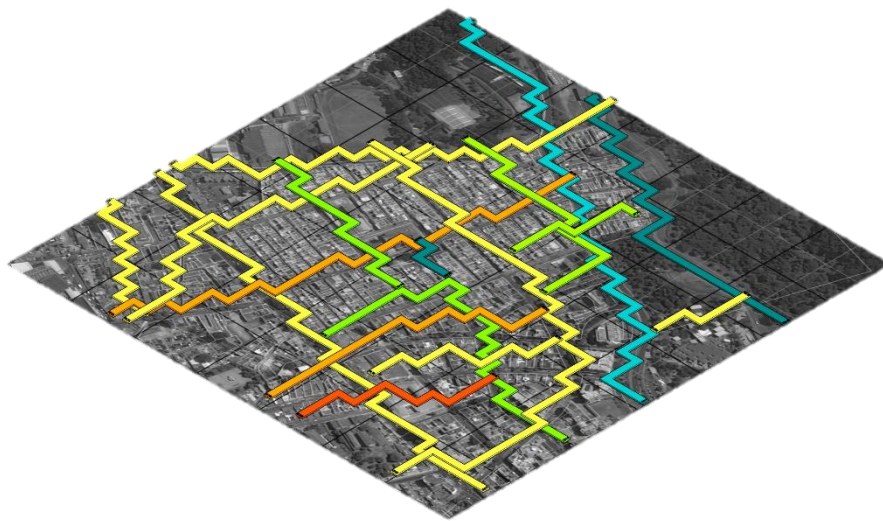


Figura 50. 4: Ubicación y clasificación de circuitos de movilidad según la metodología de SpaceSyntax explicada en el capítulo 1. Elaboración propia.

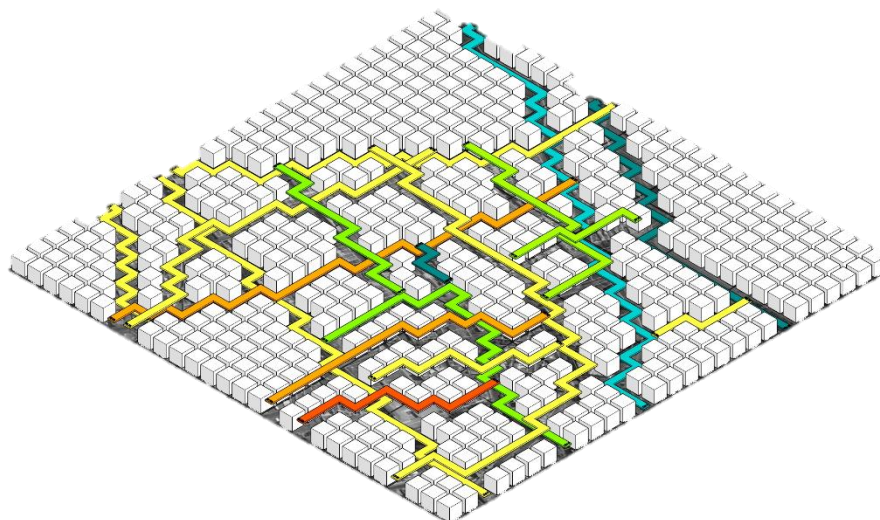


Figura 51. 5: Localización de las celdas o "Píxeles" de valor en un estado inicial. Este estado está vacío originalmente. Elaboración propia.

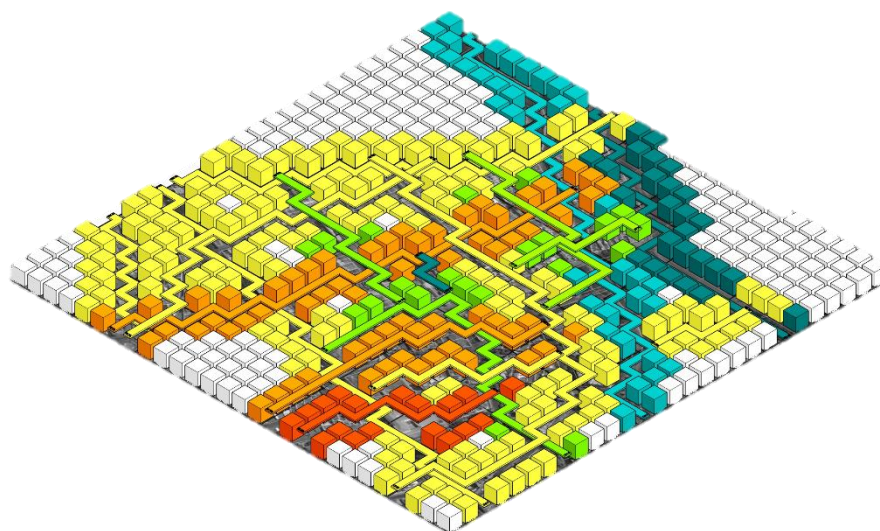


Figura 52. 6: Píxeles con valores asociados al sistema SpaceSyntax. Los píxeles absorben los puntajes establecidos según la jerarquía establecida. Prima la influencia ejercida por la vía de mayor jerarquía. Elaboración propia.

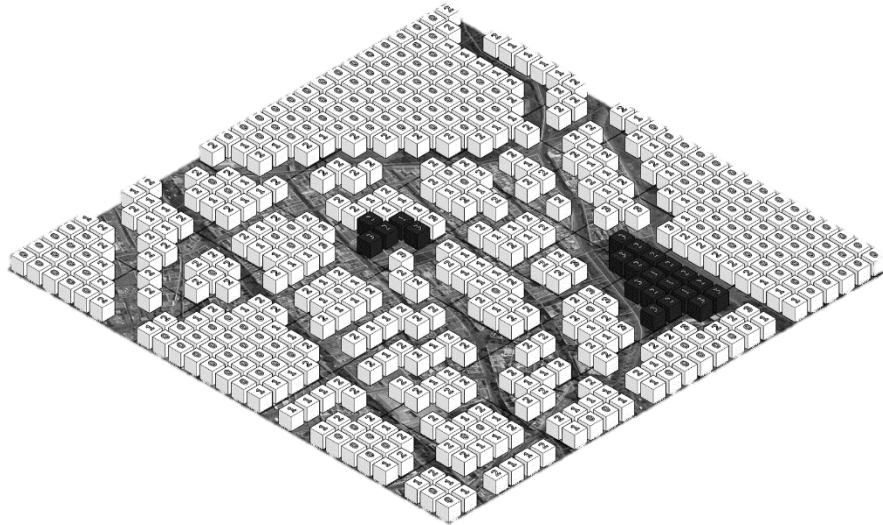


Figura 53. 7: Pixeles con valores asociados al sistema de localización relativa (Esquinero / medianero, adyacente a espacios públicos) y valor del suelo. Este valor se almacena como información para determinar las posibilidades de desarrollo en altura y las celdas estratégicas para la generación de espacio público, revalorizando los pixeles adyacentes. Elaboración propia.

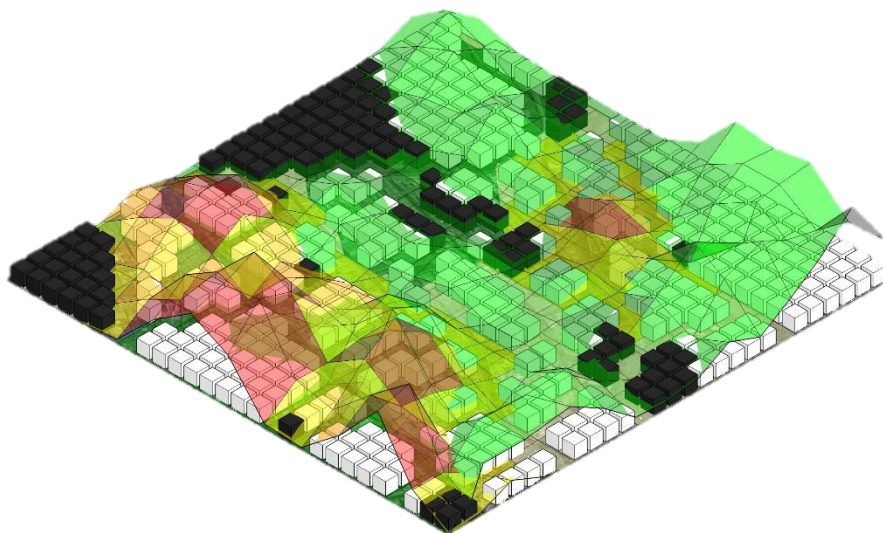


Figura 54. 8: Pixeles con valores asociados al sistema de paisajes rugosos. Definición de los elementos estratégicos vitales para la conformación del sistema y su ubicación dentro del sistema de pixeles establecido previamente.. Elaboración propia.

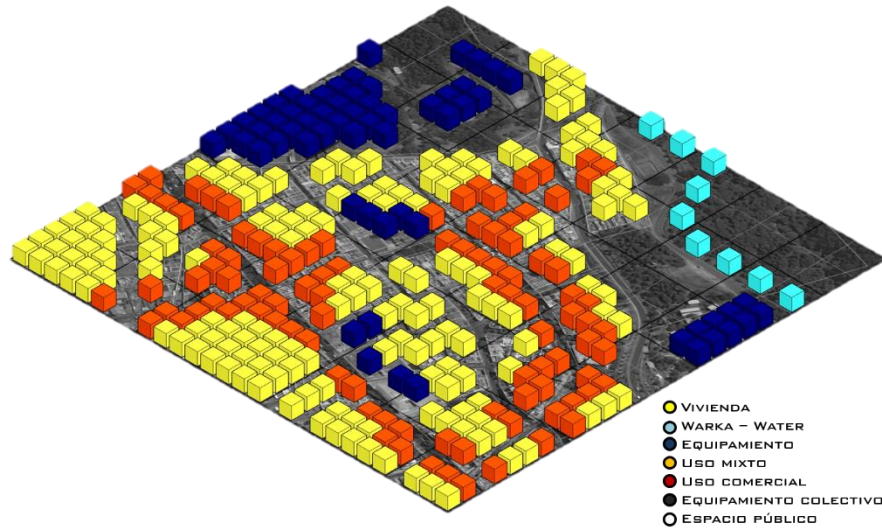


Figura 55. 9: Iteración de usos según los parámetros iniciales establecidos (porcentaje de espacio público, nuevas unidades de vivienda por desarrollar, cantidad de nuevos equipamientos, áreas cultivables mínimas, porcentaje de áreas verdes). Estos parámetros son establecidos por el usuario según las prioridades que defina para el área de estudio, y son absolutamente modificables. Elaboración propia.

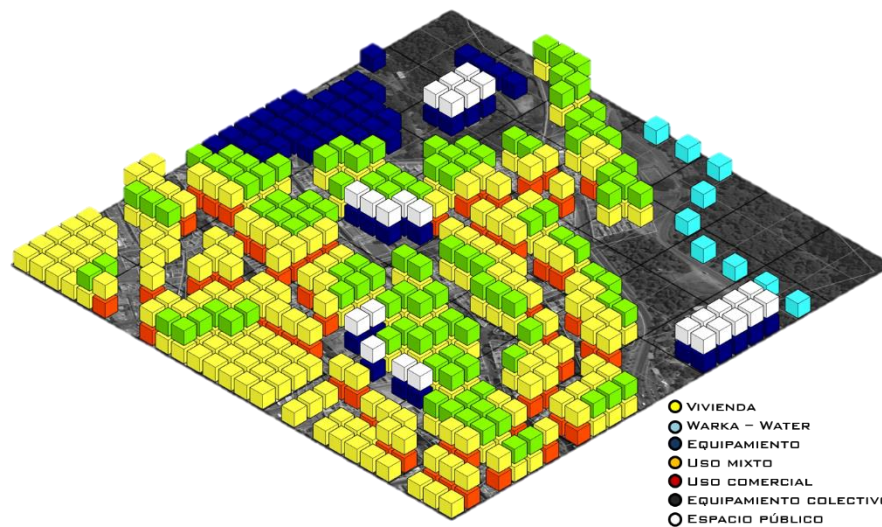


Figura 56. 10: Segunda generación o iteración de usos. Elaboración propia.

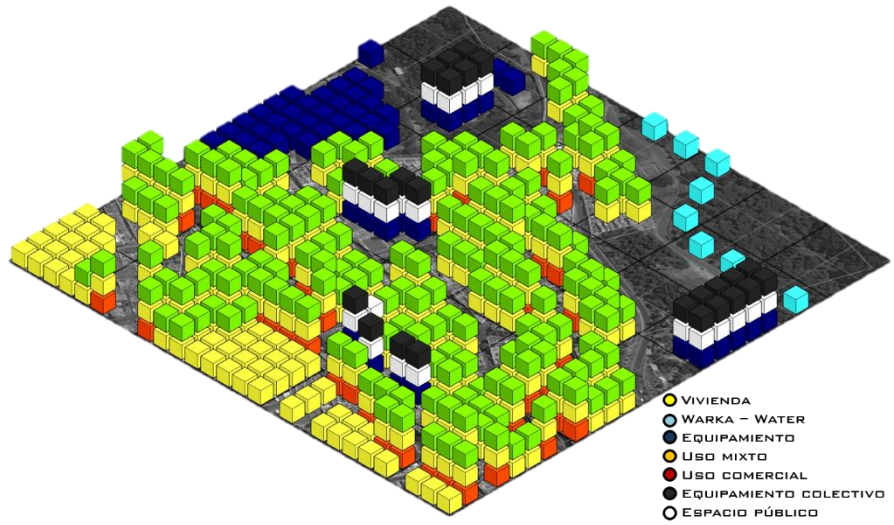


Figura 57. 10: Tercera generación o iteración de usos. Elaboración propia.

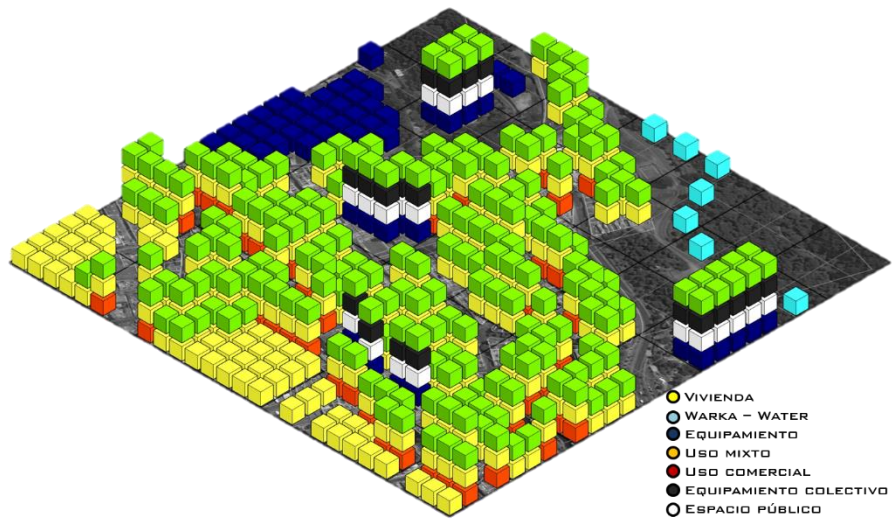


Figura 58. 11: Cuarta generación o iteración de usos. Elaboración propia.

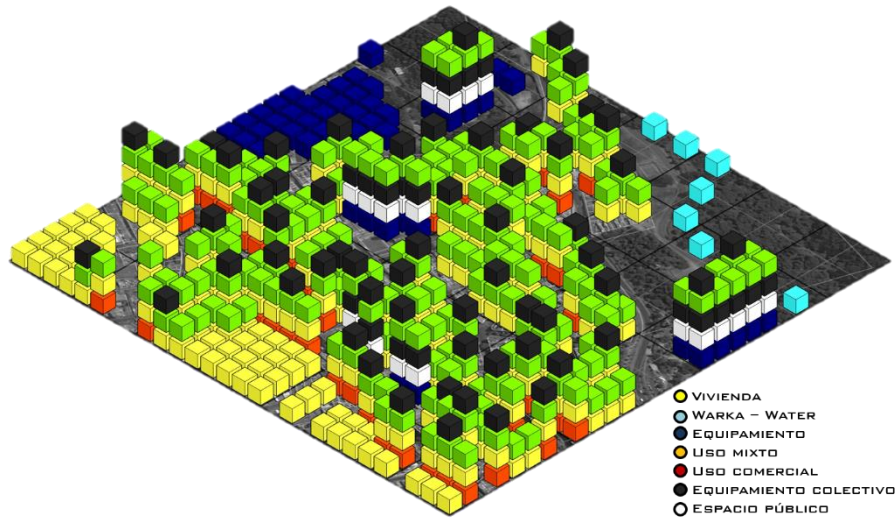


Figura 59. 12: Quinta generación o iteración de usos. Elaboración propia.

Para la modelación del autómata presentado anteriormente se establecieron como parámetros el desarrollo de nuevos equipamientos e infraestructura en relación a las despensas de cooperación agrícola, desarrollos de espacio público en altura y la definición de un aumento en el área verde contenida en el área de estudio de hasta el 60% entre los que se incluyen las huertas urbanas y las fachadas verdes. Adicionalmente, se definieron los usos con relación a la jerarquización de las vías establecidas en el Space Syntax, dando como resultado un crecimiento de las áreas comerciales de hasta un 25% con respecto al estado inicial, y del área construida para la generación de viviendas de hasta el 35%.

Otras alternativas de simulación son posibles, una vez modificados los algoritmos del proceso planteado (los parámetros) o el estado inicial sobre el cual parte la modelación (la simulación heurística a partir de la información derivada del Big Data). Precisamente, este fue uno de los objetivos centrales durante el proceso de desarrollo del presente proyecto: Diseñar una alternativa de diseño basado en datos existentes y generados en tiempo real, pero que contemplara la complejidad y las emergencias propias del sistema algorítmico sobre el que se basa su funcionamiento. Esto implica resultados precisos en lapsos cortos de tiempo sobre el cual se pueden realizar ajustes paramétricos para valorar, comparativamente, diferentes escenarios virtuales ante una realidad susceptible de ser transformada.

A continuación, se presentan dos alternativas de modelación del autómata celular a partir de la modificación de los parámetros iniciales y de los criterios de diseño.

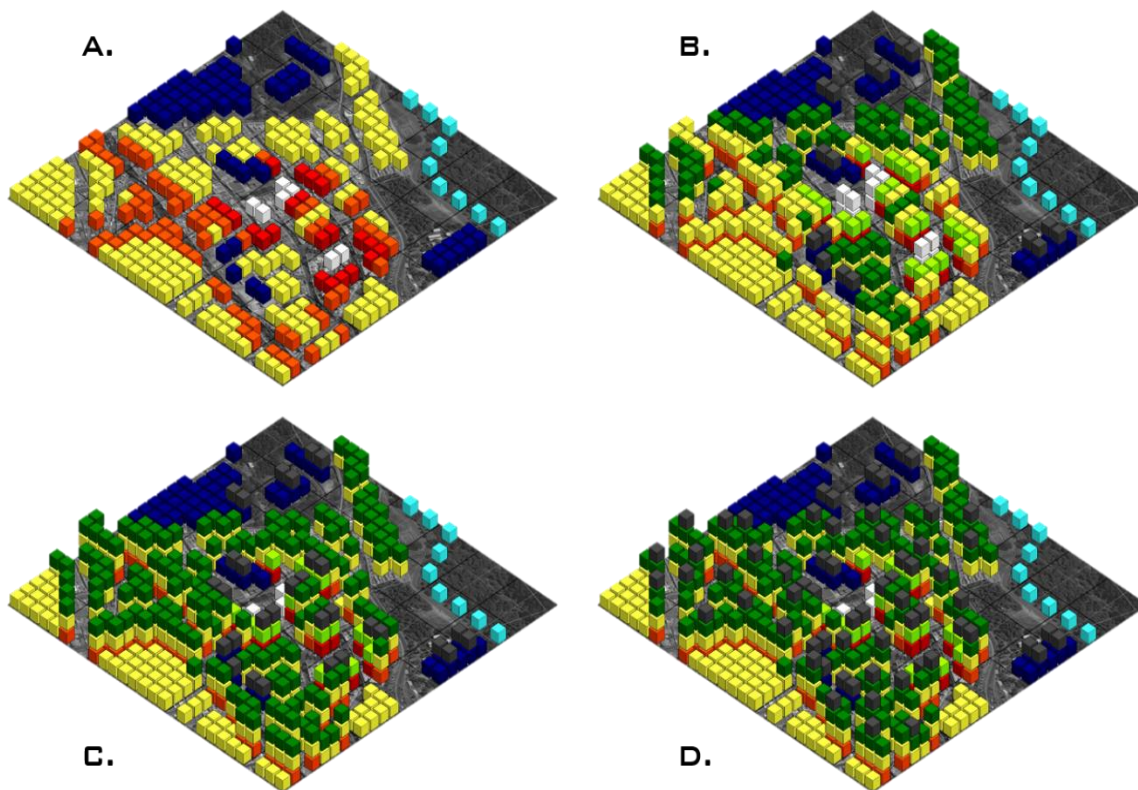
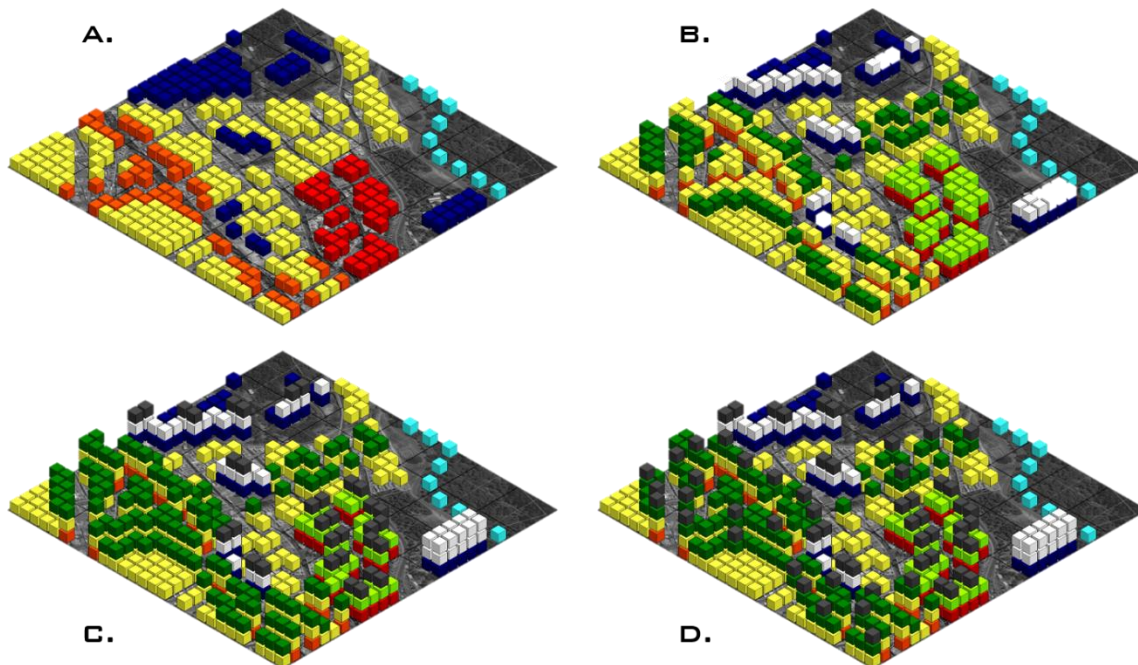


Figura 60. **Alternativa A:** Los parámetros establecidos priorizan el desarrollo de nuevo espacio público para el área de estudio (de hasta un 50%) el cual se establece sobre el suelo y no altura. Además, se definen una serie de huertas adicionales en altura y se establece que los equipamientos comunitarios destinados a consolidar el sistema de colaboratorios tenga una distribución concentrada. Las alturas definidas para esta modelación son además relativamente constantes en todo el territorio. Elaboración propia.



*Figura 61. **Alternativa B:** Los parámetros establecidos para esta modelación incluyen la generación de un nodo comercial para el área de la Macarena (concentración de color rojo en la imagen A) sobre el cual se establecen una serie de huertas complementarias. Además, se define un crecimiento del área de espacio público de hasta el 50% con la posibilidad de ser construido en altura y sobre los equipamientos colectivos complementarios al sistema de laboratorios agrícolas. El patrón de organización de estos equipamientos es de dispersión en este caso, y las mayores alturas de construcción se localizan sobre las vías con un mayor puntaje en el sistema de valoración de Space Syntax. Elaboración propia.*

3.4. Imaginarios y proyecciones: La plaza

Para la etapa final del desarrollo del presente trabajo de grado, se muestra a continuación una serie de esquemas en los que la información analizada en las primeras etapas del proyecto, codificada y simulada en la segunda, moldeada en un autómatas celular en un tercer momento y finalmente aplicada en la realidad a partir de una serie de proyectos estratégicos, mostrando las posibilidades prácticas de su desarrollo.

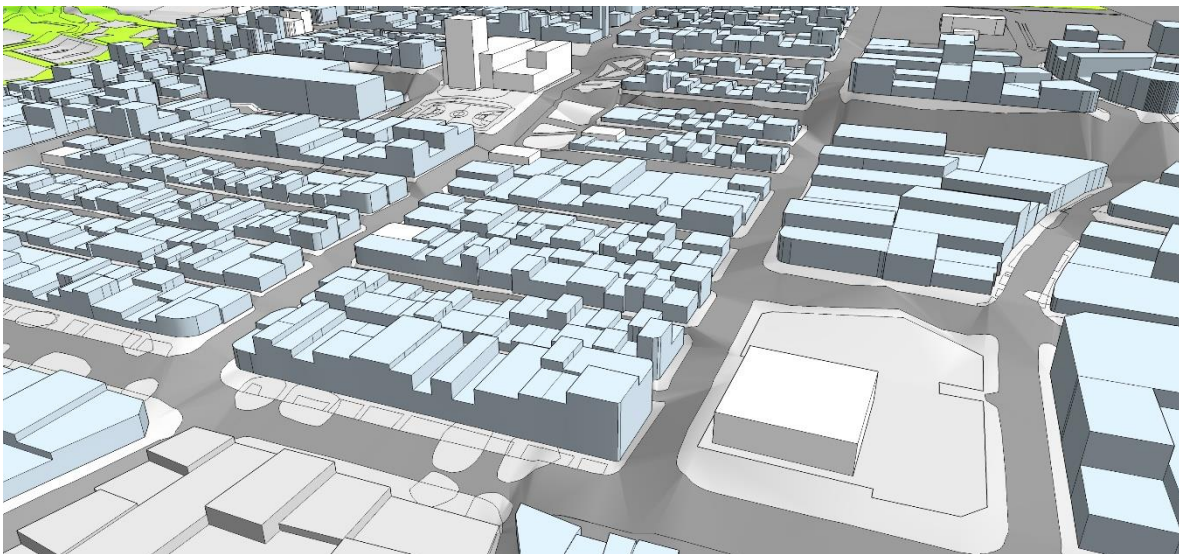


Figura 62. Levantamiento y modelación del territorio contextual del área de estudio. Este es el estado inicial del área de intervención antes de cualquier tipo de intervención o proyección generada sobre la zona a partir de las simulaciones y modelaciones de autómatas celular. Elaboración propia.

Este desarrollo no solo es expresado en una idea global del barrio a nivel urbano, sino que también es posible proyectarla en un esquema puntual en el que la plaza, por sus condiciones históricas, culturales, sociales y económicas, llega a ser una muestra representativa de la innovación heurística aplicando los principios conceptuales sobre los que se fundamenta la propuesta de los ecosistemas artificiales de evolución algorítmica.

Cabe resaltar que este desarrollo es de carácter progresivo, y las transformaciones generadas a partir de este sistema tiene la condición de ser exponencialmente evolutivas. Esto significa que la relación existente entre los cambios físicos y la optimización del metabolismo del ecosistema artificial con su entorno y los demás sistemas de habitabilidad son directamente proporcionales, siempre y cuando estén

fundamentados en la aplicación de innovaciones biotecnológicas, heurísticas y de la “teoría Gaia”.

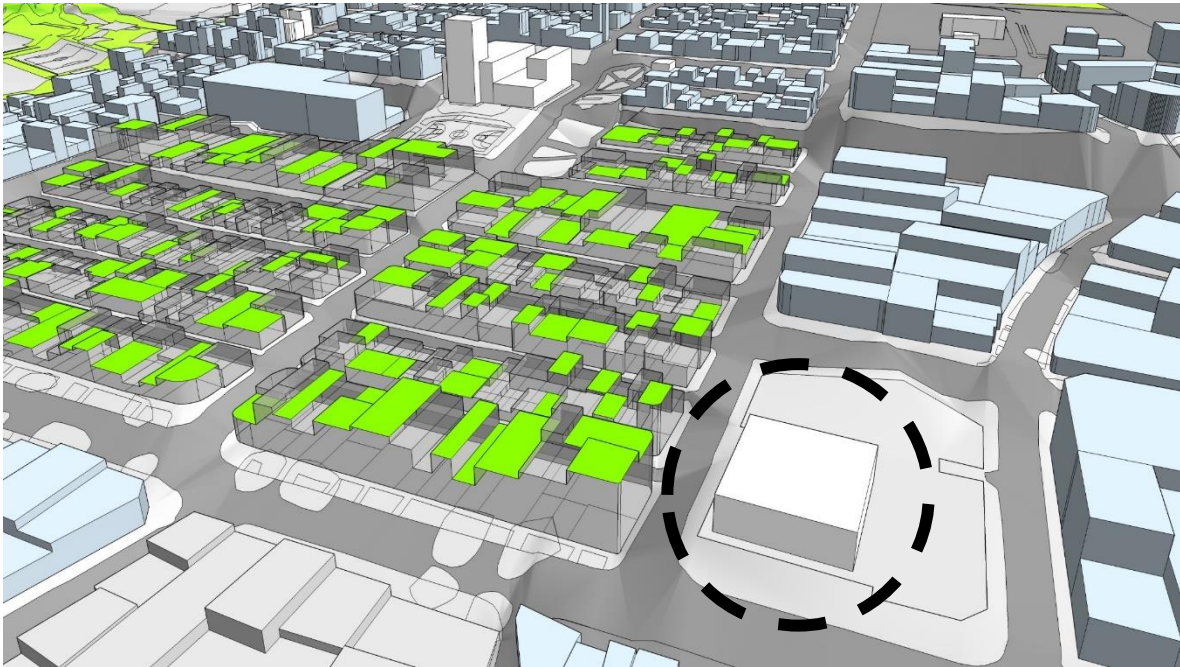
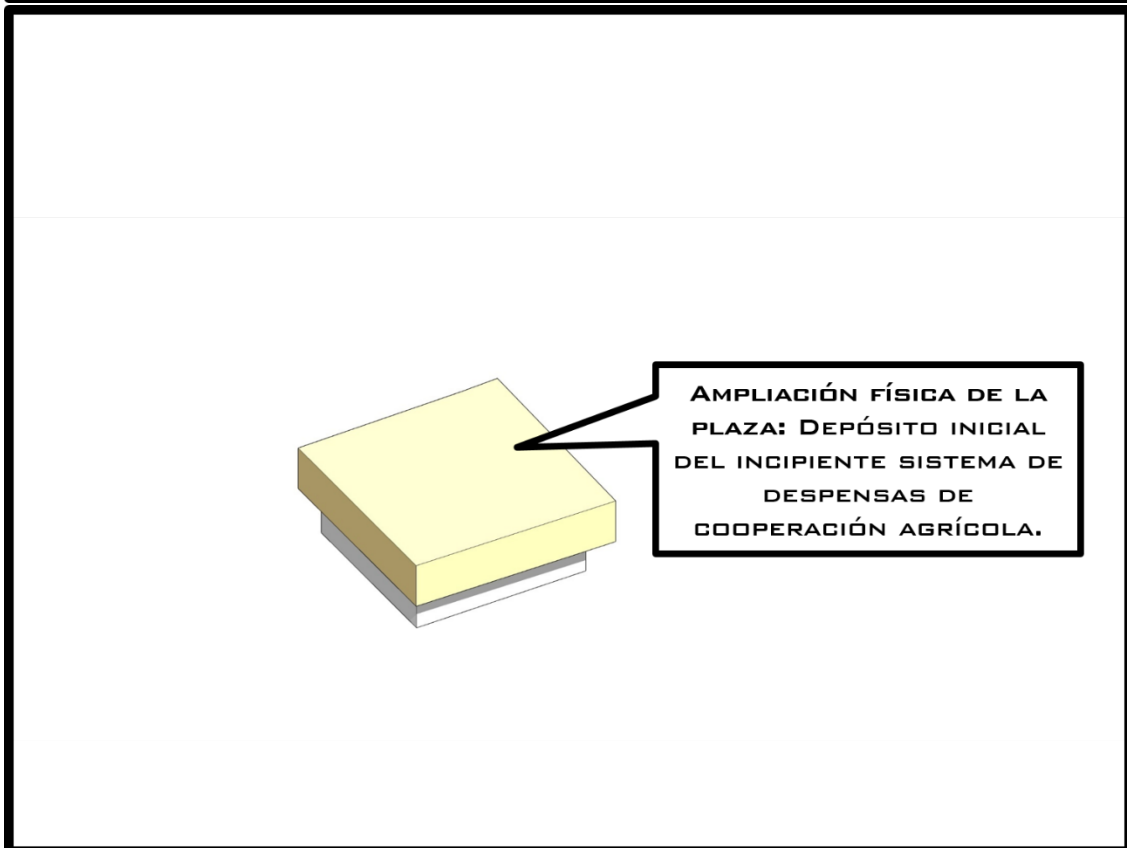
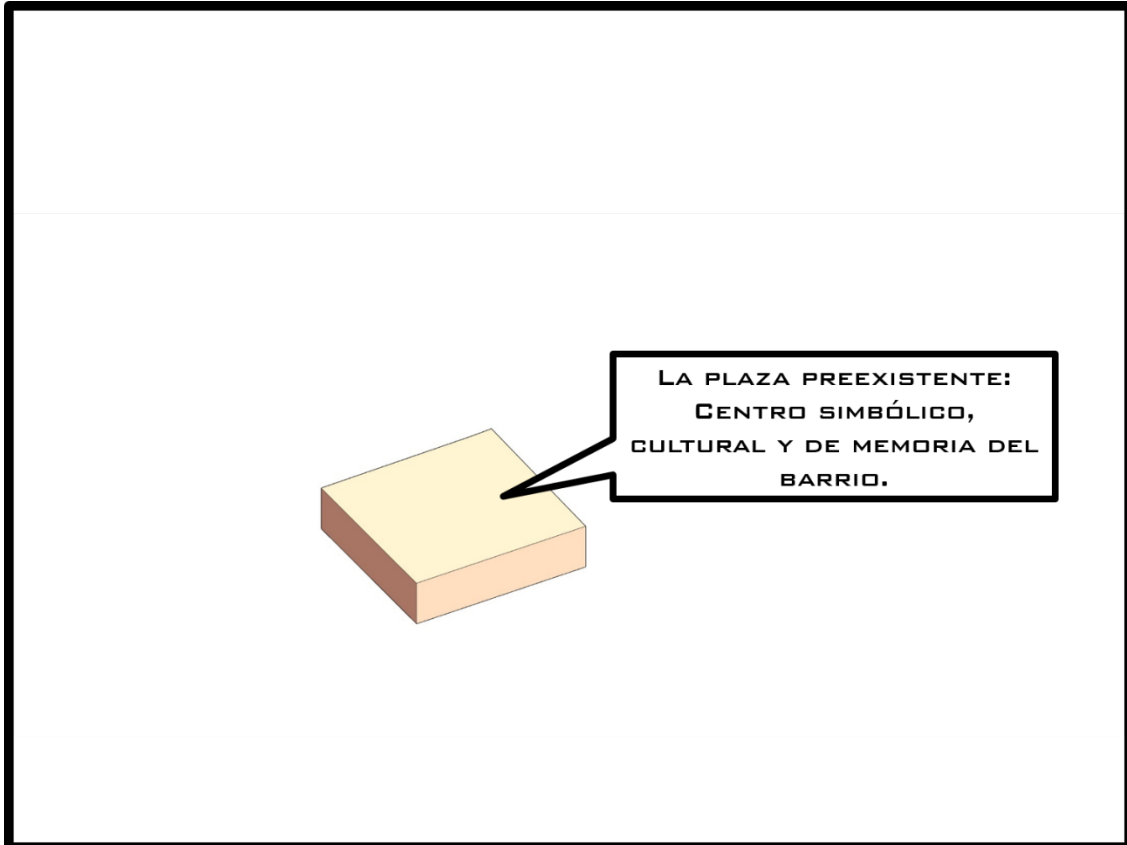


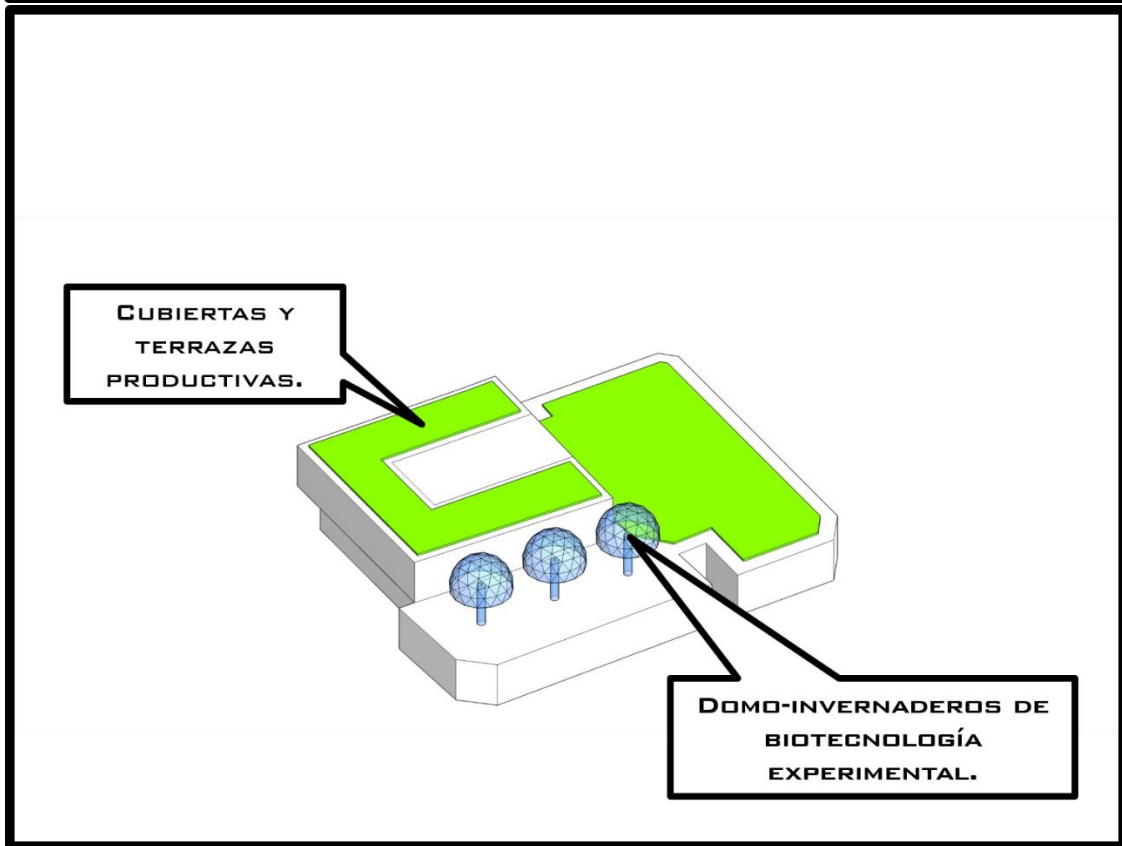
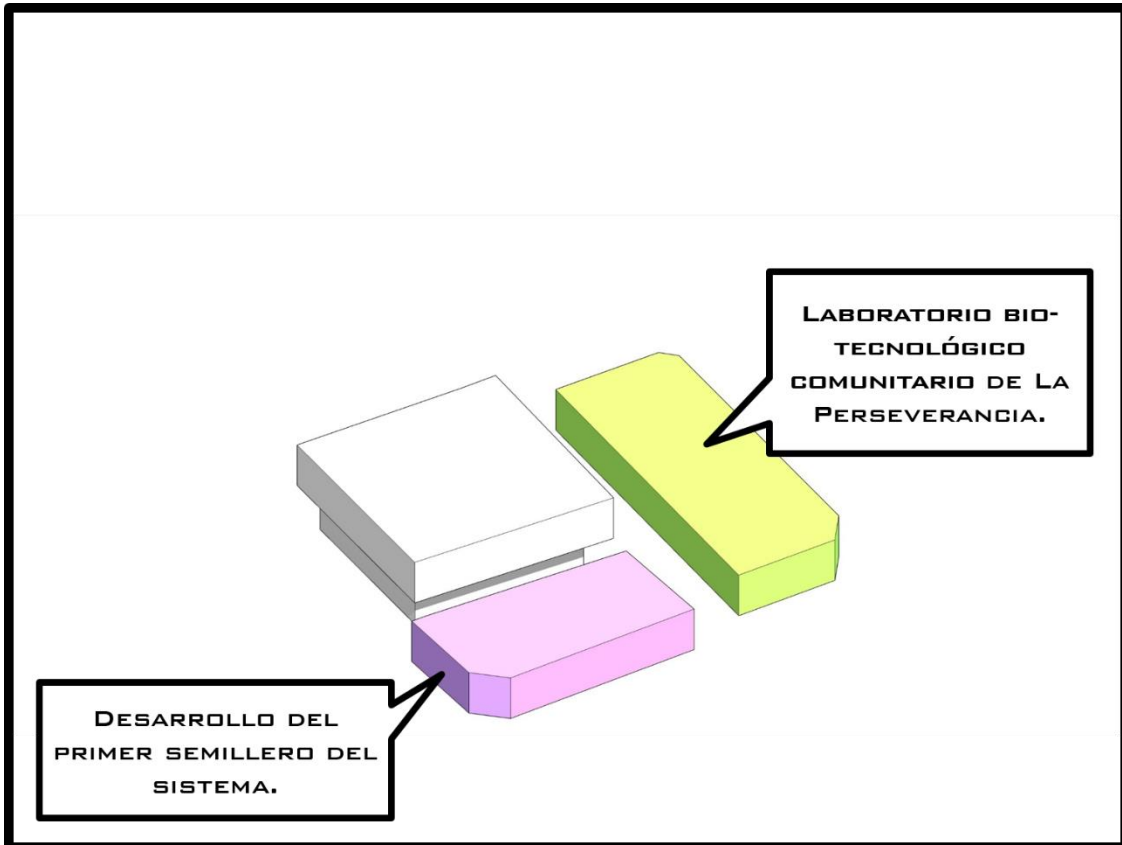
Figura 63. Modificación inicial del sistema a partir de un parámetro sencillo básico: generación de un eco-barrio a partir del desarrollo colectivo de las despensas de cooperación agrícola con repercusión en el entorno habitado por la población y en sus dinámicas vitales cotidianas (experiencia de usuario). En la imagen se resalta el volumen de la plaza, proyecto estratégico a desarrollar a continuación.

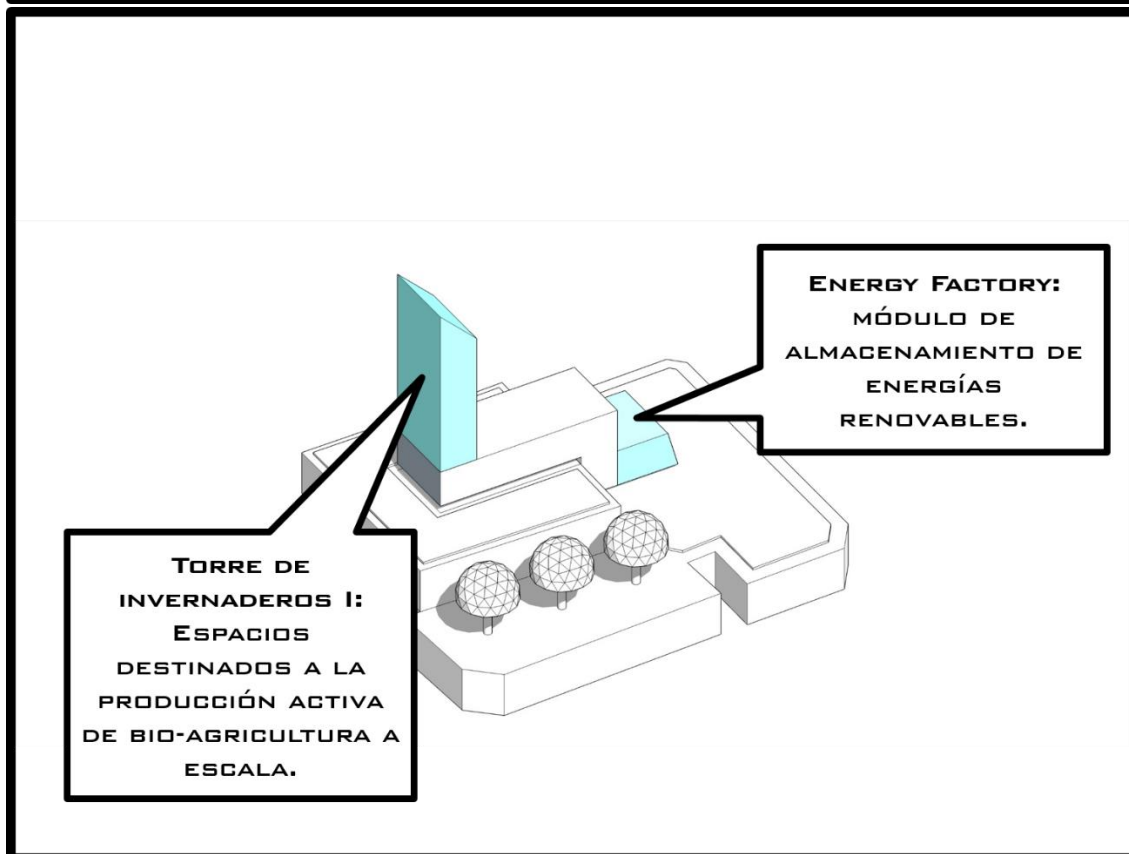
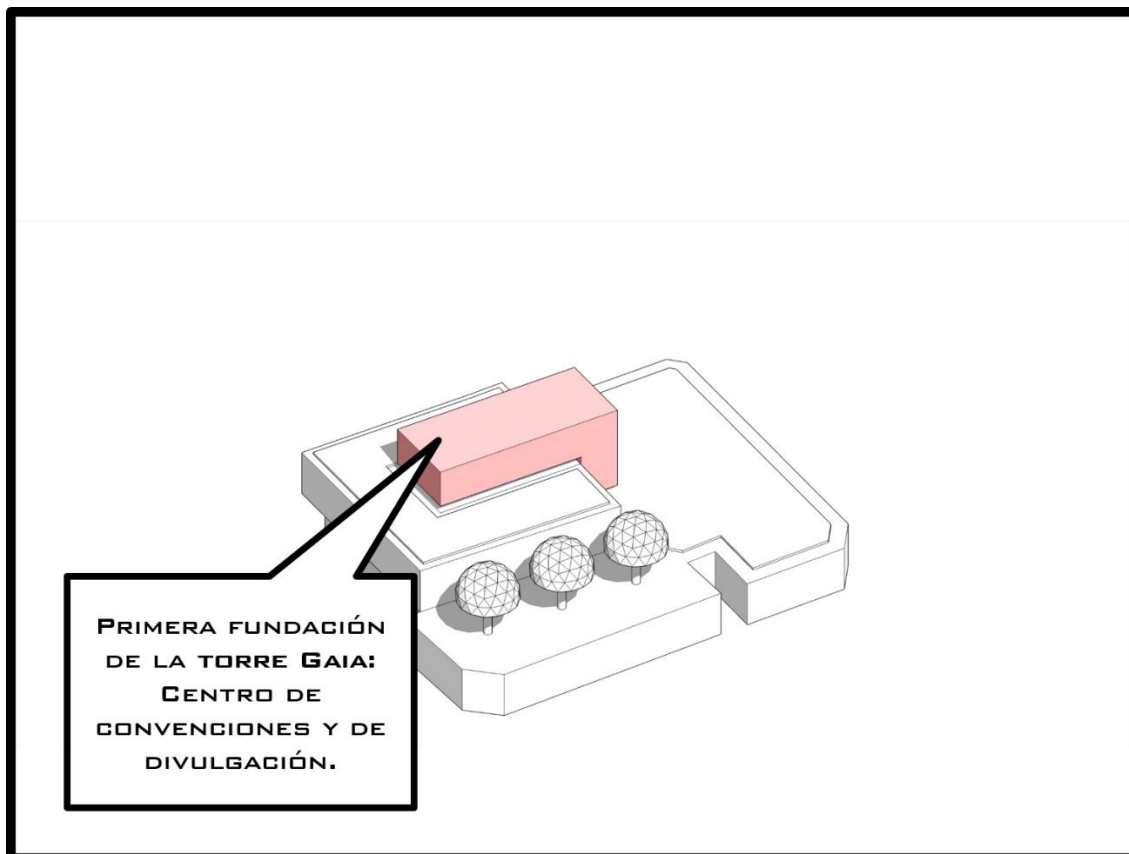
Elaboración propia.

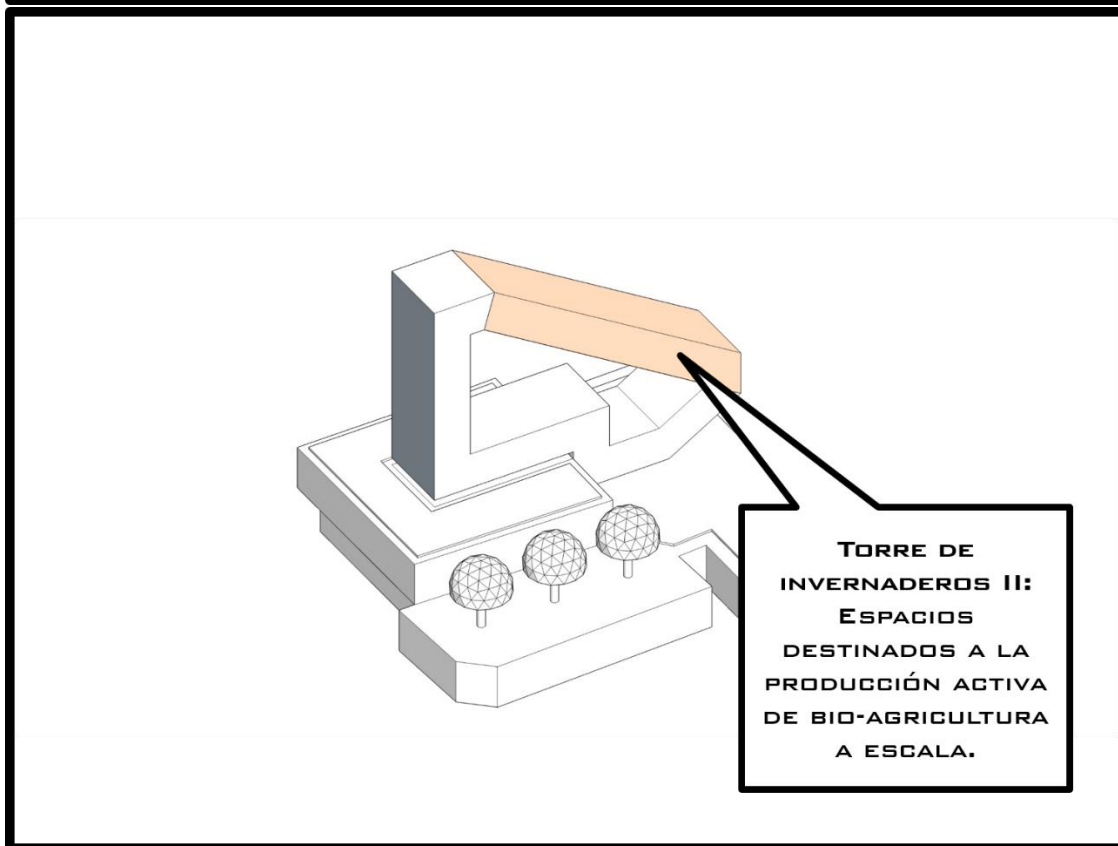
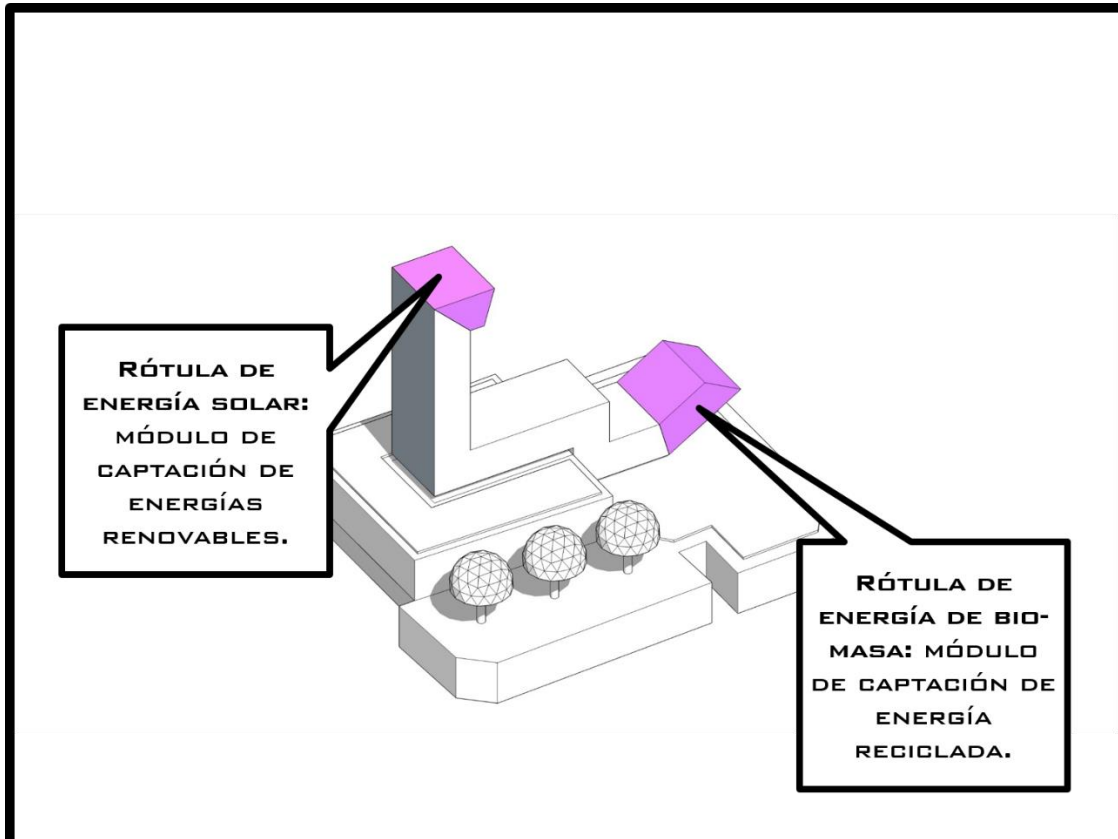
Eventualmente, la experiencia cotidiana de habitar en un micro-universo diseñado a partir de métodos heurísticos es suficientemente potente como para lograr transformaciones en diferentes niveles, escalas y profundidades. Su mera existencia es una prueba de las posibilidades reales y benéficas de un diseño de innovación radical, gestionado bajo normas y parámetros biológicos por sobre las tradicionales normas urbanísticas, estáticas y de naturaleza up-Bottom.

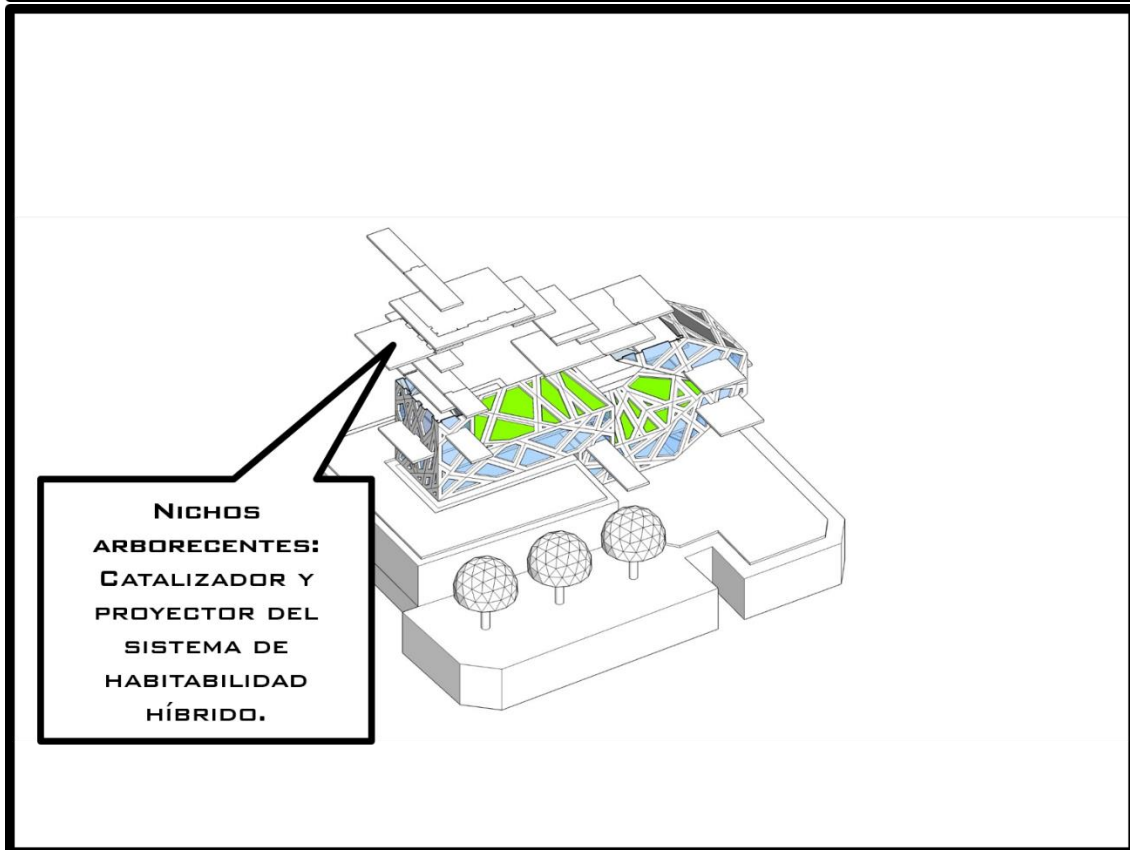
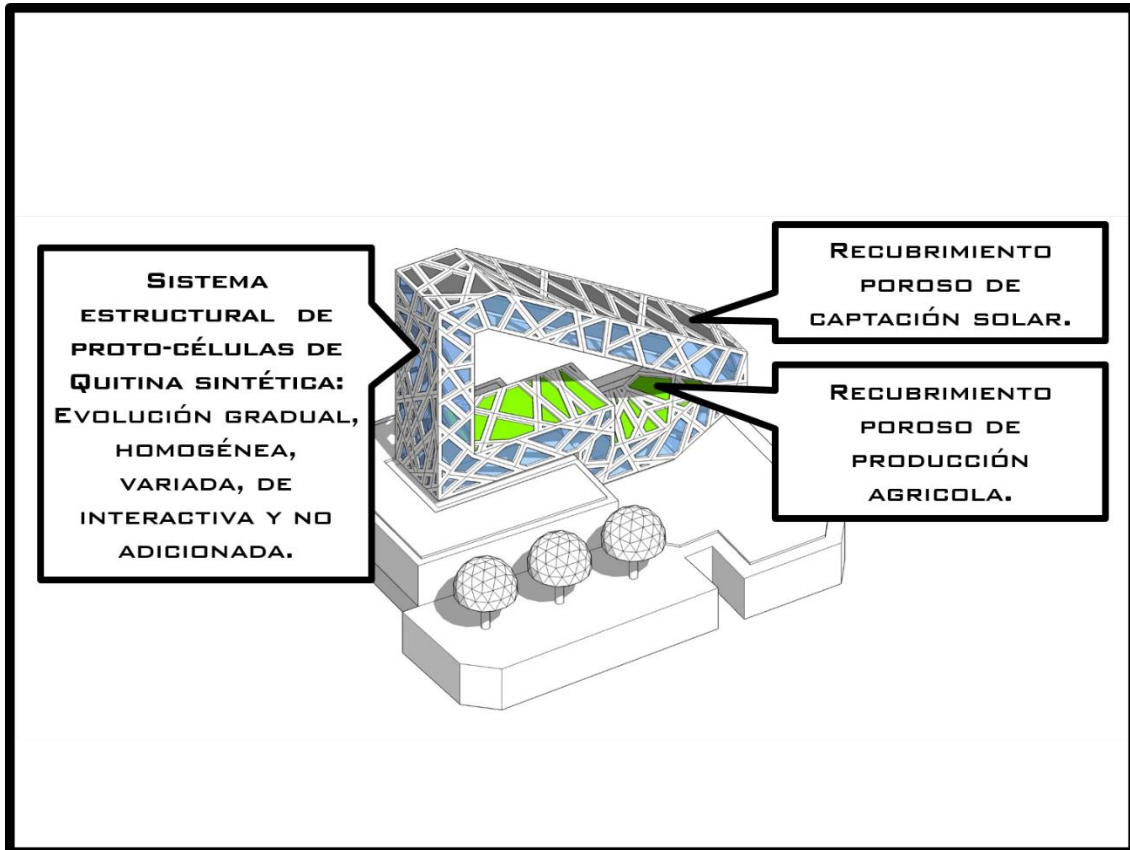
A continuación, se ilustrará el proceso esquemático de conformación de la “torre Gaia” a partir de la evolución biotecnológica de la infraestructura de la plaza de mercado de la Perseverancia, una vez aplicados los principios conceptuales y de diseño explicados anteriormente.











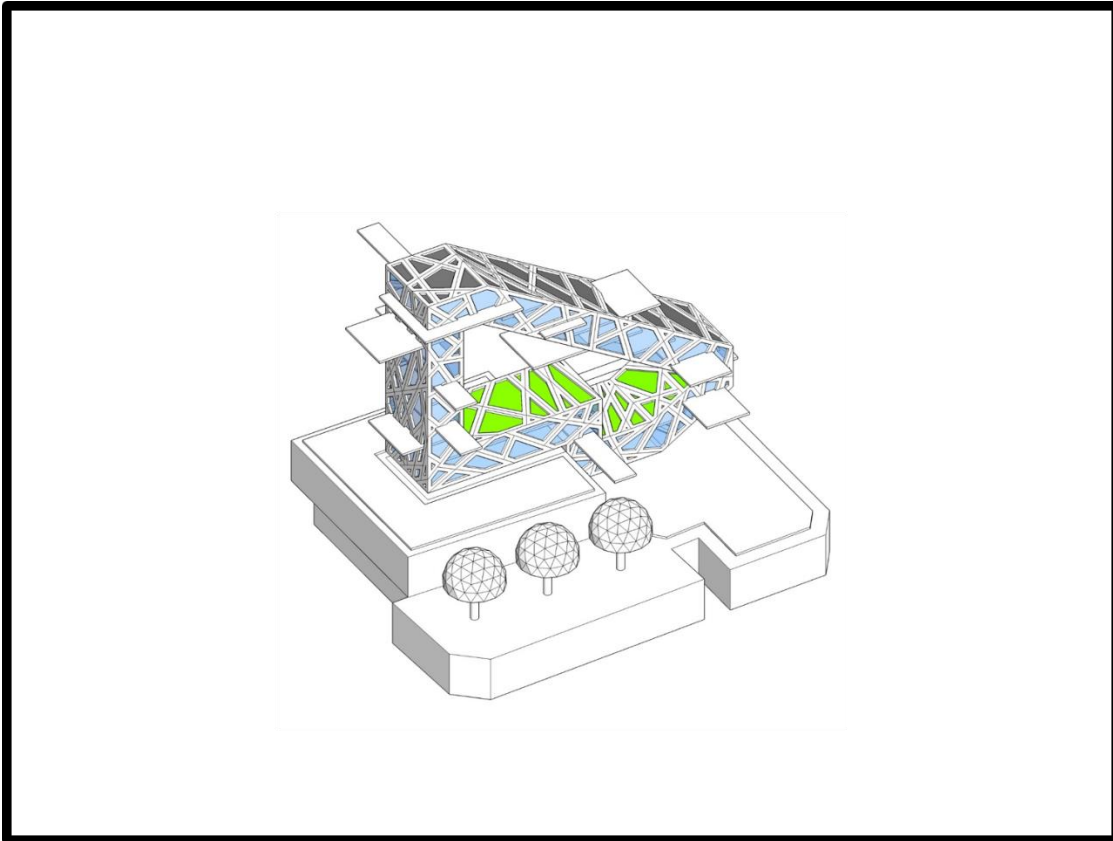


Figura 64. Las imágenes anteriores hacen referencia al proceso de consolidación de la nueva plaza de mercado para el barrio de la Perseverancia. Para el diseño y construcción de esta plaza se aplican los principales principios conceptuales y epistemológicos empleados para el desarrollo de esta propuesta. Elaboración propia.

El diseño de la plaza parte de la consolidación y preservación de la importancia histórica, simbólica, cultural y económica que ha tenido la plaza para el barrio de La Perseverancia en particular. A partir de allí, se plantea una primera expansión física en un segundo nivel para soportar el desarrollo inicial del sistema de laboratorios agrícolas a modo de despensa comunitaria, equipamientos e infraestructura adecuada para la investigación e innovación experimental, semilleros de ingeniería biogenética, invernaderos y terrazas productivas y finalmente la construcción de la “torre Gaia”: Hito espacial y funcional del sistema de despensas de cooperación agrícola y elemento representativo de la evolución heurística al que fue sometido el territorio inicial.

En esencia, el desarrollo de la torre Gaia es una manera de aplicar los conceptos iniciales en una infraestructura física y funcional para la consolidación final del

ecosistema de evolución algorítmica a partir de la noción de eco-barrio, micro-universos, sistemas de habitabilidad, desarrollos biotecnológicos ciborg, biomimesis y de las despensas de cooperación agrícola.

En primer lugar, el desarrollo del proyecto es el resultado de un diseño de procesos más que de productos, Esto a partir de la conformación de la malla física esencial sobre la que posteriormente se regenerara la estructura del meta material “Quitina”, desarrollado a nivel de proto células de acuerdo con los avances e investigaciones llevados a cabo por Neri Oxman⁹⁸, Michael Hansmeyer⁹⁹ y Rachel Armstrong¹⁰⁰. Este material, uno de los más abundantes del planeta, es a su vez particularmente resistente, biodegradable y de fácil mantenimiento energético (de quitina están hechos, por ejemplo, los caparzones y exoesqueletos de los insectos). Estas proto células, a diferencia de materiales tradicionales, basa su fortaleza estructural es su conformación molecular, lo que a su vez es coherente con el desarrollo del proyecto, coherente escaladamente de lo micro a lo macro o, análogo a los procesos Bottom up a los que se hacía mención previamente.

La generación de esta estructura de meta material tiene un alto grado de emergencia, pues los resultados formales finales están supeditados a la conformación microscópica del material. Allí radica la importancia de diseñar y gestionar el proceso de construcción, más allá del eventual producto final, resultado de una emergencia microscópica.

Adicionalmente, el uso de materiales metabólicos como la quitina, el aprovechamiento de energías renovables y la evolución hacia procesos cíclicos y

⁹⁸ Oxman, N. (2015). *Diseño en la intersección de la tecnología y la biología*. *Ted.com*. Retrieved 2 November 2016, from https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology?language=es

⁹⁹ Hansmeyer, M. (2012). *Michael Hansmeyer: La construcción de formas inimaginables*. *Ted.com*. Retrieved 20 November 2016, from https://www.ted.com/talks/michael_hansmeyer_building_unimaginable_shapes?language=es

¹⁰⁰ Armstrong, R. (2009). *Architecture that repairs itself?*. *Ted.com*. Retrieved 6 September 2016, from https://www.ted.com/talks/rachel_armstrong_architecture_that_repairs_itself

de constante interacción con su entorno (energy flow) para el funcionamiento interno de la plaza es una estrategia básica para la consecución de altos niveles de negentropía en el sistema, vinculando las nociones termodinámicas en el normal funcionamiento del proyecto.

De manera paralela, la torre Gaia debe su nombre a la teoría del mismo nombre, en la cual la evolución de las especies y de la vida orgánica en general crea progresivamente más y mejores condiciones para la subsistencia de la vida misma. Esto es aplicable no solo a la especie humana con la generación del FoodHub, sino a toda población orgánica que coexiste en el mismo ecosistema artificial, pues la misma torre generara nichos arborescentes para compensar ambientalmente (con la generación de sub-ecosistemas habitables) en altura el suelo ocupado,

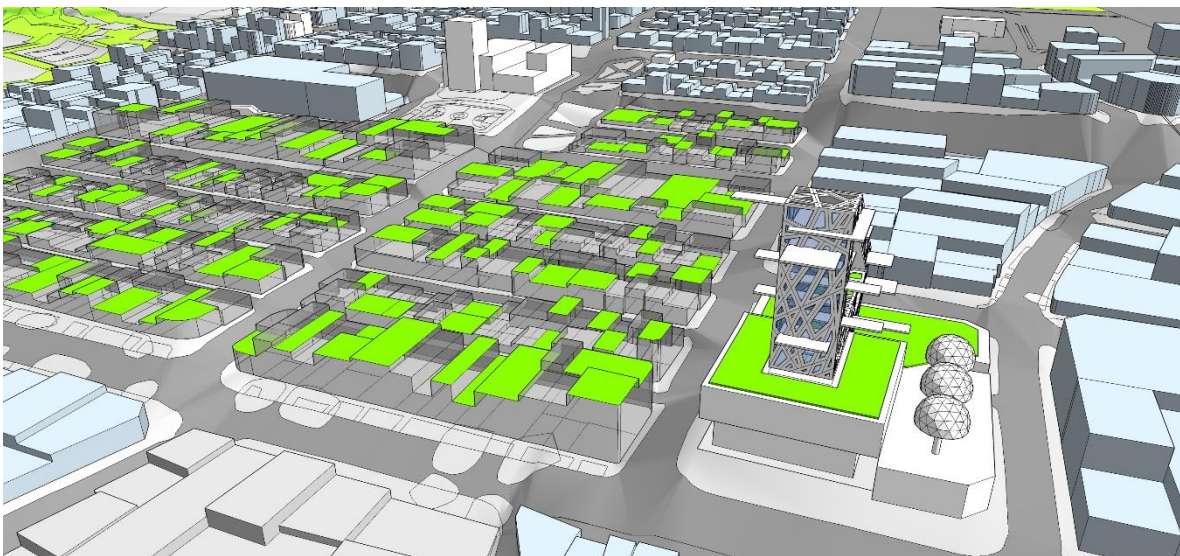


Figura 65. Perspectiva esquemática del eco-barrio con la torre Gaia consolidada.

Finalmente, todo el desarrollo de la nueva plaza está inscrita en una dinámica de economía naranja, producción de conocimiento, empleo de TICs e innovación heurística a partir de desarrollos NIBCs, siendo parte del proceso evolutivo natural de la comunidad en la que se inscribe: una en la que los ciudadanos hacen parte activa de la gestión de su territorio, vinculando todos los sistemas de habitabilidad en un contexto post-humanista, ciborg y fundamentalmente cooperativo.

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

4. Cuarto módulo:

EPÍLOGO

Capítulo 4: Conclusiones. Palabras clave de la investigación aplicada. Índice de figuras, tablas, referentes y bibliografía.

4.1. Consideraciones de cierre

A lo largo del proceso para el desarrollo de los ecosistemas artificiales de evolución algorítmica, el conocimiento generado a partir de una mirada heurística de los territorios estudiados probó ser una manera radicalmente innovadora de comprender el paisaje humano habitado a partir de la gestión en tiempo real del Big Data. No solo por la forma y el contenido de las cartografías generadas a partir de métodos no tradicionales como el Space Syntax, paisajes rugosos o mapas de calor, sino por la posibilidad y aplicabilidad manifiesta de estas metodologías en el marco de los entornos habitados, gestionados y diseñados a partir de las emergencias propias del sistema.

De manera paralela, el diseño de procesos algorítmicos basados igualmente en la gestión del Big Data permite la simulación y modelación de escenarios virtuales y posibles basados en estadísticas reales (de alto nivel de precisión. Y fiabilidad) en lapsos de tiempo relativamente cortos en comparación con los desarrollos tradicionales de aproximación "up-Bottom" a cargo de los planeadores y diseñadores urbanos en su estudio. Si bien no es posible Asegurar que los productos tengan una aplicabilidad directa (en el sentido que los productos no son directamente traducibles en planos maestros o perfiles viales con detalles constructivos, por ejemplo), sí que son un indicador eficiente para determinar la pertinencia de la aplicación de una idea territorial y de las estrategias críticas necesarias para su implementación según las características y potencialidades del área de estudio determinadas por la simulación heurística.

Adicionalmente, la posibilidad de vincular epistemologías de diferentes naturalezas a la disciplina de la arquitectura y el urbanismo permitió el desarrollo de un marco teórico híbrido desde el cual fue posible la generación de conocimiento innovador. Estas nuevas hibridaciones generadas son producto de una metodología heurística, y a partir de la publicación de este proyecto podrán ser referentes para nuevos y posteriores desarrollos en la materia.

Al respecto de la sostenibilidad y la gestión de proyectos basados en las hibridaciones epistemológicas antes mencionadas (biología evolutiva, termodinámica, matemática fractal, etc.), fue posible vincular la biomímesis y el desarrollo de procesos cíclicos análogos al metabolismo de los organismos vivos como estrategias de coexistencia entre los sistemas de habitabilidad y las especies que conforman integralmente el ecosistema artificial. Y de manera complementaria, el desarrollo e implementación de los desarrollos tecnológicos (sistemas de información geográfica, tics, dispositivos móviles, prótesis ciborg, macroscopios,

Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica

NIBCs, biotecnología y en general la condición de post-humanismo en la que estamos inmersos) abren el abanico de posibilidades y facilidades técnicas ante el diseño y la conformación de estos nuevos ecosistemas artificiales de maneras que nunca antes en la historia de la humanidad había sido siquiera concebibles. Uno que concilia de manera armónica los sistemas de habitabilidad y el entorno en el que estos se desarrollan.

Finalmente, los desarrollos tecnológicos y conceptuales aplicados en todas las etapas del presente proyecto son compatibles con los eventuales proyectos arquitectónicos catalizadores de los sistemas de habitabilidad planteados. Es decir, es posible lograr una coherencia conceptual y metodológica en la manera en que se concibe teóricamente un ecosistema artificial y en como este se materializa en proyectos construidos a partir de la biomímesis, meta materiales, emergencias y metabolismos.

4.3. Palabras clave

A continuación, se listan los conceptos y palabras claves para el desarrollo y comprensión del proyecto de grado.

A:

Algoritmo: número fijo de pasos necesarios para transformar información de entrada (un problema) en una salida (su solución).

Algoritmo genético: Algoritmos que hacen evolucionar una población de individuos sometiéndola a acciones aleatorias semejantes a las que actúan en la evolución biológica (mutaciones y recombinaciones genéticas) en función del cual se decide cuáles son los individuos más adaptados.

Autómata celular: Modelo matemático para un sistema dinámico que evoluciona en pasos discretos. Es adecuado para modelar sistemas naturales que puedan ser descritos como una colección masiva de objetos simples que interactúen localmente unos con otros.

Autopoiesis: Sistemas que presentan una red de procesos u operaciones (que los definen como tales y lo hacen distinguibles de los demás sistemas), y que pueden crear o destruir elementos del mismo sistema, como respuesta a las perturbaciones del medio. Aunque el sistema cambie estructuralmente, dicha red permanece invariante durante toda su existencia, manteniendo la identidad de este.

B:

Big Data: Big data, macrodatos o datos masivos es un concepto que hace referencia al almacenamiento de grandes cantidades de datos y a los procedimientos usados para encontrar patrones repetitivos dentro de esos datos. El fenómeno del big data también se denomina a veces datos a gran escala.

Bio-economía: Es la ciencia de la gestión de la sustentabilidad. Su finalidad es alcanzar un desarrollo socio-económico sostenible, a través de un uso eficiente de los recursos naturales a partir de un campo de estudio transdisciplinar, en el que participan además de economistas, científicos de otras áreas como la biología, la física etc.

Bio-tecnología: Toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

C:

Ciborg: “Organismo cibernético” es una criatura compuesta de elementos orgánicos y dispositivos cibernéticos

generalmente con la intención de mejorar las capacidades de la parte orgánica mediante el uso de tecnología.

Coevolución: Concepto de la biología por el que se designa al fenómeno de adaptación evolutiva mutua producida entre dos o varias especies (coevolución interespecífica) de seres vivos como resultado de su influencia recíproca por relaciones como la simbiosis, el parasitismo, la competencia, la polinización, el mimetismo o las interacciones entre presa y depredador.

Cognición: Facultad de un ser vivo para procesar información a partir de la percepción, el conocimiento adquirido (experiencia) y características subjetivas que permiten valorar la información. Consiste en procesos tales como el aprendizaje, el razonamiento, la atención, la memoria, la resolución de problemas, la toma de decisiones, los sentimientos.

Colaboratorio: Designa un centro de investigación distribuido. Al explotar las tecnologías de la información y la comunicación, el colaboratorio permite a los investigadores trabajar juntos en un mismo proyecto, aunque se hallen muy lejos unos de otros.

Complejidad: Se refiere a un sistema complejo, que es un sistema compuesto de partes interrelacionadas que como un conjunto exhiben propiedades y comportamientos no evidentes a partir de la suma de las partes individuales.

D:

Deducción: En lógica, un razonamiento deductivo es un argumento donde la conclusión se infiere necesariamente de las premisas. En su definición formal, una deducción es una secuencia finita de fórmulas, de las cuales la última es designada como la conclusión.

E:

Eco-barrio: Designa una planificación urbana que tiene por finalidad integrar los objetivos de "desarrollo sostenible y reducir la huella ecológica del proyecto. Este concepto hace hincapié en la consideración de los problemas ambientales, mediante la consideración de niveles ambiciosos de requisitos.

Ecología: Ciencia que estudia las interrelaciones de los diferentes seres vivos entre sí y con su entorno.

Ecología artificial: Ciencia que estudia las interrelaciones de los diferentes seres vivos entre sí y con su entorno.

Ecosistema: Sistema que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo). Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat.

Emergencia: Hace referencia a aquellas propiedades o procesos de un sistema no reducibles a las propiedades o procesos de sus partes

constituyentes. El concepto de emergencia se relaciona estrechamente con los conceptos de autoorganización y superveniencia, y se define en oposición a los conceptos de reduccionismo y dualismo, y considera que "el todo, es más que la suma de las partes".

Energía: En física se define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para poder extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico.

Entropía: Un tipo de magnitud física que calcula aquella energía que existe en un determinado objeto o elemento pero que no es útil para realizar un trabajo o esfuerzo. Energía que no es utilizable ante el advenimiento de un proceso termodinámico. La entropía podría ser descripta como la energía que resulta desechable ante un proceso termodinámico, aquella energía que no es utilizada y que por tanto no es considerada útil para tal proceso.

Epistemología: Rama de la filosofía cuyo objeto de estudio es el conocimiento. Las teorías del conocimiento específicas son también epistemología.

Estructura: Disposición y orden de las partes dentro de un todo. Conjunto de elementos que caracterizan un determinado ámbito de la realidad o sistema.

Evolución: La evolución biológica es el cambio en herencia genética fenotípica y genotípica de las

poblaciones biológicas a través de las generaciones y que ha originado la diversidad de formas de vida que existen sobre la Tierra a partir de un antepasado común.

F:

Fenotipo: Cualquier característica o rasgo observable de un organismo, como su morfología, desarrollo, propiedades bioquímicas, fisiología y comportamiento.

Flexibilidad: Capacidad para adaptarse con facilidad a las diversas circunstancias o para acomodar las normas a las distintas situaciones o necesidades.

Fractal: Objeto geométrico cuya estructura básica, fragmentada o aparentemente irregular, se repite a diferentes escalas.

G:

Genotipo: Se refiere a la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.

Geometría: Rama de la matemática que se ocupa del estudio de las propiedades de las figuras en el plano o el espacio.

Gnoseología: Rama de la filosofía que estudia la naturaleza, el origen y el alcance del conocimiento.

H:

Heurística: El arte y la ciencia del descubrimiento y de la invención o de resolver problemas mediante la creatividad y el pensamiento lateral o pensamiento divergente.

Hipotesis Gaia: Modelo interpretativo sobre la biosfera que afirma que la vida fomenta y mantiene unas condiciones adecuadas para sí misma, afectando al entorno. Según la hipótesis Gaia, la atmósfera y la parte superficial del planeta Tierra se comportan como un todo coherente donde la vida, su componente característico, se encarga de autorregular sus condiciones esenciales tales como la temperatura, composición química y salinidad en el caso de los océanos. Gaia se comportaría como un sistema autorregulador (que tiende al equilibrio).

Holística: Posición metodológica y epistemológica que postula cómo los sistemas (ya sean físicos, biológicos, sociales, económicos, mentales, lingüísticos, etc.) y sus propiedades, deben ser analizados en su conjunto y no solo a través de las partes que los componen. Pero aún consideradas éstas separadamente, analiza y observa el sistema como un todo integrado y global que en definitiva determina cómo se comportan las partes.

Homeostasis: Propiedad de los organismos que consiste en su capacidad de mantener una condición interna estable compensando los cambios en su entorno mediante el intercambio regulado de materia y energía con el exterior (metabolismo). Se trata de una forma de equilibrio

dinámico que se hace posible gracias a una red de sistemas de control realimentados que constituyen los mecanismos de autorregulación de los seres vivos.

I:

Indeterminación: Sistema de ecuaciones indeterminado, un sistema de ecuaciones que admite infinitas soluciones.

Inducción: Tipo de razonamiento en que la verdad de las premisas brinda apoyo a la verdad de la conclusión, pero no la garantiza. Conocimiento que pasa de lo particular a lo global. Este se basa en el número de repeticiones o experimentos que se hacen.

Innovación: Cambio que introduce novedades.

Inteligencia artificial: Inteligencia exhibida por máquinas. Se aplica cuando una máquina imita las funciones "cognitivas" que los humanos asocian con otras mentes humanas, como, por ejemplo: "aprender" y "resolver problemas".

Inteligencia colectiva: Forma de inteligencia que surge de la colaboración y concurso de muchos individuos. Aparece en una amplia variedad de formas de toma de decisiones consensuada en bacterias, animales, seres humanos y computadoras. Capacidad de las comunidades humanas de evolucionar hacia un orden de una complejidad y armonía mayor, tanto por medio de

mecanismos de innovación, como de diferenciación e integración, competencia y colaboración.

J:

Jerarquía: Estructura que se establece en orden a su criterio de subordinación entre personas, animales, valores y dignidades. Tal criterio puede ser superioridad, inferioridad, anterioridad, posterioridad, etc.; es decir, cualquier cualidad categórica de gradación agente que caracterice su interdependencia.

M:

Maquina: Conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, o realizar un trabajo con un fin determinado.

Modelo: Representación abstracta, conceptual, gráfica o visual (ver, por ejemplo: mapa conceptual), física, de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar, simular (en general, explorar, controlar y predecir) esos fenómenos o procesos. Un modelo permite determinar un resultado final a partir de unos datos de entrada.

Morfogénesis: Proceso biológico que lleva a que un organismo desarrolle su forma. Este es uno de los tres aspectos fundamentales del desarrollo biológico junto con el control del crecimiento celular y la diferenciación celular.

Morfología: Disciplina encargada del estudio de la estructura de un organismo o sistema y sus respectivas características.

N:

Negentropía: Entropía que el sistema exporta para mantener su entropía baja; se encuentra en la intersección de la entropía y la vida. Para compensar el proceso de degradación sistémica a lo largo del tiempo, algunos sistemas abiertos consiguen compensar su entropía natural con aportaciones de subsistemas con los que se relacionan. Si en un sistema cerrado el proceso entrópico no puede detenerse por sí solo, en un sistema abierto, la neguentropía sería una resistencia sustentada en subsistemas vinculados que reequilibran el sistema entrópico.

Noosfera: Es la tercera de una sucesión de fases del desarrollo de la Tierra, después de la geosfera (materia inanimada) y la biosfera (vida biológica). Tal como la emergencia de la vida ha transformado la geosfera, la emergencia de la cognición humana transforma la biosfera.

O:

Ontogénia: La historia del cambio estructural de una unidad sin que ésta pierda su organización. Este continuo cambio estructural se da en la unidad, en cada momento, o como un cambio desencadenado por interacciones provenientes del medio donde se

encuentre o como resultado de su dinámica interna

Optimización: Consiste en maximizar o minimizar una función real eligiendo sistemáticamente valores de entrada (tomados de un conjunto permitido) y computando el valor de la función. De forma general, la optimización incluye el descubrimiento de los "mejores valores" de alguna función objetivo dado un dominio definido, incluyendo una variedad de diferentes tipos de funciones objetivo y diferentes tipos de dominios.

P:

Paisaje rugoso: Se utiliza para visualizar las relaciones entre genotipos (o fenotipos) y éxito reproductivo. Los conceptos de altura y distancia son suficientes para conformar el concepto de paisaje adaptativo (Altura: la altura del paisaje viene dada por la aptitud del genotipo, es decir, por su tasa de duplicación; Distancia: en el eje horizontal se representan las frecuencias de los alelos o el promedio de fenotipos de la población. En un paisaje adaptativo, los genotipos que son muy similares están muy cerca el uno del otro, mientras que aquellos muy diferentes están muy lejos entre sí).

R:

Red: Generalización del concepto de sucesión, de tal manera que no necesariamente tenga una cantidad numerable de elementos. Es el

concepto más adecuado (o también su equivalente de filtro) para estudiar la convergencia en un espacio topológico.

Rizoma: Modelo descriptivo o epistemológico en el que la organización de los elementos no sigue líneas de subordinación jerárquica, sino que cualquier elemento puede afectar o incidir en cualquier otro.

S:

Simbiosis: Interacción biológica, relación estrecha y persistente entre organismos de diferentes especies.

Simulación: Artificio contextual que referencia la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos.

Sistema abierto: Sistema físico (o químico) que interactúa con otros agentes químicos, por lo tanto, está conectado correccionalmente con factores externos a él.

Sistema cerrado: Sistema físico que no interactúa con otros agentes físicos situados fuera de él y por tanto no está conectado causalmente ni relacionado con nada externo a él.

Sistemas complejos: Un sistema complejo está compuesto por varias partes interconectadas o entrelazadas cuyos vínculos crean información adicional no visible antes por el observador. Como resultado de las interacciones entre elementos, surgen propiedades nuevas que no pueden explicarse a partir de las propiedades

de los elementos aislados. Dichas propiedades se denominan propiedades emergentes.

Sistemas de información geográfica: Conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz.

T:

Tecnologías de la información y la comunicación: Conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar información y enviarla de un lugar a otro. Incluyen las tecnologías para almacenar información y recuperarla después, enviar y recibir información de un sitio a otro, o procesar información para poder calcular resultados y elaborar informes.

Telemática: Disciplina científica y tecnológica que analiza e implementa servicios y aplicaciones que usan tanto los sistemas informáticos como las telecomunicaciones, como resultado de la unión de ambas disciplinas.

Teoría de juegos: Área de la matemática aplicada que utiliza

modelos para estudiar interacciones en estructuras formalizadas de incentivos y llevar a cabo procesos de decisión. Tipos de interacción aparentemente distintos pueden, en realidad, presentar estructura de incentivo similar y, por lo tanto, se puede representar mil veces conjuntamente un mismo juego.

Teoría del caos: Rama de las matemáticas, la física y otras ciencias (biología, meteorología, economía, entre otras) que trata ciertos tipos de sistemas complejos y sistemas dinámicos muy sensibles a las variaciones en las condiciones iniciales. Pequeñas variaciones en dichas condiciones iniciales pueden implicar grandes diferencias en el comportamiento futuro, imposibilitando la predicción a largo plazo.

Termodinámica: Rama de la física encargada del estudio de la interacción entre el calor y otras manifestaciones de la energía.

U:

Urbanismo: Conjunto de disciplinas que se encarga del estudio de los asentamientos humanos para su diagnóstico, comprensión e intervención. Intenta comprender los procesos urbanos a fin de planificar las intervenciones para la cualificación del espacio.

4.4. Bibliografía

Ambiente Bogota. (2009). *Ambientebogota.gov.co*. Retrieved 24 November 2016, from http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=96283dbb-76f1-4f23-b3ed-e242bf25a686&groupId=55886

Armstrong, R. (2009). *Architecture that repairs itself?*. *Ted.com*. Retrieved 6 September 2016, from https://www.ted.com/talks/rachel_armstrong_architecture_that_repairs_itself

Asseldonk, Berger, Hartigh,. *Morphology, entropy, and stability in networked structures*. Retrieved 24 November 2016, from <https://eresearch.ozyegin.edu.tr/xmlui/handle/10679/3207>

Attali, J. & Ostroviesky, H. (2009). *¿Y después de la crisis qué --?* (1st ed.). Barcelona: Gedisa.

Bascompte, J. & Luque Serrano, B. (2012). *Evolución y complejidad* (1st ed.). [Valencia]: PUV.

Batty, M. & Torrens, P. (2001). *Modeling Complexity : The Limits to Prediction*. *Cybergeorge.org*. Retrieved 20 October 2016, from <http://cybergeorge.org/1035?file=1>

Batty, M. *Urban Models | A Science of Cities*. *Complexcity.info*. Retrieved 8 May 2016, from <http://www.complexcity.info/simulations/>

Benayoun, M. (2010). *Maurice Benayoun's real-time data art – STREAMING MUSEUM*. *Streamingmuseum.org*. Retrieved 19 October 2016, from <http://streamingmuseum.org/maurice-benayoun-1/>

Benyus, J. (2005). *Biomimicry's surprising lessons from nature's engineers*. *Ted.com*. Retrieved 14 November 2016, from http://www.ted.com/talks/janine_benyus_shares_nature_s_designs#t-617801

BOGOTA CIUDAD DE ESTADISTICAS. *secretaria distrital. planeación bogota*. (2014). *Encuesta multipropósito*. Retrieved 9 November 2016, from <http://www.encuestamultiproposito.gov.co/> Encuesta Multipropósito 2014 Principales resultados en Bogotá y la Región; Secretaria Distrital de Planeación

Cuesta, J. (2009). *Las matemáticas de la evolución*. *La Gaceta de la RSME*. Retrieved 28 August 2016, from <http://gisc.uc3m.es/~cuesta/PDFs/Gaceta.pdf>

DANE. (2007). *Colección de información y estudios estratégicos. Encuesta calidad de vida Bogotá 2007, estudios preliminares*. Retrieved 26 August 2016, from <http://www.dane.gov.co/> Encuesta Calidad de Vida Bogotá 2007; DANE

Darwin, C. (2003). *El origen de las especies* (1st ed.). Santa Fe, Argentina: El Cid Editor.

deLanda, M. *Zero News Datapool, Meshworks, Hierarchies And Interfaces*. *T0.or.at*. Retrieved 19 August 2016, from <http://www.t0.or.at/delanda/meshwork.htm>

Deleuze, G. & Guattari, F. (1977). *Rizoma* (1st ed.). Parma: Pratiche.

Dennett, D. (1995). *Darwin's dangerous idea* (1st ed.). New York: Simon & Schuster.

Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Dnp.gov.co*. Retrieved 29 August 2016, from <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-social/pol%C3%ADticas-sociales-transversales/Paginas/objetivos-de-desarrollo-del-milenio.aspx>

diagnósticos de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos. (2009). SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA DC.. Retrieved 9 September 2016, from <http://www.conociendo.org/Conociendo-la-Localidad-de-Santa-Fe-Diagnostico-de-los-aspectos-fisicos-demograficos-y-socioeconomicos-2009>; Secretaria Distrital de Planeación

Echeverría, J. (2016). *Interdiscipliniedad y convergencia tecnocientífica nano-bio-informática*. Retrieved 23 November 2016, from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222009000200003

El pensamiento complejo en Edgar Morin - Las2orillas. (2013). *Las2orillas*. Retrieved 24 November 2016, from <http://www.las2orillas.co/el-pensamiento-complejo-en-edgar-morin/>

Falconer, K. (1990). *Fractal geometry* (1st ed.). Chichester: Wiley.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process* (1st ed.). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Goldberg, D. & Holland, J. *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning* (1st ed.).

Gouyet, J. (1996). *Physics and fractal structures* (1st ed.). Paris: Masson.

Guattari, F. (1990). *Las tres ecologías* (1st ed.). Valencia: Pre-Textos.

Hansmeyer, M. (2012). *Michael Hansmeyer: La construcción de formas inimaginables*. *Ted.com*. Retrieved 20 November 2016, from https://www.ted.com/talks/michael_hansmeyer_building_unimaginable_shapes?language=es

Haraway, D. (1984). *Cyborg Manifesto*. *Georgetown.edu*. Retrieved 17 September 2016, from <http://faculty.georgetown.edu/irvinem/theory/Haraway-CyborgManifesto-1.pdf>

Hurtado, J. (2008). *¿Investigación Holística o comprensión holística de la investigación?*. *Investigacionholistica.blogspot.com.co*. Retrieved 24 November 2016, from <http://investigacionholistica.blogspot.com.co/2011/01/investigacion-holistica-o-comprension.html>

Hurtado, J. (2008). *La integración metodológica en las ciencias sociales, dificultades y posibilidades*. *Investigacionholistica.blogspot.com.co*. Retrieved 23 November 2016, from <http://investigacionholistica.blogspot.com.co/2010/08/la-integracion-metodologica-en-las.html>

Mohammadian, M. *Instituto de Ciencias Ambientales. Universidad Complutense de Madrid*. Retrieved 12 November 2016, from <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%BA19/Mansour%20Mohammadian.pdf>

Instituto Para La Economía Social - Plaza Distrital de Mercado la Perseverancia. (2015). *Ipes.gov.co*. Retrieved 4 November 2016, from <http://www.ipes.gov.co/index.php/19-plazas-de-mercado/152-plaza-distrital-la-perseverancia>

Kurzweil, R. (1999). *The age of spiritual machines* (1st ed.). New York: Viking.

Levy, P. (1999). *Cibercultura*. (1st ed.). São Paulo.

Lévy, P. (1999). *Qué es lo virtual?* (1st ed.). Barcelona: Paidós.

LOCALIDAD DE SANTA FE 03 ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA DC.. (2009). *Diagnostico Local con Participacion Social 2009-2010*. Retrieved 3 October 2016, from <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Diagnosticos%20Locales/04-SAN%20CRISTOBAL.pdf>

Maas, W. (2007). *Space fighter*. Barcelona: Actar.

Maldonado, C. (2000). *Heurística y producción de conocimiento nuevo en la perspectiva CTS*. *www.researchgate.net*. Retrieved 4 September 2016, from https://www.researchgate.net/publication/228353101_Heuristica_y_produccion_de_conocimiento_nuevo_en_la_perspectiva_CTS

Mandelbrot, B. & Llosa, J. (1997). *La geometría fractal de la naturaleza* (1st ed.). Barcelona: Tusquets.

Mandelbrot, B. (2010). *Benoît Mandelbrot: Fractales y el arte de la fracturación*. *Ted.com*. Retrieved 19 October 2016, from https://www.ted.com/talks/benoit_mandelbrot_fractals_the_art_of_roughness?language=es

Marina Perez. *¿Qué es la bioeconomía o economía ecológica?*. (2013). *Fundación Melior*. Retrieved 17 October 2016, from <http://www.fundacionmelior.org/content/tema/que-es-la-bioeconomia-o-economia-ecologica>

Maturana, H. & Varela, F. (2004). *De máquinas y seres vivos* (1st ed.). Santiago de Chile: Editorial Universitaria, Grupo Editorial Lumen.

Morin, E. (2006). *RESTRICTED COMPLEXITY, GENERAL COMPLEXITY*. *http://cogprints.org/*. Retrieved 29 September 2016, from <http://cogprints.org/5217/1/Morin.pdf>

Musso, P. (2012). *Génesis y crítica de la noción de red*. *Webcache.googleusercontent.com*. Retrieved 18 August 2016, from http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TfXKjpn8GcEJ:revistas.udem.edu.co/index.php/Ciencias_Sociales/article/download/810/750+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co

Nilsson, N. (2010). *The quest for artificial intelligence* (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Nobrega, G. (2012). Hip3rorganicos-Hibridacoes entre organismos naturais e artificiais e a telemática. *www.revistas.ufg.br*. *Revistas.ufg.br*. Retrieved 23 September 2016, from <https://www.revistas.ufg.br/VISUAL/article/viewFile/19847/12236>

Oxman, N. (2015). *Diseño en la intersección de la tecnología y la biología*. *Ted.com*. Retrieved 2 November 2016, from https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology?language=es

Passet, R. *La bioeconomía es el nuevo paradigma de la ciencia económica*. *Tendencias 21. Ciencia, tecnología, sociedad y cultura*. Retrieved 24 November 2016, from http://www.tendencias21.net/La-bioeconomia-es-el-nuevo-paradigma-de-la-ciencia-economica_a590.html

Prada, Ó. (2016). *Aproximación a las ciencias de la complejidad*. *Revistas.lasalle.edu.co*. Retrieved 23 November 2016, from <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/2438/2155>

Prigogine, I. & Antoniou, I. (2003). *Is future given?* (1st ed.). River Edge: World Scientific.

Process satellite imagery | Mapbox. *Mapbox.com*. Retrieved 23 November 2016, from <https://www.mapbox.com/help/processing-satellite-imagery/>

Process satellite imagery | Mapbox. *Mapbox.com*. Retrieved 23 November 2016, from <https://www.mapbox.com/help/processing-satellite-imagery/>

Rosnay, J. & Martorell, A. (1996). *El hombre simbiótico* (1st ed.). Madrid: Cátedra.

Rossiter, N. & Zehle, S. (2015). *Organized Networks / The Aesthetics of Algorithmic Experience*. *Nedrossiter.org*. Retrieved 2 August 2016, from <http://nedrossiter.org/?p=436>

Ruiz, L. & Cruz, E. (2007) *La Perseverancia BARRIO OBRERO DE BOGOTA*. *portel.bogota.gov.co*. Retrieved 24 November 2016, from <http://portel.bogota.gov.co/archivo/libreria/pdf/PERSEVERANCIA.pdf>

Schneider, E. & Sagan, D. (2005). *Into the cool* (1st ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Taleb, N. (2007). *The black swan* (1st ed.). New York: Random House.

Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms.. (1997). <http://tangviz.cct.lsu.edu>. Retrieved 7 August 2016, from <http://tangviz.cct.lsu.edu/papers/ishii-chi97-tangible-bits.pdf>

Tania Fraga. (2016). *Tania Fraga.* Retrieved 24 November 2016, from <https://taniafraga.wordpress.com>

The Bartlett: Centre for Advanced Spatial Analysis; "SpaceSyntax.. Retrieved 24 November 2016, from <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/latest/software/ajax-software-for-generalised-syntax>

The Bartlett: Centre for Advanced Spatial Analysis; "SpaceSyntax". UCL. Retrieved 24 November 2016, from <https://www.bartlett.ucl.ac.uk/space-syntax/research>

Vernadsky, V. (1938). *The Transition From the Biosphere To the Noösphere.* www.21stcenturysciencetech.com. Retrieved 25 August 2016, from https://www.21stcenturysciencetech.com/Articles_2012/Spring-Summer_2012/04_Biospere_Noosphere.pdf

Elizalde Prada, Ó. (2013). Aproximación a las ciencias de la complejidad. *Revista Universidad de La Salle*, 0(61), 45-66. Recuperado de <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/2438>

Churchland, P. & Sejnowski, T. (1992). *The computational brain* (1st ed.). Cambridge, Mass.: MIT Press.

Design | WarkaWater. (2016). [Warkawater.org](http://www.warkawater.org). Retrieved 24 November 2016, from <http://www.warkawater.org/design>

Anexo 3: Plancha Final

<p>I. Aproximación</p> <p>El proyecto de investigación aplicado "Ecosistemas urbanos de evolución algorítmica" surge a propósito del contexto mundial en el que vivimos. Un contexto de crisis (económica, cultural, social, ambiental y política) pero también de un potencial incmensurable a parte de los avances y desarrollos esarrollos técnicos y científicos a los que estamos expuestos.</p> <p>Ante este panorama, es pertinente replantear profundamente los procesos de diseño urbano tradicionales, toda vez que incorporan ideas innovadoras como la emergencia de los sistemas, el cambio de los paradigmas económicos mundiales, los conceptos de la termodinámica y la condición ciborg de los ciudadanos del siglo XXI.</p> <p>La pregunta central es pues, ¿cómo podrían diseñarse estos entornos habitables y cuales serían tentativamente sus resultados formales?</p>	<p>BOGOTÁ</p>	<p>SPACE SYNTAX</p> <p>1. ADECUACIÓN Y MOVILIDAD, 2. INTERSECCIONES, ANÁLISIS, VISIBILIDAD, VALOR DEL BUELO.</p>	<p>MAPAS DE CALOR</p> <p>ACCESIBILIDAD, CONECTIVIDAD, DESPLAZAMIENTOS.</p>
<p>CIUDAD CONTEMPORÁNEA*</p>	<p>ANILLO DE INNOVACIÓN</p>	<p>CITY ENGINE</p>	<p>MAPAS DE CALOR</p>
<p>PROBLEMA</p> <p>¿QUE ALTERNATIVAS EXISTEN PARA REFORZAR EL MODELO ACTUAL, TRADICIONAL Y ESTÁTICO DE PLANEACIÓN URBANA A UNO EMERGENTE Y DINÁMICO PARA LA GENERACIÓN DE NUEVOS ECOSISTEMAS ARTIFICIALES EN EL CONTEXTO BIODIVERSIDAD DE LA BOGOTÁ DEL SIGLO XXI?</p>	<p>BARRIO LA PERSEVERANCIA</p>	<p>MICHEL BATTY: URBAN SIMULATIONS</p>	<p>PAISAJES RUGOSOS</p>
<p>RELEVANCIA</p> <p>1. MODELO URBANO EN CRISIS, 2. NUEVAS TECNOLOGÍAS QUE PERMITAN LA VIDA COTIDIANA, 3. HEURÍSTICA COMO MOTOR DE LA INNOVACIÓN.</p>	<p>CONCEPTOS</p> <p>SISTEMAS ABIERTOS, NOCENTRÓPICO, NO LINEALIDAD, BIODIVERSIDAD.</p>	<p>II. Teoría</p> <p>Una vez definidos los pilares conceptuales del proyecto, se procede a determinar una metodología que logre conciliar de la manera más eficaz y armónica posible el problema inicial, los objetivos y las hipótesis.</p> <p>Al basarse la propuesta en la simulación de entornos variables que permiten ponderar en tiempo real distintos escenarios ante una misma disyuntiva, la aplicación de una metodología heurística presentó las mayores ventajas comparativas frente otras posibilidades.</p> <p>Innovación: Permite introducir la idea de la "epistaxis" evolutiva: Una forma de introducir mutabilidad en el sistema.</p> <p>Genio del Big Data: Función auxiliar de carácter científico y comprobable sobre la realidad (información relativa a la demografía, los flujos de tránsito, comunicaciones, relaciones económicas, etc.)</p> <p>Flexibilidad: Permite aproximaciones plausibles frente a problemas que no poseen inicialmente toda la exactitud en sus variables. Un modelo heurístico es capaz de proponer alternativas preliminares de solución con un alto grado de aplicabilidad y relación.</p>	<p>HOLÍSTICA</p> <p>1. UNIDAD, NO HOMOGENEIDAD, 2. INVESTIGACIÓN E INVENTIVIDAD, 3. LOS LÍMITES SON ABSTRACCIONES HUMANAS.</p>
<p>DESPENSAS DE COOPERACIÓN</p>	<p>CONCEPTOS</p> <p>DISEÑO ACUMULATIVO, BIZOMÁTICO.</p>	<p>MODELACIÓN DE PAISAJES</p>	<p>HEURÍSTICA</p> <p>CREACIÓN DE NUEVOS UNIVERSOS CIMENTADOS EN MULTITUD DE CAMPOS DEL CONOCIMIENTO.</p>
<p>PAISAJE RUGOSO</p>	<p>CONCEPTOS</p> <p>GENOTIPOS DE LA INDETERMINACIÓN.</p>	<p>MODELACIÓN DE PARÁMETROS</p>	<p>POTENCIAL</p>
<p>MICRO-UNIVERSO</p>	<p>SIMULACIÓN</p>	<p>SIMULACIÓN DE USOS</p>	<p>III. Modelación</p> <p>Para la modelación del autómata se establecieron como parámetros el desarrollo de nuevos equipamientos e infraestructura en relación a las despensas de cooperación agrícola, desarrollos de espacio público en altura y la definición de un aumento en el área verde contenida en el área de estudio de hasta el 60% entre los que se incluyen las huertas urbanas y las fachadas verdes. Adicionalmente, se definieron los usos con relación a la jerarquización de las vías establecidas en el Space Syntax, dando como resultado un crecimiento de las áreas comerciales de hasta un 25% con respecto al estado inicial, y del área construida para la generación de viviendas de hasta el 35%.</p> <p>Otras alternativas de simulación son posibles, una vez modificadas los algoritmos del proceso planteado (los parámetros) o el estado inicial sobre el cual parte la modelación (la simulación heurística a partir de la información derivada del Big Data). Precisamente, este fue uno de los objetivos centrales durante el proceso de desarrollo del presente proyecto: diseñar una alternativa de diseño basado en datos existentes y generados en tiempo real, pero que contemplara la complejidad y los emergencias propias del sistema algorítmico sobre el que se basa su funcionamiento.</p>
<p>Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Arquitectura y Diseño</p>	<p>Ecosistemas artificiales de evolución algorítmica <i>Estética de los modelos autónomos celulares</i></p>		<p>Plancha 1/1 Daniel Humberto Vinasco Gómez 2016</p>