

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

Tesis Doctoral

Modelo de Sostenibilidad Regional

Dinámica de Sistemas para enfrentar la pobreza en Suramérica

Luciano Gallón Londoño

Tesis Doctoral

Modelo de Sostenibilidad Regional

Dinámica de Sistemas para enfrentar la pobreza en Suramérica

Luciano Gallón Londoño

Universidad Politécnica de Cataluña

Director

Miquel Barceló García

Codirector

Diego Fernando Gómez Sánchez

Doctorado en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo
Instituto de Sostenibilidad - Cátedra UNESCO de Sostenibilidad

Barcelona, diciembre de 2011

Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la Universidad Politécnica de Cataluña

DEDICATORIA

A Matilde y Jaime por hacerme existir en n dimensiones
Al profesor Javier Escobar por enseñarme a pensar en n dimensiones
A Gloria por acompañarme en las n dimensiones

RESUMEN

En 1950 vivían en Suramérica unos 113 millones de personas; en 2010, 393 millones, tres veces y media más. La mitad de ellos vive en la pobreza. En 2050, alrededor de 485 millones vivirán allí. Las figuras contemporáneas de dinámica poblacional global revelan que por cada nacimiento en una familia rica hay 38 en familias pobres. Es necesario, entonces, pensar en nuevos modelos de los sistemas sociales, ecológicos y económicos para analizar y sintetizar su sostenibilidad y para investigar cómo sería viable y se comportaría. Esta investigación muestra el proceso de construir un marco teórico y práctico para modelar a Suramérica utilizando dinámica de sistemas. Así mismo explora preguntas como: ¿es posible reducir la pobreza siguiendo un rumbo sostenible? ¿Cuál es el tipo de equilibrio detrás de las ideas de sostenibilidad? ¿Qué relaciones se pueden encontrar entre las escalas de espacio y tiempo de la perspectiva humana y de la sostenibilidad y las dinámicas de nuevos equilibrios sociales? ¿Cómo enriquecen esas exploraciones la comprensión de los sistemas sociales y del comportamiento humano? ¿Qué contribuciones pueden aportar a la sostenibilidad esos análisis y síntesis? ¿Cómo pueden la estructura y la dinámica de Suramérica ayudar a responder esas preguntas? El resultado obtenido sirve para descubrir posibles inconsistencias y comportamientos contrarios a la intuición en las concepciones tradicionales de pobreza, desarrollo y sostenibilidad.

Palabras clave: sostenibilidad; desarrollo sostenible; pobreza; pensamiento sistémico; dinámica de sistemas; modelado; Suramérica.

RESUM

Al 1950 vivien a l'Amèrica del Sud uns 113 milions de persones; al 2010, 393 milions, tres vegades i mitja més. La meitat viu en la pobresa. Al 2050 hi viuran al voltant de 485 milions. Les figures contemporànies de dinàmica poblacional global revelen que per cada naixement en una família rica n'hi ha 38 en famílies pobres. És necessari, llavors, pensar en nous models dels sistemes socials, ecològics i econòmics per analitzar i sintetitzar la seva sostenibilitat i per investigar com seria viable i com es comportaria. Aquesta investigació mostra el procés de construir un marc teòric i pràctic per modelar l'Amèrica del Sud tot utilitzant dinàmica de sistemes. Així mateix, explora preguntes com ara: ¿és possible reduir la pobresa seguint un rumb sostenible? ¿Quin és el tipus d'equilibri darrere de les idees de sostenibilitat? ¿Quines relacions es poden trobar entre les escales d'espai i de temps de la perspectiva humana, de la sostenibilitat i de les dinàmiques de nous equilibris socials? ¿Com enriqueixen aquestes exploracions la comprensió dels sistemes socials i del comportament humà? ¿Quines contribucions poden aportar aquestes anàlisis i síntesis a la sostenibilitat? ¿Com poden l'estructura i la dinàmica de Sud-amèrica ajudar a respondre aquestes preguntes? El resultat obtingut serveix per a descobrir possibles inconsistències i comportaments contraris a la intuïció en les concepcions tradicionals de pobresa, desenvolupament i sostenibilitat.

Paraules clau: sostenibilitat; desenvolupament sostenible; pobresa; pensament sistèmic; dinàmica de sistemes; modelatge; Sud-amèrica.

ABSTRACT

In 1950, 113 million people lived in South America, in 2010, 393 million, three and a half times more. Half of them live in poverty. In 2050, about 485 million people will be living there. Contemporary population dynamics figures on a global average show that by each birth in a rich family there are 38 in poor families. Then it's necessary to think on new social, ecological and economic systems models to analyze and synthesize their possible sustainability and to research on how it is possible and behave. This research shows the process of building a theoretical and practical framework for modeling South America using system dynamics and explores questions such as: Is it possible to reduce poverty following a sustainable path? What is the kind of steady state behind the sustainability ideas? What relationship can be found between the scales of space and time of the human perspective and of the sustainability and the dynamics of the new social equilibriums? How such exploration enriches the understanding of social systems and human behavior? What contributions can be offered from such analysis and synthesis to contribute to sustainability? How can the structure and dynamics of South America helps to answer those questions? The obtained results serve to discover possible inconsistencies and counterintuitive behaviors in traditional conceptions of poverty, development and sustainability.

Keywords: sustainability; sustainable development; poverty; system thinking; system dynamics; modeling; South America.

PRÓLOGO

Mi entorno de desarrollo humano, profesional, social, cultural y político, ha estado marcado por experiencias extremas. No es desconocido, en términos generales, que mi ciudad, Medellín, y mi país, Colombia, son fuente de noticias, indicadores y hechos que van desde la extrema desgracia humana del narcotráfico o la violencia, hasta lo sublime del Nobel en literatura.

Ese entorno tiene ciclos muy complejos que determinan la vida de las personas y las comunidades. Abordar ese tipo de sistemas desde una formación en Ingeniería y en Gestión de Tecnología, hace que se puedan proponer ideas desde una perspectiva particular que ayude a avanzar en la comprensión de las dinámicas de desarrollo para hacerlo sostenible. De ahí el objetivo de esta investigación: *Diseñar, elaborar, simular y comprobar un modelo de sostenibilidad regional para el contexto suramericano comprendido como un sistema social, ecológico y económico dinámico y complejo, siguiendo la metodología de la Dinámica de Sistemas mediada por herramientas informáticas, que sirva como instrumento de apoyo para la comprensión de la pobreza, para aportar a la supervivencia digna del ser humano y para explorar posibles inconsistencias o desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad.*

Empecé el Doctorado al descubrir un programa integral, organizado y universal en la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), en una ciudad como Barcelona con vocación inquebrantable por el estudio científico en los temas de sostenibilidad, desarrollo y justicia. Lo empecé con muchas dudas sobre los desarrollos científicos necesarios para lograr comprender sistemas complejos, y con lo estudiando durante estos años pude avanzar y aclarar un poco más los problemas de estudio, hacer algunas propuestas que se expondrán en este documento pero sobre todo, terminar con muchas más dudas y muchos más asuntos de interés para estudiar e investigar.

Este es un proyecto de investigación ambicioso por dos razones: Primero, porque el objeto de investigación, Suramérica, es un territorio grande y complejo, y aunque genera muchos datos necesarios para el proceso de modelado, no es fácil conseguirlos. Segundo, porque no existen antecedentes conocidos de un modelo regional que tenga en cuenta, simultáneamente, aspectos económicos, sociales y ecológicos, de ahí que se haya hecho un proceso de síntesis que hemos denominado *modelado masivo de sistemas complejos con Dinámica de Sistemas*, y

que propone un modelo que incluye:

- Un (1) módulo de Población
- Un (1) módulo de Fuerza Laboral
- Diez (10) deciles de ingreso/consumo
- Quince (15) Sectores productivos
- Un (1) módulo de Cálculos agregados económicos
- Doce (12) tipos de Capital
- Cinco (5) tipos de Conectividad
- Ocho (8) tipos de Tecnología
- Diez (10) tipos de Movilidad
- Diez (10) tipos de Contaminación
- Veintitrés (23) tipos de Servicios Ecosistémicos
- Cinco (5) tipos de Recursos Naturales
- Once (11) tipos de Bioma
- Un (1) módulo integrador de Sostenibilidad desde múltiples perspectivas (IDH, Índice de Bienestar Humano, huella ecológica, equilibrio de sistemas anidados complejos multiescala)
- Cinco (5) escenarios, cada uno definido por cuarenta (40) parámetros
- Más de seis mil variables
- Y un horizonte de simulación de 300 meses (25 años)

Que la interacción simultánea de las variables se pueda simular fácilmente en un computador personal, hace que se cuente por primera vez con una herramienta para analizar las consecuencias de las decisiones de gestión en diferentes ámbitos en Suramérica, pudiendo comprender mejor las consecuencias sobre su sostenibilidad.

Sólo queda agradecer por permitirme conversar y gozar intelectualmente con este proyecto a: Miquel Barceló, Diego F. Gómez, Montse García, Ana Motrel, Didac Ferrer, Miquel Puerta, Carolina Cortés, Manuela Cucina, Josep Lobera, David Franquesa, Chirs Soderquist, Bernard Scott, Gene Bellinger, Cor van Dijkun, John Raven, Arne Cohen, Carme Ferré, Oscar Gómez, Álvaro Quintero, Hernán Toro, Sebastián Aparicio, Jorge Robledo, Ángela Jiménez, Gabriel Cataño, José J. Aguilar, Sjaak Zoom y Aneska Ortega. Además, por hacer posible estos años para pensar, a la Universidad Pontificia Bolivariana, y por acompañarme desde el otro lado del atlántico a mi Familia. Por tantos diálogos a Gloria Londoño.



CONTENIDO

| | | |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 27 |
| 1.1 | Panorama general | 27 |
| 1.2 | Índice de capítulos | 28 |
| 2 | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 31 |
| 2.1 | Problema e hipótesis | 31 |
| 2.1.1 | Problema de investigación | 31 |
| 2.1.2 | Hipótesis | 34 |
| 2.2 | Justificación | 34 |
| 2.3 | Objetivos | 37 |
| 2.3.1 | General | 37 |
| 2.3.2 | Específicos | 37 |
| 2.4 | Herramienta | 38 |
| 2.5 | Metodología | 38 |
| 2.5.1 | Enfoque de investigación | 38 |
| 2.5.2 | Tipo de la investigación | 40 |
| 2.5.3 | Etapas de la investigación | 41 |
| 2.5.4 | Universo, Población y Muestra | 42 |
| 2.5.5 | Recolección de la Información | 42 |
| 2.5.6 | Procesamiento de la Información | 43 |
| 2.5.7 | Limitaciones de la Investigación | 43 |
| 2.5.8 | Perfil general de la investigación | 44 |
| 3 | ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE | 45 |
| 3.1 | Antecedentes | 45 |
| 3.1.1 | Suramérica | 45 |
| 3.1.2 | Crecimiento, Ingreso y Distribución | 64 |
| 3.1.3 | Sostenibilidad | 68 |
| 3.1.4 | Desarrollo Sostenible | 73 |
| 3.1.5 | Modelos | 78 |
| 3.2 | Estado del arte | 84 |
| 3.2.1 | Escalas de Espacio y Tiempo | 84 |
| 3.2.2 | Jerarquía DICES | 87 |
| 3.2.3 | Tipos de actividad humana | 90 |
| 3.2.4 | Valores | 96 |
| 3.2.5 | Pobrezas a Escala Humana | 100 |
| 3.2.6 | Economía Sistémica | 126 |
| 3.2.7 | Desarrollo como Estado Sistémico | 130 |
| 3.2.8 | Medios de Vida Sostenible | 134 |
| 3.2.9 | Ciencia de la Sostenibilidad | 136 |
| 3.2.10 | Natural vs. Artificial | 141 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.2.11 | Longevidad y Equilibrio | 144 |
| 3.2.12 | Sociocibernética | 147 |
| 3.2.13 | Modelo de Sistemas Viables | 150 |
| 3.2.14 | Complejidad y Sistémica | 153 |
| 3.2.15 | Modelado y Simulación | 162 |
| 3.2.16 | Dinámica de Sistemas | 171 |
| 3.2.17 | Herramientas Informáticas | 177 |
| 3.2.18 | Educación para el Desarrollo Sostenible | 180 |
| 4 | MODELO DE SOSTENIBILIDAD REGIONAL | 187 |
| 4.1 | Introducción | 187 |
| 4.2 | Construcción | 187 |
| 4.2.1 | Modelos base | 187 |
| 4.2.2 | Evolución del modelado | 194 |
| 4.3 | Arquitectura | 198 |
| 4.3.1 | Global | 198 |
| 4.3.2 | De módulo | 200 |
| 4.3.3 | De relaciones | 202 |
| 4.3.4 | Módulos | 203 |
| 4.4 | Escenarios | 216 |
| 4.4.1 | Construcción de los escenarios | 216 |
| 4.4.2 | Parametrización de escenarios | 220 |
| 4.5 | Base de datos | 222 |
| 4.5.1 | Fuentes de datos | 222 |
| 4.5.2 | Arquitectura de datos | 223 |
| 4.6 | Interfaz | 226 |
| 4.6.1 | Interfaz de navegación | 227 |
| 4.6.2 | Interfaz de selección de escenario | 228 |
| 4.6.3 | Interfaz de control de escenarios | 229 |
| 4.6.4 | Interfaz de parametrización de escenarios | 230 |
| 4.6.5 | Interfaz de simulación | 232 |
| 5 | SIMULACIONES Y RESULTADOS | 233 |
| 5.1 | Horizonte de simulación | 233 |
| 5.2 | Resultados de las simulaciones | 233 |
| 5.2.1 | Recursos, Servicios Ecosistémicos y Energía | 234 |
| 5.2.2 | Población Humana | 235 |
| 5.2.3 | Capitales, Infraestructura y Tecnologías | 237 |
| 5.2.4 | Conectividad y Movilidad | 238 |
| 5.2.5 | Demanda, Producción, Consumo e Inversión | 239 |
| 5.2.6 | Economía | 241 |
| 5.2.7 | Contaminación | 243 |
| 5.2.8 | Biocapacidad, Huella Ecológica y Riqueza Ecológica | 243 |
| 5.2.9 | Pobreza por ingresos | 245 |
| 5.2.10 | Bienestar Humano y Expectativa de Vida | 246 |
| 5.2.11 | Sostenibilidad en un Sistema Multiescala | 247 |
| 5.3 | Implicaciones estructurales y dinámicas | 248 |
| 5.3.1 | Resistencias Inerciales | 249 |
| 5.3.2 | Desequilibrios | 249 |
| 5.3.3 | Inconsistencias | 250 |

| | | |
|-----------------|---|------------|
| 5.3.4 | Problemas y síntomas separados por espacio y tiempo | 250 |
| 5.3.5 | Desalienaciones | 251 |
| 5.3.6 | Impredecibilidad | 252 |
| 5.3.7 | Comportamiento contra intuitivo | 252 |
| 5.4 | Resultados de los escenarios | 253 |
| 5.5 | Pobreza, Sostenibilidad y Suramérica | 255 |
| 5.5.1 | Pobreza | 255 |
| 5.5.2 | Sostenibilidad | 257 |
| 5.5.3 | Suramérica | 258 |
| 5.6 | Resultado general | 262 |
| 6 | CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO | 265 |
| 6.1 | Conclusiones | 266 |
| 6.2 | Trabajo futuro | 271 |
| 7 | BIBLIOGRAFÍA | 275 |
| ANEXO A. | ORGANISMOS DE ASOCIACIÓN EN SURAMÉRICA | 285 |
| ANEXO B. | FUENTES DE DATOS DE SURAMÉRICA | 289 |
| ANEXO C. | PUBLICACIONES REALIZADAS | 293 |

FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Fronteras de Suramérica | 46 |
| Figura 2. Población total por país en Suramérica | 49 |
| Figura 3. Cambio de población por país en Suramérica | 50 |
| Figura 4. Velocidad y Aceleración de la población en Suramérica | 51 |
| Figura 5. Mapa de Inglehart para clasificar países desde escalas de valores | 52 |
| Figura 6. Analfabetismo y gasto en educación en Suramérica | 54 |
| Figura 7. Conectividad TIC de Suramérica | 56 |
| Figura 8. Pobreza en Suramérica | 58 |
| Figura 9. GINI de ingresos y de tierra en Suramérica | 59 |
| Figura 10. IDH para los países de Suramérica | 60 |
| Figura 11. Biocapacidad y Huella ecológica por región del planeta | 61 |
| Figura 12. Biocapacidad, Huella Ecológica y Riqueza Ecológica en Suramérica | 62 |
| Figura 13. Dinámica de población Suramérica-Europa comparada | 63 |
| Figura 14. Dinámicas clave Suramérica-Europa comparadas | 65 |
| Figura 15. Distribuciones de ingresos para regiones del mundo | 67 |
| Figura 16. Visualización de la red de citación de grupos particulares | 69 |
| Figura 17. Visualización de la estructura de la ciencia de la sostenibilidad | 70 |
| Figura 18. La semántica del desarrollo sostenible | 74 |
| Figura 19. Perspectivas humanas como escalas de espacio y tiempo | 86 |
| Figura 20. Jerarquía Datos, Información, Conocimiento, Entendimiento y Sabiduría (DICES) | 88 |
| Figura 21. Jerarquía DICES y Complejidad | 89 |
| Figura 22. El canal de Flujo | 91 |
| Figura 23. Sentimientos de las dinámicas del diario vivir | 92 |
| Figura 24. Actividades del diario vivir | 92 |
| Figura 25. Flujo y complejidad | 93 |
| Figura 26. Fusión Jerarquía DICES y Canal de Flujo | 94 |
| Figura 27. Dinámica de la pobreza extrema | 110 |
| Figura 28. La migración necesidades-a-deseos | 111 |
| Figura 29. Taxonomía de mediciones de la pobreza | 113 |
| Figura 30. Pobreza sistémica | 118 |
| Figura 31. La sostenibilidad como concepto dependiente de escalas de espacio y tiempo | 137 |
| Figura 32. Dinámica de tres subsistemas objeto de sostenibilidad | 140 |

| | |
|---|-----|
| Figura 33. Población humana y Sostenibilidad natural vs. artificial | 143 |
| Figura 34. Dinámica de una población | 145 |
| Figura 35. Sistema de metodologías sistémicas | 159 |
| Figura 36. Historias, escenarios y modelos | 163 |
| Figura 37. Escalas de modelado con Dinámica de Sistemas | 168 |
| Figura 38. La biósfera como objeto de modelado | 169 |
| Figura 39. Grupos de herramientas informáticas para la modelar | 179 |
| Figura 40. Ecosistema de modelos para el MSR | 188 |
| Figura 41. Borradores iniciales del MSR | 194 |
| Figura 42. Primera versión estructurada del MSR | 195 |
| Figura 43. Evolución del modelo del MEN al MSR | 196 |
| Figura 44. Versión final del nivel 1 de jerarquía del MSR | 197 |
| Figura 45. Arquitectura típica de modulo en el MSR | 202 |
| Figura 46. Módulo Recursos | 204 |
| Figura 47. Módulo Servicios Ecosistémicos | 205 |
| Figura 48. Módulo Población | 206 |
| Figura 49. Módulo Capitales | 206 |
| Figura 50. Módulo Tecnologías | 207 |
| Figura 51. Módulo Conectividad | 207 |
| Figura 52. Módulo Movilidad | 208 |
| Figura 53. Módulo Contaminación | 209 |
| Figura 54. Módulo Fuerza Laboral | 210 |
| Figura 55. Módulo Inversión | 210 |
| Figura 56. Módulo Producción | 211 |
| Figura 57. Módulo Demanda | 211 |
| Figura 58. Módulo Fuerza Consumo | 212 |
| Figura 59. Módulo Consumo | 213 |
| Figura 60. Módulo Transacciones Monetarias | 214 |
| Figura 61. Módulo Cálculos Agregados | 214 |
| Figura 62. Módulo Sostenibilidad | 215 |
| Figura 63. Módulo Escenarios | 216 |
| Figura 64. Escenarios de Millenium Ecosistem Assesment | 217 |
| Figura 65. Escenarios del Modelo de Economía Nacional de ECSIM | 218 |
| Figura 66. Escenarios del MSR | 220 |
| Figura 67. Evolución del desarrollo de la interfaz inicial del MSR | 227 |
| Figura 68. Interfaz inicial de navegación del MSR | 228 |
| Figura 69. Interfaz de selección de escenario del MSR | 229 |

| | |
|---|-----|
| Figura 70. Interfaz de control de escenarios del MSR | 230 |
| Figura 71. Interfaz típica de parametrización de escenario del MSR | 231 |
| Figura 72. Interfaz típica de parametrización de variable del MSR | 231 |
| Figura 73. Interfaz típica de simulación del MSR | 232 |
| Figura 74. Resultados para Recursos, Servicios Ecosistémicos y Energía | 235 |
| Figura 75. Resultados para Población Humana | 236 |
| Figura 76. Resultados para Capitales, Infraestructura y Tecnologías | 237 |
| Figura 77. Resultados para Conectividad y Movilidad | 239 |
| Figura 78. Resultados para Demanda, Producción, Consumo e Inversión | 240 |
| Figura 79. Resultados para Economía | 241 |
| Figura 80. Resultados para Contaminación | 242 |
| Figura 81. Resultados para Biocapacidad, Huella Ecológica y Riqueza Ecológica | 244 |
| Figura 82. Resultados para Pobreza por ingresos | 245 |
| Figura 83. Resultados para Bienestar Humano y Expectativa de Vida | 247 |
| Figura 84. Resultados para Sostenibilidad en un Sistema Multiescala | 248 |

TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Perfil general de la investigación | 44 |
| Tabla 2. Países que conforman a Suramérica | 46 |
| Tabla 3. Principales asentamientos humanos en Suramérica | 47 |
| Tabla 4. Crecimiento de la población en Suramérica | 48 |
| Tabla 5. Cambio de población en Suramérica | 48 |
| Tabla 6. Proyección del crecimiento de la población de Suramérica | 49 |
| Tabla 7. PIB para Educación en Suramérica | 53 |
| Tabla 8. Analfabetismo en Suramérica | 53 |
| Tabla 9. Pobreza en Suramérica | 57 |
| Tabla 10. GINI en Suramérica | 58 |
| Tabla 11. Tendencias del IDH en Suramérica | 59 |
| Tabla 12. Tendencias de la Huella Ecológica y la Biocapacidad de Suramérica | 61 |
| Tabla 13. Riqueza Ecológica de Suramérica | 62 |
| Tabla 14. Indicadores básicos de Suramérica, Latinoamérica y el Caribe y el mundo | 64 |
| Tabla 15. Los 15 primeros grupos de citación de ciencia de la sostenibilidad | 68 |
| Tabla 16. Línea de tiempo de la sostenibilidad | 71 |
| Tabla 17. Línea de tiempo de modelos | 81 |
| Tabla 18. Trampas de pobreza | 108 |
| Tabla 19. Relaciones de indicadores | 119 |
| Tabla 20. Taxonomía de discursos y estrategias contra la pobreza | 120 |
| Tabla 21. Software para Dinámica de Sistemas | 180 |
| Tabla 22. Jerarquía y submodelos del modelo World3-03 | 189 |
| Tabla 23. Jerarquía y submodelos del modelo GUMBO | 189 |
| Tabla 24. Jerarquía y submodelos del modelo T21 | 190 |
| Tabla 25. Jerarquía y submodelos del modelo EN | 191 |
| Tabla 26. Jerarquía y submodelos del modelo GSD | 192 |
| Tabla 27. Arquitectura global del MSR | 199 |
| Tabla 28. Matriz de Flujos de las relaciones estructurales del MSR | 203 |
| Tabla 29. Parámetros de escenario en el MSR | 221 |
| Tabla 30. Resultados consolidados de los escenarios en el MSR | 254 |

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

| | |
|--------|--|
| ECSIM | Centro de Estudios en Economía Sistémica |
| EPSD | Educación para el Desarrollo Sostenible |
| GUMBO | Global Unified Metamodel of the Biosphere |
| IDH | Índice de Desarrollo Humano |
| MSR | Modelo de Sostenibilidad Regional |
| OCDE | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico |
| ONG | Organización No Gubernamental |
| ONU | Organización de las Naciones Unidas |
| PIB | Producto Interno Bruto |
| T21 | Threshold 21 |
| TIC | Tecnologías de Información y Comunicación |
| UE | Unión Europea |
| UICN | Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales |
| UNASUR | Unión de Naciones Suramericanas |
| UNESCO | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |
| UPB | Universidad Pontificia Bolivariana |
| UPC | Universitat Politècnica de Catalunya |
| WBCSD | World Business Council for Sustainable Development |
| WCED | Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo |
| WCS | Estrategia Mundial para la Conservación |

1 INTRODUCCIÓN

En 1950 vivían en Suramérica unos 113 millones de personas; en 2010, 393 millones, tres veces y media más. La mitad de ellos vive en la pobreza. En 2050, alrededor de 485 millones vivirán allí (United Nations Population Division, 2009)

Las figuras contemporáneas de dinámica poblacional global revelan que por cada nacimiento en una familia rica hay 38 en familias pobres (Population Reference Bureau, 2008) Es necesario entonces pensar en nuevos modelos de los sistemas sociales, ecológicos y económicos para analizar y sintetizar su sostenibilidad y para investigar cómo sería viable y se comportaría.

Para responder si es posible reducir la pobreza en Suramérica siguiendo un rumbo sostenible es necesario recurrir a un conjunto de herramientas teóricas y prácticas de investigación que permitan considerarla como un sistema para poder estudiar sus componentes, las funciones que cumplen, sus relaciones y su estructura y así facilitar su modelado siguiendo una metodología como la de la dinámica de sistemas.

Esta investigación trata sobre modelos mentales de la realidad que se pueden capturar y codificar en un modelo construido con la ayuda de herramientas informáticas basadas en la dinámica de sistemas. Se hace para comprender mejor la estructura y las dinámicas del desarrollo y de la pobreza de los seres humanos y las sociedades en Suramérica. Así, coleccionando diferentes modelos mentales, luego capturándolos mediante la codificación con dinámica de sistemas y, finalmente, relacionándolos apropiadamente, se obtiene una herramienta de simulación para Suramérica considerada como un sistema, lo que permite contrastar ideas para analizar y sintetizar relaciones entre desarrollo, pobreza y sostenibilidad.

1.1 Panorama general

Han existido y existen un gran número de iniciativas de investigación que tienen como objetivo modelar y simular sistemas complejos sociales, ecológicos y económicos para comprender mejor su pasado y su presente y para mostrar escenarios de sus posibles futuros. La escala de los sistemas estudiados con la ayuda de modelos, abarca desde las organizaciones pequeñas,

empresas o ciudades, pasa por países y va hasta, dando un salto, el planeta como un todo, con los llamados *modelos globales*. Se trata de iniciativas que datan desde mediados del siglo XX.

No obstante no es fácil encontrar modelos particulares y especializados en conjuntos de países o regiones, como agrupaciones particulares de integración, y dada la tendencia contemporánea a conformar ese tipo de organizaciones como la Unión Europea (UE) o la recientemente formada Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR), es atractivo para el investigador enfrentar el reto de modelarlas y simularlas. En particular, y dado el estado y dinámica de sus sociedades, América del Sur se constituye en una región objeto de investigación con un amplio espectro de posibilidades en hallazgos para fortalecer la teoría y práctica de la sostenibilidad y del desarrollo humano, pero sobre todo para dar luces de posibles y nuevas soluciones y modos de enfrentar la pobreza que se vive allí.

Esta es una investigación aplicada, descriptiva y experimental que se realiza con base en las premisas, metodologías y propósitos de la dinámica de sistemas, la Economía Sistémica y la Sostenibilidad, y que explora un Modelo de Sostenibilidad Regional (MSR) Se basa en los trabajos previos de modelado y simulación realizados desde hace más de 10 años por equipos liderados por el investigador Diego Fernando Gómez Sánchez en Medellín, Colombia, codirector de este trabajo, y que han obtenido resultados innovadores con dos modelos particulares para la sostenibilidad local, subregional y regional en el ámbito colombiano. En particular, esta investigación continúa sus propuestas para ampliarlas a escala regional suramericana con componentes de sostenibilidad.

1.2 Índice de capítulos

Esta memoria de investigación consta de siete capítulos. El primero es la *Introducción* al trabajo y el último la *Bibliografía* sobre la que se construyó. Los otros cinco se describen a continuación.

El capítulo dos trata sobre el *Diseño de la investigación* y expone el problema y la hipótesis de la investigación, la justificación para llevarla a cabo, sus objetivos y la metodología de trabajo desarrollada.

El capítulo tres consta de dos apartados: *Antecedentes* y *Estado del arte*. Los primeros se concentran en dejar evidencia de cinco áreas de antecedentes en cuanto a Suramérica,

asuntos de crecimiento, ingreso y distribución, la sostenibilidad, el desarrollo sostenible y el panorama de modelos. El Estado del arte es ambicioso y revisa 18 temáticas desde la perspectiva de la sostenibilidad que cubren desde asuntos de escalas de espacio y tiempo de sistemas observados y observadores hasta una reflexión sobre la educación para el desarrollo sostenible.

El capítulo cuatro, *Modelo de Sostenibilidad Regional*, describe cinco aspectos relacionados directamente con el modelo desarrollado utilizando la dinámica de sistemas: cómo se construyó con la herramienta informática, qué arquitecturas lo representan, qué escenarios se identificaron y parametrizaron, de qué elementos está conformada la base de datos que lo alimenta y cómo es la interfaz que permite interactuar con él.

El capítulo cinco presenta *Simulaciones y resultados* obtenidos con el MSR y hace una descripción de las implicaciones estructurales y dinámicas que se pueden identificar, analiza el comportamiento de los escenarios y plantea una serie de discusiones en torno al debate Pobreza-Sostenibilidad-Suramérica.

Finalmente, en el capítulo seis se exponen las *Conclusiones* de la investigación y se deja una relación de ideas y oportunidades para el *Trabajo futuro* que propicia el MSR.

2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Problema e hipótesis

2.1.1 Problema de investigación

En *The human quality* (Peccei, 1977) se hace un inventario, que cumple ya un poco más de 30 años, de los problemas críticos que enfrentaba y enfrentaría la humanidad en las décadas siguientes:

- Proliferación incontrolada de humanos
- Brechas y divisiones de la sociedad
- Injusticia social
- Hambre y malnutrición
- Pobreza generalizada
- Manía por el crecimiento
- Inflación
- Crisis energéticas
- Escasez real o potencial de recursos
- Perturbaciones monetarias y del comercio internacional
- Proteccionismo
- Analfabetismo y educación anacrónica
- Rebelión de los jóvenes
- Alienación
- Propagación y decadencia urbana incontrolable
- Delincuencia y drogas
- Explosión de violencia con nuevas formas de brutalidad policial
- Tortura y terrorismo
- Desconocimiento de la ley y el orden
- Locura nuclear
- Esclerosis o insuficiencia de las instituciones
- Corrupción política
- Burocratización

- Degradación del ambiente
- Disminución de los valores morales
- Pérdida de la fe
- Sensación de inestabilidad, y
- Falta de comprensión de los problemas mencionados y sus relaciones recíprocas

Podría hacerse una evaluación cuidadosa del estado de cada uno de ellos, pero en general, la mayoría está presente en la vida diaria contemporánea, aunque algunos problemas con menor intensidad que otros e, incluso, faltan unos, como la guerra por el agua o el calentamiento global, por ejemplo.

Con ese conjunto de problemas, y en un escenario de construcción de regiones y de globalización, se están dando estados y dinámicas de vida y desarrollo absolutamente desbalanceados y no sostenibles en donde, tanto al interior de los países como en los grupos de integración (como el de la región suramericana), muchas comunidades siguen a la deriva y en situaciones de pobreza. En ese contexto, los individuos, las comunidades y los gobiernos locales, nacionales, subregionales y regionales deben tomar decisiones con niveles extraordinarios de incertidumbre y riesgo, sin contar con las herramientas apropiadas. Entonces a la pregunta central de ¿cómo enfrentar la pobreza garantizando la sostenibilidad? le sigue una cadena de actividades que conforman el problema de investigación de este trabajo. Así, partiendo de la necesidad de enfrentar la pobreza para llevarla a niveles mínimos, pero a la vez llevando la sostenibilidad a niveles máximos, es necesario modelar y simular el sistema en que se dan, para tener nuevas herramientas capaces de apoyar la tomar decisiones en rangos aceptables de incertidumbre y riesgo.

Para modelar y simular es indispensable pensar más allá de la captura de momentos de estados del sistema y tener la capacidad de viajar desde el pasado hacia futuros posibles, o en forma metafórica, superar la fotografía y utilizar el vídeo. Hardin (1968) lo puntualizaba de esta manera: “cabe señalar que la moralidad de un acto no puede ser determinado a partir de una fotografía”.

Para Bruckmann (2001) “no es exagerado afirmar que una parte sustancial del lío en el que se encuentra la humanidad al final del segundo milenio ha de ser atribuida al hecho de que nos hemos olvidado del pensamiento sintético”. De ahí que “Hacer modelos globales (...) puede demostrar que tanto una persistente tendencia exponencial, y su posterior inversión de tendencia, son efectos del mismo conjunto de relaciones subyacentes”. De igual manera hacer modelos tiene innovadoras consecuencias para las ciencias pues las compara, comunica,

enlaza y reunifica, les enseña a ser menos confiadas en sí mismas y les muestra que puede haber más de una verdad y de una respuesta válida para alguna pregunta.

Pero no se pueden hacer modelos sin un profundo sentimiento de compromiso con una meta definida por Aurelio Peccei: *la supervivencia humana en dignidad*.

Para sobrevivir en dignidad y con sostenibilidad es indispensable tomar decisiones. Toda decisión tiene dos dimensiones fundamentales: la medular y la temporal. Los problemas sociales, ecológicos y económicos que se enfrenta con esta investigación tienen amplios rangos de incertidumbre en las dos dimensiones y precisamente por eso se acude a una herramienta como la dinámica de sistemas para enfrentarlos.

Costanza y otros explican lo anterior así:

A medida que el capital natural y los servicios de los ecosistemas se estresan más y se vuelven más escasos, sólo podemos esperar que aumente su valor. Si se pasan los umbrales significativos e irreversibles de los servicios insustituibles de los ecosistemas, su valor puede saltar rápidamente hasta el infinito. Dadas las enormes incertidumbres presentes, es posible que nunca tengamos una estimación precisa del valor de los servicios de los ecosistemas. Sin embargo, incluso la cruda estimación inicial que hemos sido capaces de montar es un punto de partida útil (una vez más hacemos hincapié en que es sólo un punto de partida) Esto demuestra la necesidad de mucha investigación adicional y también indica las áreas específicas que necesitan estudio adicional. También resalta la importancia relativa de los servicios de los ecosistemas y del impacto potencial sobre nuestro bienestar de continuar desperdiцándolos. (Costanza et al., 1997)¹

Es necesario, entonces, aprender a construir futuros en los que los servicios que prestan los ecosistemas estén en estados equilibrados y con presiones ajustadas sobre sus umbrales de capacidad, y para esa tarea hay poco tiempo en escala humana, pues todas las tendencias de la dinámica de planeta Tierra apuntan a situaciones en las que el ambiente será difícil para la supervivencia de la humanidad, particularmente, en entornos dignos.

¿Cuándo se puede saber que el sistema (o subsistema) ha persistido, ha sido sostenible? Lamentablemente esto sólo se puede responder después de los hechos, por lo que el énfasis

¹ Traducción elaborada por el autor del original en inglés.

del esfuerzo creativo (Costanza y Patten, 1995) debe centrarse en los métodos que permitan predecir las configuraciones que persistirán mejor, y en las políticas e instrumentos que ayuden a hacer frente a las incertidumbres restantes.

Dadas esas enormes incertidumbres propias de un sistema socio-ecológico-económico, es de particular importancia seleccionar las políticas que son de precaución (Costanza y Perrings, 1990; Costanza y Cornwell, 1992) en el sentido de que no toman riesgos innecesarios o cuentan con posibles, o deseables, soluciones tecnológicas para el éxito de la sostenibilidad.

En conclusión, para que una región planetaria pueda aprovechar sosteniblemente su potencial ecosistémico garantizando la supervivencia digna de los humanos, se requiere una herramienta de planeación para el desarrollo. La herramienta debe permitir analizar y sintetizar de manera dinámica el comportamiento de un modelo sistémico que incorpore consideraciones sociales, ecológicas y económicas.

2.1.2 Hipótesis

Con base en el problema descrito anteriormente, se definió la siguiente hipótesis para la investigación:

Un Modelo de Sostenibilidad Regional, construido siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas, utilizado como herramienta de apoyo en los procesos de toma de decisiones para enfrentar la pobreza y aportar a la supervivencia digna del ser humano en Suramérica, evidencia inconsistencias o desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad.

2.2 Justificación

En la cumbre entre América Latina y el Caribe y la Unión Europea, celebrada en Perú, se elaboró la Declaración de Lima (ALC-UE, 2008). En ella, los más de 40 mandatarios internacionales participantes, enfatizaron en sus intervenciones el intercambio de experiencias en torno a dos líneas temáticas consideradas prioritarias: las actuales condiciones de 'pobreza, desigualdad e inclusión', y la necesidad de encaminar a sus sociedades hacia 'el desarrollo sostenible', teniendo como ejes al 'medio ambiente, el cambio climático y la energía'.

Revisando el documento, resalta una cantidad notable de apariciones del concepto de Sostenibilidad en una declaración de este tipo, pues las escasas 17 páginas del documento contienen 30 veces la palabra 'sostenible', dos 'sostenibilidad' y 16 'desarrollo sostenible'. Esto indica que en las mentes de los líderes de estas dos regiones, y en las de sus equipos de gobierno así como en las industrias, las organizaciones no gubernamentales y las comunidades, se evidencia la necesidad de reducir a mínimos la pobreza pero sin descuidar la sostenibilidad.

Se han construido modelos económicos a partir de una concepción de equilibrio de los sistemas de intercambio de los individuos y las comunidades. También nuevos modelos económicos desde la concepción sistémica en la que prevalece el asunto de las Dinámicas de Flujo Continuo como mecanismo para entender la complejidad de la sociedad, pero apenas se está empezando a incorporar de manera deliberada, concreta, modular y estructurada 'la sostenibilidad' como propósito medular en la construcción de modelos. Este es un trabajo original en esta frontera del conocimiento pues es una investigación que descubre tareas apropiadas y necesarias que permiten el surgimiento de una nueva generación de modelos sociales, ecológicos y económicos para la sostenibilidad.

Esta investigación permite comprender de nuevas formas los estados y las dinámicas complejas de Suramérica y da luces para tomar acciones que permitan transformar a sus comunidades formadas por más de 380 millones de habitantes. También abre la posibilidad de hacer nuevas hipótesis en torno a modelos de sostenibilidad que permitan avanzar en la conceptualización de la pobreza como problema sistémico y complejo.

El propósito al crear modelos regionales o globales siempre ha sido cambiar el mundo, no describirlo (Richardson, 1982). Por ese motivo, esta investigación integra conocimientos de ingeniería, economía, informática, cibernética, ecología, administración y educación, para analizar y sintetizar la realidad del presente y las posibilidades del futuro de Suramérica, mediante la construcción racional de modelos con los principios de la dinámica de sistemas, con el propósito fundamental de darle un nuevo sentido científico a las posibilidades de solución de las pobrezas humanas de manera sostenible en dicha región.

Es curioso presenciar una y otra vez una concepción de la ciencia y de la ingeniería como actividades humanas no humanistas. Esta investigación sobre modelos simulables a partir de la construcción desde la dinámica de sistemas es una actividad humana y humanista. Pero ¿qué se debe tener en cuenta para que este mismo trabajo no sea un aporte a aquellos que lo podrían considerar no humanista? Pues hacer una utilización deliberada pero cuidadosa de un

lenguaje muy articulador entre disciplinas que permite tender puentes transdisciplinarios. En otras palabras, este trabajo es humanista, pero también debe parecerlo desde el uso simple y claro del lenguaje que revela honestamente sus problemas, limitaciones, hallazgos, conclusiones y propuestas. Su llamado a la acción.

Si bien las dinámicas sociales son de complejidades aún no comprendidas completamente por los individuos, este tipo de ejercicios científicos de modelado y simulación mediados por la dinámica de sistemas permite acercarse y apropiarse de manera objetiva y concreta a escalas espacio-temporales locales, regionales o globales de manera novedosa, reveladora y crítica, con lo cual los individuos propensos o responsables de acciones de liderazgo y toma de decisiones, pueden justificar de manera amplia sus propuestas, de manera que frente a muchos posibles escenarios se logre reducir la incertidumbre y la probabilidad de cometer errores. En particular, para asuntos de sostenibilidad en una sociedad como la suramericana, con dinámicas tan diversas, desiguales y encontradas, esta investigación es una oportunidad y una herramienta que intenta ser propositiva.

Así mismo, esta investigación es la continuidad natural de la preparación académica del autor. Al haber estudiado Ingeniería Electrónica se preparó en los conceptos de modelado de señales y sistemas para ser apropiadas desde la ingeniería como objetos medibles y controlables de manera racional. Luego su experiencia profesional y el haber estudiado una maestría en Gestión de Tecnología lo expusieron a la complejidad de los problemas tecnológicos y de administración, conduciéndolo a preguntarse por las implicaciones y las acciones sociales, políticas, económicas y humanas que abundan en todos los problemas. Posteriormente, en el proceso doctoral se expuso a un escenario apropiado para aplicar un conjunto de experiencias y conocimientos que se unen transdisciplinariamente en un proyecto de modelado con dinámica de sistemas.

La visión sistémica, compleja, científica y humanista que caracteriza al doctorado de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo de la cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Cataluña, se ve reflejada en esta investigación. Un grupo de trabajo colaborativo formado por investigadores locales y foráneos, desde el punto de vista de Suramérica, aporta a la transdisciplinariedad dándole una firma particular y enriquecedora a la investigación. El desarrollo de un modelo modular, estructurado y escalable para la simulación de regiones o conglomerados sociales y ecológicos enriquece la investigación en sostenibilidad de la UPC y le da más alcance habilitándola para ayudar de manera concreta a solucionar problemas.

2.3 Objetivos

2.3.1 General

Diseñar, elaborar, simular y comprobar un modelo de sostenibilidad regional para el contexto suramericano, comprendido como un sistema social, ecológico y económico dinámico y complejo, siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas mediada por herramientas informáticas, que sirva como instrumento de apoyo para la comprensión de la pobreza, para aportar a la supervivencia digna del ser humano y para explorar sobre posibles inconsistencias o desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad.

2.3.2 Específicos

- Caracterizar y analizar a Suramérica como región geográfica, social, ecológica y económica.
- Hacer un recuento del desarrollo de modelos simulables de la dinámica de sistemas regionales o globales de comunidades humanas.
- Determinar una concepción de pobreza que sirva para aclarar el propósito y el modo de utilización de los resultados que arrojen las simulaciones del modelo.
- Determinar una concepción de sostenibilidad, su relación con la evolución por selección natural, los valores de la conciencia y su caracterización en escalas de espacio y tiempo que sirvan para aclarar el propósito y modo de enfrentar, determinar y plasmar el desarrollo a escala humana en la construcción del modelo.
- Desarrollar el modelo siguiendo las bases y los elementos de una concepción sistémica de la economía.
- Complementar y potenciar modelos de dinámica de sistemas previamente desarrollados a partir de la perspectiva, teoría y práctica de la sostenibilidad teniendo en cuenta consideraciones sociales, económicas y ecológicas.
- Desarrollar un modelo flexible que permita estudiar el comportamiento interactivo de sus componentes.
- Desarrollar un modelo que permita simular y evaluar políticas públicas para la sostenibilidad de manera que los actores individuales y colectivos puedan identificar y decidir sobre como focalizar esfuerzos que permitan comprender la pobreza y apoyar la supervivencia digna del ser humano.
- Explorar sobre posibles inconsistencias o desalineaciones entre las concepciones

tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad.

2.4 Herramienta

La herramienta principal en el proyecto fue *iThink* de *isee systems*, un sistema informático de computación suave para gestionar el pensamiento sistémico que permite aumentar la capacidad humana para pensar, aprender, comunicar y actuar sistémicamente con el apoyo de la dinámica de sistemas. Desde la perspectiva funcional, *iThink* está diseñado para facilitar el mapeo, modelado, simulación y comunicación de sistemas dinámicos.

Desde el punto de vista del sistema de metodologías sistémicas (Jackson, 2003), asunto que se ampliará más adelante, *iThink* es una herramienta para analizar y sintetizar sistemas complejos, lo que implica un gran número de subsistemas que tienen interacciones poco estructuradas en donde el propósito de las partes es el resultado de la adaptación en el tiempo como respuesta a su entorno turbulento, por parte de participantes unitarios, es decir, que tienen valores, creencias e intereses similares, comparten un propósito común y todos están involucrados en el proceso de decisiones sobre cómo lograr los objetivos acordados. De esta manera se aprovecha el pensamiento de sistemas dinámicos para mejorar la búsqueda y viabilidad de metas particulares.

2.5 Metodología

En esta sección se presentan el enfoque, el tipo y las etapas de esta investigación, así como el universo, población y muestra y la recolección de los datos y la información utilizada. Se exponen también limitaciones, ventajas y desventajas y se aclaran problemas de generalización y validez del método empleado. Se concluye con un perfil general de la investigación.

2.5.1 Enfoque de investigación

Esta es una *investigación aplicada* que se realiza a través de un trabajo original de modelado con dinámica de sistemas para adquirir nuevos conocimientos sobre Suramérica y se dirige fundamentalmente al objetivo práctico y específico de hacer evidentes las inconsistencias o desalineaciones entre concepciones tradicionales de pobreza, desarrollo y sostenibilidad.

Los motivos para seguir el enfoque de la investigación aplicada como método conveniente para abordar las preguntas de investigación son (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2002):

- La investigación aplicada se emprende para determinar los posibles usos de los resultados de la investigación básica, o para determinar nuevos métodos o formas de alcanzar objetivos específicos predeterminados.
- Este tipo de investigación implica la consideración de todos los conocimientos existentes y su profundización, en un intento de solucionar problemas específicos.
- Los resultados de la investigación aplicada recaen, en primer lugar, sobre un producto único o un número limitado de productos, operaciones, métodos o sistemas.
- La investigación aplicada desarrolla ideas y las convierte en algo operativo.

Esta investigación sigue la metodología de modelado y simulación con dinámica de sistemas, que ha sido utilizada y refinada durante más de 50 años y avalada por múltiples trabajos y publicaciones (Forrester, 2007a). Se trata de un conjunto de prácticas consolidadas para abordar el estudio de problemas sociales, económicos y ambientales.

La dinámica de sistemas se basa en una mezcla de componentes de investigación *cuantitativa* y *cualitativa* por estar orientada al análisis y a la síntesis de sistemas complejos mediante el modelado con la ayuda de herramientas informáticas y se debe considerar como una forma de ver el mundo que conforma un paradigma (Sterman, 2002)

Por la forma de abordar el problema y los objetivos de investigación, y por la versatilidad que da la herramienta informática seleccionada, se sigue una aproximación *holística* en general apoyada por enfoques *analíticos* particulares que se debe entender como un modelado por desacople en lugar de un modelado por disección de la realidad. Así, el resultado final es un macro modelo que contiene muchos subsistemas modelados acoplados entre sí como se explica en el Capítulo 4.

Este modelo de dinámica de sistemas se construye para evaluar la eficacia de políticas alternativas o estrategias de diseño para mejorar el comportamiento del sistema. Esto último sólo es posible si el modelo tiene una estructura interna que representa adecuadamente los aspectos del sistema que son relevantes para el problema de comportamiento entre manos. Un modelo de dinámica de sistemas tiene que generar *el comportamiento correcto de salida correcta por las razones correctas* (Barlas, 1996)

Desde el punto de vista de las escuelas filosóficas relativista, holística o pragmática, un modelo

válido es una de las muchas maneras posibles de describir una situación real (Barlas, 1996) de modo que, según Barlas y Carpenter (1990):

Ninguna representación particular es superior a otras en cualquier sentido absoluto aunque alguna podría demostrar ser más efectiva. Ningún modelo puede alegar objetividad absoluta, porque cada modelo lleva en sí la visión del mundo del modelador. Los modelos no son verdaderos o falsos, sino que se sitúan en un continuo de utilidad.

Un modelo es una simplificación, una abstracción, una selección. Un modelo está inevitablemente incompleto, incorrecto –mal. Por lo mismo, porque todos modelos están mal, se debe rechazar la noción de que un modelo pueda ser validado en el sentido de la definición del diccionario de *establecer su veracidad*. Por el contrario, es necesario concentrar los esfuerzos en: crear un modelo útil, el proceso de pruebas, la comparación continua del modelo contra todos los datos de todo tipo y, la iteración continua entre experimentos en el mundo virtual del modelo y experimentos en el mundo real (Sterman, 2002)

En consecuencia, la validez y la generalidad del modelo no son absolutas y no pueden ser totalmente objetivas y formales. Dado que validez significa *idoneidad con respecto a un propósito*, la validación de un modelo tiene que tener componentes informales, subjetivos y cualitativos. La validación en dinámica de sistemas es un proceso gradual de *creación de confianza* en lugar una división binaria de *aceptar / rechazar* y tiene estas restricciones (Barlas, 1996):

1. La validez de un modelo de dinámica de sistemas significa primordialmente la validez de su estructura interna y
2. Desde una posición relativista / holística, la validación de la estructura interna no se puede hacer del todo objetiva, formal y cuantitativa (en el sentido de que incluso la confirmación de la teoría científica tiene aspectos informales y subjetivos)

Para crear y obtener confianza en la utilidad, validez y generalidad del modelo se debe seguir un proceso gradual disperso a lo largo de toda la metodología, desde la identificación del problema hasta, incluso, después de la implementación de las recomendaciones de política (Barlas 1996)

2.5.2 Tipo de la investigación

En términos generales, esta es una investigación tanto *descriptiva*, para describir de modo sistemático las situaciones, acontecimientos o características de un sistema tal como es

observado, como *experimental*, para determinar relaciones causa-efecto de un sistema para inducir lo que serán sus posibles situaciones, acontecimientos o características.

Hay otras tres características específicas del tipo investigación (Tamayo, 1999) mediada por dinámica de sistemas que describen componentes del trabajo científico que se realizó, a saber:

- Es *cuasi-experimental* pues estudia relaciones de causa-efecto, pero no en condiciones de control riguroso de todos los factores que puedan afectar el experimento siendo apropiada en situaciones naturales en que no es posible el control experimental riguroso.
- Es *correlacional* pues determina la variación en unos factores en relación con otros (covariación), siendo indicada para establecer relaciones estadísticas entre características o fenómenos, pero no conduce directamente a establecer relaciones de causa-efecto entre ellos.
- Es *ex post facto* pues busca establecer relaciones de causa-efecto, después de que este último ha ocurrido y su causa se ubica en el pasado. Es decir, a partir de un efecto observado, se indaga por su causa en el pasado, siendo útil en situaciones en las que no se puede experimentar. Se debe tener en cuenta que no es muy segura para establecer relaciones causales, no obstante que internamente se establece un sistema de ecuaciones en diferencias que interpretan las relaciones de multicausalidad entre un conjunto amplio de variables.

2.5.3 Etapas de la investigación

Esta investigación sigue las cuatro etapas que indica el método de la dinámica de sistemas que se explica con más detalles en el Capítulo 3, a saber:

1. *Conceptualización*, para:

- Definir el propósito del modelo
- Definir la frontera del modelo e identificar las variables clave
- Describir el comportamiento o dibujar los modos de referencia de las variables clave
- Dibujar los mecanismos básicos y los bucles de realimentación del sistema

2. *Formulación*, para

- Convertir los dibujos de realimentación en ecuaciones de nivel y rata
- Estimar y seleccionar los valores de los parámetros

3. *Pruebas*, para

- Simular el modelo y poner a prueba la hipótesis
- Probar los supuestos del modelo

- Probar el comportamiento y la sensibilidad a perturbaciones del modelo

4. *Aplicación*, para

- Probar la respuesta del modelo a diferentes políticas
- Trasladar las ideas estudiadas a formas accesibles

2.5.4 Universo, Población y Muestra

El universo de trabajo de esta investigación lo conforma el planeta tierra y su biósfera. La población está formada por los datos y la información relacionada con asuntos representativos de la región de Suramérica según se delimita en los apartados respectivos. La muestra se estableció mediante muestreos no probabilísticos e intencionales sobre los datos e informaciones disponibles libre y públicamente de las características de los países que conforman la región, con base en las prácticas de medición y modelado de la sostenibilidad.

2.5.5 Recolección de la Información

Esta investigación utiliza información de fuentes secundarias reconocidas ampliamente y disponible en bases de datos y documentos de acceso público. Existen numerosos organismos e instituciones locales, subregionales, regionales y globales que facilitan dicha información como se relaciona y describe en los apartados *Modelo de Sostenibilidad Regional* y *Bibliografía*.

También fue necesaria información de una fuente primaria para el análisis y la síntesis del modelo final a partir de modelos precedentes. Esta información se obtuvo de las conversaciones de trabajo que desarrollaron el autor y el codirector, Diego F. Gómez, sobre los componentes, las funciones, las relaciones y la estructura del Modelo de Economía Nacional y el Modelo de Gestión Social del Desarrollo que se describen en el apartado *Modelos base*.

Con el Modelo de Sostenibilidad Regional se simula un período de 300 meses, 25 años, comprendido desde el año 2003 hasta el 2028, por lo que la búsqueda de información de fuentes secundarias se centró en el registro de series hasta el año 2005 con el propósito de calibrar el modelo.

2.5.6 Procesamiento de la Información

Por tratarse de una investigación que utiliza el modelado y la simulación con dinámica de sistemas, la mayor carga operativa en el procesamiento de la información estuvo en la gestión de los datos necesarios para alimentar la herramienta informática. Posteriormente fue necesario procesar la información en forma de datos en tablas y gráficas, resultado de las simulaciones, para validar la hipótesis mediante la exploración de los diferentes escenarios estudiados como se describe en el apartado correspondiente del capítulo Modelo de Sostenibilidad Regional.

2.5.7 Limitaciones de la Investigación

La investigación tiene limitaciones relativas al observador, a lo observado y al contexto y ambiente de interacción, a saber:

- Una primera limitación es *la subjetividad de quien modela*. Si bien ya había un camino recorrido y un conjunto de modelos construidos, los objetivos planteados indicaban que era necesario revisarlos de nuevo para incluir elementos de sostenibilidad que, al igual que la pobreza, no es precisamente un concepto cerrado y hay múltiples aproximaciones a su cuantificación, relaciones causa-efecto y dinámicas que están contaminadas por la subjetividad del investigador.
- Una segunda limitación está en *la capacidad para sintetizar un modelo* tan complejo como el que se pretendía realizar. Fue necesario un trabajo riguroso, disciplinado y con una gestión apropiada de proyecto para reducir las incertidumbres propias del modelado.
- Como tercera se encuentra *la disponibilidad y capacidad de procesamiento de datos e información* requerida para los procesos de validación del modelo. Fue necesario definir unas disciplinas particulares de control y verificación que permitieran determinar cuándo se había logrado un modelo representativo de la realidad.
- En cuarto lugar, hay una ligada *al error de agregación de datos a escalas diferentes*. Aunque en general los países de Suramérica tiene escalas conocidas, por tratarse de sistemas complejos existe una variabilidad no lineal que se debió observar con cuidado.
- En quinto lugar, la limitación *presupuesta* relacionada con la disponibilidad de capacidad apropiada de computación tanto de hardware como de software.
- Finalmente, la limitación en *conocimientos especializados en informática*, particularmente en la plataforma *iThink*, con los retrasos que generó en el cronograma del proyecto.

2.5.8 Perfil general de la investigación

En la Tabla 1 se describe el perfil general del trabajo en esta tesis doctoral a partir de la tendencia hacia lo cualitativo o lo cuantitativo en un conjunto de características de la investigación científica.

Tabla 1. Perfil general de la investigación
(Elaborada por el autor a partir de (Tamayo, 1999))

| Característica | Investigación Cuantitativa | Perfil | | | | Investigación Cualitativa |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------|---|---|---|-----------------------------------|
| <i>Realidad objeto de estudio</i> | Objetiva | | ◆ | | | Intersubjetiva y/o Intrasubjetiva |
| <i>Perspectiva</i> | Externa | | ◆ | | | Interna |
| <i>Enfoque</i> | Analítico | | | | ◆ | Holístico |
| <i>Orientación</i> | Hacia la Verificación | | | | ◆ | Hacia el Descubrimiento |
| <i>Diseño</i> | Orientado al Resultado | | | | ◆ | Orientado al Proceso |
| <i>Estructura</i> | Predeterminada | | | | ◆ | Interactiva y Reflexiva Flexible |
| <i>Proceso</i> | Control Riguroso | | ◆ | | | Control Intersubjetivo |
| <i>Procedimientos</i> | Estructurados | | ◆ | | | Flexibles |
| <i>Condiciones de observación</i> | Controladas | ◆ | | | | Naturales |
| <i>Datos</i> | Objetivos | | ◆ | | | Subjetivos e Intersubjetivos |
| <i>Hipótesis</i> | Previas y Verificables | | ◆ | | | Emergentes y Contrastables |
| <i>Análisis</i> | Deductivo | | | | ◆ | Inductivo |
| <i>Conclusiones</i> | Tendientes a la Generalización | | ◆ | | | Tendientes a la Particularidad |
| <i>Resultados</i> | Válidos Confiables | | | ◆ | | Válidos Consenso Intersubjetivo |

3 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

3.1 Antecedentes

Para proponer, construir y simular con dinámica de sistemas un modelo de sostenibilidad para una región social, ecológica, económica, geográfica, política y cultural como Suramérica, es necesario conocer sus estructuras, estados y dinámicas básicas y, además, definir los referentes del trabajo para asuntos como Crecimiento, Ingreso y Distribución, Desarrollo Sostenible, Sostenibilidad y Modelos y Dinámica de sistemas. Los resultados de la indagación inicial se resumen a continuación.

3.1.1 Suramérica

Suramérica es la región particular objeto de observación e investigación de este trabajo, es el sistema modelado con herramientas de dinámica de sistemas (Gallón, 2010; Gallón et al., 2010b) En esta sección se exploran aspectos de sus escalas y jerarquías endógenas e históricas como panorama general de soporte para comprender sus estructuras básicas teniendo en cuenta que dado que el Modelo de Sostenibilidad Regional simula el período comprendido entre el año 2003 y el 2028, los datos presentados corresponden principalmente a series hasta el año 2005 que se utilizaron para la calibración.

Geografía

Suramérica, con un área aproximada de 17,840,000² km² constituye cerca del 12% de la superficie emergida del planeta Tierra. Desde sus extremos terrestres de norte a sur hay unos 7,500 km lineales y de occidente a oriente, unos 5,100 km lineales. Está conectada únicamente con otra zona continental emergida del planeta, Centroamérica, a través de las tierras que forman el llamado Darién en la frontera entre Colombia y Panamá, por lo que cuenta con más de 20,000 km de costas en los océanos Pacífico y Atlántico. Las fronteras de los doce (12)

² En este documento se utiliza la notación del Sistema Métrico para la presentación de cifras.

países suramericanos más uno (1) francés allí existente, Guyana Francesa, se muestran en la Figura 1 y se listan en la Tabla 2.



Figura 1. Fronteras de Suramérica
(Elaborada por el autor)

Tabla 2. Países que conforman a Suramérica
(Elaborada por el autor)

| Bandera | País |
|---------|-------------------------------|
| | Argentina |
| | Bolivia |
| | Brasil |
| | Chile |
| | Colombia |
| | Ecuador |
| | Guyana |
| | Guyana (Dependencia Francesa) |
| | Paraguay |
| | Perú |
| | Surinam |
| | Uruguay |
| | Venezuela |

La topografía suramericana es de extremos. La Cordillera de los Andes la recorre de norte a sur a lo largo de 7,500 km, con una altura promedio de 4,000 msnm, y una máxima de 6,982 msnm en el pico Aconcagua (en Argentina) Así, cuenta con tierras cubiertas de selva tropical húmeda al occidente de los Andes formando costa con el océano Pacífico, e inmensas

planicies al oriente de los Andes, el Amazonas y las pampas, cubiertas por diversos biomas que van desde la selva tropical húmeda hasta el desierto, que terminan formando las costas con el océano Atlántico. De esta manera, la conectividad terrestre o fluvial entre el occidente y el oriente suramericano es prácticamente inexistente y sólo es viable, hasta el momento, utilizando transporte marítimo o aéreo. Esta realidad geográfica puede explicar el origen y el desarrollo de las localizaciones de los principales asentamientos humanos de la región que se relacionan en la Tabla 3.

Tabla 3. Principales asentamientos humanos en Suramérica

(Elaborada por el autor)

| País | Ciudad * | Año de Fundación (era Colonias) | Población (est. 2005) | Altitud (m) | Distancia al océano (km lineal) | Río al océano |
|------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------|---------------|
| Argentina | Buenos Aires | 1,536 | 12,789,000 | 1 | 0 | Plata |
| | Córdoba | 1,573 | 1,372,000 | 700 | 620 | No |
| | Rosario | 1,724 | 1,242,000 | 30 | 250 | Paraná |
| Bolivia | Santa Cruz de la Sierra | 1,561 | 1,540,000 | 410 | 750 | No |
| | El Alto | 1,940 | 860,000 | 4,150 | 300 | No |
| | La Paz ** | 1,548 | 835,000 | 3,700 | 315 | No |
| Brasil *** | São Paulo | 1,554 | 10,990,249 | 760 | 55 | No |
| | Rio de Janeiro | 1,565 | 6,161,047 | 0 | 0 | No |
| | Salvador | 1,534 | 2,948,733 | 0 | 0 | No |
| Chile | Gran Santiago | 1,541 | 6,000,000 | 570 | 100 | No |
| | Gran Concepción | 1,550 | 950,000 | 12 | 0 | Biobío |
| | Gran Valparaíso | 1,536 | 850,000 | 5 | 0 | No |
| Colombia | Bogotá | 1,538 | 6,840,116 | 2,600 | 360 | No |
| | Medellín | 1,541 | 2,223,078 | 1,540 | 195 | No |
| | Cali | 1,536 | 2,068,386 | 995 | 80 | No |
| Ecuador | Guayaquil | 1,538 | 2,157,853 | 4 | 0 | Guayas |
| | Quito | 1,534 | 1,516,353 | 2,850 | 160 | No |
| | Cuenca | 1,557 | 305,772 | 2,550 | 90 | No |
| Guyana | Georgetown | 1,781 | 134,599 | 0 | 0 | Demerara |
| | Linden | 1,970 | 29,521 | 48 | 86 | Demerara |
| | Nueva Ámsterdam | 1,740 | 17,526 | 6 | 4 | Berbice |
| Guyana (Francia) | Cayena | 1,643 | 62,926 | 0 | 0 | Cayena |
| | Matoury | 1,656 | 29,347 | 0 | 1 | Cayena |
| | Kourou | 1,645 | 23,813 | 2 | 0 | Kourou |
| Paraguay | Asunción | 1,537 | 525,662 | 43 | 900 | De la Plata |
| | Ciudad del Este | 1,957 | 320,700 | 185 | 610 | Paraná |
| | San Lorenzo | 1,775 | 287,977 | 126 | 885 | De la Plata |
| Perú | Lima | 1,535 | 7,870,000 | 110 | 0 | No |
| | Arequipa | 1,540 | 1,200,000 | 2,335 | 86 | No |
| | Trujillo | 1,534 | 820,000 | 34 | 0 | No |
| Surinam | Paramaribo | 1,603 | 242,946 | 3 | 0 | Surinam |
| | Lelydorp | 1,905 | 17,000 | 6 | 10 | Surinam |
| | Nueva Nickerie | 1,879 | 13,410 | 2 | 4 | Corentyne |
| Uruguay | Montevideo | 1,726 | 1,269,648 | 43 | 0 | No |
| | Salto | 1,756 | 99,072 | 48 | 290 | Uruguay |
| | Paysandú | 1,749 | 84,162 | 42 | 185 | Uruguay |
| Venezuela | Caracas | 1,567 | 3,276,000 | 900 | 12 | No |
| | Maracaibo | 1,529 | 2,063,670 | 6 | 0 | No |
| | Valencia | 1,555 | 1,385,202 | 479 | 32 | No |

* La capital del país se indica con letra en **negrita**.

** Sucre, con 250,000 habitantes, es la capital constitucional, La Paz es la de gobierno.

*** Brasilia, con 2,600,000 habitantes, es la capital constitucional.

La única ruta terrestre continental es la carretera Panamericana que cruza de sur a norte siguiendo la Cordillera de los Andes. En cuanto a rutas fluviales existen tres: las de los ríos Amazonas, Orinoco y Paraná; aunque cuentan con más de 12,000 km navegables, no han sido factores determinantes de localización de asentamientos humanos o de procesos notables de industrialización.

Población

La Tabla 4 registra los datos de población desde 1950 hasta 2005 en los 12 países que conforman Suramérica, la Tabla 5 los del cambio de la población en diversos períodos, y la Tabla 6, los de las proyecciones de crecimiento de la población hasta el año 2050.

Tabla 4. Crecimiento de la población en Suramérica
(Millones) (United Nations Population Division, 2009)

| País | 1950 | 1955 | 1960 | 1965 | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Argentina | 17.2 | 19.0 | 20.7 | 22.3 | 24.0 | 26.0 | 28.2 | 30.2 | 32.5 | 34.8 | 36.9 | 38.7 |
| Bolivia | 2.7 | 3.0 | 3.4 | 3.7 | 4.2 | 4.8 | 5.4 | 6.0 | 6.7 | 7.5 | 8.3 | 9.2 |
| Brasil | 54.0 | 62.9 | 72.7 | 84.3 | 96.0 | 108.1 | 121.6 | 136.1 | 149.6 | 161.7 | 174.2 | 186.1 |
| Chile | 6.1 | 6.8 | 7.6 | 8.7 | 9.6 | 10.4 | 11.2 | 12.1 | 13.2 | 14.4 | 15.4 | 16.3 |
| Colombia | 12.0 | 13.8 | 16.0 | 18.6 | 21.3 | 24.0 | 26.9 | 30.0 | 33.2 | 36.5 | 39.8 | 43.0 |
| Ecuador | 3.4 | 3.9 | 4.4 | 5.1 | 6.0 | 6.9 | 8.0 | 9.1 | 10.3 | 11.4 | 12.3 | 13.1 |
| Guyana | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Paraguay | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.2 | 3.7 | 4.3 | 4.8 | 5.4 | 5.9 |
| Perú | 7.6 | 8.7 | 9.9 | 11.5 | 13.2 | 15.2 | 17.3 | 19.5 | 21.8 | 23.9 | 26.0 | 27.8 |
| Surinam | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| Uruguay | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.3 |
| Venezuela | 5.1 | 6.2 | 7.6 | 9.1 | 10.7 | 12.7 | 15.1 | 17.3 | 19.7 | 22.1 | 24.4 | 26.7 |
| Total | 112.4 | 129.2 | 147.6 | 169.1 | 191.4 | 214.8 | 241.0 | 268.2 | 295.5 | 321.5 | 347.3 | 371.4 |
| Delta (Absoluto) | | 16.8 | 18.4 | 21.5 | 22.3 | 23.4 | 26.2 | 27.2 | 27.3 | 26.0 | 25.8 | 24.1 |
| Delta (%) | | 14.9 | 14.2 | 14.6 | 13.2 | 12.2 | 12.2 | 11.3 | 10.2 | 8.8 | 8.0 | 6.9 |

Tabla 5. Cambio de población en Suramérica
(United Nations Population Division, 2009)

| País | 1950-1970 | 1950-1980 | 1950-1990 | 1950-2005 | 1980-2005 | 1995-2005 |
|-------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Argentina | 1.4 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 1.4 | 1.1 |
| Bolivia | 1.6 | 2.0 | 2.5 | 3.4 | 1.7 | 1.2 |
| Brasil | 1.8 | 2.3 | 2.8 | 3.4 | 1.5 | 1.2 |
| Chile | 1.6 | 1.8 | 2.2 | 2.7 | 1.5 | 1.1 |
| Colombia | 1.8 | 2.2 | 2.8 | 3.6 | 1.6 | 1.2 |
| Ecuador | 1.8 | 2.4 | 3.0 | 3.9 | 1.6 | 1.1 |
| Guyana | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.0 | 1.0 |
| Paraguay | 1.7 | 2.2 | 2.9 | 4.0 | 1.8 | 1.2 |
| Perú | 1.7 | 2.3 | 2.9 | 3.6 | 1.6 | 1.2 |
| Surinam | 1.7 | 1.7 | 1.9 | 2.3 | 1.4 | 1.1 |
| Uruguay | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.1 | 1.0 |
| Venezuela | 2.1 | 3.0 | 3.9 | 5.2 | 1.8 | 1.2 |
| Total | 1.7 | 2.1 | 2.6 | 3.3 | 1.5 | 1.2 |
| Delta (millones) | 79.0 | 128.6 | 183.1 | 259.0 | 130.4 | 49.9 |
| Delta (%) | 70.3 | 114.4 | 162.9 | 230.4 | 54.1 | 15.5 |

Tabla 6. Proyección del crecimiento de la población de Suramérica
(Millones) (United Nations Population Division, 2009)

| País | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Argentina | 40.7 | 42.5 | 44.3 | 45.9 | 47.3 | 48.4 | 49.4 | 50.3 | 50.9 |
| Bolivia | 10.0 | 10.9 | 11.6 | 12.4 | 13.0 | 13.6 | 14.1 | 14.6 | 14.9 |
| Brasil | 195.4 | 202.9 | 209.1 | 213.8 | 217.1 | 219.3 | 220.1 | 220.0 | 218.5 |
| Chile | 17.1 | 17.9 | 18.6 | 19.3 | 19.8 | 20.2 | 20.4 | 20.6 | 20.7 |
| Colombia | 46.3 | 49.4 | 52.3 | 54.9 | 57.3 | 59.2 | 60.8 | 62.0 | 62.9 |
| Ecuador | 13.8 | 14.6 | 15.4 | 16.1 | 16.7 | 17.2 | 17.6 | 17.8 | 18.0 |
| Guyana | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Paraguay | 6.5 | 7.0 | 7.5 | 8.0 | 8.5 | 8.9 | 9.3 | 9.6 | 9.9 |
| Perú | 29.5 | 31.2 | 32.9 | 34.5 | 36.0 | 37.3 | 38.3 | 39.2 | 39.8 |
| Surinam | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Uruguay | 3.4 | 3.4 | 3.5 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 |
| Venezuela | 29.0 | 31.3 | 33.4 | 35.4 | 37.1 | 38.7 | 40.1 | 41.1 | 42.0 |
| Total | 393.0 | 412.4 | 429.9 | 445.1 | 457.7 | 467.7 | 474.9 | 480.0 | 482.4 |
| Delta (Población absoluta) | 21.6 | 19.4 | 17.5 | 15.2 | 12.6 | 10.0 | 7.2 | 5.1 | 2.4 |
| Delta (% Población) | 5.8 | 4.9 | 4.2 | 3.5 | 2.8 | 2.2 | 1.5 | 1.1 | 0.5 |

En la Figura 2 se muestra el cambio de la población por país para la región desde 1950 hasta 2010 y proyectado hasta 2050; en la Figura 3, la magnitud del cambio en la población por país y se observa cómo se presentó un tsunami poblacional en el período 1950-2005, cuando la población de la región creció casi tres veces y media, e igualmente se observa como la dinámica de cambio frenó su crecimiento en los últimos 10 años.

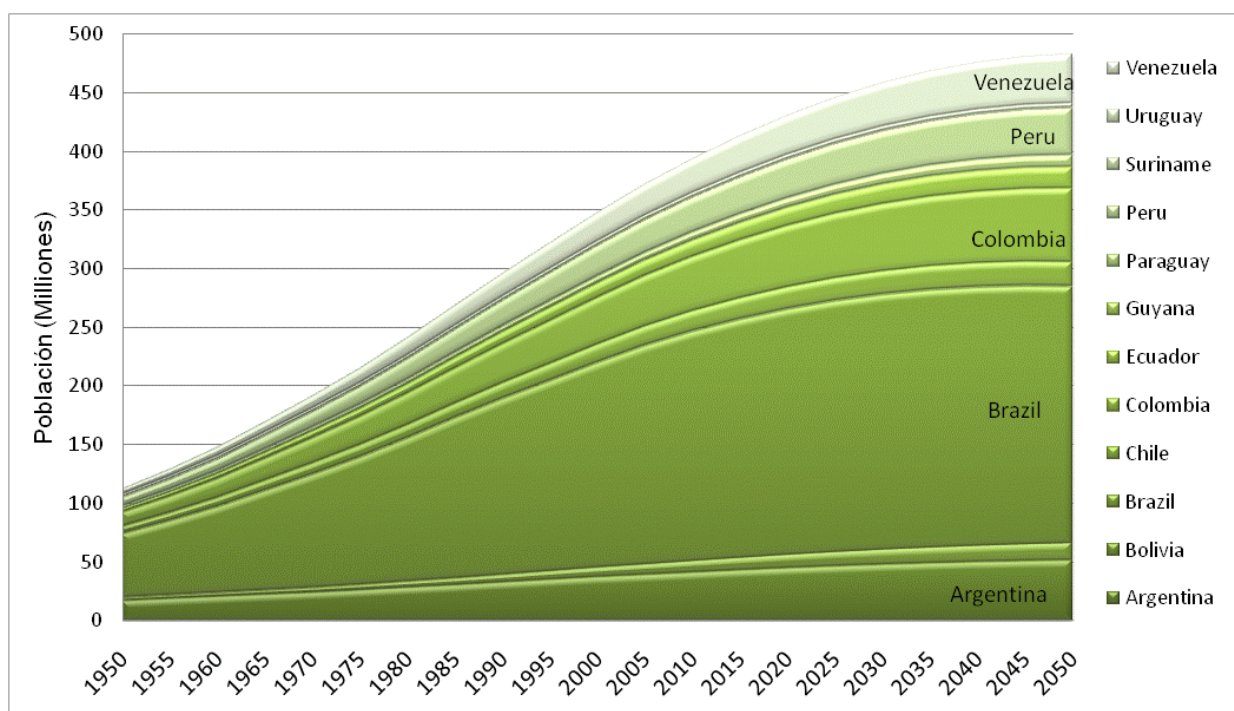


Figura 2. Población total por país en Suramérica
(Elaborada por el autor)

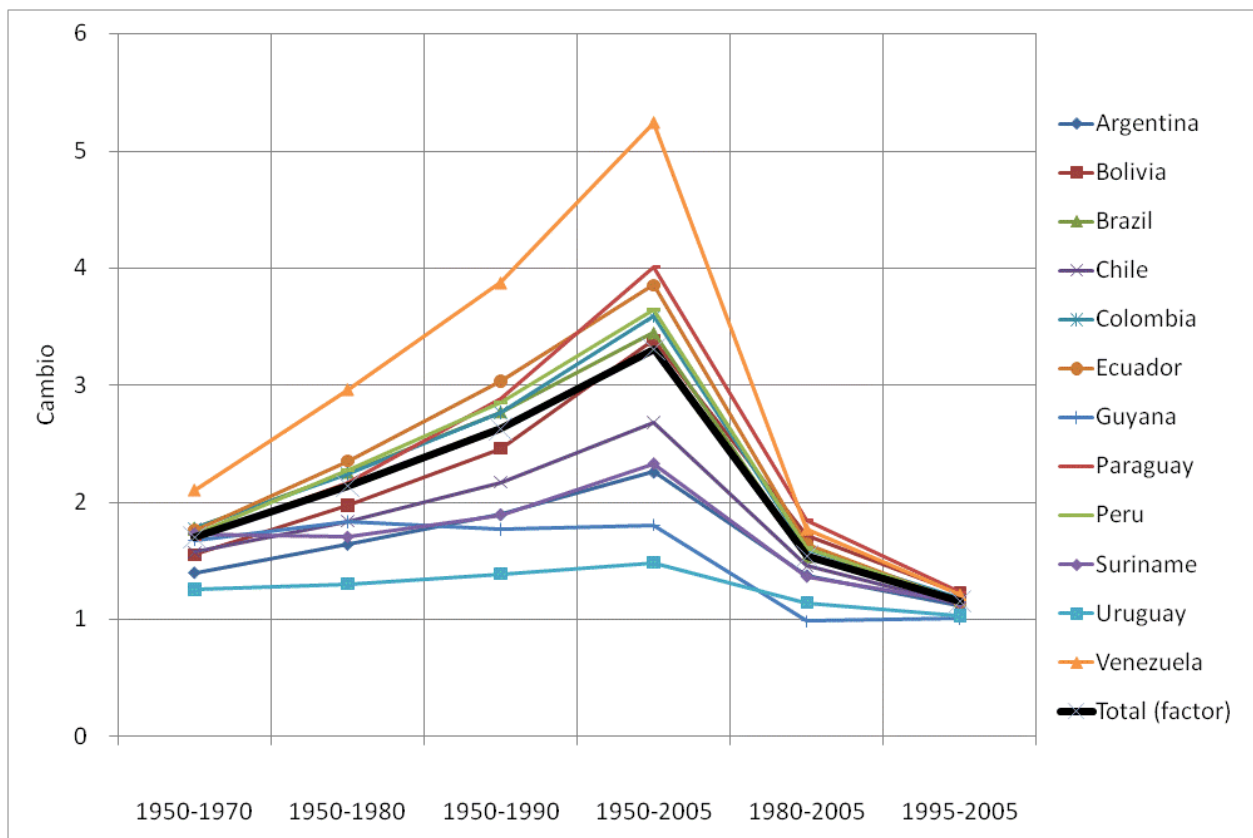


Figura 3. Cambio de población por país en Suramérica
(Elaborada por el autor)

Finalmente, en la Figura 4, se muestra la primera y segunda derivadas del cambio de población para representar su velocidad y aceleración desde 1950 y proyectada hasta 2050. La mayor velocidad del crecimiento poblacional se dio alrededor de 1985.

Cultura

Suramérica está marcada por la herencia cultural de España y Portugal (Mendoza et al., 1996; Landes, 1998; Acemoglu et al., 2000) y su tipo de colonización centrada en la extracción y muy débil en la construcción de sociedad, capital humano e instituciones, determinó las formas de estado y gobierno que se desarrollaron y el marco de construcción de sociedad que han tenido los países de la región.

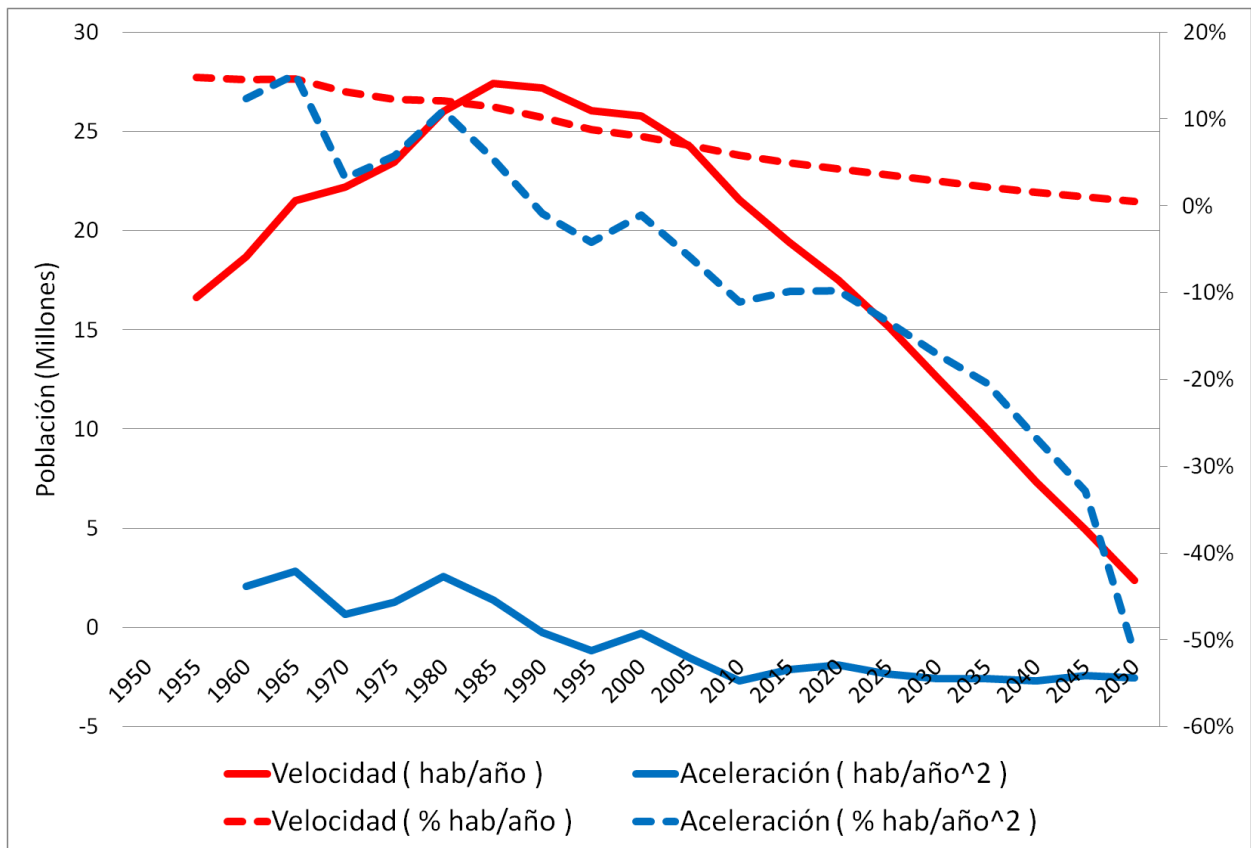


Figura 4. Velocidad y Aceleración de la población en Suramérica
(Elaborada por el autor)

Como también ha señalado el Estudio Mundial de Valores (Inglehart, 2005) el tipo de cultura católica y altamente dependiente del Estado (ver Figura 5) ha evidenciado unos comportamientos socioeconómicos diferentes a los de la cultura calvinista anglosajona, en donde las comunidades se comprometieron con su desarrollo ante la debilidad de la relación de dependencia de la colonia central. El resultado es una Suramérica que aún hoy cree, en general, que las constituciones o los líderes mesiánicos nacionalistas son quienes pueden cambiar sus condiciones y dinámicas de desarrollo y calidad de vida y no los mismos individuos, comunidades y empresas transformando sus capacidades (Acemoglu et al., 2000)

Finalmente, estudios del tipo *Colombia un proyecto inconcluso, A donde va Colombia o Destino Colombia*, plantean que factores como el individualismo y la apatía son determinantes de las dinámicas de desintegración social y económica de ese país de la región (Gómez, 2004) y, dada la semejanza estructural de la región, se pueden observar esos factores determinantes del desarrollo en el resto de los países de Suramérica.

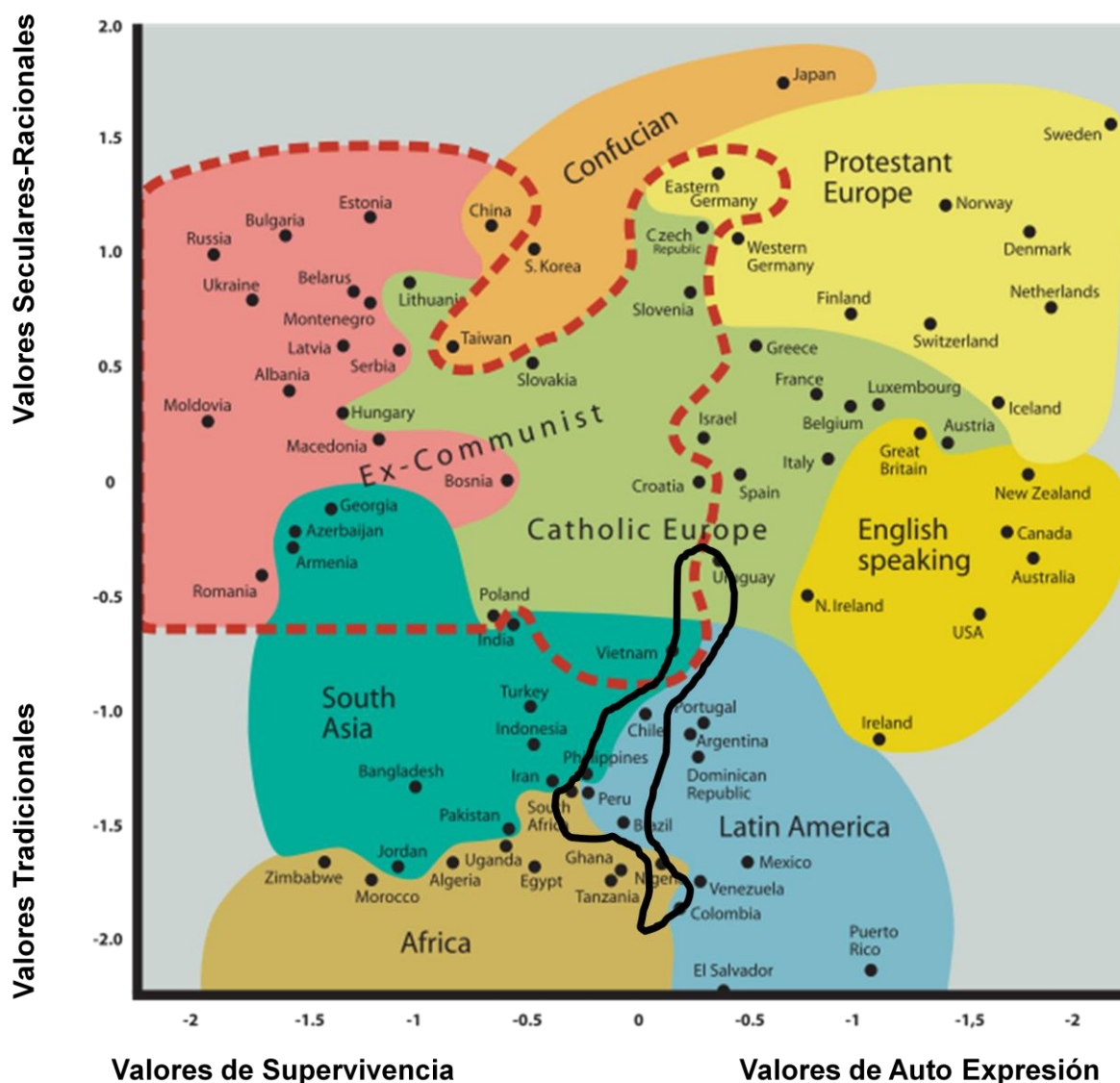


Figura 5. Mapa de Inglehart para clasificar países desde escalas de valores (Se observa encerrado en color negro, el subgrupo de países de Suramérica, y en rojo punteado la antigua Unión soviética) (Inglehart, 2005)

Educación

Un aspecto social relevante es la educación. En Suramérica se puede tener una idea básica y superficial de la situación educativa analizando dos indicadores que muestren la dinámica por varios años: el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) que se destina a asuntos educativos (Tabla 7) y el porcentaje de analfabetismo de su población (Tabla 8), aspectos que se muestran en la Figura 6.

La participación del PIB destinada a educación aumentó alrededor del 35% durante los años 90

y se mantuvo relativamente estable durante los últimos 10 años, mientras que el analfabetismo se redujo un 75% en los últimos 40 años, pasando del 20.9% en 1970 al 5.9% en 2010. Este cambio y la estabilización de los indicadores de educación le han permitido a la región avanzar de la sola acción para enfrentar problemas sociales urgentes, a la acción y la planeación estratégica de, por ejemplo, proyectos de educación para la sostenibilidad.

Tabla 7. PIB para Educación en Suramérica
(%) (CEPAL, 2009; World Bank, 2008a)

| País | 1991 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Argentina | 3.3 | 4.0 | 4.5 | 4.6 | 4.8 | 4.0 | 3.5 | 3.8 | .. | 4.5 | .. | .. |
| Bolivia | 2.4 | 5.5 | 5.7 | 5.5 | 5.9 | 6.2 | 6.4 | .. | .. | 6.3 | .. | .. |
| Brasil | .. | 4.9 | 3.9 | 4.0 | 3.9 | 3.8 | .. | 4.0 | 4.5 | 5.0 | .. | .. |
| Chile | 2.4 | 3.4 | 3.8 | 3.9 | .. | 4.2 | 4.1 | 3.7 | 3.4 | 3.2 | 3.4 | .. |
| Colombia | 2.4 | 3.9 | 4.4 | 3.7 | 3.9 | 4.5 | 4.5 | 4.2 | 4.0 | 3.9 | 4.1 | 3.9 |
| Ecuador | 2.5 | 2.6 | 1.8 | 1.3 | 1.0 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Guyana | 2.2 | 8.6 | 8.6 | 8.5 | 8.6 | 8.4 | 7.0 | 5.5 | 8.5 | 8.1 | 6.1 | .. |
| Paraguay | 1.9 | 4.9 | 5.1 | 5.3 | 5.1 | 4.9 | 4.7 | 4.0 | .. | .. | .. | .. |
| Perú | 2.8 | 3.2 | 3.4 | .. | 2.9 | 3.0 | 2.8 | 2.8 | 2.7 | 2.5 | 2.5 | .. |
| Surinam | 5.9 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Uruguay | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.8 | 2.3 | 2.1 | 2.5 | 2.7 | 2.8 | .. | .. |
| Venezuela | 4.6 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 3.6 | 3.7 | .. |
| Promedio | 3.0 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.3 | 4.6 | 4.4 | 3.8 | 4.3 | 4.4 | 4.0 | 3.9 |

Tabla 8. Analfabetismo en Suramérica
(% Población) (CEPAL, 2009; World Bank, 2008a)

| País | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| Argentina | 7.0 | 5.6 | 4.3 | 3.7 | 3.2 | 2.8 | 2.4 |
| Bolivia | 42.5 | 31.3 | 21.9 | 17.9 | 14.6 | 11.7 | 9.4 |
| Brasil | 31.6 | 24.0 | 18.0 | 15.3 | 13.1 | 11.1 | 9.6 |
| Chile | 12.4 | 8.6 | 6.0 | 5.1 | 4.2 | 3.5 | 2.9 |
| Colombia | 22.2 | 16.0 | 11.6 | 9.9 | 8.4 | 7.1 | 5.9 |
| Ecuador | 25.7 | 18.1 | 12.4 | 10.2 | 8.4 | 7.0 | 5.8 |
| Guyana | 9.3 | 5.4 | 2.8 | 2.1 | 1.5 | 1.0 | 0.7 |
| Paraguay | 20.2 | 14.1 | 9.7 | 8.1 | 6.7 | 5.6 | 4.7 |
| Perú | 28.5 | 20.6 | 14.5 | 12.2 | 10.1 | 8.4 | 7.0 |
| Surinam | .. | .. | .. | .. | .. | 10.4 | 9.3 |
| Uruguay | 6.7 | 5.0 | 3.5 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.7 |
| Venezuela | 23.7 | 16.1 | 11.1 | 9.1 | 7.5 | 6.0 | 4.8 |
| Promedio | 20.9 | 15.0 | 10.5 | 8.8 | 7.3 | 6.4 | 5.4 |

Política

En la política contemporánea de Suramérica se observan dos tendencias: populismo y socialdemocracia. En el primer caso, encontramos aquellos países en los cuales el poder se concentra en un líder mesiánico, que bien puede ser un militar (dictaduras militares, como las que se presentaron en las décadas de los sesenta, setenta y ochenta) (Mendoza et al., 1996) o por elección popular (como fue el caso de A. Uribe en Colombia y H. Chávez en Venezuela)

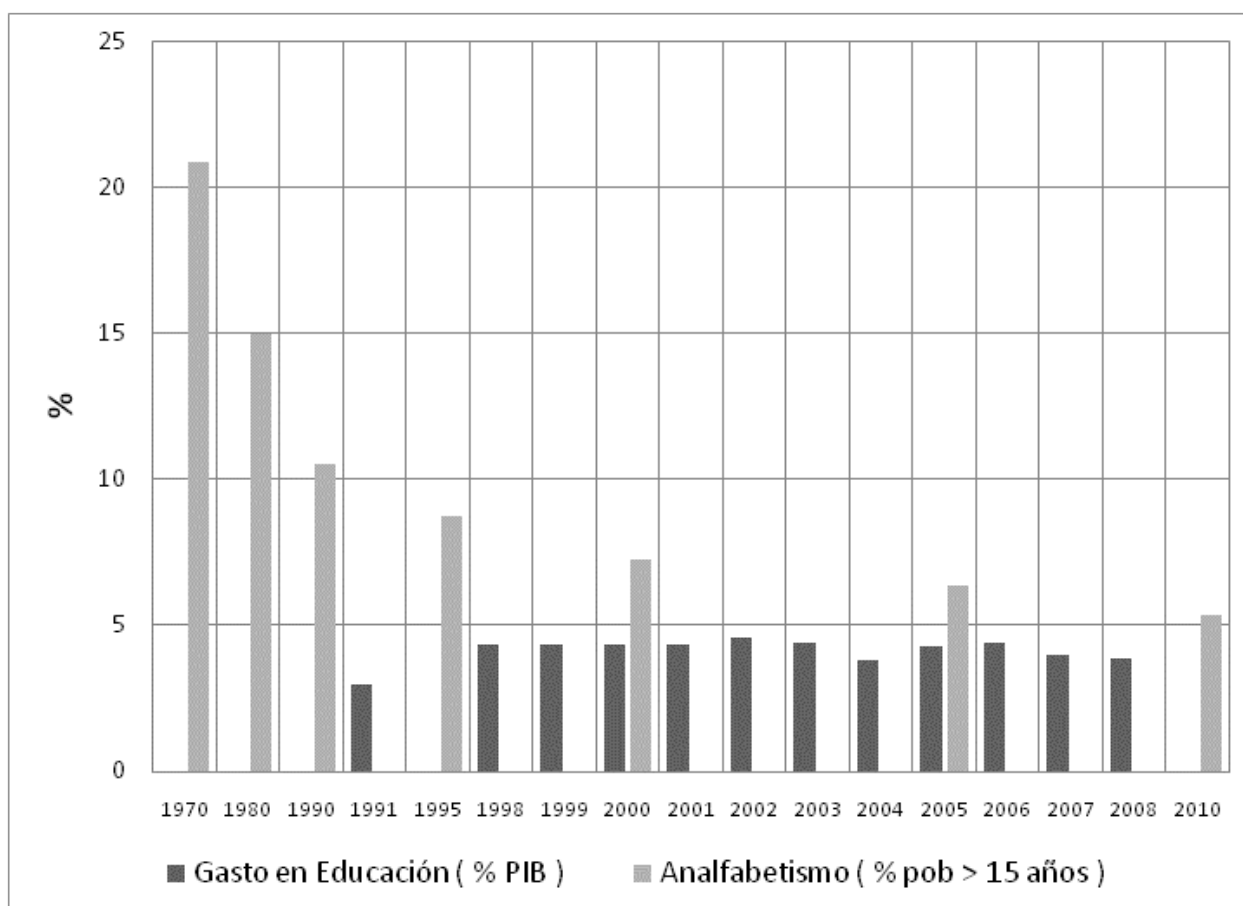


Figura 6. Analfabetismo y gasto en educación en Suramérica
(Elaborada por el autor)

Algunos tipos del populismo surgen como respuesta a la situación de los países en un contexto de pésimos gobiernos internos y con muy altos niveles de corrupción en un mundo globalizado, y como una reacción en contra de las políticas instauradas en los años noventa (H. Chávez, R. Correa y E. Morales, por ejemplo) Esto es una evidencia del debilitamiento de sus democracias, pues no han existido las instituciones necesarias para garantizar la legitimidad del poder. Además, gran parte del poder político se encuentra en manos de unas cuantas familias o grupos empresariales que han facilitado el clientelismo político con sus consecuencias en forma de corrupción (Acemoglu et al., 2000)

Para el segundo caso encontramos la socialdemocracia a la cual pertenecen, por ejemplo, Chile, Uruguay o Perú. Dentro de esta forma de hacer política se respetan las instituciones y no hay una relación directa líder-masa; más bien, hay una serie de organizaciones encargadas de dar un funcionamiento a la relación Estado-Sociedad.

Los procesos de integración suramericana han sido débiles pues no ha existido un compromiso

real desde la sociedad e, incluso, porque la propia geografía de la Cordillera de Los Andes y de la selva Amazónica, ha servido de barrera natural para lograrlos. Sin embargo, el Mercosur se presenta como una oportunidad para cambiar ese estado. Específicamente, el Mercosur es un acuerdo de integración en el que participan Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, y cuyo principal objetivo es lograr su integración a través de la libre circulación de bienes (y servicios), la coordinación de las políticas económicas internas y externas y la armonización de sus instituciones legislativas. Aunque aún no se ha logrado el cumplimiento total de estas metas, sí se ha avanzado. Esto indica que en algunos países de Suramérica, en particular en dos de las más grandes economías, Argentina y Brasil, hay un movimiento hacia la integración con el fin de potenciar las ventajas que tiene la región.

Las dos tendencias de gobierno hacen que se desarrolle en la región una nueva serie de nodos y de relaciones entre ellos que, a modo de conflicto, están formando grupos y subgrupos de países con unas dinámicas sociales y económicas particulares que afectan y afectarán tanto el desarrollo local como el colectivo.

Organismos de asociación

La región cuenta con un gran número de organismos asociación de todo tipo, evidencia de una diversidad de intereses, poca sincronización entre estados y gobiernos y un despilfarro de recursos en burocracia, muchas veces, inútil. En el Anexo A se presenta un conjunto representativo de ellos.

Conectividad TIC

Los análisis que se hacen de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) son una de las evidencias contemporáneas del estado de desarrollo de un país o una región. En particular, el análisis de la conectividad TIC permite analizar ampliamente las relaciones que existen o se están creando entre comunidades. En la Figura 7 se observan datos de conectividad TIC intra suramericana para 2004 y se puede analizar lo siguiente:

- Los países (nodos) con más conexiones diferenciadas representativas son: Brasil (9), Argentina (8), Colombia (8)
- Los mayores enlaces con más tráfico son: Colombia-Venezuela, Brasil-Argentina y Argentina-Chile.
- Las mayores fuentes de contenido (tráfico saliente) son: Brasil, Argentina y Venezuela.

- Se observan los bloques de: Mercosur, Comunidad Andina (aunque Bolivia parece más del Mercosur que de la CAN)

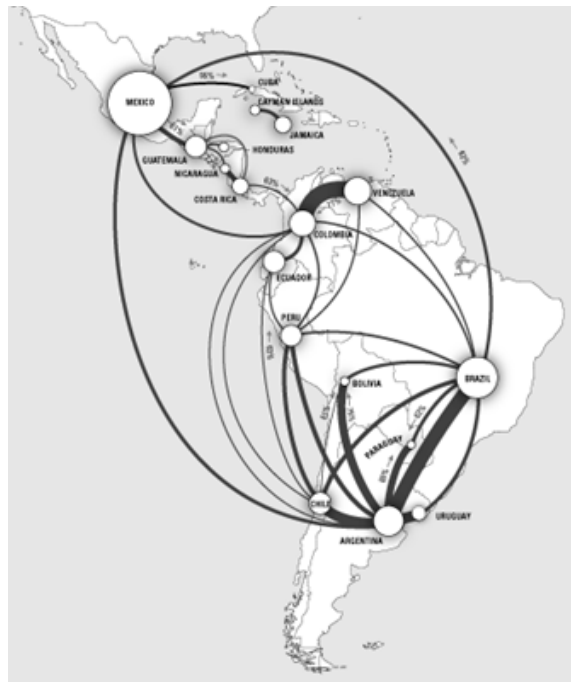


Figura 7. Conectividad TIC de Suramérica
(Telegeography Research, 2005)³

Economía

Suramérica es un territorio que dispone de casi el 25% de las tierras forestales del planeta, utiliza intensivamente alrededor del 6% de su territorio para la agricultura y cuenta con casi el 10% de las reservas del petróleo mundial (KPMG International y Economist Intelligence Unit, 2006; Comunidad Andina de Naciones, 2008)

Las economías suramericanas, dentro de todas sus diversidades, tienen una serie de instituciones comunes como idioma (Español y Portugués), religión (Católica), sistema político (democrático), derechos de propiedad, monedas propias (Excepto Ecuador que utiliza el Dólar americano), entre otras, que se pueden estudiar dentro de un mismo marco de referencia.

La economía suramericana ha registrado en promedio una tasa positiva continua de

³ La del año 2004 es la más reciente disponible.

crecimiento del PIB desde 2003. Este crecimiento se debe, en general, al comportamiento de la economía mundial, la cual está demandando mayores materias primas de la región.

En los últimos años la región emprendió significativos esfuerzos para reducir sus tasas de inflación. Si bien en el año 2002 hubo un incremento con respecto al 2001, la inflación en Suramérica ha mostrado un continuo descenso desde el año 2003 para situarse en la banda entre 4 y 6%. En cuanto a los niveles de empleo se tiene que la tasa de desempleo regional también ha tenido una tendencia a la baja y se ha situado en la banda entre 8 y 10%. El comportamiento de sus exportaciones ha tenido crecimiento continuo durante la última década.

La conclusión general es que las economías suramericanas dependen fuertemente del comportamiento de sus socios comerciales internos y externos.

Pobreza

Los asuntos sociales y humanos que más afectan a la región y que se han convertido en los principales problemas suramericanos son la pobreza y la inequidad. No es fácil definir pobreza o inequidad con base en referentes y comparaciones globales, de manera que para el propósito de esta investigación, se utilizan las líneas nacionales de pobreza relativas a cada país (ver Tabla 9 y Figura 8) y los coeficientes GINI correspondientes (ver

Tabla 10 y Figura 9) como los dos principales indicadores para la estudiar la estructura y la dinámica del sistema.

Tabla 9. Pobreza en Suramérica

(%) (CEPAL, 2009; World Bank, 2008a)

| País | 1979 | 1980 | 1986 | 1987 | 1990 | 1994 | 1996 | 1997 | 1999 | 2001 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Argentina | .. | 10.4 | .. | .. | 30.0 | .. | .. | .. | 28.0 | .. | 46.0 | .. | 32.0 | .. | .. | 34.0 |
| Bolivia | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 62.1 | 60.6 | .. | 63.9 | 63.9 | .. | .. | 54.0 | .. |
| Brasil | 45.1 | .. | .. | .. | 48.0 | .. | 35.8 | .. | 37.5 | 37.5 | 38.7 | 37.7 | 36.3 | 33.3 | 30.0 | 25.8 |
| Chile | .. | .. | .. | 45.1 | 38.6 | 27.6 | 23.2 | .. | .. | .. | 18.7 | .. | .. | 13.7 | .. | .. |
| Colombia | .. | 42.3 | .. | .. | .. | 52.5 | .. | 50.9 | 54.9 | .. | .. | 51.1 | 46.8 | .. | .. | .. |
| Ecuador | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 51.2 | 48.3 | 43.0 | 42.6 | 42.7 |
| Guyana | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Paraguay | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 60.6 | 61.0 | .. | 65.9 | 60.5 | .. | 60.5 | 58.2 |
| Perú | 52.9 | .. | 59.9 | .. | .. | .. | .. | 47.6 | 48.6 | 54.8 | 54.7 | 48.6 | 48.7 | 44.5 | 39.3 | 36.2 |
| Surinam | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Uruguay | .. | .. | 20.4 | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 17.7 | 13.7 |
| Venezuela | .. | .. | 32.2 | .. | 39.8 | 48.7 | .. | 48.0 | 49.4 | .. | .. | 45.4 | 37.1 | 30.2 | 28.5 | 27.6 |

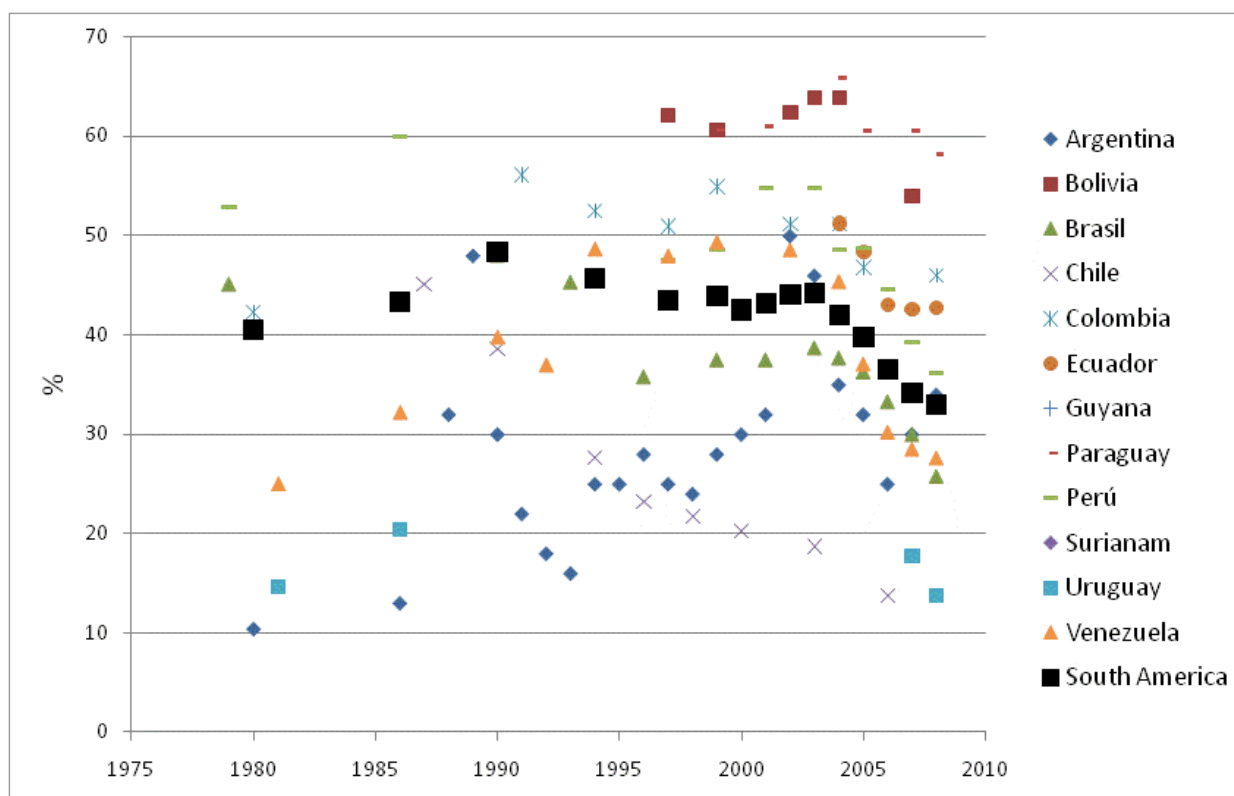


Figura 8. Pobreza en Suramérica
(Elaborada por el autor)

Tabla 10. GINI en Suramérica
(FAO, 1994; World Bank, 2008a; United Nations Development Programme, 2009; 2010)

| País | GINI 1967-1985 | GINI 1975-1988 | GINI 2001 | GINI 2005 | GINI Tierra 1985-1993 (año) |
|-----------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| Argentina | | | .. | 51.3 | 83 (88) |
| Bolivia | | | 58.9 | 60.1 | |
| Brasil | 57 | 57 | 59.1 | 57.0 | 85 (85) |
| Chile | 46 | 46 | 57.5 | 54.9 | |
| Colombia | 45 | | 57.1 | 58.6 | 79 (88) |
| Ecuador | | | 43.7 | 53.6 | |
| Guyana | | | 40.2 | .. | |
| Paraguay | | | 57.7 | 58.4 | 93 (91) |
| Perú | 31 | 31 | 46.2 | 52.0 | 86 (94) |
| Surinam | | | .. | .. | |
| Uruguay | | | 42.3 | 44.9 | |
| Venezuela | | | 48.8 | 48.2 | |

Existen aproximaciones contemporáneas innovadoras para estudiar y comprender la pobreza y la inequidad (Max-Neef et al., 1994) que se basan en el análisis de situaciones de pobreza múltiples y simultáneas como consecuencia de los desequilibrios entre las necesidades y los satisfactores humanos, como la de pobreza multidimensional con base en las capacidades de bienestar y que se refleja en el desarrollo del Índice de Desarrollo Humano (IDH) utilizado por

Naciones Unidas durante las últimas décadas (Sen, 1979) La Tabla 11 registra los datos y la Figura 10 muestra la historia de la dinámica del IDH para Suramérica.

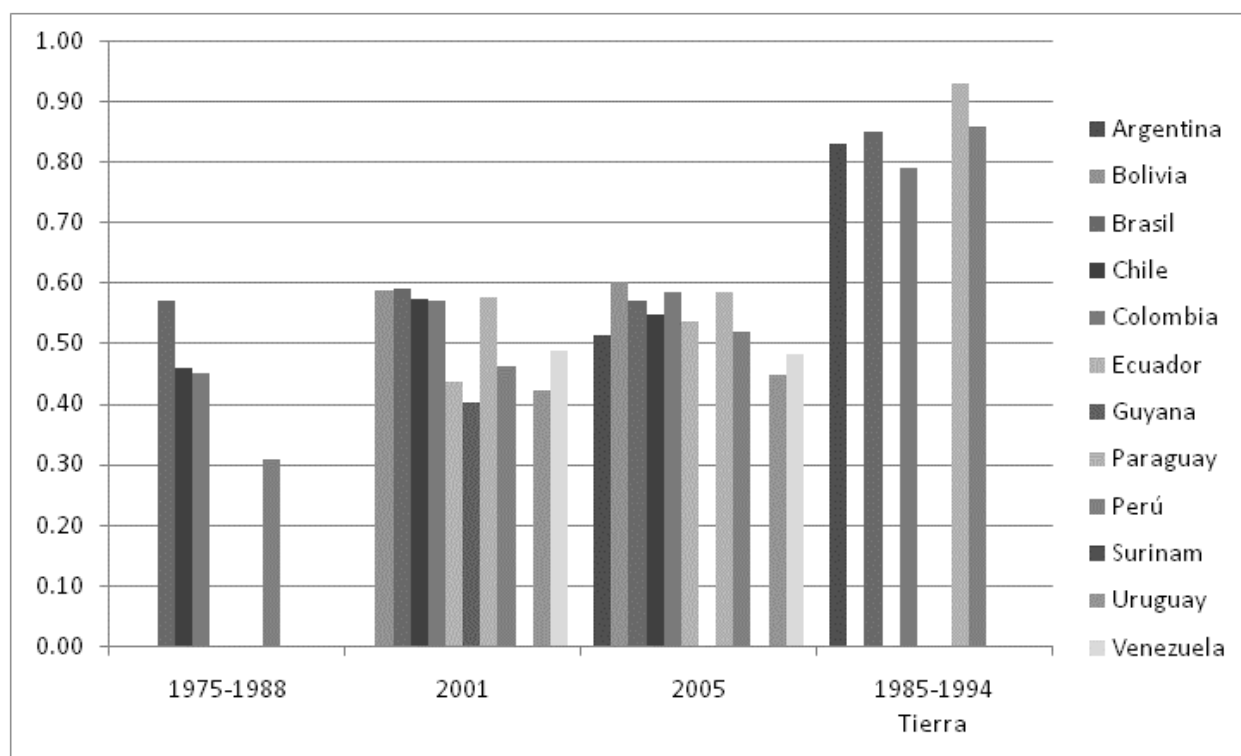


Figura 9. GINI de ingresos y de tierra en Suramérica
(Elaborada por el autor)

Tabla 11. Tendencias del IDH en Suramérica
(United Nations Development Programme, 1990; 2000; 2009; 2010)

| País | 1960 | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2000* | 2005 | 2006 | 2007 | 1960-2007 (%) | 1985-2007 (%) | 2000-2007 (%) |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Argentina | 0.667 | 0.748 | 0.776 | 0.793 | 0.797 | 0.804 | 0.824 | 0.856 | 0.855 | 0.861 | 0.866 | 29.8 | 8.7 | 1.2 |
| Bolivia | 0.308 | 0.369 | 0.524 | 0.560 | 0.577 | 0.629 | 0.653 | 0.699 | 0.723 | 0.726 | 0.729 | 136.7 | 26.3 | 4.3 |
| Brasil | 0.394 | 0.507 | 0.639 | 0.685 | 0.694 | 0.710 | 0.734 | 0.790 | 0.805 | 0.808 | 0.813 | 106.3 | 17.1 | 2.9 |
| Chile | 0.584 | 0.682 | 0.702 | 0.748 | 0.762 | 0.795 | 0.822 | 0.849 | 0.872 | 0.874 | 0.878 | 50.3 | 15.2 | 3.4 |
| Colombia | 0.469 | 0.554 | 0.657 | 0.688 | 0.698 | 0.715 | 0.757 | 0.772 | 0.795 | 0.800 | 0.807 | 72.1 | 15.6 | 4.5 |
| Ecuador | 0.422 | 0.485 | 0.645 | 0.709 | 0.723 | 0.744 | 0.758 | 0.781 | 0.804 | 0.805 | 0.806 | 91.0 | 11.5 | 3.2 |
| Guyana | .. | .. | 0.676 | 0.679 | 0.668 | 0.670 | 0.685 | 0.714 | 0.722 | 0.721 | 0.729 | .. | 9.1 | 2.1 |
| Paraguay | 0.474 | 0.511 | 0.655 | 0.677 | 0.677 | 0.711 | 0.726 | 0.737 | 0.754 | 0.757 | 0.761 | 60.5 | 12.4 | 3.3 |
| Perú | 0.420 | 0.528 | 0.641 | 0.687 | 0.703 | 0.708 | 0.744 | 0.771 | 0.791 | 0.799 | 0.806 | 91.9 | 14.7 | 4.5 |
| Surinam | .. | .. | .. | .. | .. | 0.751 | .. | 0.756 | 0.759 | 0.765 | 0.769 | .. | .. | 1.7 |
| Uruguay | 0.737 | 0.762 | 0.759 | 0.776 | 0.783 | 0.802 | 0.817 | 0.837 | 0.855 | 0.860 | 0.865 | 17.4 | 10.5 | 3.3 |
| Venezuela | 0.600 | 0.728 | 0.740 | 0.765 | 0.765 | 0.790 | 0.793 | 0.802 | 0.822 | 0.833 | 0.844 | 40.7 | 10.3 | 5.2 |
| Promedio | 0.508 | 0.587 | 0.674 | 0.706 | 0.705 | 0.736 | 0.756 | 0.780 | 0.796 | 0.801 | 0.806 | 69.7 | 13.8 | 3.3 |

* El valor de 2000 es calculado por tendencia.

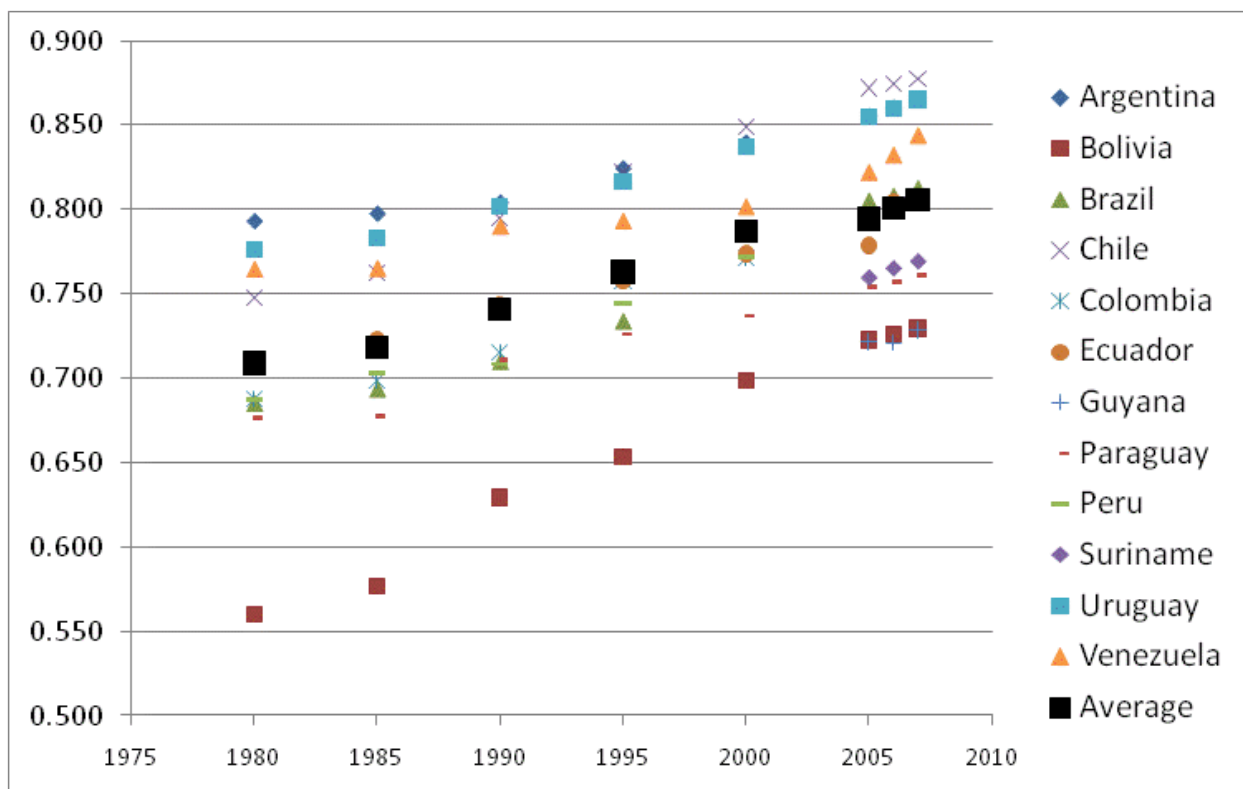


Figura 10. IDH para los países de Suramérica
(Elaborada por el autor)

Otra forma más reciente para medir la pobreza es la que está relacionada con el uso de recursos versus la biocapacidad de una región geográfica particular, y se analiza a continuación.

Biocapacidad y Huella Ecológica

Esta metodología está siendo desarrollada por la *Global Footprint Network* y se basa en indicadores como la Huella Ecológica o la Riqueza Ecológica de las Naciones (Global Footprint Network, 2010)

En la Figura 11 se presenta la biocapacidad y la huella ecológica de siete regiones del planeta. Suramérica, en la región de Latinoamérica y el Caribe es la que tiene el mejor balance contemporáneo al mostrar el mayor superávit por persona con un uso equilibrado de la biocapacidad.

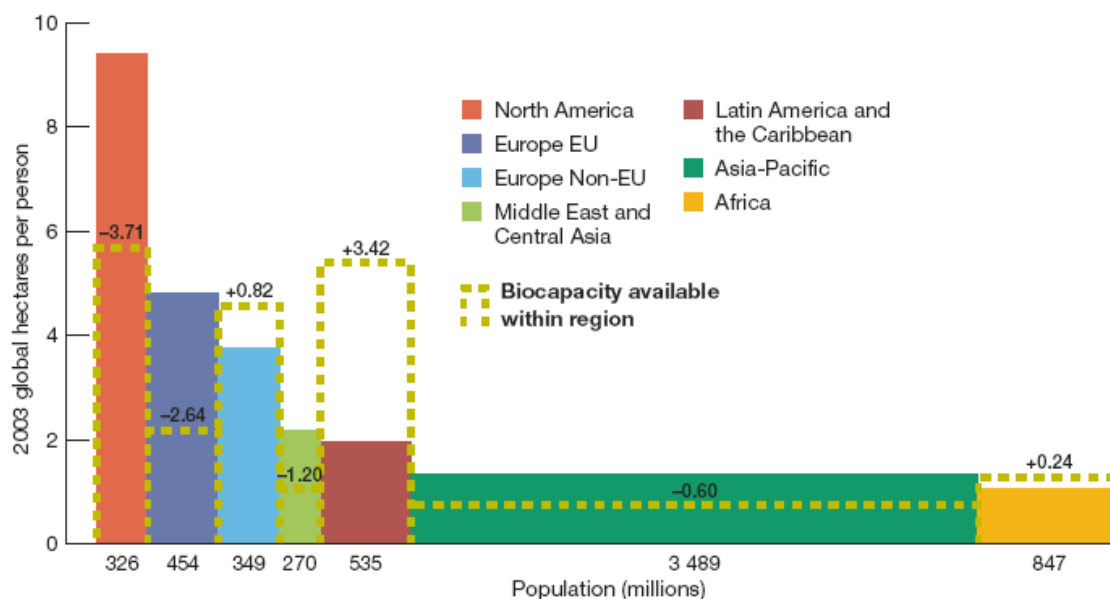


Figura 11. Biocapacidad y Huella ecológica por región del planeta (World Wildlife Fund for Nature, 2006)

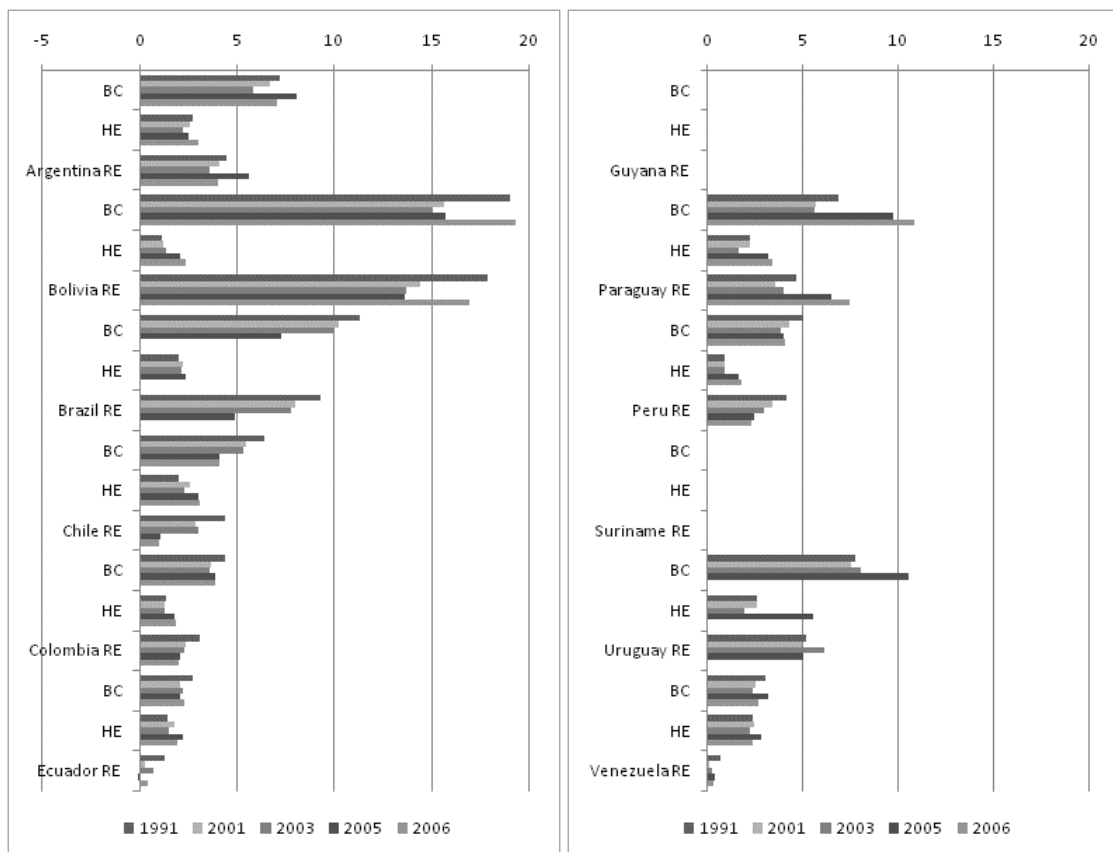
En la Tabla 12 se registran los datos de Huella ecológica y en la Tabla 13 los de Riqueza Ecológica para los países de Suramérica para un período de 15 años. En la Figura 12 se muestran las dinámicas de Biocapacidad (BC), Huella Ecológica (HE) y Riqueza Ecológica (RE) en Suramérica desde 1991 hasta 2006.

Tabla 12. Tendencias de la Huella Ecológica y la Biocapacidad de Suramérica (Global Footprint Network, 2010; World Wildlife Fund for Nature, 2004; 2006; 2008)

| País | Huella Ecológica (hectáreas globales per cápita) | | | | | Biocapacidad (hectáreas globales per cápita) | | | | |
|-----------|--|------|------|------|------|--|------|------|------|------|
| | 1991 | 2001 | 2003 | 2005 | 2006 | 1991 | 2001 | 2003 | 2005 | 2006 |
| Argentina | 2.8 | 2.6 | 2.3 | 2.5 | 3.0 | 7.2 | 6.7 | 5.9 | 8.1 | 7.1 |
| Bolivia | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 2.1 | 2.4 | 19.0 | 15.6 | 15.0 | 15.7 | 19.3 |
| Brasil | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.4 | .. | 11.3 | 10.2 | 9.9 | 7.3 | .. |
| Chile | 2.0 | 2.6 | 2.3 | 3.0 | 3.1 | 6.4 | 5.5 | 5.4 | 4.1 | 4.1 |
| Colombia | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.8 | 1.9 | 4.4 | 3.7 | 3.6 | 3.9 | 3.9 |
| Ecuador | 1.5 | 1.8 | 1.5 | 2.2 | 1.9 | 2.8 | 2.1 | 2.2 | 2.1 | 2.3 |
| Guyana | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Paraguay | 2.2 | 2.2 | 1.6 | 3.2 | 3.4 | 6.9 | 5.7 | 5.6 | 9.7 | 10.8 |
| Perú | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.6 | 1.8 | 5.0 | 4.3 | 3.8 | 4.0 | 4.1 |
| Surinam | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Uruguay | 2.5 | 2.6 | 1.9 | 5.5 | .. | 7.7 | 7.5 | 8.0 | 10.5 | .. |
| Venezuela | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 2.8 | 2.3 | 3.0 | 2.5 | 2.4 | 3.2 | 2.7 |

Tabla 13. Riqueza Ecológica de Suramérica
(Global Footprint Network, 2010)

| País | Riqueza Ecológica (hectáreas globales per cápita) | | | | |
|-----------|--|------|------|-------|------|
| | 1991 | 2001 | 2003 | 2005 | 2006 |
| Argentina | 4.4 | 4.1 | 3.6 | 5.6 | 4.1 |
| Bolivia | 17.9 | 14.4 | 13.7 | 13.6 | 16.9 |
| Brasil | 9.3 | 8.0 | 7.8 | 4.9 | .. |
| Chile | 4.4 | 2.9 | 3.0 | 1.1 | 1.0 |
| Colombia | 3.1 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 2.0 |
| Ecuador | 1.3 | 0.3 | 0.7 | (0.1) | 0.4 |
| Guyana | .. | .. | .. | .. | .. |
| Paraguay | 4.6 | 3.5 | 4.0 | 6.5 | 7.4 |
| Perú | 4.1 | 3.4 | 3.0 | 2.4 | 2.3 |
| Surinam | .. | .. | .. | .. | .. |
| Uruguay | 5.2 | 4.9 | 6.1 | 5.0 | .. |
| Venezuela | 0.7 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.3 |



BC = Biocapacidad; HE = Huella Ecológica; RE = Riqueza Ecológica

Figura 12. Biocapacidad, Huella Ecológica y Riqueza Ecológica en Suramérica
(Elaborada por el autor)

Suramérica comparada

Si se hace una comparación de la dinámica de la población en Suramérica con la de Europa (ver Figura 13) se encuentra que, en relación con la población global, Europa viene

representando cada vez menos porcentaje de ella y Suramérica ha sostenido su porcentaje alrededor del 5%. Según las proyecciones contemporáneas esas dinámicas se mantendrán los próximos 50 años.

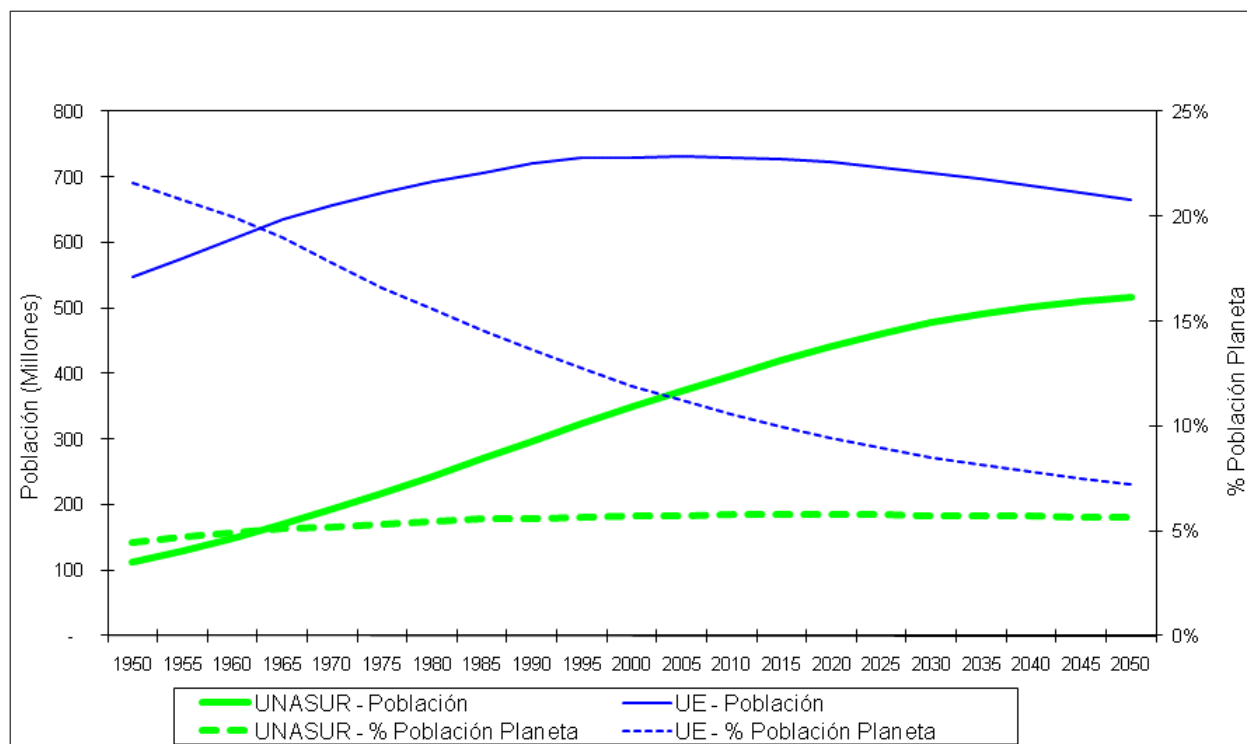


Figura 13. Dinámica de población Suramérica-Europa comparada
(Elaborada por el autor)

Por otra parte, en la Tabla 14 se hace un resumen general de un conjunto de indicadores e índices básicos de Suramérica comparados con los de Latinoamérica y el Caribe y del mundo.

Finalmente, en la Figura 14 se hace una comparación simultánea de población, PIB y emisiones entre Suramérica y Europa en el período 1950 - 2000 donde el dato de cambio sobresaliente está en el PIB per cápita promedio de Europa que crece un 300% mientras que el de Suramérica tiene un crecimiento apenas significativo. En términos relativos, en los últimos 50 años han ocurrido cambios marginales en Suramérica.

Tabla 14. Indicadores básicos de Suramérica, Latinoamérica y el Caribe y el mundo**(Elaboración propia a partir de: World Wildlife Fund for Nature, 2006; Cruz et al., 2007; ALADI, 2008; Comunidad Andina de Naciones, 2008; United Nations Development Programme, 2008)**

| Detalle | UNASUR | LAC | Mundo |
|--|---------|---------|----------|
| Área Forestal (% del total) (2005) | 48.1 | 45.9 | 30.3 |
| Población total (millones) (2005) | 374.1 | 557.0 | 6,515.0 |
| Densidad de población (hab/km ²) (2005) | 21.0 | 26.5 | 44.7 |
| Población urbana (millones) (2005) | 305.5 | 432.6 | 3,165.6 |
| Población urbana (% del total) (2005) | 81.7 | 77.5 | 48.6 |
| Tasa total del fertilidad (nacimientos por mujer) (2000-2005) | 2.7 | 2.5 | 2.6 |
| Nacimientos atendidos por personal sanitario preparado (%) (1997-2005) | 87.5 | 87.0 | 63.0 |
| Expectativa de vida al nacer (años) (2005) | 72.1 | 72.8 | 68.1 |
| Tasa bruta combinada de enrolamiento a educación primaria, secundaria y terciaria (%) (2005) | 82.1 | 81.2 | 67.8 |
| Tasa de alfabetismo en adultos (% de 15 o más años) (1995-2005) | 91.9 | 90.3 | 78.6 |
| PIB (US\$, miles de millones) (2005) | 1,508 | 2,470 | 44,156 |
| PIB per cápita (US\$) (2005) | 4,032 | 4,480 | 6,954 |
| Tasa de crecimiento anual (%) (1990-2005) | 1.2 | 1.2 | 1.5 |
| Servicio total a la deuda (% del PIB) (2005) | 6.8 | 6.6 | 5.1 |
| Exportación de productos y servicios (% PIB) (2005) | 37.0 | 26.0 | 26.0 |
| Importación de productos y servicios (% PIB) (2005) | 38.1 | 23.0 | 26.0 |
| Inversión directa extranjera, flujo neto de entrada (% PIB) (2005) | 3.7 | 2.9 | 1.9 |
| Gasto en Investigación y Desarrollo (% del PIB) (2000-2005) | 0.33 | 0.56 | 2.28 |
| Petróleo (% del total de fuentes primarias de energía) (2005) | 51.6 | 48.7 | 35.0 |
| Hidro, solar, viento, geotérmica (% del total de fuentes primarias de energía) (2005) | 10.1 | 9.0 | 2.6 |
| Consumo de electricidad per cápita (kilovatios-hora) (2004) | 1,986.5 | 2,043 | 2,701 |
| Emisión de dióxido de carbono total (Mt CO ₂) (2004) | 843.0 | 1,422.6 | 28,982.7 |
| Emisión de dióxido de carbono per cápita (t CO ₂) (2004) | 2.6 | 2.6 | 4.5 |
| Emisión de dióxido de carbono (% de la emisión total mundial) (2004) | 0.4 | 4.9 | 100.0 |
| Biocapacidad (2003) | 6.2 | 5.4 | 1.8 |
| Huella Ecológica (2003) | 1.7 | 2.0 | 2.2 |
| Pobreza (% de población debajo de la línea de pobreza 1US\$/día) (1990-2005) | 13.1 | 9.5 | 21.1 |
| Pobreza (% de población debajo de la línea de pobreza 2US\$/día) (1990-2005) | 25.1 | 24.5 | 52.9 |
| GINI (2005) | 53.9 | 57.0 | 61.9 |
| Índice de Desarrollo Humano (IDH) (2005) | 0.791 | 0.803 | 0.743 |

3.1.2 Crecimiento, Ingreso y Distribución

Los estados y las dinámicas de crecimiento, ingreso y distribución de riqueza de sus individuos, son una de las evidencias más repetidas de la realidad de los sistemas sociales, ecológicos y económicos. La eliminación de la pobreza generalizada y la promoción de una distribución más equitativa de los ingresos, están en el centro de las preocupaciones relativas al desarrollo y son un objetivo principal de todos los países (Walker, 2007)

Siguiendo un análisis racional, se puede llegar a la conclusión de que un mundo finito sólo puede soportar una población finita (Hardin, 1968) Si a eso se le agrega el deseo humano de querer ser rico y poderoso, se enfrenta una encrucijada. Pero, ¿por qué los humanos desean ser ricos y poderosos? Para (Dawkins, 2001), por ejemplo, esta es una respuesta: “en nuestra sociedad la riqueza tiende, en general, a no traducirse en un éxito genético. Pero tenemos que devolvemos en el tiempo a un momento en que la sociedad podría haber sido más parecida a

la de aquel cantante de pop de África occidental que se ha casado 80 veces y está casado con la totalidad de su grupo de apoyo. En nuestra sociedad la riqueza compra usualmente cosas como *Rolls Royces*, aunque ocasionalmente puede comprar, como por ejemplo lo hacía en épocas primitivas, un harén y por lo tanto, el éxito reproductivo.”

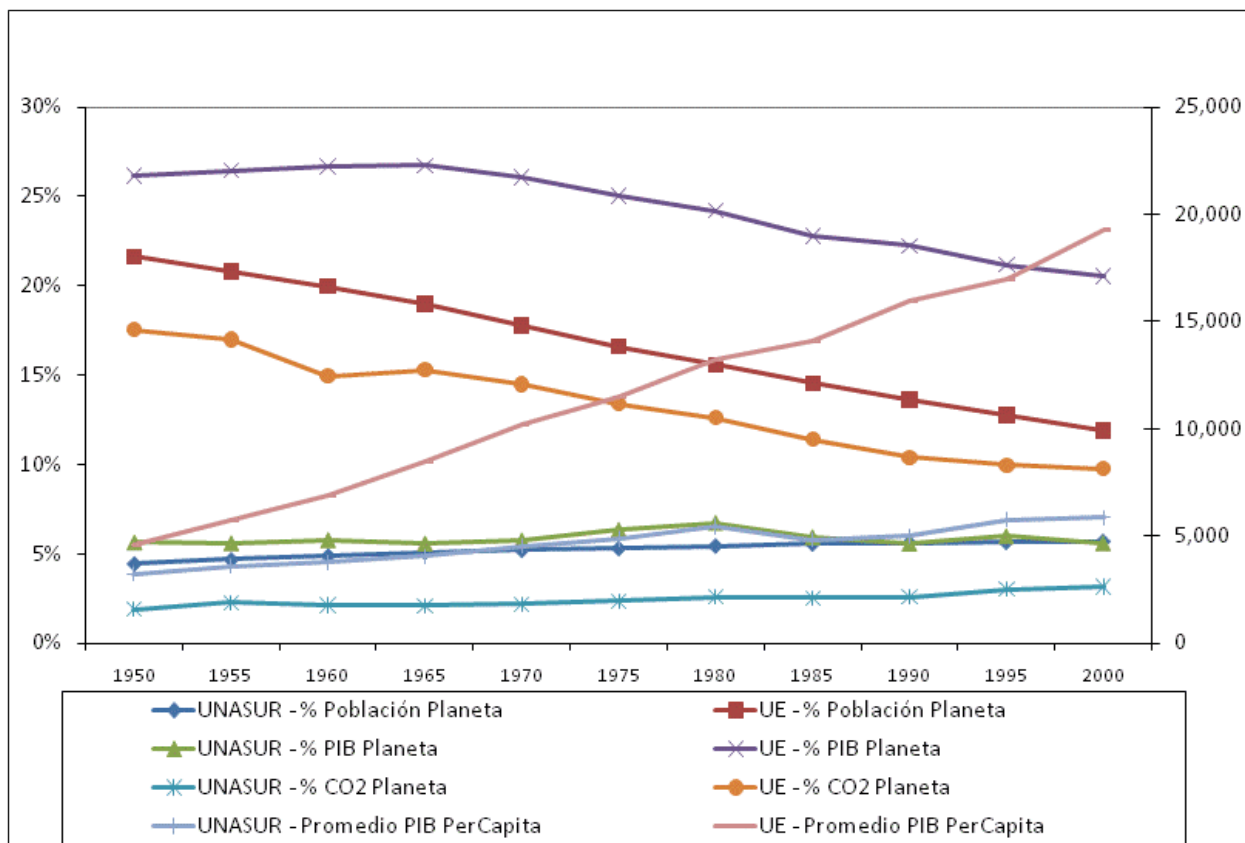


Figura 14. Dinámicas clave Suramérica-Europa comparadas
(Elaborada por el autor)

Con esa paradoja presente, este es un estado general de la comprensión del asunto del crecimiento, del ingreso y de la distribución (Walker, 2007):

- Por un lado, el rápido crecimiento económico es visto como un elemento esencial en la reducción de la pobreza, pero por otro, también se reconoce que los cambios introducidos por el aumento de los ingresos, de hecho, por el propio proceso de crecimiento económico, podría causar un aumento de la desigualdad.
- Si bien ningún índice puede abarcar todos los aspectos de la pobreza o la desigualdad, la amplia medida convencional utilizada a la hora de evaluar la magnitud de la pobreza es un ingreso o nivel de gasto suficiente para mantener un nivel de vida mínimo. Las diferencias de ingresos son vistas como aproximaciones de trabajo a otras manifestaciones de la pobreza y la desigualdad.

- La teoría económica reconoce que la distribución del ingreso se ve afectada por algo más que las características humanas. Todas las distribuciones están muy afectadas por factores institucionales propios de cada país y dependen de su historia.
- Dado que los ricos ahorran e invierten una gran porción de sus ingresos, y que los pobres tienden a gastar la mayor parte de sus ingresos en bienes de consumo básicos, se afirmó que una economía caracterizada por una distribución muy desigual de los ingresos crecería más rápido que otra con una distribución más equitativa de los ingresos. La importancia para la formulación de políticas de este punto de vista es que las desigualdades pueden ser una particularidad de tipos de crecimiento acelerado y que ellas implican la posibilidad de un conflicto, al menos en el corto plazo, entre el objetivo de crecimiento económico y el de menor desigualdad en los ingresos.
- Los patrones nacionales y globales de distribución del ingreso pueden verse afectados por una amplia gama de factores institucionales y sociales que, si bien relacionados con y afectando a las tendencias económicas, se apartan de ellas y podrían influir en el impacto del crecimiento económico en la distribución de los ingresos. Entre estos factores están los acuerdos políticos y las políticas, los aspectos del desarrollo social como la alfabetización, y los atributos culturales como la religión, y en general, el entorno económico internacional.
- Debido a que hay muchas dimensiones distintas de la desigualdad en los ingresos y gastos de los hogares o individuos, no puede haber una sola medida de la desigualdad en la distribución de ingresos. Hay diferentes indicadores de resumen la distribución de diferentes maneras, por ejemplo como coeficientes de GINI o como proporciones de los ingresos o el consumo de entre los mayores y los menores deciles o quintiles de la población, o de alguna otra manera. Otras medidas más refinadas como el coeficiente de variación de los ingresos requieren datos más detallados y precisos para obtener resultados significativos, y esos datos no están disponibles para muchos países.
- No hay disponibilidad de datos globales detallados sobre la distribución del ingreso.
- Cometer la falla de no incluir las circunstancias y los factores no económicos de los países a la hora de evaluar la relación entre el crecimiento y la desigualdad, puede llevar a conclusiones y políticas inadecuadas.
- Una multitud de influencias afectan el crecimiento y la desigualdad, incluyendo la distribución inicial de capital físico y humano, el patrón de inversión y cambio tecnológico, las preferencias de los consumidores y los incentivos de los productores, el grado de apertura de la economía al resto del mundo, y la eficacia de las políticas gubernamentales.
- Las políticas que se centran simplemente en el aumento de ingresos y en acelerar el crecimiento, no pueden por sí solas afectar notablemente la distribución de los ingresos de un país.
- Los países de Suramérica reflejan tanto el mayor grado de concentración de los ingresos

en la muestra analizada por el estudio de Walker como las grandes diferencias en los coeficientes de desigualdad (Ver Figura 15)

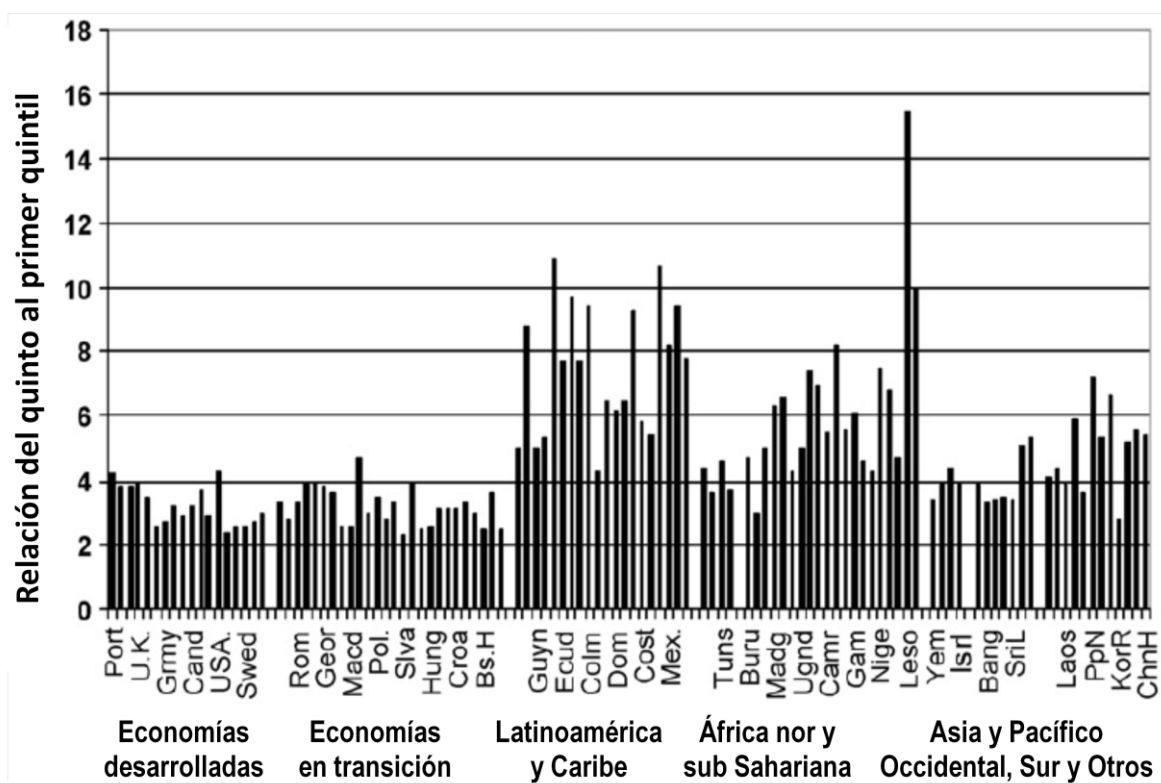


Figura 15. Distribuciones de ingresos para regiones del mundo (Walker, 2007)

- De la muestra para el estudio de Walker, no parece haber ninguna relación evidente entre el grado de desigualdad en la distribución del ingreso y la tasa de crecimiento de la economía. En consecuencia no hay ninguna razón para concluir que un aumento en el ritmo de crecimiento económico a una tasa más elevada debe agravar las disparidades de ingresos. Por el contrario, no se puede esperar que con tasas más lentas de crecimiento se mejore la distribución del ingreso sino que se podría ralentizar el progreso en la reducción de la pobreza.
- Los patrones de distribución del ingreso son tan diversos y tan poco relacionados a primera vista a nivel de variables económicas tales como el PIB per cápita y el crecimiento económico, que las relaciones en cuestión tienen que ser muy complejas y surtir su efecto muy lentamente. Por lo tanto, se necesitan más estudios para comprender exactamente cuáles son esas relaciones y, una vez entendidas, será necesario un trabajo adicional para diseñar políticas que mejoren la distribución.

3.1.3 Sostenibilidad

Para comprender el estado general de la sostenibilidad, o mejor la ciencia de la sostenibilidad, se utilizan dos herramientas: el análisis de citación y la línea de tiempo.

La primera, el análisis de citación, se basa en el artículo publicado por un equipo japonés (Kajikawa et al., 2007) Mediante las metodologías utilizadas por este equipo se logra hacer mapas bidimensionales de agrupamiento en forma de *clusters* de los conjuntos de relaciones de las diferentes publicaciones asociadas a un saber particular, en este caso, la ciencia de la sostenibilidad.

Tabla 15. Los 15 primeros grupos de citación de ciencia de la sostenibilidad (Kajikawa et al., 2007)

| No. | Grupo | #Nodos | Edad* | Revista principal | JWF** | País principal | CWF*** | Temas principales |
|-----|-------------------------------------|--------|-------|---------------------------------------|-------|----------------|--------|---------------------------------|
| #1 | Agricultura | 1584 | 7.1 | Agriculture, Ecosystems & Environment | 1.17 | USA | 7.50 | Suelo |
| #2 | Pesca | 1419 | 5.5 | Ecological Applications | 4.34 | USA | 16.60 | Pesca |
| #3 | Economía Ecológica | 1135 | 5.5 | Ecological Economics | 7.97 | USA | 3.90 | Contabilidad de capital natural |
| #4 | Foresta (Agroforestal) | 614 | 6.3 | Agroforestry Systems | 2.85 | India | 2.20 | Nutrientes |
| #5 | Foresta (Foresta lluviosa tropical) | 450 | 6.5 | Economic Botany | 4.07 | USA | 5.47 | Foresta tropical |
| #6 | Negocios | 450 | 5.5 | Strategic Management Journal | 9.56 | South Africa | 3.44 | Ventaja competitiva sostenible |
| #7 | Turismo | 423 | 6.5 | Tourism Management | 9.88 | England | 1.02 | Ecoturismo |
| #8 | Agua | 361 | 5.5 | Water Science and Technology | 11.1 | China | 1.40 | Recursos hídricos |
| #9 | Foresta (Biodiversidad) | 353 | 5.4 | Forestry Chronicle | 20.3 | Canada | 13.10 | Foresta |
| #10 | Planeación Urbana | 277 | 5.9 | Landscape Urban Planning | 2.63 | England | 3.38 | Ciudad sostenible |
| #11 | Sociología Rural | 271 | 6.6 | Sociologia Ruralis | 6.50 | USA | 1.01 | Desarrollo país |
| #12 | Energía | 229 | 4.9 | Energy Policy | 9.17 | England | 0.32 | Hidrogeno |
| #13 | Salud | 211 | 5.8 | Health Policy and Planning | 13.1 | USA | 2.05 | Programa de salud |
| #14 | Suelo | 208 | 5.5 | Australian Journal of Soil Research | 4.62 | Australia | 3.83 | Suelo fértil |
| #15 | Vida Silvestre | 161 | 5.9 | Geography in Higher Education | 2.88 | England | 1.10 | Vida silvestre |

* Edad: 2006 menos el año promedio de publicación.

** JWF: Journal Weight Factor

*** CWF: Country Weight Factor

La red de citas de la ciencia de la sostenibilidad se puede dividir en 93 grupos, donde el número de nodos en cada grupo varía desde tres (los grupos más pequeños) hasta 1,584 (el mayor grupo, que se indicará como #1 en la Tabla 15) Las publicaciones de cada grupo están fuertemente unidas por citas al interior de su propio grupo. El tamaño de grupo, es decir el número de nodos en cada grupo, se reduce progresivamente hasta el grupo 15, y después del grupo 30 se convierte en número insignificante. Por lo tanto el estudio se centra en los 15 primeros grupos que cubren más del 80% de las publicaciones investigadas.

Para cada grupo se construye un mapa de visualización como se muestra en la Figura 16 para cuatro grupos en particular: Agricultura (#1), Pesca (#2), Economía Ecológica (#3) y Negocios (#6)

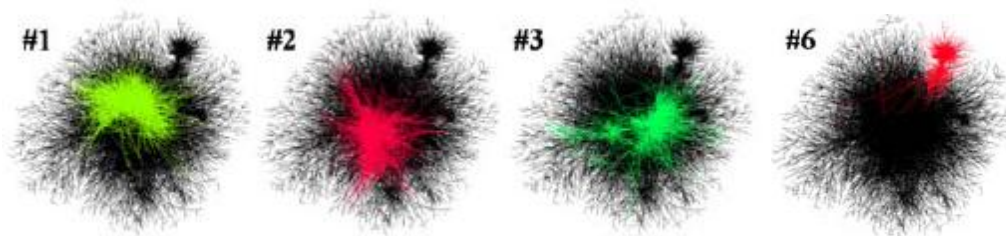


Figura 16. Visualización de la red de citación de grupos particulares (Kajikawa et al., 2007)

El grupo #1 es el de Agricultura en el que se discute la agricultura sostenible. Tiene 1,584 publicaciones y es el mayor de los 93 grupos analizados. También es el más antiguo entre los 15 primeros grupos. Los temas de investigación incluyen: erosión del suelo, fertilidad del suelo, resistencia del suelo, nutrientes, productividad alimentaria, biodiversidad, y así sucesivamente.

El grupo #2 es el de Pesca en el que se discute la sostenibilidad de la pesca mundial. Los Estados Unidos dominan este grupo con un gran Factor de Peso País (CWF) El grupo #3 es la Economía Ecológica en el que se proponen y miden los indicadores económicos de sostenibilidad. Sus formas estiradas y puntudas significan que está estrechamente relacionado con otros grupos de la red.

El grupo #6, de negocios, es un poco ruidoso en la terminología del análisis de red de citación debido a que la mayoría de las publicaciones discuten sobre ventajas competitivas sostenibles de una empresa. Su posición topológica en el mapa revela esto. Sin embargo algunas de sus publicaciones comparten el mismo contexto con otras categorías, por ejemplo por la vinculación del desempeño ambiental y el económico.

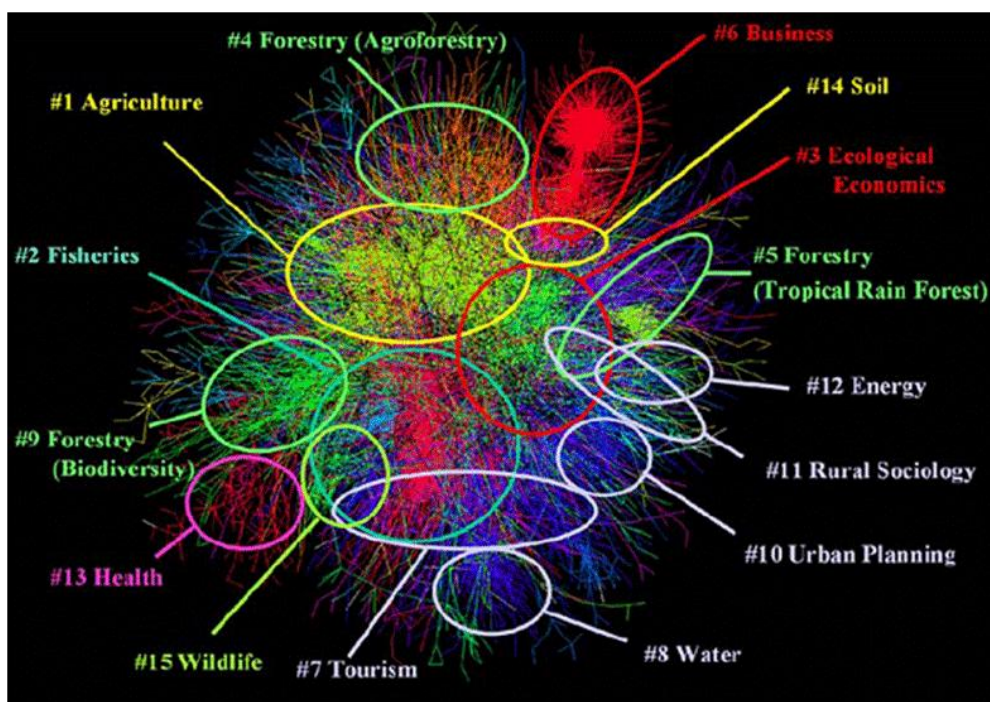


Figura 17. Visualización de la estructura de la ciencia de la sostenibilidad (Kajikawa et al., 2007)

En la Figura 17 se presenta la posición relativa de grupos particulares de agrupamiento. Se puede usar esa imagen como una vista general del mapa académico de la ciencia de la sostenibilidad y vale la pena señalar algunas implicaciones que se pueden sacar de ella.

- Los grupos Agricultura (#1), Pesca (#2) y Economía Ecológica (#3) ocupan posiciones centrales en la red debido a su gran volumen de publicaciones.
- Algunos grupos que debaten temas relacionados se encuentran en posiciones relativamente cercanas. Por ejemplo, el grupo de negocios (# 6) está justo encima del grupo de Economía Ecológica (# 3)
- El grupo del Suelo (# 14) se encuentra en la proximidad del grupo de Agricultura (# 1) Esta proximidad está de acuerdo con la relación entre los temas de estos grupos.
- Los grupos Forestales (# 4, # 5, # 9) están muy lejos unos de otros. Esto puede ser reflejo de la diversidad de temas en la investigación forestal.
- El grupo de Agroforestal (# 4) está cercano al de Agricultura (# 1), el de Foresta Lluviosa Tropical (# 5) está cerca del de Sociología Rural (# 11), y el de Biodiversidad (# 9) está cercano a de Vida Silvestre (# 15)
- La brecha en la citación entre los grupos forestales sugiere la existencia de una brecha de investigación y la posibilidad de una futura colaboración entre estos grupos.

- Lo anterior tan es válido entre los grupos de Agricultura (#1) y Suelo (#14)
- Las publicaciones en el grupo de Suelo (#14) son específicas de cada región, esto puede ser porque existen diferentes comunidades de campos de especialización e investigación en el grupo de Agricultura.

La segunda herramienta es la línea de tiempo, un arreglo cronológico de un conjunto representativo de publicaciones, eventos, constitución de organizaciones y hechos relevantes para la ciencia de la sostenibilidad, como se consigna en la Tabla 16.

Tabla 16. Línea de tiempo de la sostenibilidad

(Elaborada por el autor a partir de: International Institute for Sustainable Development, 2002; 2007; Blutstein, 2003)

| Año | Tipo | País/Región | Descripción | Autor |
|------|--------------------|-------------|--|---|
| 1962 | Publicación | | Silent Spring | Rachel Carson |
| 1966 | Publicación | Australia | Biology and the Appreciation of Life Boyer Lecture | Macfarlane Burnet |
| 1967 | Organización | | Environmental Defense Fund | Varios |
| 1968 | Evento | | Biosphere | UNESCO |
| 1968 | Publicación | | Population Bomb | Paul Ehrlich |
| 1969 | Organización | | Friends of the Earth | Varios |
| 1969 | Ley | | National Environmental Policy Act | Congreso USA |
| 1969 | Publicación | | Partners in Development 1970 IDRC | Commission on International Development |
| 1970 | Evento | USA | First Earth Day | Gaylord Nelson |
| 1970 | Organización | | Natural Resources Defense Council | Varios |
| 1971 | Organización | Canadá | Greenpeace | Varios |
| 1971 | Publicación | Suiza | Founex Report | Varios |
| 1971 | Idea | | Polluter Pays Principle | OECD |
| 1971 | Organización | | International Institute for Environment & Development (IIED) | Varios |
| 1971 | Publicación | | Only One Earth | Rene Dubos y Barbara Ward |
| 1972 | Evento | | Conference on Human Environment | UN - UNEP |
| 1972 | Organización | | Environnement et Développement du Tiers-Monde (ENDA) | Varios |
| 1972 | Publicación Modelo | | Limits to Growth | Club de Roma |
| 1973 | Ley | USA | Endangered Species Act | Congreso |
| 1973 | Organización | India | Chipko | Varios |
| 1973 | Evento | Global | OPEC oil crisis | Varios |
| 1974 | Publicación | USA | CFCs work | Rowland y Molina |
| 1974 | Publicación Modelo | Argentina | Latin American World Model | Fundación Bariloche |
| 1975 | Ley | Global | Convention on International Trade in Endangered Species of Flora and Fauna | Varios |
| 1975 | Organización | USA | Worldwatch Institute | Varios |
| 1976 | Evento | | Habitat | |
| 1977 | Organización | Kenya | Greenbelt Movement | Varios |
| 1977 | Evento | | Conference on Desertification | UN |
| 1978 | Evento | UK | Amoco Cadiz oil spill | Varios |
| 1978 | Organización | | Directorate of the Environment | OECD |
| 1979 | Ley | | Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution | |
| 1979 | Publicación | | Banking on the Biosphere | IIED |
| 1979 | Evento | USA | Three Mile Island nuclear accident | |
| 1980 | Publicación | | World Conservation Strategy | International Union for |

| Año | Tipo | País/Región | Descripción | Autor |
|------|--------------|-------------|---|---|
| | | | | Conservation of Nature IUCN |
| 1980 | Publicación | | North-South, A Programme for Survival (Brandt Report) | Independent Commission on International Development Issues |
| 1980 | Publicación | USA | Global 2000 report | |
| 1981 | Evento | | Global Strategy for Health for All by the year 2000 | WHO |
| 1982 | Organización | USA | World Resources Institute | Varios |
| 1982 | Ley | Global | UN Convention on the Law of the Sea | UN |
| 1982 | Evento | Global | International debt crisis | |
| 1982 | Publicación | | World Charter for Nature | UN |
| 1983 | Evento | India | Development Alternatives | |
| 1984 | Evento | India | Toxic chemical leak | |
| 1984 | Evento | Etiopia | Drought in Ethiopia | |
| 1984 | Organización | | Third World Network | |
| 1984 | Evento | | International Conference on Environment and Economics (OECD). | OECD |
| 1985 | Idea | Canada | Responsible Care | Canadian Chemical Producers |
| 1985 | Evento | Austria | Climate change towards a global warming | World Meteorological Society UNEP and the International Council of Scientific Unions |
| 1985 | Evento | | Antarctic ozone hole | British and American scientists |
| 1986 | Evento | | Chernobyl | |
| 1987 | Publicación | | Our Common Future Brundtland Report | UN World Commission on Environment and Development |
| 1987 | Publicación | | Development Advisory Committee DAC | OECD |
| 1987 | Publicación | | Montreal Protocol | |
| 1988 | Evento | Brasil | Chico Mendes | |
| 1988 | Organización | | Intergovernmental Panel On Climate Change | |
| 1989 | Evento | USA | Exxon Valdez tanker | |
| 1989 | Organización | Suecia | Stockholm Environment Institute | |
| 1990 | Organización | Europa | Regional Environmental Centre for Central and Eastern Europe | |
| 1990 | Evento | | UN Summit for Children. | UN |
| 1990 | Organización | Canadá | International Institute for Sustainable Development (IISD) | |
| 1990 | Organización | Suiza | Business Council for Sustainable Development (BCSD) | |
| 1991 | Evento | Canadá | The Canadian east coast cod fishery collapses | |
| 1991 | Evento | Kuwait | Hundreds of oil fires burn | |
| 1992 | Publicación | | Changing Course | The Business Council for Sustainable Development |
| 1992 | Evento | Brasil | Rio Earth Summit | UN Conference on Environment and Development (UNCED) |
| 1992 | Organización | Costa Rica | The Earth Council | |
| 1993 | Organización | USA | President's Council for Sustainable Development | |
| 1993 | Evento | | First meeting of the UN Commission on Sustainable Development | UN |
| 1993 | Evento | | World Conference on Human Rights | UN |
| 1994 | Organización | | Global Environment Facility | |
| 1994 | Evento | | North American Free Trade Agreement (NAFTA) | |
| 1995 | Evento | Nigeria | Execution of Ken Saro-Wiwa | |
| 1995 | Organización | | World Trade Organization | |
| 1995 | Organización | Suiza | World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) | |
| 1995 | Evento | Dinamarca | World Summit for Social Development | UN |
| 1995 | Evento | China | Fourth World Conference on Women | UN |
| 1996 | Evento | Bolivia | The Summit of the Americas on Sustainable Development | |
| 1996 | Publicación | | ISO 14001 | |

| Año | Tipo | País/Región | Descripción | Autor |
|------|--------------|-------------|--|---|
| 1997 | Evento | | Asian ecological and financial chaos | |
| 1997 | Evento | | Signing of the Kyoto Protocol | |
| 1997 | Evento | | UN General Assembly review of Earth Summit | |
| 1998 | Evento | | Controversy over genetically modified organisms | |
| 1998 | Evento | | Unusually severe weather | |
| 1998 | Evento | | Demise of the negotiations on multilateral agreement on investment (MAI) | |
| 1999 | Publicación | | Our Forests...Our Future | The World Commission on Forests and Sustainable Development |
| 1999 | Publicación | USA | Launch of the first global sustainability index | Dow Jones |
| 1999 | Evento | USA | Third World Trade Organization Ministerial Conference (Seattle) | |
| 1999 | Organización | | International Emissions Trading Association (IETA) | WBCSD and UNCTAD |
| 2000 | Evento | Global | Increasing urbanization | |
| 2000 | Evento | Holanda | The Second World Water Forum and Ministerial | |
| 2000 | Evento | | United Nations Millennium Summit en MDG | UN |
| 2000 | Evento | | Miss Waldron's red colobus monkey declared extinct | |
| 2001 | Evento | Qatar | Fourth Ministerial Conference of the World Trade Organization (Doha) | |
| 2001 | Evento | | The Marrakech Accords | |
| 2002 | Evento | Sudáfrica | World Summit on Sustainable Development (Johannesburg) | |
| 2002 | Publicación | | Global Reporting Initiative (GRI) | GRI |
| 2005 | Evento | | Kyoto Protocol enters into force | |
| 2005 | Publicación | | Millennium Ecosystem Assessment | |
| 2006 | Publicación | | Stern Report | |
| 2007 | Evento | Global | Public attention to climate change increases | |

3.1.4 Desarrollo Sostenible

Si bien la mitad del siglo XX fue el punto de quiebra a partir del cual, después de la II guerra mundial, parte de la humanidad decidió revisar su rumbo y empezar a pensar racionalmente en su desarrollo y en sus posibles futuros, es tal vez sólo hasta la década de 1980 que se llega a verdaderos avances intelectuales al respecto y en aparente consenso.

La cuestión que se planteó entonces no fue ¿el desarrollo y las preocupaciones ambientales se contradicen entre sí? sino ¿cómo se puede lograr el desarrollo sostenible? (Lèlè, 1991) La gran crítica que se hizo (Tolba, 1984a citado en Lèlè, 1991) giraba en torno a que el desarrollo sostenible se había convertido en un artículo de fe, algo sectario; utilizado a menudo, pero poco explicado.

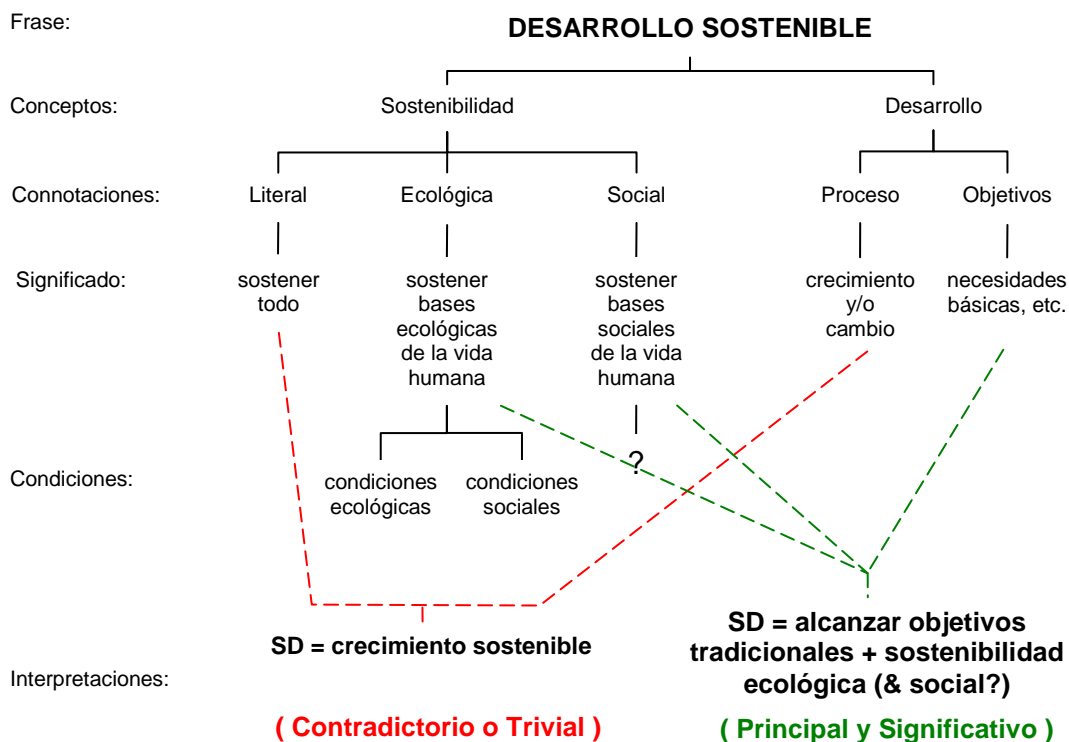


Figura 18. La semántica del desarrollo sostenible (Lèlè, 1991)

Literalmente pensado, el desarrollo sostenible significa aquel desarrollo que puede mantenerse, ya sea indefinidamente o durante un período de tiempo implícito de preocupación. El punto a destacar es que el desarrollo es un proceso de cambio dirigido, por lo tanto sus definiciones incluyen, o deben incluir, tanto los objetivos de este proceso como los medios para alcanzarlos. Por lo tanto, la mayoría de los proponentes del desarrollo sostenible (o sostenibilidad, más recientemente) lo toman de esta forma (Lèlè, 1991):

La existencia de las condiciones ecológicas necesarias para soportar la vida humana en un determinado nivel de bienestar a través de las generaciones futuras.

Esta es precisamente la que llama Lèlè la Sostenibilidad Ecológica. Sin embargo ésta es sólo una parte del desarrollo sostenible pues también está la sostenibilidad social (Barbier, 1987 citado en Lèlè, 1991) definida como:

La capacidad de mantener valores sociales, tradiciones, instituciones, culturas, u otras características sociales deseadas.

Este no es un uso muy común y es necesario distinguirlo cuidadosamente del contexto en el que los científicos sociales hablan de la sostenibilidad, a saber, los aspectos sociales de la

sostenibilidad ecológica. La Figura 18 ayuda a diferenciar estas concepciones.

El desarrollo sostenible se puede entender también como una forma de cambio social que, además de los objetivos de desarrollo tradicionales, tiene el objetivo, o la limitación, de la sostenibilidad ecológica. Surgen entonces una serie de interrogantes (Lèlè, 1991):

- ¿Cuáles son los objetivos tradicionales del desarrollo, y cómo se han ampliado o modificado para incluir la sostenibilidad?
- Si la búsqueda de los objetivos tradicionales del desarrollo han debilitado a la sostenibilidad ecológica en el pasado, ¿qué nuevas ideas sugieren que tales debilitamientos o contradicciones se pueden evitar ahora y en el futuro?
- ¿Cómo ayuda esto a construir un consenso entre las diferentes preocupaciones fundamentales?

El término Desarrollo Sostenible entró en prominencia en 1980, cuando la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN) presentó la Estrategia Mundial para la Conservación (EMC o WCS de sus siglas en inglés) con el objetivo general de lograr el desarrollo sostenible mediante la conservación de los recursos vivos. Pero la WCS estaba esencialmente del lado de la oferta, pues asumió tanto el nivel y la estructura de la demanda, como variables independientes y autónomas, e ignoró el hecho de que si se ha de perseguir un estilo sostenible de desarrollo, entonces tanto el nivel y, en particular, la estructura de la demanda, se tienen que cambiar fundamentalmente (Sunkel, 1987 citado en Lèlè, 1991) En resumen, la WCS realmente abordó únicamente la cuestión de la sostenibilidad ecológica en lugar del desarrollo sostenible o la sostenibilidad a secas.

La definición más popular vigente de desarrollo sostenible, aquella que adoptó la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED) es muy breve (World Commission on Environment and Development, 1987):

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

La Comisión elaboró mucho más la cuestión operativa y afirmó que los objetivos fundamentales que se derivaban del concepto del desarrollo sostenible eran:

- Reactivar el crecimiento
- Cambiar la calidad del crecimiento
- Alcanzar las necesidades esenciales de empleo, alimentos, energía, agua y saneamiento

- Garantizar un nivel sostenible de población
- Conservar y aumentar la base de recursos
- Reorientar la tecnología y gestionar riesgos
- Fusionar medio ambiente y economía para la toma de decisiones, y
- Reorientar las relaciones económicas internacionales

La mayoría de los individuos y organizaciones que promueven activamente el concepto de Desarrollo Sostenible se suscriben a algunos o a todos esos objetivos. Sin embargo, hay además una adición operativa: hacer el desarrollo más participativo. Así se completan nueve objetivos fundamentales.

En particular, se distinguen cuatro tipos de participación: en la toma de decisiones, en la implementación, en la distribución de los beneficios y en la evaluación. La mayoría de la literatura sobre Desarrollo Sostenible no hace estas distinciones y las referencias principales sobre el tema asumen e insisten en que la participación de las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) locales en la ejecución del proyecto asegurará su éxito, o como se ha acuñado un término, la *ONGización* del desarrollo sostenible (Maniates, 1990 citado en Lèlè, 1991)

Sin embargo (Lèlè, 1991), la formulación principal del desarrollo sostenible sigue teniendo importantes deficiencias en:

- Su caracterización de los problemas de la pobreza y de la degradación del ambiente
- Su conceptualización de los objetivos de desarrollo, sostenibilidad y participación, y
- La estrategia que ha adoptado teniendo conocimiento incompleto e incertidumbre

Dada esta confusión en términos, percepciones y conceptos, las políticas sugeridas por la principal corriente de pensamiento en Desarrollo Sostenible no pueden, y no se ajustan, a la idea básica de desarrollo ecológicamente racional y socialmente equitativo. Tienen muy a menudo graves deficiencias, y reflejan preferencias personales, organizacionales y políticas.

Por ejemplo (Lèlè, 1991), hay que lanzar advertencias en contra de la tendencia a creer que la equidad social garantiza automáticamente la sostenibilidad ambiental (y viceversa), o de quienes creen que se puede garantizar una verdadera base equitativa para el intercambio ignorando por completo una reestructuración del sistema monetario internacional.

En el caso de la economía neoclásica (Redclift, 1987 citado en Lèlè, 1991), aunque las ganancias del libre comercio son superiores a las pérdidas, también:

- La propia teoría neoclásica reconoce que los beneficios del comercio pueden ser muy desigualmente distribuidos entre los países
- En la práctica, puede haber perdedores, así como ganadores, y
- Si bien un comercio más libre logrará presumiblemente estimular el crecimiento económico, la afirmación de que el crecimiento económico es (socialmente) beneficiosa es cuestionable, por decir lo menos.

La teoría neoclásica del comercio asume (Norgaard, 1987 citado en Lèlè, 1991) que los factores de producción son móviles (que la mano de obra, el capital y la tierra se pueden alternar entre las líneas de producción, que la mano de obra se puede mover a nuevas ubicaciones), sin embargo, los servicios ambientales que le dan a la tierra su valor no pueden alternarse libremente de un producto a otro. Y ésa es una seria restricción a cualquier proceso de desarrollo sostenible. Por otra parte (Lèlè, 1991), por ejemplo, la capacidad de un tipo de agricultura para proporcionar simultáneamente rendimientos justos para el agricultor y el trabajador, y para satisfacer las necesidades de la población no agricultora de una manera ecológicamente racional, no sólo depende de interacciones ecológicas, sino también de condiciones sociales complejas, condiciones que son incluso mucho menos bien entendidas.

Los proponentes del desarrollo sostenible se enfrentan pues a dilemas que afectan cualquier programa de acción política y de cambio social. Uno, el dilema entre la urgencia de tomar posiciones sobre las preocupaciones medulares y la necesidad de obtener amplia aceptación y apoyo político, es fundamental. Concretamente, los defensores, analistas y practicantes del desarrollo sostenible deben considerar (Lèlè, 1991):

- Saber conceptualizar y explicar por qué el crecimiento económico, como medio de eliminación de la pobreza garantizando sostenibilidad, puede resultar viable cuando se considera a escalas nacionales o regionales (sistemas abiertos de recursos cuasi infinitos) e inviable cuando la escala es planetaria (sistema cerrado de recursos finitos)
- Reconocer las contradicciones internas e insuficiencias en la teoría y en la práctica de la economía neoclásica, en particular en lo que se refiere al medio ambiente y a las cuestiones de distribución. En los análisis económicos, alejarse de modelos matemáticos anacrónicos para explorar las cuestiones empíricas de los límites a la sustitución de capital por recursos o los impactos de las distintas políticas de sostenibilidad en los distintos sistemas económicos.
- Aceptar la existencia de causas estructurales, tecnológicas y culturales de la pobreza y la degradación del ambiente. Desarrollar metodologías para estimar la importancia relativa, y de las interacciones entre estas causas, en situaciones concretas. Explorar soluciones políticas, institucionales y educativas.

- Comprender las dimensiones múltiples de la sostenibilidad y tratar de desarrollar medidas, criterios y principios.
- Explorar qué patrones y niveles de demanda y utilización de recursos serían compatibles con las distintas formas o niveles de sostenibilidad ecológica y social, y con diferentes conceptos de equidad y justicia social.

En resumen, el Desarrollo Sostenible se puede considerar como un pegamento que unirá a todos: desde el industrial con mentalidad de ganancias y el agricultor de subsistencia reductor de riesgo, hasta el trabajador social que busca la equidad; el habitante del primer mundo que se preocupa por la contaminación o es amante a la vida silvestre; el legislador maximizador del crecimiento; el burócrata orientado a metas y, por lo tanto, el político cuenta votos.

Existe pues un peligro muy real de que la expresión desarrollo sostenible se convierta en un cliché sin sentido, a menos de que se haga un esfuerzo concertado para añadirle precisión y contenido a la discusión. Toda discusión sobre Desarrollo Sostenible o Sostenibilidad debe responder inicialmente a las siguientes tres preguntas:

- ¿Qué se va a sostener?
- ¿Para quién?
- ¿Por cuánto tiempo?

En cierto sentido, si el desarrollo sostenible existe para ser realmente sostenido (Lèlè, 1991) como un paradigma de desarrollo, se requieren dos actividades aparentemente divergentes: hacer que sea más preciso en sus fundamentos conceptuales y permitir aproximaciones a estrategias de desarrollo más flexibles y diversas que podrían dar lugar a una sociedad que vive en armonía con el ambiente y consigo misma.

3.1.5 Modelos

La construcción de modelos siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas tiene sus orígenes pasada la mitad del siglo XX (Forrester, 2007a), y aunque el aparato matemático para solucionar ese tipo de problemas existía desde inicios del siglo XIX, sólo se ha logrado cerrar el flujo de análisis y síntesis de la cadena sistema-idea-modelo-dinámica-simulación-sistema con la presencia y ayuda de herramientas de computación basadas en TIC (Gallón et al., 2009b)

En la elaboración de modelos de sistemas ecológicos y económicos (Costanza et al., 1998), el propósito puede tener un rango que va desde el desarrollo de modelos conceptuales simples,

con el fin de proporcionar un entendimiento general del comportamiento del sistema, hasta aplicaciones detalladas muy realistas encaminadas a la evaluación de propuestas políticas concretas.

No es apropiado juzgar toda la gama de posibles modelos con los mismos criterios. Como mínimo (Holling, 1964; 1966; Levins, 1966 citados en Costanza et al., 1998), son necesarios tres:

- *Realismo*. Que el modelo pueda simular de una manera cualitativamente real el comportamiento del sistema.
- *Precisión*. Que el modelo pueda simular de una manera cuantitativamente precisa el comportamiento del sistema.
- *Generalidad*. Que el modelo pueda representar una amplia gama de comportamientos del sistema.

Ningún modelo individual puede maximizar estos tres criterios y la selección de los objetivos a perseguir depende de los propósitos fundamentales que se le definan (Costanza et al., 1993).

Por otra parte, los científicos se pueden ver obligados a modelar por una serie de razones que no se limitan a la creación del modelo *per se*. Desde la década de 1970 (Costanza et al., 1993) se considera que los científicos usan los modelos para tres asuntos primordiales:

- La *comprensión*
- La *evaluación*
- La *optimización*

Cuando no es posible realizar estudios de largo plazo o manipulaciones experimentales, como ocurre a menudo con los sistemas complejos sociales, ecológicos y económicos, un modelo representativo puede ayudar a llenar los vacíos de conocimiento (Costanza y Voinov, 2001). Los problemas que preocupan a los investigadores de las ciencias sociales, ecológicas y económicas son muy variados. Sin embargo, los modelos relativamente simples pueden proporcionar una gran cantidad de posibles respuestas a las preguntas ¿qué está pasando? o ¿qué pasa si...? Estos modelos (como todos los modelos) no deben ser considerados como respuestas definitivas a sus preguntas asociadas, sino como síntesis de la información existente y guías o mapas para orientar el trabajo futuro.

El modelado, sobre todo el global, es un avance en las ciencias sociales, y hay tres condiciones que lo han favorecido (Bruckmann, 2001):

- El ecologismo
- La Teoría de Sistemas (en particular el método de dinámica de sistemas desarrollado por

Jay Forrester en la década de 1950)

- El advenimiento de la computadora.

En 1968, Aurelio Peccei y varios de sus colegas, fundaron el Club de Roma con el fin de estimular nuevas investigaciones de la problemática global desde una visión científica y completa. En retrospectiva, es difícil creer que cuando se fundó dicho club nadie tenía idea alguna de cómo se podrían hacer esas investigaciones (Bruckmann, 2001)

Paralelo al aumento del ambientalismo, la dinámica de sistemas había surgido dentro de la teoría de sistemas como una nueva herramienta, aunque en ese momento su existencia sólo era conocida por un pequeño número de personas. Matemáticamente, la idea básica que subyace en ella es la aproximación de un sistema de ecuaciones diferenciales mediante un conjunto de ecuaciones en diferencias, cuyas propiedades teóricas habían sido elaboradas 150 años antes por Carl Friedrich Gauss (1777-1855) El nuevo aporte de Jay Forrester fue de cierto modo como el de Einstein, recoger un cuerpo de teoría matemática existente y aplicarlo a un campo nuevo (Bruckmann, 2001).

Al utilizar el método de ecuaciones en diferencias (Bruckmann, 2001), Forrester hizo de la dinámica de sistemas una herramienta que sólo requiere las cuatro operaciones aritméticas básicas, pero que permite modelar las relaciones más complejas, entrecruzadas y no lineales. En particular, permite modelar mecanismos de retroalimentación y bucles complejos de una manera transparente y simple (aunque no simplista)

Otro aspecto del estado y la evolución de los modelos es que tiene que ver con sus generaciones de desarrollo. Desde la perspectiva del desarrollo de los modelos poblacionales, esta es una interpretación de su desarrollo generacional (Adelman, 1981):

- La primera generación de modelos hizo hincapié en la ecología de la población y tendía a ser matemáticamente avanzada, pero económica y tecnológicamente ingenua.
- La segunda generación de modelos se centró en la interacción entre el desarrollo económico y el crecimiento de la población. Esta generación permitió plantear que en una perspectiva de 30 años las variables económicas son muy insensibles a variaciones relativamente grandes en la fertilidad y que es muy importante tener en cuenta los desplazamientos de la población para perspectivas de mediano plazo.
- La tercera generación surgió de hallazgos de la segunda como que el cambio demográfico es cuantitativamente pequeño y que hay interés en analizar la calidad de la población. Así se desarrollaron modelos enfocados en las necesidades básicas como aproximación al desarrollo. Esta generación de modelos permitió tener un marco de referencia general

para hacer planeación basada en individuos humanos, incluyendo su nutrición, vivienda y educación.

Para terminar este recuento del surgimiento del modelado, los modelos y la dinámica de sistemas, en la Tabla 17 se hace una línea de tiempo de modelos construido en las últimas décadas, así como de quienes los han liderado y en qué grupos, instituciones o empresas se han logrado llevar a cabo.

Tabla 17. Línea de tiempo de modelos

(Cole, 1974; Richardson, 1982; Bruton, 1995; Brecke, 1993; 2008; Bruckmann, 2001; Boumans et al., 2002; Castellar y Escribano, 2007)

| Año | Modelo | Líderes | Grupos |
|--------|--|--|--|
| < 1960 | Econométricos | | |
| 1968 | Proyecto LINK | Lawrence Klein | Wharton Econometric Forecasting Associates WEFA (ahora Global Insight) ONU |
| 1970 | On the Future Japan & the World | Y. Kaya | MITI Japan Club de Roma |
| 1970 | World 1 | Jay Forrester | MIT |
| 1971 | World 2 | Jay Forrester Aurelio Peccei Eduard Pestel | MIT Club de Roma Stiftung Volkswagen |
| 1972 | World 3 | Donella Meadows Dennis Meadows J. Randers | MIT Club de Roma |
| 1973 | World 3/91 | Donella Meadows Dennis Meadows | MIT Club de Roma |
| 1974 | WIM World Interdependence Model | Mihalo Mesarovic Eduard Pestel | Case Western University Technical University Club de Roma |
| 1971 | STAFF Social & Technological Alternatives for the Future | C. Freeman | Science Policy Research Unit (SPRU) University of Sussex, UK Social Science Research Council SSRC |
| 1974 | LAWM Latin American World Model | Amilcar Herrera | Fundación Bariloche Club de Roma |
| 1974 | SARUM Systems Analysis Research Unit Model | Peter Roberts | OECD |
| 1974 | SOS State Of the System | E. R. Williams P. W. House | Washington Environmental Research Center Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency |
| 1975 | Two-Worlds | W. Cummings | MIT |
| 1975 | MOIRA Model of International Relations in Agriculture | Hanes Linnemann | Free University Club de Roma |
| 1975 | SAHEL (Región de Sahel - Africa Occidental) | C. Piccardi | MIT |
| 1975 | RW-III Regional World-III | Frederick O. Kile Arnold Rabehl | Aid Association for Lutherans |
| 1975 | IWM Integrated World Model conocido también como RW-IV Regional World IV | Frederick O. Kile Arnold Rabehl | Aid Association for Lutherans |
| 1972 | FUGI Future of Global | Akira Onishi Yoichi Kaya | Soka University Institute for Systems Science (SUISS) |

| Año | Modelo | Líderes | Grupos |
|-------|--|--|---|
| | Interdependence | Yutaka Suzuki | |
| 1975 | GEWS Global Early Warning System | Akira Onishi | Institute of Applied Economic Research Soka University MITI Japan Japanese Economic Planning Agency (EPA) |
| 1977 | WIOM World Input-Output Model | Wassily Leontiev | New York University Brandeis University |
| 1977 | SIM/GDP System of Integrated Models/ Global Development Processes | Sergei V. Dubovski Dzherman M. Gvishiani Viktor A. Gelovani | Institute for Systems Analysis VNIISI Academia Soviética de Ciencias de Moscú |
| 1980 | Global2000 | Gerald Barney | Institute for 21st Century Studies Carter Administration (USA) |
| 1982 | IFS International Futures Simulation | Barry Hughes Thomas Shook | Universidad de Denver International Futures |
| 1983 | Daisyworld | James Lovelock Andrew Watson | International Meteorological Institute. |
| 1986 | IEA/ORAU Long-Term Global Energy CO2 Model (A84PC) | J.A. Edmonds J.M. Reilly | Center for Global Environmental Studies CO2 Information Analysis Center |
| 1987 | GLOBUS Generating Long-term Options By Using Simulation | Stuart Bremer Karl Deutsch | Department of Political Science Binghamton University Science Center Berlin for Social Research |
| 1990 | World 4 | W. Cummings | MIT |
| 1990 | IFs90 International Futures Simulation | Barry Hughes | Graduate School of International Studies University of Denver |
| 1990 | RMSM-X Revised Minimum Standard Model Extended | Thilak Ranaweera | Development Data Group World Bank, |
| 1990 | DNE21 Dynamic New Earth 21 | Kenji Yamaji | Department of Electrical Engineering School of Engineering The University of Tokyo |
| 1993 | Towards a Fossil Free Energy Future | Michael Lazarus | Tellus Institute |
| 1994 | IMAGE Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect | Joseph Alcamo | Center for Environmental Systems Research Darmstadt University of Technology |
| 1994- | Threshold 21 | Weishuang Qu Gerald O. Barney Douglas Symalla Leslie Martin | Millennium Institute |
| 1997 | WEP World Energy Projection | Mary J. Hutzler Arthur T. Andersen | Energy Information Administration Office of Integrated Analysis and Forecasting U.S. Department of Energy |
| 2001 | The 3E COMPASS Economy-Energy-Environment Comprehensive Model for Policy Assessment | Kimio Uno | Keio University |
| 2001- | GUMBO Global Unified Metamodel of the Biosphere | Roelof Boumans | Ecoinformatics Collaboratory Gund Institute for Ecological Economics University of Vermont |

Finalmente es necesario registrar los antecedentes de modelado que constituyen la base de esta investigación: el *Modelo de Sostenibilidad Regional*. Se basa en los trabajos del Club de Roma y el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y su modelo *Límites del Crecimiento* (*World2 y 3*) (Meadows et al., 1972; Meadows et al., 1992; 2004); del Gund Institute for

Ecological Economics de la Universidad de Vermont y su modelo *Global Unified Metamodel of the Biosphere (GUMBO)* (Boumans et al., 2002); de Gallón y el modelo *KITWe* (Gallón, 2009); del Millenium Institute y su modelo *Threshold 21 (T21)* (Millennium Institute, 2000; Bassi y Pedercini, 2007) y del Centro de Estudios en Economía Sistémica (ECSIM) y sus modelos de *Economía Nacional para Colombia* y de *Gestión Social del Desarrollo para Medellín, el área Metropolitana del Valle de Aburrá y Antioquia*.

El Centro de Estudios en Economía Sistémica (ECSIM) es un centro de investigación colombiano preocupado por el bienestar de la sociedad. Muestra de ello son algunos de los trabajos que ha realizado para el Municipio de Medellín, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el Departamento de Antioquia, el Departamento Administrativo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) todos en Colombia, y en donde la utilización de herramientas de modelado y simulación con dinámica de sistemas ha permitido representar las diferentes estructuras socio-económicas y de consumo de recursos de las familias, y su comportamiento frente a mejoras en su nivel de ingresos, producto de políticas de inversión social, para analizar, entre otros, el tema de pobreza en la ciudad de Medellín. Sin embargo estos modelos no involucraban el tema de sostenibilidad explícitamente, propiciando una oportunidad como punto de partida para la evaluación de políticas públicas por medio de simulación bajo criterios de sostenibilidad.

ECSIM viene desarrollando desde hace más de 10 años dos familias de modelos, a saber:

- El *Modelo de Economía Nacional*, que se considera de tercera generación, se ha estado construyendo desde 1995 utilizando la herramienta para dinámica de sistemas *iThink* y se encuentra como registrado como creación intelectual. En la actualidad lo utilizan varias empresas públicas y privadas colombianas. Está conformado por los siguientes módulos: Sector Real (Generador de Bienestar), 15 sectores económicos, Economía Monetaria (5 agentes: Bienestar, Gobierno, Familia, Sistema Monetario, Caja Externa), Matriz de Producción por sectores, Matrices Insumo-Producto, Población, Inversión, Consumo-Demanda, Estructura de Consumo (Patrones revelados de consumo mediante la Encuesta de Ingresos y Gastos con 10 deciles) y Familia.
- El *Modelo de Gestión Social del Desarrollo*, que también se considera de tercera generación, se viene construyendo desde 2001 con *iThink* y se ha utilizado tanto para Medellín, zona urbana, como para Antioquia, una de las siete subregiones colombianas. En particular vale la pena destacar la capacidad de este modelo para analizar factores de expulsión o atracción de poblaciones.

Con base en esos dos modelos, en ECSIM se han desarrollado modelos especializados como:

(Gómez, 2004; 2005a; 2005b; 2008; Centro de Estudios en Economía Sistémica, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d; 2007):

- *Micromundo para la planeación de políticas de intervención social para aumentar el desarrollo humano y la esperanza de vida en los barrios de la ciudad de Medellín (2007)*
Una aplicación de economía sistémica fundamentada en modelos de simulación de dinámica de sistemas.
- *Lineamientos de competitividad para Colombia (2007)* Proyecto encargado por el Departamento Nacional de Planeación para establecer las políticas de competitividad nacional que debe contener el documento marco del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES)
- *Construcción de referentes de futuro a 2020, visión y plan de mediano y largo plazo (2006)*
Una aplicación de economía sistémica fundamentada en modelos de simulación de dinámica de sistemas.
- *Modelo de planeación y simulación económica para la gestión social del desarrollo en el departamento de Antioquia (2006)*, fundamentado en la dinámica de sistemas.
- *Modelo de planeación y simulación económica para la gestión social del desarrollo en el municipio de Medellín (2006)*, fundamentado en la dinámica de sistemas.
- *Modelo de planeación y simulación económica para la gestión social del desarrollo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2006)*, fundamentado en la dinámica de sistemas.
- *Transformación de Colombia en una sociedad del conocimiento (2006)* Proyecto encargado por Colciencias para hacer la discusión y las recomendaciones de cómo transformar al país en una sociedad más incluyente y desarrollada mediante la realización de un ejercicio *Delphi* para determinar las actividades claves de futuro.

3.2 Estado del arte

En este apartado se expone un conjunto de temas de referencia para el desarrollo de la investigación. Desde una revisión de las escalas de espacio y tiempo que es necesario considerar para estudiar la sostenibilidad, pasando por observar la pobreza, la sociocibernética y el pensamiento sistémico de la complejidad, hasta el modelado, la dinámica de sistemas y las herramientas informáticas disponibles para desarrollarla.

3.2.1 Escalas de Espacio y Tiempo

El organismo humano es tal que tiene un ambiente con una extensión horizontal considerable

pero vertical desdeñable. Para el hombre, el instante es de alrededor de 1/18 de segundo, o sea que impresiones más cortas, o no son percibidas del todo, o son percibidas fundidas en un continuo (von Bertalanffy, 1969)

Las escalas de espacio y tiempo desde las que los humanos observan, viven y construyen su mundo, son uno de los elementos que determinan la *perspectiva humana*. Las escalas de espacio y tiempo desde las que los sistemas observan, constituyen y construyen su longevidad, son uno de los elementos que determinan la *sostenibilidad*.

Para analizar lo anterior, existiendo otras aproximaciones posibles, se puede recurrir a las primeras páginas, las menos mencionadas en las revisiones bibliográficas, del libro *Los límites del crecimiento* (Meadows et al., 1972):

Cada persona en el mundo se enfrenta a una serie de presiones y problemas que requieren su atención y acción. Le afectan en muchos niveles diferentes. Puede pasar gran parte de su tiempo tratando de encontrar la comida de mañana para él y su familia. Puede estar preocupado por su poder personal o por el poder de la nación en la que vive. Es posible que se preocupe por una guerra mundial durante su vida o por una guerra con un clan rival en su barrio la próxima semana.

En la Figura 19 se muestran estas escalas tan diferentes de interés humano ubicadas en un plano de dos dimensiones: espacio y tiempo. Así, es posible localizar cada preocupación humana en algún punto dependiendo de cuánto espacio geográfico incluye y hasta dónde se extiende en el tiempo. Para la mayoría de las personas, las preocupaciones se concentran en la esquina inferior izquierda de la gráfica y su vida es difícil porque deben dedicar casi todos sus esfuerzos a proveer día a día para ellos y sus familias. Otras personas tienen las condiciones para pensar y actuar sobre los problemas que abarcan más espacio o tiempo y las presiones que perciben no sólo las afectan a ellas, sino a la comunidad con la que se identifican.

El que una persona esté en capacidad de abarcar menos o más espacio o tiempo depende de su cultura, experiencia y de la inmediatez de los problemas que debe enfrentar en cada escala. Así, para lograr una movilidad perceptiva de escalas menores a mayores es necesario, por lo general, haber resuelto los problemas de las escala inferiores que, paradójicamente en algunos casos, sólo se podrían resolver desde las decisiones tomadas con una perspectiva mayor.

Esta manera de observar a los observadores humanos de un sistema se constituye en una explicación de las formas de vivir en su interior y plantea un tema que abre nuevas

posibilidades de investigación no sólo por sus implicaciones teóricas sino por las prácticas y de acción de y sobre las perspectivas humanas.

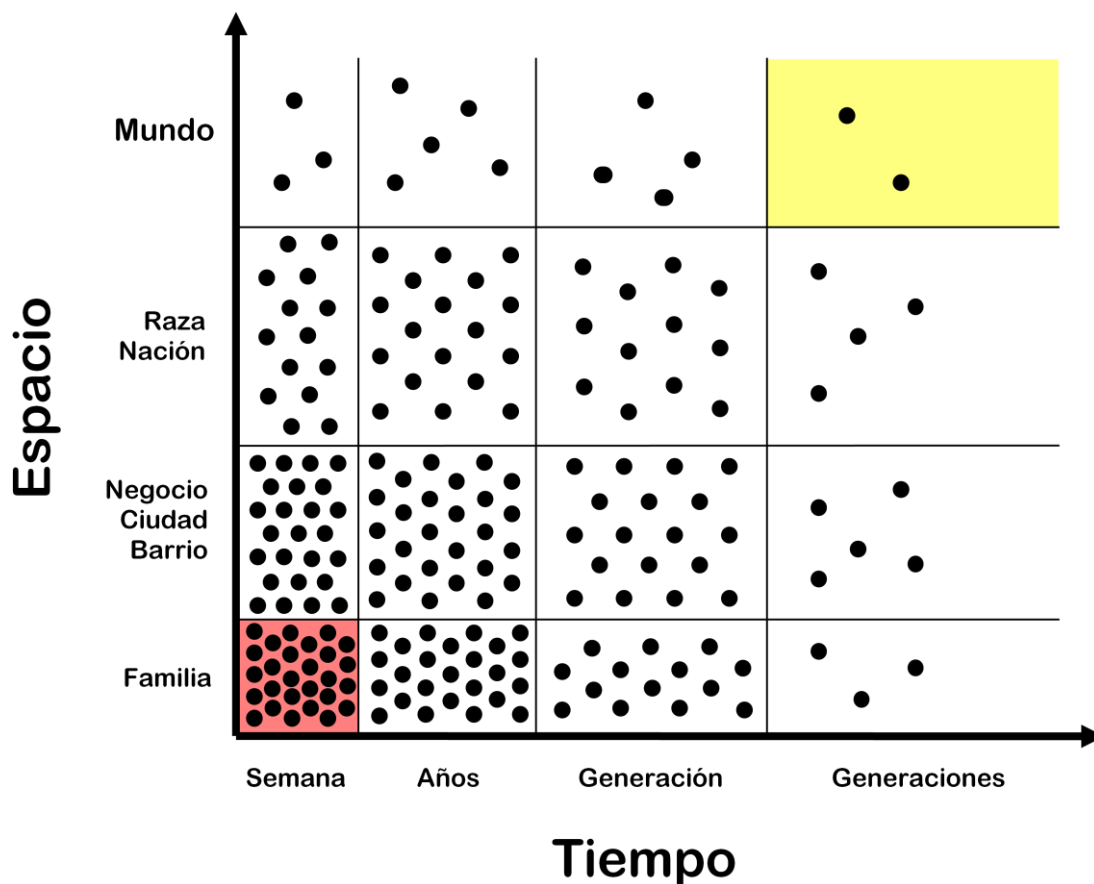


Figura 19. Perspectivas humanas como escalas de espacio y tiempo
(Meadows et al., 1972)

Para el autor de este trabajo, cuestión inherente del modelado de sistemas sociales, ecológicos y económicos, como el que se hizo en esta investigación, tiene que ver con esas escalas de espacio y tiempo. La hipótesis a aceptar o rechazar, en un trabajo fuera del alcance de esta investigación, es que una mayoría de los humanos sólo se alcanza a preocupar de manera concreta por lo que le ocurrió una semana atrás y le ocurrirá una semana adelante (dimensión tiempo) a su círculo cercano familiar (dimensión espacio) Así las cosas, sólo un reducido número de individuos está en esa minoría de la población que, por sus condiciones de vida para ver el mundo, alcanza a preocuparse por lo que ocurrió muchos años hacia atrás y por lo que ocurrirá muchos años hacia adelante a amplios grupos humanos.

La hipótesis también implica un reto que trasciende las fronteras naturales de espacio y tiempo

y que implica que un reducido número de humanos debe contar con las herramientas adecuadas para lograr comprender oportunamente los problemas y proveer las soluciones apropiadas para los problemas de escala planetaria.

3.2.2 Jerarquía DICES

¿Qué relación se puede encontrar entre las escalas de espacio y tiempo de la perspectiva humana y de la sostenibilidad y la dinámica de nuevas tecnologías? ¿Cómo enriquece esa búsqueda a la comprensión de los sistemas sociales y del comportamiento humano?

Para responder esas preguntas es necesario explorar las posibles relaciones entre las escalas de espacio y tiempo (observables mediante el análisis de la perspectiva humana y la sostenibilidad) y un modelo básico de la estructura y la dinámica de un sistema formado por una jerarquía de datos, información, conocimiento, comprensión y sabiduría, denominada – DICES– (Ackoff y Emery, 1972; Ackoff, 1989; Bellinger et al., 2002; Betts, 2003; Gallón y Robledo, 2004; Sharma, 2008)

La Jerarquía DICES ha venido ganando popularidad en muchos ámbitos (Sharma, 2008) En la mayor parte de la literatura de Gestión del Conocimiento la jerarquía se conoce a menudo como la ‘jerarquía del conocimiento’ o la ‘pirámide del conocimiento’, mientras que en los dominios de la Ciencia de la Información se le conoce como la ‘jerarquía de la información’ o la ‘pirámide de la información’. Todo depende de los antecedentes del observador.

Pero, ¿qué es exactamente la Jerarquía DICES? Es una herramienta para dar contexto y crear un marco de referencia para que los debates que enfrentan la gestión del conocimiento, de la innovación, de procesos, de la tecnología y, en particular, de la sostenibilidad, se puedan hacer desde referentes conceptuales consistentes y coherentes. La jerarquía se muestra en la Figura 20.

La ‘independencia de contexto’ se relaciona con el grado de diferenciación de uno de los subsistemas o componentes dentro de un sistema, mientras que el ‘nivel de descubrimiento’ lo está con el trabajo realizado por un observador. Algunos de los razonamientos que se generan a partir de la descripción de la Jerarquía DICES son (Bellinger et al., 2002):

- Una colección de datos no es información
- Una colección de información no es conocimiento
- Una colección de conocimiento no es entendimiento

- Una colección de entendimiento no es sabiduría
- Una colección de sabiduría no es la verdad

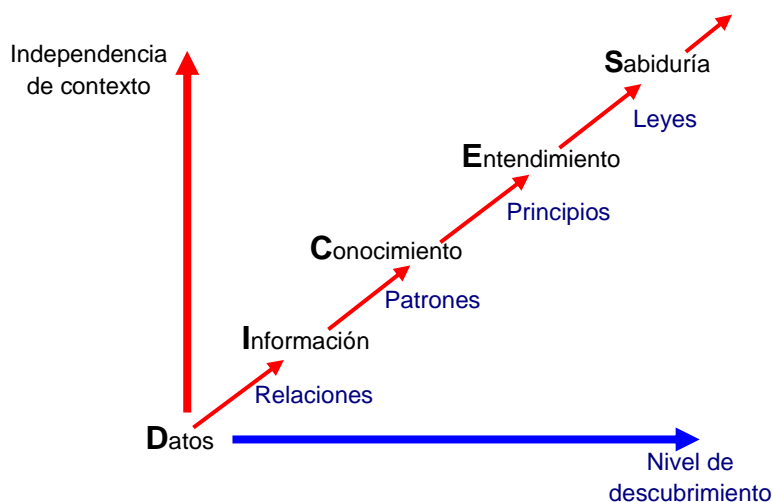


Figura 20. Jerarquía Datos, Información, Conocimiento, Entendimiento y Sabiduría (DICES)
(Elaborada por el autor a partir de (Bellinger et al., 2002; Betts, 2003))

De esta forma las actividades relacionadas con el procesamiento de información deben apoyar, de acuerdo con el nivel de descubrimiento, la construcción de respuestas a las preguntas del nivel. Esas respuestas interesan en esta investigación como componentes fundamentales de la tarea de comprender las escalas de espacio y tiempo de la dinámica humana cotidiana que afecta la sostenibilidad.

Sin embargo, para ampliar la Figura 20 es necesario presentar algunas ideas adicionales como que el contenido de la mente humana se puede clasificar en cinco categorías (Bellinger et al., 2002; Ackoff, 1989):

- Los datos se relacionan con los símbolos, existen por simple observación.
- La información se relaciona con la descripción, la definición o la perspectiva (qué, quién, cuándo, dónde) y se genera a partir de relaciones entre datos.
- El conocimiento se relaciona con la estrategia, la práctica, el método o el enfoque (cómo) y se genera a partir de patrones de la información.
- El entendimiento se relaciona con las causas (por qué) y se genera a partir de principios de conocimiento.
- La sabiduría se relaciona con el origen, el principio, la comprensión, la intuición, la moral o la ética (para qué) y se genera a partir de leyes del entendimiento.

Las primeras cuatro categorías se refieren al pasado porque se tratan de lo que ha sido o lo

que se conoce. Sólo la quinta, la sabiduría, se ocupa del futuro porque incorpora la visión y el diseño. Con la sabiduría, la gente puede crear el futuro en lugar de sólo comprender débilmente el presente y el pasado. Pero lograr sabiduría no es fácil, debido principalmente al hecho de que la gente debe moverse sucesivamente a través de las otras categorías trabajando en cada uno de los niveles de descubrimiento (Ackoff, 1989)

Cuando el observador no tiene que trabajar mucho para descubrir, y el sistema o componente observado está bien diferenciado, se dice que la situación es *complicada*. Cuando el observador tiene que trabajar mucho para descubrir, y el sistema o componente observado no está bien diferenciado, se dice que la situación es *mundana*. En medio de esas dos situaciones, con una especie de equilibrio entre la diferenciación del sistema y el trabajo del observador, es posible decir que se está en situación compleja. Un ejemplo de una situación complicada es tratar de aprobar un examen de cálculo sin haber estudiado lo suficiente. Un ejemplo de una situación mundana es leer el horóscopo diario en un periódico. Un ejemplo de una situación compleja es reparar un telescopio espacial que orbita la Tierra a miles de kilómetros por hora.

Hay entonces fronteras, la complicado-complejo y la complejo-mundano, donde cruzar constituye un momento en el cual algo puede empezar a formar parte (o no, dependiendo de la dirección) de la Jerarquía DICES. Las transacciones observador-sistema que suceden en las fronteras constituyen un campo de investigación que no está dentro del alcance de esta investigación. En la Figura 21 se muestran las posibles situaciones y las fronteras.

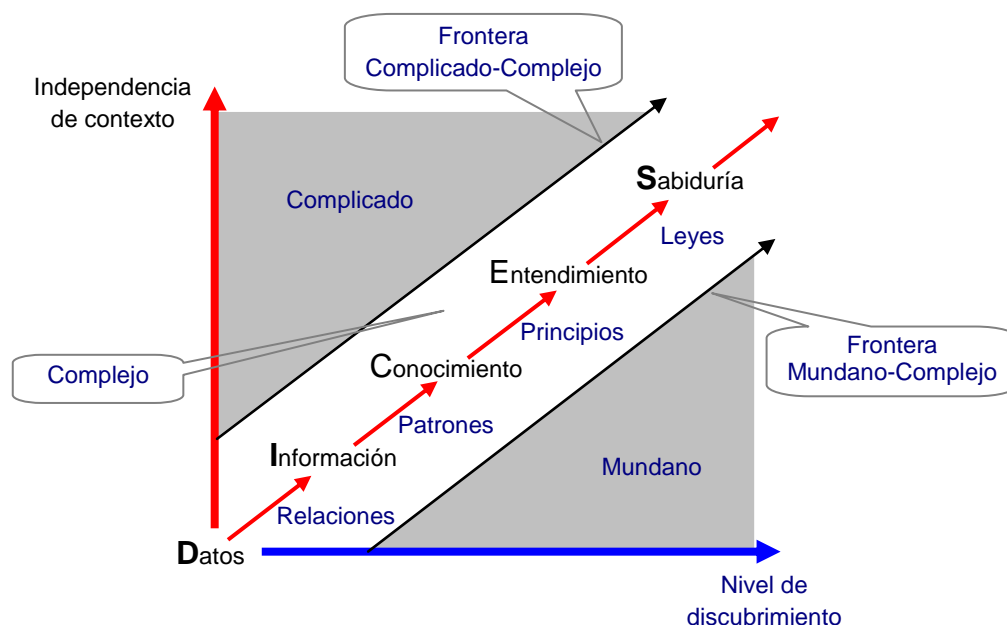


Figura 21. Jerarquía DICES y Complejidad
(Elaborada por el autor a partir de Bellinger et al., 2002; Betts, 2003)

Para cada campo de estudio o de investigación es posible establecer fronteras en el plano Independencia de contexto-Nivel de Descubrimiento que podrían denominarse 'fronteras del conocimiento'. También es posible pensar no sólo en un plano bidimensional y pasar a otros con tres o más dimensiones, otro campo de exploración más allá del alcance de esta investigación.

3.2.3 Tipos de actividad humana

¿Cómo es posible explicar los síntomas de bienestar y malestar que provocan las tecnologías de medios de comunicación social? Una posible explicación podría ser el tipo y grado de sincronización entre las escalas de espacio y tiempo del sistema observador y del sistema observado. Con respecto a la sincronización dinámica de la perspectiva humana con la dinámica de los medios de comunicación social, Kubey y Csikszentmihalyi (2002) presentaron una investigación sobre cómo vive la gente cada día, en particular, su relación con el vídeo (e.d. la televisión) Ver televisión, siguiendo lo que se dijo en apartados anteriores, se puede clasificar como una situación de bajo nivel de descubrimiento, es decir, una actividad de baja independencia de contexto que ocupa un área en la jerarquía DICES que se denomina Zona de apatía y que ocurre en pequeña escalas de espacio y el tiempo del observador, es decir, relativas a pocas horas y al núcleo personal o familiar.

Estos son algunos de los principales hallazgos de Kubey y Csikszentmihalyi (2002):

- Darse cuenta de cuándo una diversión como ver televisión se ha salido de control es uno de los grandes retos de la vida.
- Aunque la televisión tiene aspectos formales que pueden ayudar a aprender, la manera de hacerla con mayores tasas de cortes y modificaciones puede, eventualmente, producir sobrecarga cognitiva al cerebro reduciendo su capacidad creativa, perseverante a la rutina y tolerante al tiempo no estructurado.
- A diferencia de la televisión, la interactividad de los videojuegos, las computadoras e internet, hace que mantener el control personal sobre los hábitos de su utilización sea hoy, más de lo que nunca había sido, un reto.

Los nuevos medios de comunicación social se basan en la interactividad, un tipo avanzado de capacidad emergente de sincronización. El problema surge cuando esa sincronización no está relacionada con el avance por la Jerarquía DICES ni del observador ni del sistema observado cuando, por ejemplo, el sistema observado se convierte en una realidad virtual (contraria a la realidad real) o una opinión publicada (contraria a la opinión pública) sólo con base en datos o

información.

La cuestión de la dinámica de la vida diaria humana en relación con las escalas de espacio y tiempo y la Jerarquía DICES se puede abordar a través de una propuesta de la psicología (Bellinger, 2004) poco antes de relacionada con este tipo de trabajo y que permite entender, por un lado, la fuerte atracción humana a los nuevos medios de comunicación social y, por otro, para tratar de imaginar cómo se podrían corregir los medios de comunicación social existentes o cómo se podrían crear nuevos, con el fin de introducir en el horizonte nuevas herramientas de soporte para la sostenibilidad.

Csikszentmihalyi (Farmer, 1999) vio las actividades humanas óptimas en lo que llama el 'canal de flujo' o, simplemente, 'el flujo', una trayectoria de movimiento hacia sentimientos de satisfacción personal en función de la adquisición de habilidades y el aumento de los retos en la que se puede entrar si antes no se ha instalado un estado de 'apatía'. Otro tipo de sentimientos van desde la ansiedad (Menos habilidades y Mayores desafíos) al aburrimiento (Más habilidades y Menores desafíos) como se muestra en la Figura 22.

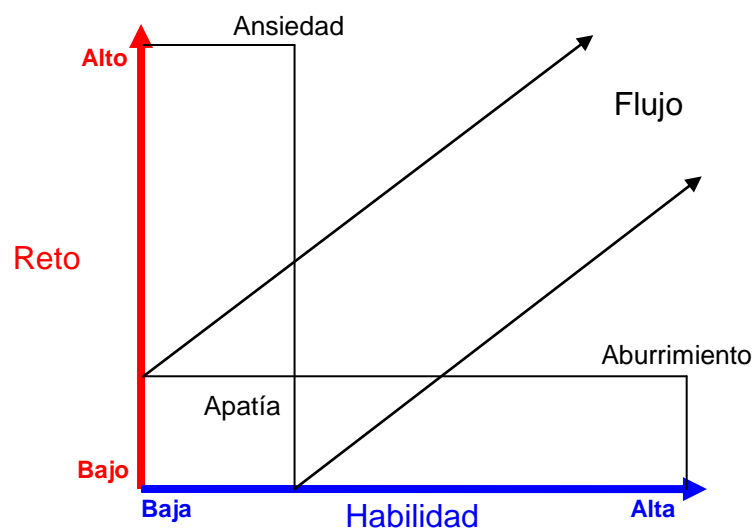


Figura 22. El canal de Flujo
(Farmer, 1999)

La Figura 23 resume los resultados de la investigación empírica de Csikszentmihalyi en términos de los principales sentimientos reportados para las diversas combinaciones de habilidades y retos cuando se realizan diferentes actividades.

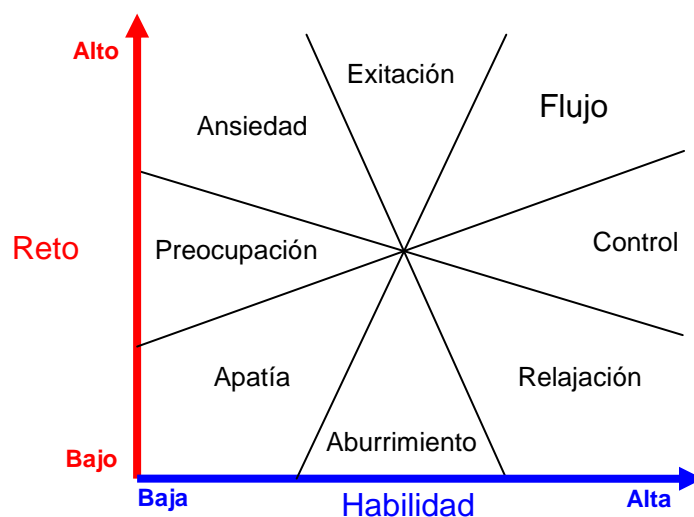


Figura 23. Sentimientos de las dinámicas del diario vivir (Farmer, 1999)

¿Es posible que las actividades del diario vivir humano se conviertan en una experiencia de flujo? ¿En qué escalas de espacio y tiempo de los sistemas observador y observado? Csikszentmihalyi se enfoca particularmente en aspectos de la vida a escalas pequeñas de espacio y tiempo como las del hogar. Argumenta que la mayoría de la gente no parece saber cómo utilizar su tiempo libre. Una aproximación con menos certeza de la ubicación de las diferentes actividades como la de la Figura 24, muestra el lugar típico de actividades generales⁴ de la 'vida de hogar'.

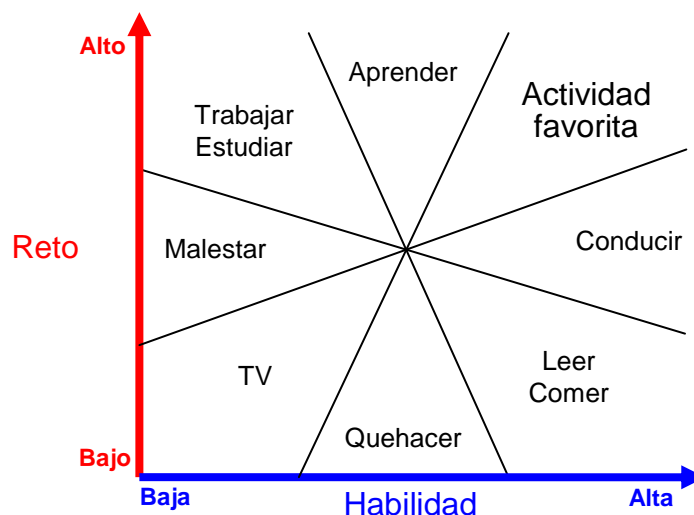


Figura 24. Actividades del diario vivir (Farmer, 1999)

⁴ Como investigación de actividades humanas se deben dar evidencias universales, pero se debe anotar aquí que, por ejemplo, no todo el mundo tiene la oportunidad de 'conducir' o 'estudiar' cuando cientos de millones de personas sobreviven en la pobreza.

De otro lado, regresando a la Jerarquía DICES y siguiendo a Bellinger (2004), se nota que la secuencia datos → información → conocimiento → entendimiento → sabiduría representa un continuo emergente. Es decir, aunque los datos son una entidad discreta, la progresión a información, a conocimiento, a entendimiento y, finalmente, a sabiduría no ocurre en etapas discretas de desarrollo. Hay movimiento a largo del continuo a medida que se desarrolla el nivel de descubrimiento (en relación con el observador) y la independencia de contexto evoluciona (en relación con lo observado).

Todo puede ser relativo, y se pueden tener descubrimientos parciales de relaciones que representan información, de patrones que representan conocimiento, de principios que representan entendimiento y de leyes que son el fundamento de la sabiduría.

Con ello en mente, el siguiente paso es extender la interpretación y el entendimiento de la complejidad en relación con la Jerarquía DICES y el canal de Flujo de Csikszentmihalyi.

Csikszentmihalyi plantea su definición de complejidad con base en el grado en que algo es, simultáneamente, diferenciado e integrado (Bellinger, 2004) De esa manera la complejidad evoluciona a lo largo de un corredor relacionado con el Flujo como se indica en la Figura 25. Lo que tiene un balance apropiado entre diferenciado e integrado se puede clasificar como complejo, mientras que lo complicado está relacionado con altos niveles de diferenciación sin integración y lo mundano con alta integración sin diferenciación.

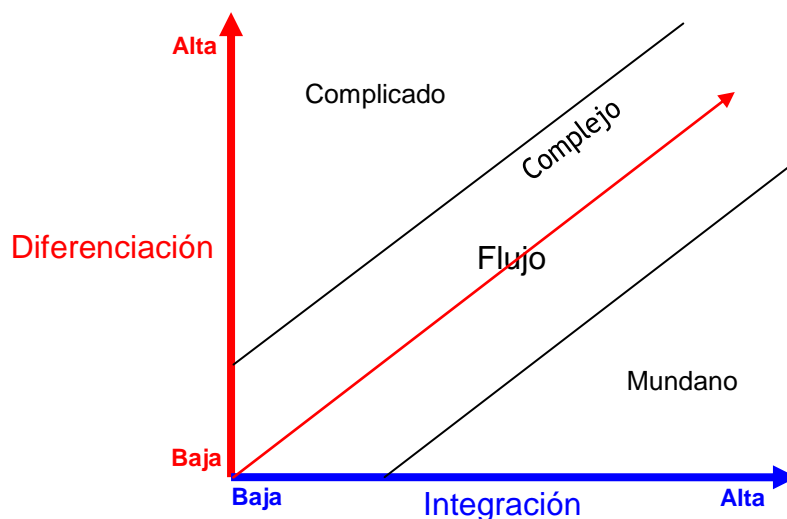


Figura 25. Flujo y complejidad
(Bellinger, 2004)

Finalmente, se pueden relacionar, por un lado, las diferentes variables de la dinámica del

observador (segundo orden) explicadas: nivel de descubrimiento, habilidades e integración y, por otro, las diferentes variables de las características del sistema observado (primer orden): independencia de contexto, retos y diferenciación, y el resultado es un nuevo y revelador plano de estructura, relaciones, sentimientos, jerarquía y dinámicas de la complejidad. La Figura 26 muestra la fusión en la que, haciendo un ejercicio mental, es posible imaginar los puntos de la Figura 19 como una forma de comprender las escalas de espacio y tiempo de la perspectiva humana en relación con la complejidad, con la sostenibilidad.

La gente tiende a evitar lo complicado y no está interesada en lo mundano, sin embargo encuentra que la trayectoria de complejidad existente entre esas dos alternativas es más atractiva (Bellinger 2004) ¿Por qué, entonces, es que la mayoría de las personas encuentra tan difícil organizarse a si mismas para realizar actividades más satisfactorias, y por el contrario persigue a las que provocan apatía? Hay una clara necesidad de superar la resistencia inicial a hacer otra cosa que no sean actividades que ocasionan apatía (Aquellas que no necesitan originarse desde la persona) (Farmer, 1999)

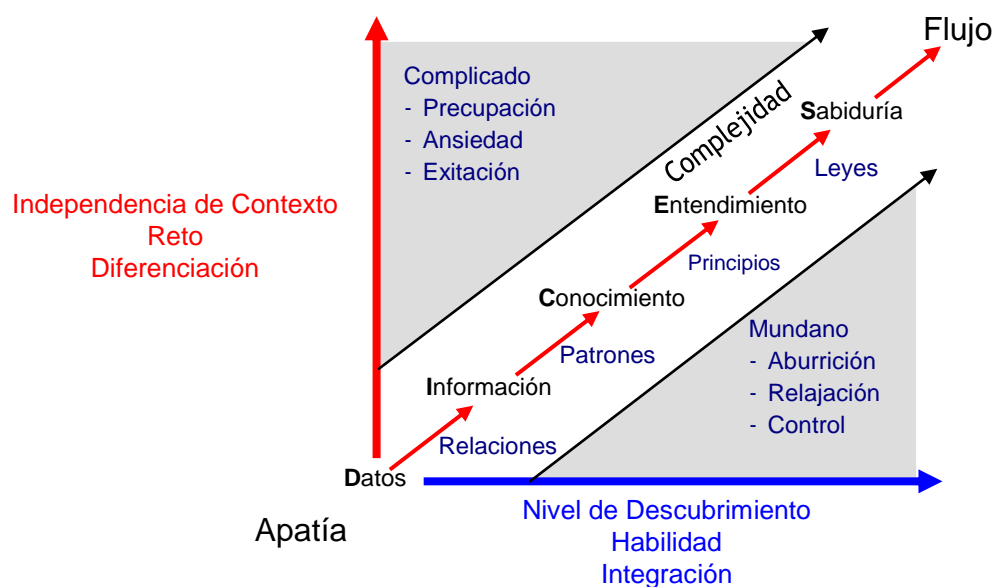


Figura 26. Fusión Jerarquía DICES y Canal de Flujo
(Elaborada por el autor a partir de Bellinger et al., 2002; 2004; Betts, 2003; Farmer, 1999)

En *Finding Flow* (Csikszentmihalyi, 1997) se lo plantea así:

¿Qué hace a una vida serena, útil y que vale la pena ser vivida? La elección es simple: entre hoy y el fin inevitable de nuestros días, podemos elegir entre vivir o morir. La vida biológica es un proceso automático siempre y cuando nos encarguemos de las necesidades del cuerpo. Pero vivir [...] significa, en absoluto, algo que suceda por sí mismo. De hecho,

todo conspira en contra: si no nos hacemos cargo de su dirección, nuestra la vida será controlada por el exterior para servir a los deseos de algún otro organismo u entidad.

Enumerando estos controles vitales exteriores:

- Los instintos biológicamente programados que la utilizarán para reproducir el material genético que lleva;
- La cultura que se asegurará de que la usamos para difundir sus valores e instituciones; y
- Otras personas que tratarán de tomar la mayor cantidad posible de la energía vital de otros para promover sus propias agendas sin tener en cuenta cómo los pueda afectar.

Y proponiendo algunas ideas y alternativas para lograr que cada persona descubra cómo vivir por sí misma superando la espera de una posible e incierta ayuda ajena para vivir, entre las que se pueden resaltar:

[...] No hay esperanza en el pasado. No existe una solución que se encuentre en el presente. Tampoco vamos a estar mejor saltando a un futuro imaginario. El único camino para descubrir de qué se trata la vida, es un paciente y lento intento de darle sentido a las realidades del pasado y a las posibilidades del futuro, como puedan ser entendidas en el presente.

[...] Nos guste o no, cada uno de nosotros está restringido por los límites de lo que podemos hacer y sentir. Ignorar esos límites lleva a la negación y, eventualmente, al fracaso.

[...] Los ciclos de descanso, producción, consumo e interacción son tanto una parte de cómo experimentamos la vida, como nuestros sentidos –vista, oído y demás– lo son. Debido a que el sistema nervioso está construido de una forma tal que sólo puede procesar una pequeña cantidad de información en cualquier momento dado, la mayor parte de lo que podemos experimentar tiene que hacerse en serie, una cosa tras otra.

Entonces, en situaciones apáticas de la vida, es posible hacer dos actividades alternativas: *autotélicas* (endógenas) las que la gente hace por sí misma porque la experiencia es el objetivo principal y *exotélicas* (exógenas) las motivadas por un objetivo exterior. La pregunta es si las escalas de espacio y tiempo de la perspectiva humana dependen de capacidades autotélicas o, si por el contrario, las capacidades autotélicas son las que definen las escalas de espacio y tiempo de la perspectiva humana. Sea lo uno o lo otro, los nuevos medios de comunicación social parecen mejorar la perspectiva a través de lo autotélico y, desde esa forma de actividad, podrían convertirse en elementos de transformación cultural creadores de nuevas dinámicas de sostenibilidad.

3.2.4 Valores

La definición de valor filosófico que se encuentra en el diccionario (Real Academia Española, 2001) dice: “Cualidad que poseen algunas realidades, consideradas bienes, por lo cual son estimables. Los valores tienen polaridad en cuanto son positivos o negativos, y jerarquía en cuanto son superiores o inferiores.”

Es difícil tratar el asunto de los valores pues tienen un rango posible de comprensión que depende más del sujeto que del objeto. Se está frente a un asunto subjetivo. Sin embargo no se puede eludir pues por ser la sostenibilidad una cuestión sistémica y compleja, además de transdisciplinaria, para alcanzarla se debe contar con un sistema de valores que la sustente.

¿Cuáles son esos valores? El trabajo denominado Mapa Cultural Mundial Inglehart-Welzel (Inglehart, 2005), una de las investigaciones más extensas y profundas al respecto, refleja el hecho de que un gran número de valores básicos están estrechamente correlacionados, pues se pueden representar en sólo dos dimensiones de variación transcultural.

Su mapa se basa en las Encuestas de Valores Mundiales diseñadas para proporcionar una medición completa de todas las principales áreas de preocupación humana, desde la religión y la política, hasta la vida económica y social, y lo dominan dos dimensiones de valores: Tradicional/Secular-Racional y Supervivencia/Auto-expresión. Estas dos dimensiones explican más del 70 por ciento de la varianza transnacional en un análisis de factores de diez indicadores.

La dimensión de valores Tradicional/Secular-Racional refleja el contraste entre las sociedades en las que la religión es muy importante y aquellas en las que no. Una amplia gama de otras orientaciones está estrechamente relacionada con esta dimensión. Las sociedades cercanas al polo tradicional hacen hincapié en la importancia de los lazos padre-hijo y en la deferencia a la autoridad, junto con normas absolutas y valores familiares tradicionales, y rechazan el divorcio, el aborto, la eutanasia y el suicidio. Esas sociedades tienen altos niveles de orgullo nacional y una perspectiva nacionalista. Las sociedades con valores Seculares-Racionales tienen preferencias opuestas en todos estos temas.

Otra dimensión de variación transcultural está relacionada con la transición desde una sociedad industrial hacia otra post-industrial que trae una polarización entre los valores de supervivencia y de libre expresión. La riqueza sin precedentes que se ha acumulado en las sociedades avanzadas durante la última generación significa que una parte creciente de la

población ha llegado a un nivel en que asume la supervivencia por sentado. De ahí que sus prioridades han cambiado de un abrumador énfasis en la seguridad económica y física a un creciente énfasis en el bienestar subjetivo, la libre expresión y la calidad de vida.

Por otro lado, Dawkins (2001) reflexiona para establecer, en términos darwinianos, qué hacen los valores por las cosas vivientes. Se pregunta: ¿qué hacen por sus poseedores los valores? Para responder, este autor establece una y otra vez que el valor darwiniano esencial es la supervivencia genética, y a partir de ahí trata de dar significado a lo que los seres humanos entienden normalmente por valores, definiéndolos como *los criterios establecidos en el cerebro mediante los cuales los animales eligen cómo comportarse*. ¿Cuáles son los valores adicionales establecidos en el cerebro por los que se puede esperar que los animales se esfuercen, teniendo en cuenta que el valor esencial es la supervivencia genética? La mayoría de las cosas en el universo no se esfuerzan activamente por nada. Simplemente son. Debe preocupar, dice Dawkins, la minoría que se esfuerza por hacer las cosas, y a esta minoría le da el nombre 'valor-impulsada'.

Los impuestos son un buen ejemplo (Dawkins, 2001) A nadie le gusta pagar impuestos, pero la mayoría los reconoce como necesarios. Los paga como un mal necesario –un diezmo de las propias y egoístas ganancias a corto plazo– interesado en la sociedad como un todo y la esperanza del futuro mejor a largo plazo. Incluso si se tienen hijos se reconoce, como no lo haría ninguna máquina puramente darwinista, la conveniencia a largo plazo de educar a los niños de la sociedad. La mayoría quiere vivir en una nación que educa a sus jóvenes y se preocupa por sus viejos, así que paga sus impuestos aunque rezongue cuando lo hace. Lo que se encuentra mucho más difícil –y parece que no hay nadie en desacuerdo– es el pensamiento de que un individuo pague sus impuestos, pero cualquier otro no. Se indigna profundamente por lo que percibe como una injusticia. Para Dawkins esta sensibilidad a la injusticia es probablemente otro de los valores fundamentales incorporados primitivamente en los humanos: a muchos no les preocupa dar algunos de sus egoístas beneficios para el beneficio futuro de la comunidad, siempre y cuando estén seguros de que el sistema es justo y se aplica correctamente, de manera que otros no lo burlan y dejan de jugar su parte.

Lo mismo es verdadero en la Tragedia de lo Público (Hardin, 1968; Dawkins, 2001) Para los propietarios de ganado es claro, la mayoría de las veces dependiendo de la comunidad en la que estén (Ostrom et al., 1999) que si se ubica un número excesivo de animales en tierra pública, el pastoreo excesivo conducirá a la erosión y a la inanición. En general, la gran mayoría de las personas saben que sería mejor que todos actuaran con moderación e hicieran un uso racionado de la tierra pública. La Tragedia de lo Público está en que el beneficio de

hacer trampa en el uso de los recursos públicos lo tiene la persona que hace la trampa, sólo ella, pero el costo de hacer trampa es a cargo de todo el mundo por igual, no sólo del tramposo sino también de todos los demás. Así que, en principio, en un mundo de restricción voluntaria y sin policía, hacer trampa, lamentablemente, tiene sentido. Si se depende del racionamiento voluntario alguien romperá el convenio y ubicará demasiado ganado en una tierra pública.

La primera reacción de los participantes honestos en la Tragedia de lo Público es una policía fuerte que castigue a los tramposos que hacen uso abusivo de los recursos públicos. Una alternativa es cercar, dividir la tierra, de manera que cada ganadero o agricultor independiente tenga su propia parcela pequeña y de esa manera tanto los costos del exceso, como los beneficios del pastoreo o de la cosecha estén exclusivamente a su cargo. Por esto es que, en última instancia, muchas de las tierras agrícolas y ganaderas están cercadas y es, por cierto, por lo que la territorialidad es tan común en el reino animal. La tragedia del mar y de la atmósfera está en que no se pueden cercar de esta manera y entonces se cazan ballenas hasta su extinción o se expulsan gases de efecto invernadero tranquilamente, con el beneficio inmediato para los individuos, comunidades, industrias o estados que lo hacen pero los costos compartidos entre todos por igual.

Pero hay otras alternativas (Ostrom et al., 1999) para afrontar la Tragedia de lo Público que han resultado efectivas para relacionarse con reciprocidad y hacer uso sostenible de los recursos públicos como:

- Propiedad Individual en la que los derechos sobre los recursos los tienen individuos (o empresas) que pueden excluir a otros
- Propiedad Grupal en la que los derechos sobre los recursos los tiene un grupo de usuarios que puede excluir a otros
- Propiedad Estatal en la que los derechos sobre los recursos los tiene el estado que regula o subsidia su uso

Los ecosistemas y los servicios que prestan son los recursos públicos primordiales. Costanza et al. (1997) han trabajado ampliamente el asunto de valoración económica de los servicios de los ecosistemas y abordan el asunto desde lo moral. Indican que un argumento frecuente es que todos debemos proteger los ecosistemas por razones puramente morales o estéticas, y que desde ese punto de vista no es necesario valorarlos (en el sentido económico) Pero igualmente hay argumentos morales que pueden estar en conflicto directo con el argumento moral para proteger los ecosistemas como el de que nadie debe pasar hambre. Así, los argumentos morales trasladan el problema de valoración y decisión a un conjunto diferente de dimensiones y a un discurso de lenguaje diferente que aumenta el problema. Concluyen

reflexionando que los argumentos morales y económicos no son mutuamente excluyentes y que son debates que pueden y deben ir en paralelo.

Hardin (1968) los registra así: *la libertad en el patrimonio público trae ruina para todos, ¡ojala fuera para todos lo público!* En cierto sentido, eso se aprendió hace miles de años, pero la selección natural favorece a las fuerzas de la negación psicológica. Es una realidad trágica que los beneficios egoístas individuales, y la sociedad como un todo del que se hace parte, sufren finalmente cuando se niega la verdad. La educación podría contrarrestar esa tendencia natural que lleva a las cosas vivas a hacer semejante gran mal, pero la inexorable sucesión de generaciones requiere que las bases de este conocimiento se actualicen constantemente.

Sobre el mal como valor, Dawkins (2001) analiza que muchas de las cosas a las que se les llaman males parecen más naturalmente fáciles de seguir desde la perspectiva darwiniana. No es necesario hacer hincapié en que se espera que el egoísmo, la crueldad, la agresión o pasar por encima de las necesidades de otros más débiles que nosotros mismos, sean parte del resultado de la selección natural darwiniana. Siendo un apasionado darwiniano en el sentido académico, y que defiende científicamente que el darwinismo es la explicación más acertada hasta el momento de la vida, también se siente un apasionado anti darwiniano cuando se trata de valores que se derivan de la propia vida. En resumen, Dawkins puntualiza que una muy buena definición del tipo de sociedad en la que no quiere vivir es una que se base en los principios del darwinismo.

A la hora de aproximarse al análisis y síntesis de valores cuando se trabaja con modelos de sistemas es necesario tener presente que la moralidad de un acto se puede entender como una función del estado del sistema en el momento en que se realiza (Fletcher, 1966 citado en Hardin, 1968) Esta importante alerta, que la moralidad es sensible al sistema, escapó de la atención de la mayoría de los codificadores de la ética en el pasado. El "No deberás...", que es la forma típica de las directivas éticas tradicionales, no deja cabida para circunstancias particulares. La gran mayoría de las leyes de nuestras sociedades siguen ese patrón de la ética antigua y, por lo tanto, no son apropiadas para gobernar un mundo complejo, abarrotado de gente y que cambia continuamente.

¿Qué valores podrían fomentar a la sostenibilidad? Desde el punto de vista darwiniano (Dawkins, 2001) el problema es que la sostenibilidad tiene que ver con los beneficios a largo plazo del ecosistema a expensas de los beneficios a corto plazo. El darwinismo fomenta precisamente los valores contrarios. El beneficio genético a corto plazo es todo lo que importa en un mundo darwiniano. Superficialmente, los valores que se habrán construido en nosotros

son los de corto plazo, no los de largo.

¿Qué hacer entonces? Por lo pronto, tener en cuenta que es un error pensar (Hardin, 1968) por ejemplo, en que se puede controlar la reproducción de población humana haciendo y apelando a llamados a la conciencia como lo puntualizó Charles Galton Darwin al hablar en el centenario de la publicación del libro de su abuelo. Se trata de un argumento sencillo y darwiniano, que lleva a concluir, en general, que cualquier instancia en que la sociedad apele a un individuo que explota un recurso público para que frene de hacerlo por el bien general –por medio de su conciencia– es crear un sistema selectivo que trabaja para la eliminación de la conciencia de la especie. Como lo señalan Ostrom et al. (1999) la investigación empírica y teórica estimulada en los últimos 30 años por el artículo de Garrett Hardin ha demostrado que las tragedias de los recursos públicos son reales, pero no inevitables. Resolver los dilemas de la utilización sostenible de recursos públicos no es fácil ni está libre de errores, incluso en la escala local.

Como exponen Ostrom et al. (1999) los humanos adoptan en muchos casos una perspectiva limitada, egoísta e interesada, pero también son capaces de utilizar, y utilizan, la reciprocidad para superar dilemas sociales. La cooperación recíproca entre individuos y comunidades se puede establecer, sostener a sí misma e incluso crecer, si la proporción de los que siempre actúan de una manera limitada y egoísta no es demasiado alta inicialmente. Que la gente sea capaz de auto organizarse y administrar los recursos públicos también depende de la configuración local social en la que viven. Aún así, contar con normas adaptadas no siempre es suficiente para evitar la sobreexplotación. Los participantes o las autoridades externas deben diseñar deliberadamente, y luego vigilar y hacer cumplir, las normas que limitan quién o quienes puede utilizar un recurso público, especificar cuánto y cuándo se permitirá ese uso, crear y financiar acuerdos formales de vigilancia y establecer sanciones en caso de que no se cumplan.

3.2.5 Pobrezas a Escala Humana

Para analizar y sintetizar la pobreza con el soporte de modelos informáticos, es necesario abordar su estudio con una visión general que se apoye en diversas perspectivas históricas y marcos de referencia, establecer factores que la determinan, revisar las formas de medición, concebirla como característica de un sistema complejo, establecer su relación con las desigualdades y con la riqueza y analizar los principales programas para su disminución (Gallón y Ramirez, 2007)

Introducción

La pobreza ha sido una compañera fiel del hombre durante toda la historia conocida, como también ha sido compañera la riqueza, es decir que tanto pobreza como riqueza son conceptos complementarios que conducen necesariamente a la introducción del concepto de desequilibrio en forma de desigualdades en un espacio y tiempo particular.

Se vive en un mundo de desigualdades, de distribuciones poco equitativas, de diferencias marcadas. El mundo puede dividirse (Landes, 1998) en tres tipos de naciones:

- Aquellas en las que las personas gastan enormes cantidades de dinero para controlar su peso
- Aquellas en las que las personas comen para vivir, y
- Aquellas en las que las personas no saben de dónde vendrá la próxima comida.

La UNESCO nació el 16 de noviembre de 1945. Lo más importante para este organismo no es construir escuelas en países devastados o publicar hallazgos científicos. Su objetivo es mucho más amplio y ambicioso:

Construir la paz en la mente de los hombres mediante la educación, la cultura, las ciencias naturales y sociales y la comunicación.

Como se muestra a continuación, las ideas de Landes y de la UNESCO se relacionan entre sí una vez se explora el concepto de pobreza desde diversas perspectivas como su definición, su medición, su concepción como sistema complejo, su relación con la desigualdad y con la riqueza y sus posibles soluciones. Así, es posible entender su existencia como situación de vida en los entornos de construcción de la paz en la mente de los hombres. En particular se trata de:

- Explorar diferentes definiciones vigentes de pobreza
- Indagar sobre diferentes factores que determinan la pobreza
- Explicar las formas de cuantificación y medición de la pobreza
- Presentar los indicadores más reconocidos para medir la pobreza
- Analizar la relación entre pobreza y desigualdades
- Explorar la relación de pobreza, el ambiente y la población
- Presentar programas locales y globales de reducción de la pobreza

Definiciones

Aunque la visión de un mundo de diferencias sociales (pobres y ricos) es muy antigua, el estudio científico de la medición de la pobreza se remonta al siglo XX, quizás porque hasta ese siglo se consolida el Estado como unidad de análisis y con ello se empieza la producción sistemática de datos empíricos comparables entre los distintos países.

A principios del siglo XVIII se realizaron las primeras encuestas sociales y la pobreza fue uno de los temas abordados, aunque no con el objetivo de cuantificarla, sino por la creencia de que en las sociedades industriales la pobreza era un problema social terrible pero también evitable. En 1776, Adam Smith definió la pobreza como:

... una falta de aquellas necesidades que la costumbre de un país hace que sea indecente, tanto para la gente acomodada como para la de clase más baja que carece de ellas.

Booth fue el primero que combinó la observación de la pobreza con un intento de medir matemáticamente la extensión del problema entre los años 1892 y 1897. Fue el mismo autor, quien elaboró un mapa de la pobreza en Londres en esos mismos años. Rowntree elaboró en 1901 un estudio de la pobreza en York utilizando un concepto basado en requerimientos nutricionales. Desde ese momento se han desarrollado metodologías para la medición de la pobreza (Atkinson, 1987)

No es hasta los años 40 del siglo XX cuando se ‘descubre’ la pobreza a escala mundial en los primeros informes de lo que sería luego el Banco Mundial (Sachs, 1992) En tales condiciones, la pobreza era entendida como una operación estadística de carácter comparativo que afectaba los ingresos per cápita de los diferentes Estados. Desde esta perspectiva se deriva una estructura mundial: países de mayor renta y países de renta inferior. Un país pobre es el que queda por debajo de un determinado nivel de renta o umbral. En 1948 el Banco Mundial define como pobres a los países con una renta por habitante menor a US\$100 y por primera vez, naciones enteras y países son considerados (y se consideran a sí mismos) como pobres en el sentido de que sus ingresos son comparados con aquellos países que dominan el mundo económico. Esta perspectiva, lejos de estar en desuso en la actualidad, ha sido completada con aportes empíricos y teóricos y continúa siendo una de las principales fuentes de información y referencia para descripción y análisis de la pobreza.

Durante la década de 1950 se consideró que el crecimiento era el principal instrumento de reducción de la pobreza. Sin embargo, desde el propio Banco Mundial, ya en los años 70, se

produce una reconducción en el término pobreza debido a los deficientes resultados de los programas económicos para reducirla. Se empieza a hablar de pobreza absoluta y de niveles de vida, sobre los que pesa una clara delimitación o franja a partir de la cual se es más pobre.

En la década de los 80 se comienza a tratar a la pobreza desde una nueva perspectiva, la del desarrollo humano, de manera que se considera como un asunto multidimensional y se incorporan aspectos como la educación, la sanidad y más recientemente, el ambiente. El Informe sobre Derechos Humanos de 1997 del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) da por primera vez una noción moderna de pobreza global en el contexto del desarrollo.

A lo largo de la historia se han dado variaciones importantes en cuanto al peso y la significación de la pobreza en distintos tipos de sociedad y en diferentes períodos, es por este motivo que el análisis de la pobreza se llega a convertir en un análisis de clases de pobreza. Por eso, uno de los problemas que se enfrenta cuando se estudia este concepto, es el universo de definiciones disponibles en diferentes ámbitos como los que se presentan a continuación.

Para empezar, estas son las definiciones que se encuentran en el diccionario de la Real Academia Española de la lengua (Real Academia Española, 2001):

pobre. (Del lat. *pauper*, -*ēris*)

1. adj. Necesitado, que no tiene lo necesario para vivir. U. t. c. s.
2. adj. Escaso, insuficiente. *Esta lengua es pobre de voces.*
3. adj. Humilde, de poco valor o entidad.
4. adj. Infeliz, desdichado y triste.
5. adj. Pacífico, quieto y de buen genio e intención.
6. adj. Corto de ánimo y espíritu.
7. com. Mendigo.

pobreza. (De *pobre*)

1. f. Cualidad de pobre.
2. f. Falta, escasez.
3. f. Dejación voluntaria de todo lo que se posee, y de todo lo que el amor propio puede juzgar necesario, de la cual hacen voto público los religiosos el día de su profesión.
4. f. Escaso haber de la gente pobre.
5. f. Falta de magnanimidad, de gallardía, de nobleza del ánimo.

De otra parte, están estas definiciones del inglés (Merriam-Webster 2008):

poor. Function: *adjective*. Etymology: Middle English *poure*, from Anglo-French *povre*, *pore*, from Latin *pauper*; akin to Latin *paucus* little and to Latin *parere* to give birth to, produce

1. **a:** lacking material possessions. **b:** of, relating to, or characterized by poverty
2. **a:** less than adequate. **b:** small in worth.
- 3.: exciting pity <you *poor* thing>
- 4.: inferior in quality or value
- 8.: lacking a normal or adequate supply of something specified -- often used in combination <oil-*poor* countries>

poverty. Function: *noun*. Etymology: Middle English *poverté*, from Anglo-French *poverté*, from Latin *paupertat-*, *paupertas*, from *pauper* poor

1. **a:** the state of one who lacks a usual or socially acceptable amount of money or material possessions. **b:** renunciation as a member of a religious order of the right as an individual to own property.
3. **a:** debility due to malnutrition. **b:** lack of fertility

poverty line. Function: *noun*

- 1.: a level of personal or family income below which one is classified as poor according to governmental standards -- called also *poverty level*

Luego de revisar los idiomas y su aproximación a la definición de pobreza, se puede avanzar en su conceptualización y entendimiento revisando el trabajo realizado en este sentido por organizaciones especializadas como el Banco Mundial, entidad cuya misión estratégica es, precisamente, 'ayudar a reducir la pobreza'. El banco responde así a la pregunta ¿qué es pobreza? (World Bank, 2008b):

- Hambre
- Falta de abrigo
- Enfermar sin poder ver a un médico
- No tener acceso a una escuela y no saber leer
- No tener un trabajo
- Tenerle miedo al futuro
- Vivir al día
- La muerte de un niño por alguna enfermedad causada por no tener agua potable
- Impotencia
- Falta de representación y de libertad

Y continúa puntualizando:

La pobreza tiene muchas caras que cambian de un sitio a otro y a través de tiempo, y se ha descrito de muchas maneras. Casi siempre, la pobreza es una situación de la gente desea escaparse. Es decir, la pobreza es una llamada a la acción –tanto para el pobre como para el rico– una llamada a cambiar el mundo de modo que muchos más puedan tener suficiente comida, abrigo, acceso a la educación y a la salud, protección contra violencia, y una voz de lo que sucede en sus comunidades.

Pero el trabajo no queda ahí. La década de 1980 llegó a ser muy importante para la conceptualización crítica de un asunto relacionado con la pobreza: el desarrollo sostenible. Uno de los resultados de esa nueva visión fue una postura intelectual frente al desarrollo que lo repensó como un asunto a escala humana, es decir, teniendo como protagonista fundamental a la persona y no a los asuntos u objetos exteriores a ella (Max-Neef et al., 1994)

Max-Neef y sus colegas invitaron a avanzar más allá del pensar exclusivamente en satisfactores como alimentación, abrigo, educación o salud, a hacerlo, además, en necesidades como subsistencia, entendimiento o protección. Esta nueva propuesta de ampliación en la conceptualización y el pensamiento de la pobreza implicó la formulación de nuevos paradigmas como:

- Las necesidades humanas fundamentales son finitas, pocas y clasificables.
- Las necesidades humanas fundamentales son las mismas en todas las culturas y en todos los períodos históricos.
- Lo que cambia, a través del tiempo y de las culturas, es la manera o los medios que se utilizan para la satisfacción de las necesidades.
- Lo que está culturalmente determinado no son las necesidades humanas fundamentales, sino los satisfactores de esas necesidades.
- Uno de los aspectos que definen a una cultura es su definición de satisfactores.
- El cambio cultural es –entre otras cosas– consecuencia de abandonar satisfactores tradicionales para reemplazarlos por otros nuevos y diferentes.

De esta manera se sentaron las bases para proponer que había que dejar de pensar en *la pobreza* y en empezar a pensar en *las pobrezas* como múltiples formas de desdicha y tragedia humana. De cierta forma fue utilizar la estrategia de dividir un problema sistémico y complejo en partes que permitieran franquear la barrera inútil e infructuosa de atacar la pobreza como un sólo problema del tipo causa-efecto reducido a lo monetario. Max-Neef (1994) sí lo considera:

El concepto tradicional de pobreza es muy limitado y restringido, ya que se refiere

exclusivamente a la situación de aquellas personas que pueden clasificarse por debajo de un determinado umbral de ingreso. La noción es estrictamente economicista. Sugerimos no hablar de pobreza, sino de pobrezas. De hecho, cualquier necesidad humana fundamental que no es adecuadamente satisfecha revela una pobreza humana.

Luego da evidencia de los diferentes tipos de pobreza que se pueden observar, como:

- Hay una pobreza de Subsistencia (si la alimentación y el abrigo son insuficientes)
- Hay una pobreza de Protección (si hay sistemas de salud ineficientes, la violencia, carrera armamentista, etc.)
- Hay una pobreza de Afecto (si hay autoritarismo, opresión, explotación inadecuada del ambiente natural, etc.)
- Hay una pobreza de Entendimiento (si hay educación deficiente)
- Hay una pobreza de Participación (si hay marginación y discriminación de cualquier tipo)
- Hay una pobreza de Identidad (si se imponen valores extraños a las culturas locales y regionales, o se obliga a la emigración forzada, el exilio político, etc.)
- ...y así sucesivamente.

Pero las pobrezas no son sólo pobrezas, son mucho más que eso. Cada pobreza genera problemas en el sentido de que cualquier necesidad humana fundamental no satisfecha de manera adecuada produce una patología, toda vez que rebasa por su intensidad o duración, ciertos límites críticos. Y una patología, dada su complejidad, sólo puede enfrentarse desde la transdisciplinariedad. Así, cualquier programa que pretenda atacar la pobreza y que no se haga desde la transdisciplinariedad, fracasará irremediabilmente tarde o temprano.

Finalmente no se puede dejar a un lado al grupo de pobres dentro de los pobres: los miserables. Si la pobreza es una dimensión subjetiva, una carencia con relación a aquello que se desearía tener, una diferencia, una inequidad, una incapacidad de acceder a lo que la sociedad define como bien o bueno, una exclusión del modo de vida dominante, y lo que hace ser pobre es el hecho de tener menos en relación con determinada norma sociocultural que orienta y estimula los deseos, la miseria, definida objetivamente, es la carencia total de condiciones, tanto físicas como emocionales o psicológicas, para un desarrollo físico o psíquico que no dependa de malformaciones de carácter patológico del ser humano (Stahel, 2002)

Factores

Existen numerosos factores que se deben tener en cuenta para el estudio de la pobreza. El

primero tiene relación con los modelos y tipos de economía de las comunidades humanas en los que se pueden identificar, por ejemplo, tipos de crecimiento económico (Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad, 2005b) como:

- *Empobrecedor*: el crecimiento económico está acompañado de incrementos en la pobreza.
- *Filtrado*: el crecimiento económico reduce la pobreza pero los no pobres reciben mayores beneficios proporcionalmente.
- *Pro-pobre*: El crecimiento económico reduce la pobreza pero los pobres reciben mayores beneficios proporcionalmente.

Una de las características de las sociedades modernas industrializadas es la relación de los términos desarrollo y producción, y la asociación inmediata de la escasez de recursos como justificante para aumentar el crecimiento económico. Es así como la reducción de la pobreza ha sido el centro de discusiones políticas, tanto internacionales como locales, que buscan formas que permitan llevar a los países en desarrollo, con bajos niveles de producción medidos principalmente por el PIB, a niveles satisfactorios de desarrollo.

Esta idea de progreso ha calado en los programas de ayuda a las naciones más desfavorecidas pero ha introducido otros factores que, lejos de ayudar en la reducción de la pobreza, han generado problemas mayores, no sólo por crear una nueva estructura de necesidades –tanto subjetivas como objetivas– sino también por destruir la forma por la cual tales sociedades suplían la necesidad de recursos. De esta manera se crea y se reproduce la pobreza al destruir las complejas redes sociales y ecológicas con las cuales se reproducían los recursos antes de la llegada de la ‘asistencia’, sustituyéndolas por un sistema de relaciones mediadas por el mercado y centradas en la lógica de valor monetario de las mercancías (Stahel, 2002)

Aparecen entonces las trampas de pobreza (Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad, 2005a; 2005b) en las que las familias quedan atrapadas, generación tras generación, cuando existe un círculo vicioso que contrarresta los esfuerzos de los pobres, y a su vez alimenta las condiciones que crearon esta situación. En otras palabras las familias quedan atrapadas por unas condiciones que se retroalimentan y que frecuentemente empeoran su situación. En la Tabla 18 se hace una clasificación de los diferentes tipos de trampas.

Otras trampas vienen disfrazadas de beneficios. Tal es el caso de la globalización, que da por hecho un incremento en la distribución desigual de la economía mundial, porque algunos sectores de la sociedad, particularmente los trabajadores con poca preparación técnica han sido marginados y rezagados ensanchando la brecha de desigualdad. Dicha desigualdad se acentúa mayormente en los países desarrollados en donde se requieren trabajadores más

especializados por los cambios constantes en la tecnología.

Tabla 18. Trampas de pobreza

(Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad, 2005a; 2005b)

| Trampas Individuales | Trampas Regionales | Trampas Nacionales |
|--|--|--|
| Trabajo Infantil Analfabetismo o bajo nivel educativo Falta de capital de trabajo No aseguramiento Barreras de acceso a información Desnutrición y enfermedad Demografía Tipo de uso de tierras Criminalidad y violencia Ausencia de identificación | Entorno físico y geográfico Estructura fiscal Estructura ambiental Baja cualificación Desplazamiento forzado | Desigualdad-Crecimiento Ahorro-Inversión-Crecimiento Profundización Financiera Terrorismo-Inversión |

Otro factor que se puede mencionar es la desigualdad de género, con la inserción de las mujeres en distintos sectores de la economía, pero con un ingreso menor y muchas veces acompañado de menor capacitación. Este factor se agrava en aquellos países donde no se permite la educación formal a las niñas y, por lo tanto, su inserción en el mercado laboral presenta mayor desigualdad de oportunidades.

Desde un punto de vista antropológico (Harris, 1977) la intensificación de la producción (la utilización de más tierra, agua, minerales o energía por unidad de tiempo o área) es una respuesta recurrente a las amenazas sobre los estándares de vida que se produce al tener que compartir los mismos recursos entre mayor cantidad de población. Cuando la intensificación llega a un punto de declinación de la eficiencia, los estándares de vida también se ven reducidos (aparecen la escasez de recursos y la pobreza), lo que se traduce en menos alimento, abrigo y otros satisfactores e inevitablemente está relacionado a la depredación del ambiente, dado que los esfuerzos por mantener la intensificación son cada vez mayores.

Históricamente, cuando los estándares de vida se han visto disminuidos, la respuesta llega por nuevos o más eficientes significados de producción y nuevos cambios tecnológicos que, tarde o temprano, conducen al mismo círculo vicioso que pone en desventaja a los más débiles y al ambiente natural. Teóricamente, el camino más sencillo para alcanzar estándares de vida satisfactorios no es incrementar la producción sino controlar la población. Sin embargo, aunque se han realizado esfuerzos importantes en el control de población, la respuesta sigue siendo insosteniblemente el incremento de la producción y sus impactos en el medio ambiente.

Un factor adicional que puede mencionarse es la dependencia geográfica de la pobreza. Desde que Adam Smith planteó que "la geografía física de una región puede influir en su desempeño

económico”, se ha concebido la idea de que la geografía juega un rol importante en la distribución del ingreso mundial y el crecimiento económico. En varios estudios (Sachs et al., 2001) se señala que las regiones costeras y aquellas que están cerca de canales navegables son más ricas y mejor posicionadas que las que están en el interior continental. Un aspecto asociado a la geografía es el clima del área pues se considera que puede afectar o beneficiar el desarrollo económico. Así, naciones en climas tropicales muestran altas tasas de enfermedades infecciosas y baja productividad agrícola, lo mismo aplica para zonas desérticas. No por casualidad, muchas de las regiones más pobres en el mundo cumplen ambas características (distanciadas de océanos y una ecología tropical o desértica)

Finalmente es particularmente revelador un estudio sobre lo que piensan y dicen los pobres (World Bank, 2001) A la pregunta: ¿qué hace posible la buena vida? se encontró que independientemente de su diversidad o localización específica, hay una concordancia llamativa de experiencias en diferentes países, culturas, áreas rurales o urbanas, edades o géneros. La gente explica el bienestar o el malestar en términos de cinco dimensiones relacionadas:

- *Bienestar material*: comida, habitación, vestuario, incertidumbre de medios de subsistencia
- *Bienestar físico*: salud física, fortaleza y apariencia
- *Seguridad*: paz mental y confianza en la supervivencia
- *Libertad de opción y acción*: poder para controlar la propia vida, y
- *Buenas relaciones sociales*: tanto familiares como comunitarias.

Cuando se les preguntó qué pasaba con el sistema, la gente pobre de todas las geografías describió cuatro problemas recurrentes y sistémicos que afectan adversamente su vida: *corrupción, violencia, impotencia e inseguridad del sustento.*

Estado y dinámica

Si se pudiera reducir la población humana del planeta a un asentamiento con exactamente 100 personas, sería algo como esto (Adaptación de Meadows, 1990):

- 60 asiáticos, 14 africanos, 12 europeos, 8 latinoamericanos, 5 norteamericanos y 1 australiano y neozelandés
- 49 mujeres y 51 hombres
- 82 no blancos
- 67 no cristianos
- 89 heterosexuales

- 5 controlarían el 32% de toda la riqueza y serían de Estados Unidos
- 80 tendrían viviendas inadecuadas, 76 no tendrían electricidad, 93 no tendrían acceso a Internet, 67 no tendrían acceso a agua potable
- 67 no sabrían leer, sólo 1 tendrá educación universitaria
- 50 sufren de desnutrición
- 1 estaría próximo a morir de hambre, 1 tendría SIDA
- 2 estarían próximos a nacer, 1 estaría próximo a morir
- 8 viven en situación de guerra
- 50 no pueden practicar sus creencias sin ser atacados
- 25 tienen seguridad de su alimentación, vestido y vivienda
- 8 puede tener dinero en un banco o el bolsillo

Lo anterior de una idea de las proporciones del estado de la riqueza y la pobreza en el mundo entorno al año 2000. Pero el asunto no para ahí, según datos del programa de las Organización de la Naciones Unidas (ONU) conocido como los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (United Nations, 2000) hay en el mundo:

- 1.200 millones de personas viven con menos de un dólar al día
- 800 millones de personas se acuestan con hambre cada día
- 28.000 niños mueren cada día por causas derivadas de la pobreza

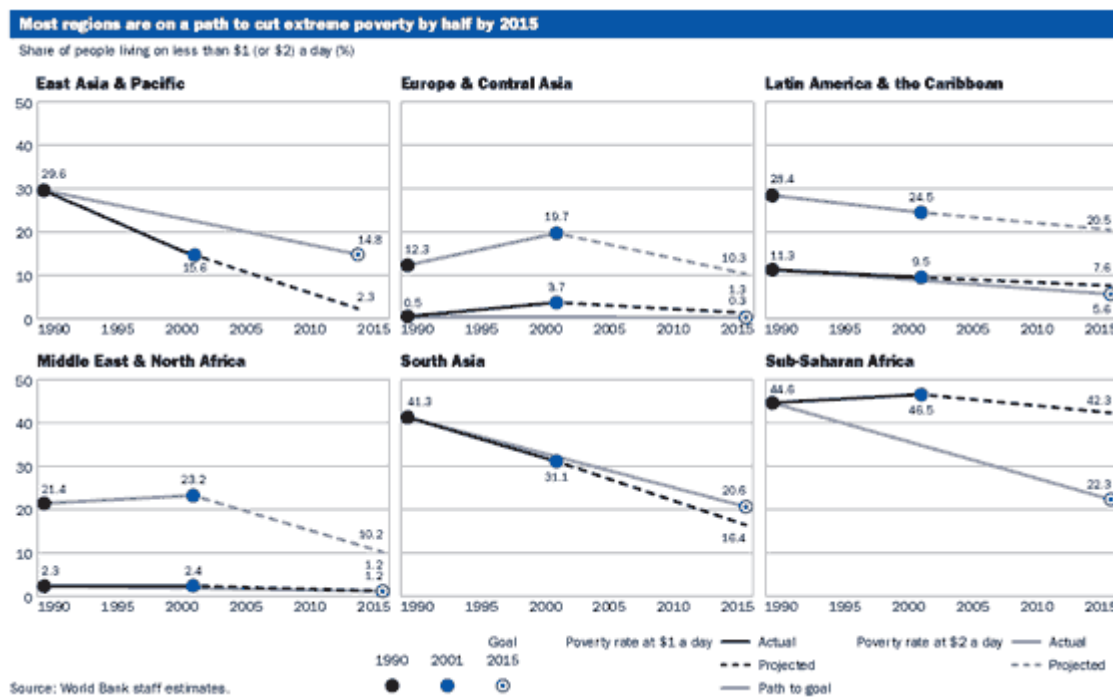


Figura 27. Dinámica de la pobreza extrema (World Bank, 2008b)

En la década 1995-2005 aumentó la pobreza infantil en 17 de los 24 países que forman la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (United Nations Children’s Fund, 2005) El Banco Mundial estima que la dinámica de los niveles de pobreza se dará como se observa en la Figura 27.

Sin embargo se puede afirmar que las situaciones de pobreza en el mundo han mejorado y tienden a seguir haciéndolo pues se ha visto una disminución durante los últimos seis años con una tendencia que va a continuar en los próximos años. Se estima que entre 2005 y 2010, el número total de personas pobres en todo el mundo se redujo de más de 1,300 millones en 2005 a menos de 900 millones en 2010. De cara a 2015, la pobreza extrema podría descender a menos de 600 millones de personas. Una reducción de la pobreza de esta magnitud no tiene parangón en la historia: nunca antes tanta gente había salido de la pobreza en un período tan breve de tiempo (Chandy y Gertz, 2011)

Necesidades-a-Deseos

Las relaciones sistémicas que existen entre las demandas del crecimiento de la población sobre los recursos naturales y la degradación del medio ambiente se presentan en dos situaciones estructurales (Fernández, 2007): una en la que la mayoría de la población tiene una disponibilidad minoritaria de recursos y energía (renovables y no renovables) para satisfacer sus necesidades de supervivencia individual, y otra en la que la minoría de la población tiene una disponibilidad mayoritaria de recursos y energía para satisfacer, no sólo sus necesidades de supervivencia, sino también sus deseos individuales.

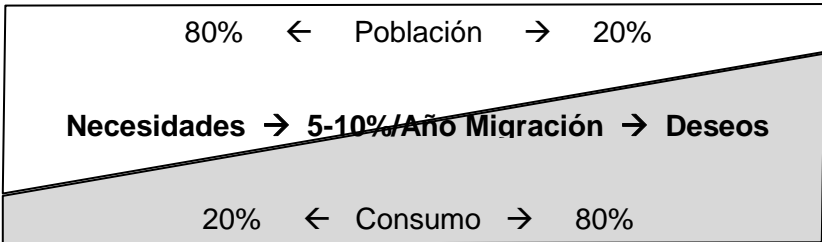


Figura 28. La migración necesidades-a-deseos (Fernández, 2007)

Las consecuencias dinámicas de esa estructura dejan una *huella de población y consumo* sobre los recursos renovables, que se pueden consumir indefinidamente siempre y cuando no

se sobreexplota la capacidad (estructural y dinámica) de servicio de los ecosistemas que los proveen, caso en el que incluso se consideran potencialmente renovables, y sobre los no renovables, que no se pueden consumir para siempre y se reduce su tiempo de disponibilidad. La Figura 28 muestra la estructura y la dinámica de esta interpretación considerando la movilidad originada por las fuerzas *Necesidades-a-Deseos* en la que grandes masas de la población hacen una rápida transición desde 'satisfacer necesidades' a 'satisfacer necesidades y deseos', desde ser pobres a dejar de serlo.

Los Yanomamö viven a lo largo del río Orinoco, frontera natural entre Brasil y Venezuela son un pueblo de humanos cazadores-recolectores cuyo promedio de ingresos anuales se ha estimado en el equivalente de US\$90 por persona por año. Los habitantes de Manhattan viven a lo largo del río Hudson, frontera de los estados de Nueva York y Nueva Jersey en los Estados Unidos; son comerciantes y consumidores cuyo promedio de ingresos anuales se ha estimado en US\$36.000 dólares por persona por año. La diferencia en el ingreso de 400 veces, sin embargo, palidece en comparación con las diferencias en *Stock Keeping Units (SKU)*, una medida del número de tipos de productos de venta al público, que se ha estimado en 300 para los Yanomamö y en 10 mil millones para los habitantes de Manhattan. Una diferencia de 33 millones de veces (Beinhocker, 2006)

Este es un cambio notorio en las condiciones equilibrio entre población, consumo y capacidad ecosistémica de recursos que se podría resumir como: *las cosas se están poniendo mejor y mejor, peor y peor, más rápido y más rápido*, considerando que, simultáneamente, el conocimiento y las infraestructuras tecnológicas que soportan la longevidad de la población y el consumo de recursos, se están haciendo mejores, más eficaces y permeantes, siguiendo trayectorias exponenciales.

Cuantificación y Medición

La pobreza no es un dato objetivo simple, mensurable, al contrario de lo que ocurre con la miseria o la desnutrición. Sin embargo, y según se vio en la sección de definición, no se puede ir a ciegas, sin mediciones o puntos de referencia para poder tener elementos de solución.

Para enfrentar el reto, los países, unos más y otros menos, han organizado rigurosamente equipos de trabajo que permiten comprender cómo enfrentar el problema y entre las primeras actividades que desarrollan está revisar y decidir qué estrategia seguir para cuantificar y medir la pobreza. En la Figura 29 se puede observar la taxonomía desarrollada por la Misión para

una Estrategia de Reducción de la Pobreza y la Desigualdad (MERPD) de Colombia como herramienta de divulgación. Según esa clasificación, estos son ejemplos de cuantificaciones y medidas.

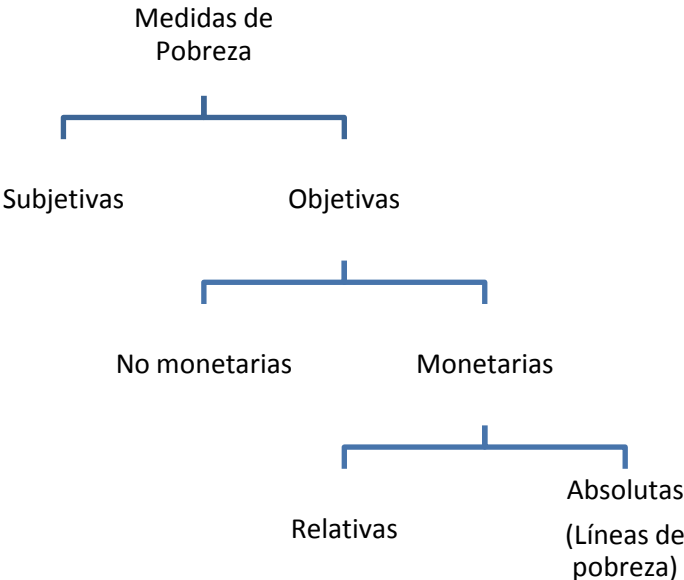


Figura 29. Taxonomía de mediciones de la pobreza
(Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad, 2005a)

Subjetivas

Se realizan primordialmente mediante encuestas haciendo preguntas del tipo: ¿su hogar se considera pobre? En estos casos los resultados indican que las personas hacen comparaciones muy complejas y que sus patrones de referencia para la respuesta están muy ligados a una revisión de toda la sociedad, es decir, está medición sería más realista si la gente sólo comparara su situación con la de su comunidad, pero la gente compara su situación, no sólo con la de su comunidad, sino con la comunidad virtual de todo un país o el mundo. Otra pregunta del tipo: ¿cómo son las condiciones de vida de su hogar? revela que, además de los sesgos verticales u horizontales mencionados antes, la gente hace comparaciones temporales teniendo en cuenta el pasado.

Objetivas No Monetarias

Se basan en estudios de campo que determinan las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), definidas clásicamente como agua potable, vivienda, saneamiento, etc. (Como se discutió, hay un enfoque diferente como el de Max-Neef) Así, las personas con al menos una NBI se considera en el grupo de pobreza y con al menos dos, en el de miseria. Otra aproximación de este tipo de medición, relacionada con la alimentación y la nutrición, se basa en estándares de

la *Food and Agriculture Organization* (FAO) de las Naciones Unidas y pregunta, por ejemplo: ¿por falta de dinero, algún miembro del hogar no consumió ninguna de las tres comidas, uno o más días de la semana pasada?

Objetivos Monetarias Relativas

En este tipo de medidas se determina que es pobre quien tiene ingresos iguales o menores que la mitad de la mediana del ingreso del universo estadístico. Es una medida utilizada en Europa, por ejemplo.

Objetivos Monetarias Absolutas (Líneas de Pobreza)

Estas son las más difundidas y populares. Hay dos particularmente conocidas: US\$1 Paridad de Poderes Adquisitivos per cápita por día y US\$2 Paridad de Poderes Adquisitivos per cápita por día. Este tipo de medidas se deben aplicar con extremo cuidado dependiendo del nivel de ingresos medio de la población estudiada pues, de lo contrario, pueden ser insuficientes y la toma de decisiones de intervención se haría corriendo riesgos elevados.

Existen otros sistemas de medición mucho más complejos que se vienen desarrollando. Por ejemplo están los índices del PNUD como IDH, IPH-1 e IPH-2.

Índice de Desarrollo Humano (IDH)

Se calcula desde 1990 de acuerdo con el trabajo de investigación del economista pakistaní Muhub ul Haq realizado en ese año y en gran parte se basa en las ideas desarrolladas por Amartya Sen (Stanton, 2007). Es una medición por país y se basa en un indicador social estadístico compuesto por tres parámetros:

- Vida larga y saludable, medida según la esperanza de vida al nacer.
- Educación, medida por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y terciaria.
- Nivel de vida digno, medido por el PIB per cápita en US\$.

El PNUD clasifica los países en tres grupos:

- País de desarrollo humano elevado ($IDH \geq 0,8$)
- País de desarrollo humano medio ($0,5 \leq IDH < 0,8$)
- País de desarrollo humano bajo ($IDH < 0,5$)

Indicador de Pobreza Humana 1 (IPH-1)

Indicador social para los países en vías de desarrollo que mide las carencias o pobreza en tres aspectos:

- Vida larga y saludable, medida según la probabilidad al nacer de no vivir hasta los 40 años.
- Educación, medida por la tasa de analfabetismo de adultos.
- Nivel de vida digno, medido por el porcentaje de la población sin acceso sostenible a una fuente de agua mejorada y el porcentaje de niños con peso insuficiente para su edad.

Indicador de Pobreza Humana 2 (IPH-2)

Indicador de pobreza humana para países de la OCDE seleccionados. Mide las privaciones humanas en esos países y evalúa la exclusión social. Está formado por los siguientes componentes e indicadores:

- Vida larga y saludable, medida por la probabilidad al nacer de no vivir hasta los 60 años.
- Educación, medida por la tasa de adultos que carecen de aptitudes de alfabetización funcional.
- Nivel de vida digno, medido por porcentaje de personas que viven por debajo del umbral de la pobreza y tasa de desempleo a largo plazo.

Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) o Índice Multidimensional de Pobreza (IMP)

Finalmente están los índices e indicadores de nueva generación que se basan en aproximarse a la problemática desde la complejidad sistémica multidimensional (Cleveland et al., 2001) El IPM o IMP es un índice de estadístico elaborado desde 2010 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en colaboración con la Oxford Poverty & Human Development Initiative (OPHI) de la Universidad de Oxford (United Nations Development Programme, 2008; 2009; 2010; Oxford Poverty and Human Development Initiative, 2010)

El IPM sustituye a índices de pobreza humana como el IPH-1 e IPH-2, e incluye parámetros de ingresos en conjunto con otros de privaciones que afectan a la calidad de vida de las personas. Así, muestra la índole y la intensidad de la pobreza individual en tres aspectos básicos: la educación, la sanidad y la calidad de vida. Se calcula para las tres dimensiones con base en 10 indicadores (Oxford Poverty and Human Development Initiative, 2010), a saber:

- Educación (Ponderación de los parámetros 1 y 2 de 1/6)
 1. Años de escolarización: sin acceso si ningún miembro del hogar ha completado cinco años de escolaridad
 2. Niños escolarizados: sin acceso si los niños en edad escolar no asisten a la escuela
- Sanidad (Ponderación de los parámetros 3 y 4 de 1/6)
 3. Mortalidad infantil: si un niño ha muerto en la familia
 4. Nutrición: sin acceso si un adulto o niño está desnutrido
- Calidad de vida (Ponderación los parámetros 5 al 10 de 1/18)
 5. Electricidad: sin acceso si el hogar no tiene electricidad

6. Saneamiento: sin acceso no tienen un baño con condiciones suficientes o si su baño es compartido (según la definición MDG)
7. Agua potable: sin acceso si el hogar no tiene acceso a agua potable o el agua potable está a más de 30 minutos andando desde el hogar (Definición MDG)
8. Suelo: Sin acceso si el piso del hogar tiene suciedad, es de arena, tierra o estiércol
9. Combustible de hogar: sin acceso si se cocina con leña, carbón o estiércol
10. Bienes: sin acceso si el hogar no tiene más de uno de los siguientes bienes: radio, televisión, teléfono, bicicleta o moto

Una persona se considera pobre multidimensionalmente si no tiene acceso a al menos el 30% de los indicadores ponderados. La *incidencia de la pobreza* indica el porcentaje de gente multidimensionalmente pobre y la *intensidad de la pobreza* indica el número promedio de privaciones simultáneas que enfrenta la gente pobre.

Pobreza y Desigualdad

¿Qué tan grande es la diferencia entre ricos y pobres? ¿Cuál es la dinámica de esa diferencia? Utilizando la medición económica, la relación entre la renta per cápita entre la nación más rica y la más pobre en nuestro tiempo es de 400 a 1. A mediados del siglo XVIII, hace unos 250 años, esta relación era de 5 a 1 y la diferencia entre Europa y el este o el sur de Asia era de 1.5 ó 2 a 1 (Landes, 1998) Las desigualdades mundiales medidas por renta han aumentando constantemente durante casi dos siglos (United Nations Development Programme, 2005) Un análisis de las tendencias de largo plazo de la distribución del ingreso mundial indica que la distancia entre el país más rico y el país más pobre era de alrededor de 3 a 1 en 1829, de 11 a 1 en 1913, de 35 a 1 en 1950, de 44 a 1 en 1973, y de 72 a 1 en 1992.

Uno de los asuntos medulares de la pobreza, y que acapara los grandes titulares de los medios de comunicación del planeta, así como el imaginario de la mayoría de las personas, está relacionado con el asunto de la desigualdad. ¿Qué tan desigual es la pobreza en los diferentes países, continentes o, en general, en un grupo de personas?

Enfrentando esta pregunta, el estadístico italiano Corrado Gini publicó en 1912 un trabajo titulado *Variabilità e mutabilità* en el que desarrolló una metodología para hacer la medición. El coeficiente de GINI, por su creador, es una medida de la desigualdad. Se define como una relación que da como resultado valores que están entre 0 y 1. El índice de GINI es igual que el coeficiente pero expresado en porcentaje. Su utilización habitual es como medida de la

desigualdad en el ingreso así:

- Si tiene un valor de 0, corresponde a una desigualdad nula en el ingreso o, en otras palabras, a una igualdad perfecta del ingreso que ocurre cuando todo el mundo tiene el mismo ingreso.
- Si tiene un valor de 1, corresponde a una situación en la que existe una desigualdad perfecta en el ingreso o, en otras palabras, a que una persona tiene todo el ingreso mientras que el resto tienen ingreso nulo.

El coeficiente de GINI se puede utilizar también para medir la desigualdad de la riqueza, caso en el cual se exige que nadie tenga una riqueza neta negativa.

Los países pobres (aquellos con PIB per cápita bajo en referencia a algún patrón) tienen coeficientes de GINI que están en un rango amplio que va desde 0.25 hasta 0.71, mientras que los países ricos tienen generalmente un coeficiente de GINI intermedio por debajo de 0.40. Los coeficientes de GINI más bajos se encuentran normalmente en los países escandinavos así como en los países de la antigua Unión Soviética.

El coeficiente de GINI se usa más para medir el ingreso que el bienestar, lo que puede ser desorientador. Por ejemplo, ¿se puede asegurar que Suecia es igualitaria? Suecia tiene un coeficiente de GINI bajo para la distribución del ingreso, pero un coeficiente alto para la riqueza (0.1% de los suecos controla el 25%)

El coeficiente de GINI se cita regularmente sin describir las proporciones de las medidas de posición estadística utilizadas para su cálculo. Así, como con otros coeficientes de desigualdad o inequidad, el coeficiente de GINI depende de la granularidad de su medición. Por ejemplo, cinco posiciones de 20% cada una (baja granularidad) darán un coeficiente GINI más bajo que veinte posiciones de 5% cada una (alta granularidad), tomados de la misma distribución. Para mejorar las deficiencias del índice de GINI se han desarrollado otros coeficientes como por ejemplo los de Atkinson o Theil que miden entropías y que no serán ampliados en esta investigación.

Finalmente se encuentra la función de bienestar social (Sen y Foster, 1998), una medida del bienestar general de una sociedad que se calcula como el producto de su PIB por cápita multiplicado por la diferencia entre 1 y su coeficiente de GINI. De esta manera se logra cuantificar simultáneamente pobreza por ingresos y desigualdad.

Sistema complejo

Para estudiar a la pobreza desde una aproximación con sistemas complejos es necesario documentar nuevos tipos de relaciones entre los componentes del sistema tanto espacial como temporal. Por ejemplo se pueden descubrir ciclos de realimentación estructural como el que se muestra en la Figura 30 con un diagrama simple y simplificado.



Figura 30. Pobreza sistémica

(Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad, 2005a)

O se pueden documentar, como se muestra en la Tabla 19 la relación entre población, pobreza medida como porcentaje de población viviendo con menos de \$2 al día, índice de GINI y huella ecológica.

De esta manera, en la relación entre pobreza y asuntos ambientales se han detectado tres círculos viciosos de realimentación (Comparative Research Programme on Poverty, 1988):

- *Círculo Vicioso 1:* Degradación de recursos mediante la falta de inversiones y sobre uso (sobre pastoreo, sobre pesca, deforestación)
- *Círculo Vicioso 2:* Degradación de derechos
- *Círculo Vicioso 3:* Crecimiento de la pobreza y la población

Así, es posible construir conocimiento de lecciones aprendidas (Comparative Reseach

Programme on Poverty, 1988) como:

- Lección 1. Los usos naturales son regularmente sostenibles.
- Lección 2. La pobreza y la degradación ambiental afectan de manera diferente a hombres y mujeres.
- Lección 3. La apropiación externa de recursos y la pérdida de derechos locales desencadena la pobreza y debilita o destruye los sistemas locales de gestión.
- Lección 4. Se debe revertir la espiral de degradación haciendo compatible la conservación ambiental con aplicaciones provechosas para los usuarios.
- Lección 5. La pobreza y la degradación ambiental son normalmente el resultado de los mismos procesos.

Tabla 19. Relaciones de indicadores

(Elaboración propia a partir de United Nations Development Programme, 2006; World Wildlife Fund for Nature, 2006; World Bank, 2008a)

| Zona | Habitantes (1950) (miles) | Habitantes (2000) (miles) | Factor Población | Densidad Población (2000) (hab./km ²) | % Pobreza (1955/1965) | % Pobreza (2000) | Factor Pobreza | GINI (1990/2004) | Huella Ecológica (2003) |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|---|-----------------------|------------------|----------------|------------------|-------------------------|
| Urabá Colombia | 20 | 475 | 23.7 | 41 | ND | 89 | ND | >70.0 | ND |
| África | 224,000 | 821,000 | 3.7 | 27 | 76 | 76 | 1.0 | ND | 1.1 |
| Asia | 1,410,000 | 3,705,000 | 2.6 | 116 | 78 | 76 | ND | ND | 1.3 |
| México | 27,700 | 99,700 | 3.6 | 51 | 77 | 68 | 0.9 | 54.6 | 2.6 |
| Medellín | 350 | 2,000 | 5.7 | 5,300 | ND | 60 | ND | 53.0 | 2.6 |
| Plantea Tierra | 2,535,000 | 6,125,000 | 2.4 | 45 | ND | 56 | ND | 67.0 | 2.2 |
| Colombia | 12,500 | 41,000 | 3.3 | 37 | 85 | 53 | 0.6 | 57.6 | 1.3 |
| América Latina y Caribe | 168,000 | 523,000 | 3.1 | 25 | ND | 25 | ND | ND | 2.0 |
| Costa Rica | 960 | 3,900 | 4.1 | 77 | 50 | 21 | 0.4 | 46.5 | 2.0 |
| Barcelona España | 2,230 | 4,736 | 2.1 | 15,900 | 13 | 18 | 1.4 | 38.4 | 3.2 |
| Italia | 47,100 | 57,700 | 1.2 | 191 | ND | 18 | ND | 36.0 | 4.2 |
| España | 28,000 | 40,000 | 1.4 | 80 | ND | 18 | ND | 32.5 | 5.4 |
| Europa | 548,000 | 728,500 | 1.3 | 32 | ND | 15 | ND | 77.0 | 4.8 |
| USA, Canadá | 172,000 | 316,000 | 1.8 | 14 | 22 | 12 | 0.6 | 38.0 | 9.4 |
| Regiones más desarrolladas | 815,000 | 1,195,000 | 1.5 | 22 | ND | ND | ND | ND | 6.4 |
| Regiones menos desarrolladas | 1,720,000 | 4,930,000 | 2.9 | 59 | ND | ND | ND | ND | 0.8 |
| Irak | 5,300 | 25,000 | 4.7 | 57 | ND | ND | ND | ND | 0.9 |

ND: No Disponible

Taxonomía de discursos y estrategias

Una herramienta de estudio para entender las posibilidades de los diferentes discursos y

estrategias para enfrentar la pobreza es la taxonomía de los discursos de las élites y de las estrategias políticas que proponen (Braathen, 2001) De esta manera es posible identificar cuatro escuelas de pensamiento: *Paternalismo Social*, *Liberalismo Social*, *Empresarismo Social* y *Radicalismo Social*. Tienen diferentes maneras de concebir y analizar la pobreza, así como diagnósticos y prescripciones según se puede ver en la Tabla 20.

Tabla 20. Taxonomía de discursos y estrategias contra la pobreza (Braathen, 2001)

| Ideología | Enfoque | Discurso | Características de la pobreza | Diagnóstico político | Remedios Prescripciones políticas |
|----------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|--|
| Paternalismo Social | Pobreza individual | Cuidar de los pobres (Lo merecen) | Unidimensional (monetaria) | Patología individual/cultural y/o Sobrepoblación | Caridad Fortalecer empresas |
| Liberalismo Social | Inequidad individual | Oportunidad | Multidimensional | Condiciones Imperfectas de mercado | Derechos Sociales y económicos |
| Empresarismo Social | Exclusión Social | Empoderamiento | Normativa Conflictos de grupo | Gobierno/Élite opresiva o corrupta | Crecimiento comunitario Capital social |
| Radicalismo Social | Inequidad Social | Seguridad Justicia social | Material Conflictos de grupo | Falla económica Desventaja sistémica | Democracia redistributiva Desarrollo planeado por el Estado |

Ejemplo de Programas

A continuación se presentan diferentes propuestas y programas para disminuir la pobreza que se han aplicado o aplican en diferentes lugares del planeta.

Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)

Se trata de un programa de la ONU lanzado en el año 2000 y con ocho (8) metas a cumplir en el año 2015. Es una mezcla de las cuatro escuelas de pensamiento pues incluye elementos de *Paternalismo Social*, *Liberalismo Social*, *Empresarismo Social* o *Radicalismo Social* dependiendo cada país. La meta 1 es erradicar el hambre y la pobreza extremas. Según el informe de avance de año 2007, estos son los puntos débiles de su desarrollo:

- La pobreza está disminuyendo pero no en todas partes ni siempre de manera sostenible. Especialmente los estados frágiles no reciben los beneficios del crecimiento mundial y en los países de ingreso medio, la desigualdad de ingresos se profundizó.

- La calidad del crecimiento (extracción insostenible de recursos, acumulación de contaminantes, etc.) socava la sostenibilidad del medio ambiente y las posibilidades de crecimiento en el futuro.
- No se está intensificando en ningún país la ayuda concebida para respaldar un programa a mediano plazo que permita alcanzar los ODM. De hecho los flujos de efectivo han disminuido, así como la calidad y la eficacia de la asistencia. Sobre este punto el Banco Mundial señala que los flujos de capital a países en desarrollo son aún elevados (US\$647.000 millones) pero su ritmo de crecimiento entre el 2005 y el 2006 se redujo a la mitad.
- Los progresos para resolver problemas ya conocidos en materia de diseño y prestación de ayuda internacional son muy lentos y se requieren mejores mecanismos de evaluación y rendición de cuentas.
- A pesar de que se han dado avances en materia educativa para cubrir la educación primaria, la calidad no marcha al mismo ritmo y no se han mejorado los conocimientos cognitivos.
- El crecimiento basado en el agotamiento del patrimonio natural hace que el incremento de la riqueza para las generaciones actuales y futuras no sea sostenible. Este punto es un factor importante para tomar acciones en materia de políticas ambientales e índices que reflejen la realidad del crecimiento y sus costos asociados.
- Persiste cierta inquietud con respecto a la posibilidad de que se produzca una desaceleración del crecimiento ocasionada por un ajuste desordenado de los desequilibrios mundiales, el proteccionismo, el comportamiento futuro de los precios mundiales del petróleo o una pandemia mundial, lo cual agravaría la situación de los estados frágiles.
- Sobre la base de las proyecciones del crecimiento se estima que para el 2015 los niveles de extrema pobreza en los estados no frágiles disminuirá al 17% superando la meta de los ODM, mientras que en los estados frágiles se mantendrá por encima del 50%, lo que implica un aumento respecto del nivel de 1990.

Luchando contra la pobreza. Plan de acción Noruega 2015 para combatir la pobreza en el sur.

Se trata de una mezcla entre *Empresarismo Social* y *Radicalismo Social*. Esta es una relación de sus puntos clave:

- ¿Por qué necesitamos un plan de acción contra la pobreza? Primero, la pobreza es aún el más grande reto global. Segundo, nos hemos comprometido a erradicar la pobreza. Tercero, tenemos nuevo conocimiento y experiencia.
- Desarrollar asistencia es inadecuado. Se debe incrementar la sostenibilidad. Los alivios a la deuda se deben mejorar.
- Desarrollar solamente asistencia no logra sacar a un país de la pobreza.

- La comunidad internacional tiene que escuchar más cuidadosamente la voz de los países en desarrollo.
- El desarrollo y la erradicación de la pobreza son imposibles sin paz y seguridad para la vida y la propiedad.
- Se debe aumentar el crecimiento.
- Se debe fortalecer la responsabilidad compartida, se debe mejorar la gobernabilidad y se debe combatir la corrupción.
- Hacer la guerra a la pobreza es promover los derechos humanos.
- Se debe devolver a los países en desarrollo el control sobre su propio desarrollo.
- Se tienen que conformar alianzas para combatir la pobreza.
- Se debe promover la educación y la salud. Se debe combatir el SIDA.
- Los pobres están interesados en las políticas ambientales sanas.
- Los donantes tienen que estar dispuestos a ser coordinados por países amigos.
- Los resultados se tienen que medir.

Misión Estrategias de reducción de la Pobreza y la Desigualdad (MERPD) Colombia.

El incremento de la pobreza en Colombia, debido a la crisis económica de fines de los años 90 y al conflicto armado, se manifestó en un deterioro de los indicadores sociales y se reflejó en la reversión en los avances contra la desigualdad y la pobreza de los años 70 y 80. Esta situación motivó al Gobierno Nacional a impulsar la ejecución de una Misión para el diseño de una Estrategia de Reducción de la Pobreza y la Desigualdad (MERPD) para Colombia que se presentó en el año 2004 con un horizonte de ejecución en el período 2004-2015. Es una fusión de *Liberalismo Social* y *Radicalismo Social*.

El objetivo general de la Misión es elaborar los estudios que permitan profundizar el conocimiento sobre los mecanismos que determinan la pobreza y la desigualdad en Colombia, y el papel de los sectores público y privado en el marco de la institucionalidad vigente, para estructurar una propuesta que permita avanzar en el diseño de las políticas de largo plazo para la reducción de la pobreza en el país. Son objetivos específicos:

- Socializar y legitimar la discusión con diversos actores de los sectores público y privado.
- Realizar estudios que permitan diagnosticar y diseñar las políticas para reducir la pobreza y la desigualdad.
- Materializar las políticas en propuestas completas de cambios a la normatividad vigente, y a la forma y cuantía en la asignación del gasto público.

Microfinanzas. Global descentralizado.

Las microfinanzas son servicios financieros que se ofrecen a las personas pobres y que, por lo

general, no tienen como ofrecer nada en garantía. En este sentido, se identifican con un objetivo ético y de responsabilidad social de la actividad financiera. Se trata de una estrategia de *Empresarismo Social*.

Aunque se sitúa su re-aparición en la década de 1970, se han hecho estudios que las ubican en la Alemania de segunda mitad del siglo XIX y con cifras que indican haber alcanzado hasta más de dos millones de campesinos usuarios. En la actualidad existen entidades como el Grameen Bank de Bangladesh fundado en 1976 por el profesor y premio Nobel de economía 2006 Muhammad Yunus. Estas son algunas de los datos más representativos de este banco en 2007:

- Tiene 7.06 millones de prestamistas
- El 97% de sus clientes son mujeres
- Cuenta con 2,399 oficinas, trabaja en 76,848 pueblos y tiene 22,169 empleados
- El banco ha desembolsado unos US\$6,130 millones desde su creación
- La recuperación de deuda es del 98.28%

Conclusiones

Las siguientes son recomendaciones y conclusiones sobre el análisis y la síntesis de la pobreza halladas en los diferentes programas, estrategias e investigaciones de diversos autores y organizaciones, tanto globales, como regionales.

David Landes en su libro *La pobreza y la riqueza de las naciones* (Landes, 1998), anota:

- En buena medida el futuro de los países ricos dependerá de su espíritu de empresa, de su sentido de identidad y de compromiso con respecto al bienestar común, de su autoestima, de su capacidad para transmitir estos activos de generación en generación.
- ¿Y qué ocurre en concreto con los pobres? La historia nos enseña que la cura más eficaz contra la pobreza reside en sus propias víctimas.
- La ayuda exterior puede reportar algún alivio pero, como la riqueza caída del cielo, también puede ser perjudicial. Puede desalentar a los beneficiarios de acometer esfuerzos propios y propiciar un complejo de incapacidad paralizante. Como dice un proverbio africano, *la mano que recibe siempre está por debajo de la mano que da*.
- No, lo que cuenta es el trabajo, la capacidad de ahorro, la honestidad, la paciencia y la tenacidad. Los pueblos que viven bajo la amenaza del hambre y la miseria pueden tener la tentación de sumirse en una indiferencia egoísta. Pero, en último extremo, no hay mayor empobrecimiento que el auto empobrecimiento personal.

- Todo cuanto antecede puede parecer una retahíla de clichés, el tipo de lección que se oía en casa y en la escuela cuando los padres y los profesores pensaban que tenían la sagrada misión de educar y criar a sus hijos. Hoy miramos con condescendencia estas verdades, las tildamos de perogrulladas. Pero, ¿Por qué habría de quedar obsoleta la sabiduría?
- Estamos viviendo en la era de los postres: queremos que las cosas sean dulces. Somos demasiados quienes trabajamos para vivir y para vivir felices. No hay nada malo en ello, lo único que ocurre es que esta actitud no fomenta una tasa elevada de productividad. ¿Queremos más productividad? Entonces tendríamos que vivir para trabajar y ver la felicidad como un producto derivado.
- No es fácil. Las personas que viven para trabajar son una elite pequeña y afortunada. Pero es una elite abierta a todo el mundo, que surge espontáneamente, está compuesta por gente que tiende a ver el lado positivo de las cosas.
- En este mundo, los optimistas se llevan el gato al agua, no porque siempre tengan razón, sino porque son positivos. Incluso cuando están equivocados son positivos, y esa es la senda que conduce a la acción, a su enmienda, su mejoría y éxito.
- El optimismo educado y despierto recompensa; el pesimismo sólo puede ofrecer el triste consuelo de tener razón.
- La gran lección que puede sacarse de lo dicho es que es necesario no cejar en el empeño. Los milagros no existen. La perfección es inalcanzable. No hay milenarismos. Ni apocalipsis. Hay que cultivar una fe escéptica, evitar los dogmas, saber escuchar y mirar, tratar de despegar y fijar los fines para poder escoger mejor los medios.

Andri Stahel (2002), indica:

- La lucha contra la pobreza empieza por uno mismo. Al replantearnos nuestra estructura de necesidades, así como el conjunto de satisfactores a los cuales aspiramos, tal vez podamos de una vez, liberarnos de la prisión del tener, para dedicarnos finalmente al ser.

Fernando Tenjo (2005), analiza:

El crecimiento necesario es el que se conoce como pro-pobres, aquel en el que se da:
crecimiento + redistribución + redes de protección = reducción de la pobreza.

La Misión Estrategia para la Reducción de la Pobreza y de la Desigualdad (MERPD) (2005a; 2005b; 2005c) de Colombia apunta:

- La medición de la pobreza es sumamente sensible y varía enormemente con las metodologías.
 - Si las medidas son internacionales (relativas o absolutas) sirven más bien para comparaciones entre países.

- Si las medidas son subjetivas se pueden presentar sesgos de comparación horizontal y longitudinal.
- Si las medidas son objetivas (no monetarias como el NBI) sólo miden la pobreza más estructural.
- Si tienen o no en cuenta las economías de escala en el consumo y las medidas por adulto equivalente (existen varias metodologías para hacerlo que son objeto de debate)
- Si se miden antes o después de subsidios.
- Entre las variables que mejor explican las diferencias en el ingreso per cápita están: la educación (170%), el trabajo (65%) y la fecundidad (15%)
- La probabilidad de ser pobre se disminuye en 27% con la posesión de activos financieros, en 16% al ingresar una persona al mercado laboral y en 6% por cada año de educación.
- No se puede seguir suponiendo que el crecimiento es neutro. Mejorar la distribución del gasto social es apremiante.
- En áreas urbanas, el empeoramiento en la distribución del ingreso no ha dejado mejorar los indicadores de pobreza.
- En áreas rurales el bajo crecimiento económico no ha dejado avanzar en la reducción de la pobreza.
- En resumen, el análisis de vulnerabilidad muestra que el 30% de la población siempre es pobre, 30% algunas veces y 40% nunca es pobre. Este resultado orienta mejor el tipo de políticas que se debe seguir.
- Para reducir sustancialmente los niveles de pobreza e indigencia se requiere:
 - Un crecimiento económico más elevado, sostenido y pro-pobres.
 - Una estrategia de lucha contra la pobreza extrema.
 - Mayor acceso a programas de educación superior y a la formación para el trabajo para la población más pobre.
 - Promover una estrategia de desarrollo rural.
 - Consolidar un Sistema de Protección Social Integral.
 - Contar con un mercado laboral más dinámico.
 - Diseñar un sistema adecuado de información, seguimiento y evaluación.
 - Crear esquemas de participación que abran un espacio a regiones y municipios, y permitan el empoderamiento de los más pobres y una mayor participación de la sociedad civil.
 - Pese a los avances en focalización del gasto social, aún se requiere un mayor esfuerzo por parte de los gobiernos nacional y local.

En síntesis, una estrategia para enfrentar la pobreza debe incluir una receta equilibrada de *Paternalismo Social, Liberalismo Social, Empresarismo Social y Radicalismo Social* según los

contextos locales y globales de la comunidad afectada.

3.2.6 Economía Sistémica

La anticoncepción tiene sentido económico, incluso desde el punto de vista de la economía del individuo. Una persona se empobrece a sí misma teniendo demasiados niños (Dawkins, 2001) Sí, los valores económicos –sólo maximizar la propia riqueza o cualquiera de las otras cosas que los economistas llaman utilidad, ya sea la riqueza personal o la suma de las felicidades humanas, o lo que sea– todos, son valores que los economistas consideran objeto de maximización. Continúa Dawkins, los economistas, de cierto modo, lo tienen más fácil porque se les permite postular a cualquier tipo de función de utilidad, a cualquier tipo de valor que podría ser maximizado y luego miran las consecuencias. El darwinismo está más limitado, porque se sabe cuál es la función fundamental de utilidad de la naturaleza: la supervivencia genética. Todas las demás funciones de utilidad que no sean la de supervivencia genética llegan a ser algo así como una especie de liberación de la profunda función de utilidad darwiniana. Una vez establecido eso, propone Dawkins, los humanos pueden liberarse a sí mismos, pero sólo queda la manera de ver las cosas de los economistas. ¿Qué otros tipos de funciones de utilidad maximiza la gente y cómo las maximizan?

Las respuestas no son simples ni fáciles. Sobre todo cuando se estudia la historia de lo que se maximiza, o minimiza, y cómo se hace. Hace unos 40 años (Forrester, 1971) se advirtió con base en estudios sobre las dinámicas urbanas lo que se puede denominar una plaga en las acciones denominadas contra intuitivas o contra el sentido común. Se halló, por ejemplo, que los programas destinados a mejorar una ciudad sólo pueden tener éxito si logran, en última instancia, aumentar la calidad de vida media del país en todo su conjunto. Se examinaron cuatro programas particulares que tenían la función de mejorar la situación de depresión de ciudades centrales en los Estados Unidos, a saber:

- Un programa de creación de puestos de trabajo que daba transporte a los desempleados y los llevaba hasta empleos en zonas suburbanas o que daba empleos gubernamentales como último recurso.
- Un programa de capacitación para aumentar las habilidades del grupo de más bajos ingresos.
- Un programa de ayuda financiera mediante subsidios nacionales para las ciudades deprimidas.
- Y un programa de construcción de viviendas de bajo costo, la llamada vivienda social.

Para admiración del equipo de investigación (Forrester, 1971) todos esos programas de ayuda mostraron ser entre neutrales y altamente perjudiciales, independientemente de los criterios utilizados para juzgarlos. Los cuatro programas iban desde ineficaces hasta muy nocivos, así fueran juzgados por sus efectos sobre la salud económica de una ciudad o por sus efectos a largo plazo sobre la población de bajos ingresos. Los resultados confirmaron y explicaron gran parte de lo que había venido ocurriendo en esas ciudades en los últimos decenios.

De las conclusiones del trabajo (Forrester, 1971) es indispensable presentar estas:

- La creencia de que los problemas urbanos se resuelven con más dinero ha desviado mucho la atención sobre corregir las causas subyacentes y ha permitido, al contrario, que los problemas puedan crecer hasta el límite de dinero disponible.
- En lugar de enfrentar directamente el problema del crecimiento de la población, los gobiernos tratan de aliviar las presiones inmediatas con más policías, ayuda financiera, transporte a escuelas suburbanas y servicios de salud subsidiados. Como consecuencia de ello, el aumento de la población reduce la calidad de vida para todos.
- La respuesta común a la angustia mundial ha sido el aumento de la industrialización y la producción de alimentos. Pero a largo plazo, la esperanza de mejoras se encuentra probablemente en la reducción del énfasis en ambas. Contrariamente a las expectativas intuitivas, lo contrario de la práctica actual puede llegar a elevar la calidad de vida y contribuir a estabilizar la población.
- Muchos de los problemas que se enfrentan actualmente son el resultado acumulativo de las medidas adoptadas a corto plazo en las décadas anteriores.

¿Cuál es la dinámica de ese sistema destructor de calidad de vida? (Forrester, 1971): por lo general, los problemas se atribuyen a fuerzas externas, pero un análisis dinámico muestra que muy a menudo son las políticas internas las que causan los problemas. De hecho, se desarrolla una espiral descendente en la que las presuntas soluciones hacen que las dificultades empeoren y, por ende, existan mayores incentivos que provoquen que se redoblen las acciones que causan los problemas. La misma espiral descendente se desarrolla con frecuencia en el gobierno. Se juzga y se debate hasta llegar a un programa que parece lógico, intuitivo y aumenta fuertemente el compromiso con la aparente solución. Si la presunta solución hace que las cosas empeoren, el proceso por el cual ocurre la degradación no es evidente. Así, cuando aumentan los problemas, se intensifican los esfuerzos que en realidad están empeorando la situación.

En otro ámbito, el de la Economía Ecológica, se presentan situaciones que enriquecen la discusión para orientarla hacia una concepción sistémica de la economía. El referente conocido

es el del trabajo en la valoración y el modelado de los servicios de los ecosistemas (Costanza et al., 1997)

Los servicios de los ecosistemas no están plenamente capturados por los mercados comerciales, tampoco están adecuadamente cuantificados en términos comparables con los de los servicios económicos o de capital manufacturado y por eso es que se les da, tan a menudo, muy poco peso en las decisiones políticas (Costanza et al., 1997). Las funciones de un ecosistema se refieren a sus diferentes propiedades de hábitat, biológicas de procesos o de sistema. Los bienes de ecosistema (como los alimentos) y los servicios de ecosistema (como la asimilación de residuos) representan los beneficios que las poblaciones humanas derivan, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas. Para simplificar, se hace referencia a servicios de ecosistema cuando se habla de bienes y servicios de ecosistema.

Los servicios de ecosistema consisten de flujos de materiales, energía e información de las existencias de capital natural que se combinan con servicios de capital manufacturado y humano para producir bienestar humano (Costanza et al., 1997) Sin embargo, es significativo preguntar cómo pueden tener un impacto sobre el bienestar humano los cambios en la cantidad o la calidad de diversos tipos de capital natural y de servicios de ecosistema. Para esto es necesario hacer un ejercicio de valoración de los servicios de capital natural 'al margen', que consiste en determinar las diferencias que producen al bienestar humano los cambios relativamente pequeños en estos servicios.

Se puede observar entonces la necesidad de pensar lo económico y lo ecológico desde lo sistémico y sus dinámicas, en particular desde los posibles estados de sus flujos. Pero eso no ha sido así, y hoy se sigue trabajando, no sin críticas, en los llamados modelos de equilibrio. Sobre los modelos de equilibrio general (Landes, 1998) se han establecido posiciones radicales que reflejan su incapacidad para modelar los procesos de desarrollo y, entonces, plantean la necesidad de abandonar los supuestos que le dan consistencia matemática al modelo neoclásico, con la implicación de proponer una nueva fundamentación matemática. Esto implicaría abandonar el paradigma del equilibrio general para poder develar lo que se ha dado a llamar 'el misterio del desarrollo'.

Una aproximación que rescata el esfuerzo de la operación colectiva de generación caótica de conocimiento sobre el crecimiento económico y el desarrollo, en la que subyace una consideración aún más significativa, es que el desarrollo podría analizarse y sintetizarse como un estado sistémico (Landes, 1998) Cada estado supone un equilibrio sistémico entre los múltiples indicadores. Por ejemplo, no se puede pretender hacer una buena infraestructura

para un aparato económico que no la requiere. Esto implica que la acción de superar progresivamente distintos niveles de desarrollo se debe entender como un proceso de aprendizaje y de construcción de capacidades y por lo tanto de transformación social.

La posibilidad de generar bienestar está ligada a múltiples aspectos, tanto cualitativos como cuantitativos, interrelacionados de manera sistémica: en el ámbito individual están la capacitación para el trabajo y el grado de interacción social; a escala microeconómica la existencia de un determinado número de empresas capaces de integrar productivamente a los individuos a la generación de bienes y servicios; en política económica la coherencia y la permanencia de la normatividad fiscal, laboral, comercial y de mercado externo; en el entorno meso-económico el desarrollo de una cultura empresarial e institucional que sea proactiva; y en términos de infraestructura el acople de los recursos de comunicaciones, transporte y servicios públicos, entre otros (Gómez, 2004)

Concebir la economía como un sistema de generación permanente de bienestar representado por un flujo continuo de bienes y servicios producidos por una red compleja de instituciones y organizaciones sociales que actúan como centros de integración de los individuos a la generación del bienestar común, es lo que pretende la nueva perspectiva para la discusión de la ciencia económica basada en el estudio de los procesos de integración económica de los individuos a la generación de bienestar de toda la sociedad. Los elementos centrales en este modelo económico son, por lo tanto (Gómez, 2004):

- Los mecanismos o procesos de generación de bienestar.
- Las instituciones sociales como núcleos de generación de bienestar.
- El grado de integración de los individuos a los esquemas de generación.
- La capacidad de cada individuo para aportar al bienestar común.
- Las estructuras sociales para la distribución de ese bienestar.

Lejos de los enfoques tradicionales, lo que se explora en esta investigación es la aplicación de los avances en la formalización de un esquema de economía sistémica de flujo continuo repleto de procesos cibernéticos –aquellos en donde la interacción de las variables y sus estados previos genera retroalimentaciones al proceso y condiciona de manera múltiple su comportamiento actual y futuro (Forrester, 1973 citando en Gómez, 2004)– que permita, dentro de un marco formal de modelado, simulación y aprendizaje continuo, explicar y proponer de manera consistente procesos de desarrollo sostenible.

3.2.7 Desarrollo como Estado Sistémico

En la naturaleza abundan las incertidumbres. Lo que resulta ser una cuestión de hecho es, en realidad, una decisión proximal óptima para maximizar la supervivencia genética y eso, en última instancia, nunca es evidente (Dawkins, 2001) Los animales se equivocan con frecuencia. Pero lo que se asume es que, en efecto, llevan inconscientemente en su interior una indefinidamente complicada pieza de matemática. El animal se comporta como si se tratase de un computador muy potente que ha sido programado por generaciones de selección natural.

La complejidad que existe en la naturaleza silvestre es exactamente igual a la de la situación económica humana. Lo que es más fácil en el caso darwiniano es que la función de utilidad se conoce aunque no se sabe cómo se puede maximizar, asunto sumamente complicado, pero la función de utilidad se conoce. En el caso de las decisiones económicas humanas, ni siquiera se sabe cuál es la función de utilidad, y diferentes personas podrían maximizar diferentes funciones. La gente puede cambiar de opinión acerca de lo que está maximizando, puede tener algún tipo de suma ponderada curiosa de diferentes funciones de utilidad. En el darwinismo la práctica es así de complicada, pero el valor fundamental se conoce, reconoce (Landes, 1998)

Hace falta explorar las definiciones de desarrollo (sostenible) para indagar sobre las posibles ideas y elementos de maximización propuestas por estudiosos desde diversas perspectivas. Por ejemplo (Costanza, 1991; Pezzey, 1989; WCED, 1987 citados en Costanza y Patten, 1995), la mayoría de las definiciones de desarrollo sostenible contienen elementos de:

- Una escala sostenible de la economía en relación con su sistema ecológico de soporte a la vida;
- Una distribución equitativa de los recursos y las oportunidades entre las generaciones presentes y futuras; y
- Una asignación eficiente de recursos que contabilice adecuadamente el capital natural.

Así, se propone maximizar escalas, usos, distribuciones y oportunidades en escalas particulares de espacio y tiempo. Pero, ¿qué ha ocurrido hasta ahora en la historia de la humanidad? Parece que no ha existido una población próspera en el mundo que no tenga, y haya tenido durante algún tiempo, una tasa cero de crecimiento (Hardin, 1968) Todo pueblo que ha identificado intuitivamente su punto óptimo, lo alcanza muy pronto y después su tasa de crecimiento se vuelve y sigue siendo cero. Por supuesto, una tasa de crecimiento positiva se puede tomar como prueba de que está por debajo de su óptimo. Sin embargo, bajo estándares razonables, la mayoría de las poblaciones en rápido crecimiento en la tierra son, en general, las más miserables. Esta asociación, que no tiene por qué ser definitiva, pone en duda la

hipótesis optimista de que la tasa positiva de crecimiento de una población es prueba de que todavía tiene que alcanzar su óptimo.

De ahí se desprende la Tragedia de lo Público (Hardin, 1968) Cada hombre está encerrado en un sistema que le obliga a aumentar sus recursos sin límites en un mundo que si los tiene. La ruina es el destino hacia el que se precipitan todos los hombres cuando cada uno persigue su propio interés en una sociedad que cree en la libertad total de los bienes públicos. A partir de determinadas escalas, la utilización de los bienes públicos es algo darwiniano que exige una aproximación desde lo racional –no darwiniano– para que sea sostenible.

Hay diversas posturas que proponen posibles soluciones a la ruina (Ostrom et al., 1999; Gómez, 2004) Desde la doctrina neoliberal se le recomendará al individuo que se busque un trabajo que le proporcione un sustento adecuado a él y a su familia. Se aducirá que las rigideces del mercado de trabajo seguramente inhiben el adecuado nivel de empleo y los costos parafiscales de la contratación conducen a que los empleadores no generen los puestos de trabajo suficientes. Desde la doctrina del asistencialismo socialdemócrata se discutirá acerca de la incapacidad del Estado para garantizar las necesidades básicas de la población y sobre lo útil que serán los planes de asistencia social y el seguro de desempleo. Una tercera aproximación doctrinaria, alegará la mala distribución del ingreso, la falta de justicia social y la concentración de la propiedad y, yendo un poco más lejos, podrá incluso decir que es una muestra de la incapacidad del sistema capitalista para proveer las necesidades básicas a toda la población y dirá que se requiere un cambio de las estructuras sociales.

El pleno empleo es el instrumento más adecuado para obtener resultados distributivos en el corto plazo (Forero, 2000 citando en Gómez, 2004) Las redistribuciones dirigidas de propiedad –por ejemplo la tierra o la propiedad cooperativa de las empresas industriales– tienen efecto positivo durante cinco o diez años, pero luego tienden a agotarse como mecanismo distributivo a pesar de lo que piensan los agraristas. Sin embargo, la educación si aparece como el instrumento más eficaz para lograr redistribuciones permanentes y sostenibles del ingreso y la riqueza, aunque sus efectos sólo se ven en el mediano y en el largo plazo. Se vuelve pues a que el problema radica en la necesidad de generar más bienestar por y para quienes están total o relativamente excluidos del sistema social de generación de bienestar, y parece ser que son aquellos alejados de cualquier proceso educativo serio.

No obstante, se han generado algunos enfoques de solución basados en el crecimiento económico (Gómez, 2004) Algunos, referidos a los modelos de crecimiento endógeno, desconocen que las dinámicas de innovación –generadas por el individuo– deben ser

entendidas como exógenas. En términos generales, los enfoques sobre crecimiento han establecido una propuesta de empuje del desarrollo con base en la creación de unas condiciones propicias, haciendo alusión a que si las condiciones se dan, el desarrollo florecerá. Otra vertiente, inicialmente no económica, sino de la escuela de la gestión tecnológica y la innovación –pero que se ha integrado a los evolucionistas, los neoschumpeterianos y los neoinstitucionalistas– plantea que la innovación, el cambio tecnológico, la competitividad y el desarrollo deben ser vistos sistémicamente y que se deben comprender mejor los mecanismos de jalonamiento del desarrollo.

En este escenario de incertidumbres, supervivencia, maximización y minimización, decisiones, doctrinas y tragedias, parece existir una posible nueva aproximación para analizar y sintetizar al humano encerrado en un sistema con límites. Se trata de una aproximación a un esquema de discusión constructiva donde se analizan los comportamientos socioeconómicos del individuo y las empresas, concibiéndolos como procesos de flujos continuos de generación y consumo de bienestar que se representan y simulan con modelos de dinámica de sistemas.

Es una aproximación al problema de la pobreza y del desarrollo desde las perspectivas de la teoría de sistemas, la economía sistémica y la sociocibernética que se basa en la pregunta fundamental sobre la capacidad de generación de bienestar de un individuo y de una comunidad y que parte de comprender la existencia del individuo y de la comunidad como un proceso de flujo continuo y en equilibrio uniforme permanente de generación y consumo de bienestar.

En este sentido, un estado de pobreza o de riqueza se asocia a la magnitud de un flujo de bienestar que recibe el individuo. Ese flujo de bienestar podrá ser sostenible o no en el tiempo y su magnitud misma dependerá de la dotación de riqueza disponible por parte del individuo y de su capacidad de generación de riqueza o bienestar. En la economía sistémica se explora entonces otra aproximación al problema del desarrollo con una serie de características como (Gómez, 2004):

- Aunque comparte las sugerencias básicas de aproximaciones doctrinarias como las mencionadas está, a la vez, en profundo desacuerdo.
- El problema central es que el individuo genera un nivel muy pequeño de bienestar, y dentro de unos mecanismos muy simples de economía monetaria. El dinero que recibe como retribución por su trabajo sólo le alcanza para comprar unos bienes muy limitados que le permiten tener una existencia, por no decir menos, precaria.
- Cada individuo con bajos ingresos tiene un estado de exclusión social y de marginalidad distinto.

- El nivel de integración social del individuo a la generación de bienestar es uno de los problemas fundamentales en las sociedades pobres.
- Es común encontrar sociedades en las que un 60% de la población está tratando de apropiarse de algo del bienestar que genera el otro 40%. ¿Cómo hacer para que el 60% de desempleados generen también bienestar si son marginalizados o tienen ocupaciones de subsistencia con estados de pobreza absoluta o cercanos a ella? Este es el asunto que se debe resolver.
- El punto central es, entonces, poner en marcha procesos conducentes a que un individuo marginado del bienestar se integre de manera efectiva a su generación y que, por consiguiente, participe de los procesos sociales que le permitan mejorar su nivel de vida, superar la exclusión social y ser feliz.

El propósito fundamental de la propuesta de la economía sistémica es el de perfilar una estrategia de desarrollo como estado sistémico consistente con un manejo económico de corto, mediano y largo plazo. De este modelo se desprenden consideraciones que son fundamentales (Gómez, 2004):

- La preocupación central de la economía debe ser la efectiva integración del individuo a la generación de bienestar en la sociedad;
- Lo anterior tiene que estar asociado a la búsqueda y construcción de esquemas sociales dirigidos a vincular al individuo a procesos de generación de bienes y servicios; y
- Es necesario establecer marcos de regulación y confianza para el funcionamiento del sistema.

De este modo, la teoría económica tiene por delante grandes desafíos que dependen de un nuevo paradigma del desarrollo que no se centre en el crecimiento sino en una visión más global, integral, compleja, sistémica y sostenible de la economía.

Esto permitirá analizar y sintetizar al desarrollo como proceso de construcción social de un estado de vida donde el individuo se integra de manera adecuada y equitativa a la generación y el disfrute del bienestar y donde es un ser colectivo que, por medio de sus capacidades y participación en las múltiples instituciones sociales cumpliendo la ley y los acuerdos tácitos o explícitos de la sociedad, articula su contribución al bienestar común y se realiza como humano por medio de su trabajo y su aporte colectivo (Gómez, 2004)

3.2.8 Medios de Vida Sostenible

El siguiente es un extracto de las ideas centrales sobre Medios de Vida Sostenible (MVS) que propone el *Department for International Development (DFID)* del Reino Unido (Department for International Development, 1999) La teoría de los MVS representa una manera de concebir los objetivos, el alcance y las prioridades del desarrollo. Para contribuir a la implantación de esta teoría se ha desarrollado un marco y unos objetivos específicos en materia de medios de vida, aunque su alcance es mucho mayor. En esencia, se puede afirmar que esta teoría pretende concentrar el desarrollo en los pueblos, aumentando así la eficacia de la ayuda al desarrollo.

La teoría de los medios de vida se remonta a la labor de Robert Chambers durante mediados de los años 1980. Desde entonces, numerosas agencias de desarrollo han adoptado conceptos relacionados con ella y han llevado a cabo diversas acciones para iniciar su implantación. No obstante, para el DFID, la teoría de los MVS representa un nuevo punto de partida desde el punto de vista político y práctico.

Tiene su origen en un *white paper* sobre desarrollo internacional de 1997, redactado por el gobierno del Reino Unido (Department for International Development, 1997), que solicitó al DFID el apoyo con:

- Políticas y acciones que promuevan los MVS;
- Mejoras en la educación, sanidad y oportunidades de poblaciones menos favorecidas; y
- Una protección y mejora de la gestión del entorno natural y físico;

Contribuyendo así a la creación un entorno social, físico e institucional que favorezca la eliminación de la pobreza. A pesar de que la teoría de los MVS parece estar enfocada hacia el primer objetivo, su interpretación subsume a los demás objetivos. La teoría reconoce de forma explícita la importancia del bienestar físico, de la educación y del estado del entorno natural (entre otros factores) para las poblaciones menos favorecidas y para el éxito de los MVS.

La teoría de los MVS es amplia y de gran alcance. Aún así, se puede resumir en seis objetivos primordiales. El DFID pretende aumentar la sostenibilidad de los medios de vida de las poblaciones menos favorecidas mediante la promoción de:

- Un mayor acceso a educación, información, tecnologías y formación de calidad y una mejora de la nutrición y la sanidad;
- Un entorno social más cohesivo y que ofrezca más apoyo;
- Un acceso más seguro a los recursos naturales y una mejor gestión de los mismos;
- Una mejora del acceso a las infraestructuras básicas que facilitan otra serie de logros;

- Un acceso más seguro a los recursos financieros; y
- Una política y un entorno institucional que apoyen distintas estrategias en materia de medios de vida y promuevan un acceso equitativo a los mercados competitivos.

Aunque es común oír y utilizar el término abreviado ‘teoría de los medios de vida’ (que omite el ‘sostenible’), la noción de sostenibilidad es clave en esta teoría. No debe ignorarse ni marginarse. Los medios de vida son sostenibles cuando:

- Son resistentes a tensiones y choques externos;
- No dependen de ningún tipo de ayuda externa (o si dependen, la propia ayuda debe ser sostenible desde un punto de vista económico e institucional);
- Mantienen la productividad y los recursos a largo plazo; y
- No afectan negativamente a los medios de vida de otros ni comprometen las opciones en materia de medios de vida abiertas para otros.

La sostenibilidad es un calificador importante de la visión del DFID sobre los medios de vida, pues implica que los progresos en materia de reducción de la pobreza son duraderos en lugar de volátiles. Esto no significa que todo recurso o institución deba sobrevivir exactamente de la misma forma. Más bien implica una acumulación en la amplia base de capital que facilita la mejora de los medios de vida, especialmente para las poblaciones menos favorecidas.

El reconocimiento de las múltiples dimensiones de la sostenibilidad y de los múltiples objetivos de los pueblos en materia de medios de vida es un elemento clave de la teoría de los MVS. Sin embargo, donde hay diversidad hay que hacer siempre concesiones. En lo que respecta a los logros en materia de medios de vida y a las relaciones entre las distintas dimensiones de la sostenibilidad y dichos logros, las concesiones son inevitables. A continuación se exponen algunas de las incompatibilidades que pueden surgir:

- Incompatibilidad entre la necesidad identificada a nivel local de unos medios de vida más seguros y un aumento de la conciencia en materia de sostenibilidad;
- Incompatibilidad entre una maximización de la producción o los ingresos a corto plazo y una protección frente a la vulnerabilidad a los choques externos a largo plazo; e
- Incompatibilidad entre el logro de los objetivos individuales, familiares o comunitarios en materia de medios de vida y el requisito de no comprometer las oportunidades abiertas a otros en este campo.

La teoría de los MVS no puede ofrecer soluciones simples a estos problemas. Lo que sí proporciona es un enfoque que posibilita el razonamiento en caso de conflicto, y que incluye un marco que facilita un debate coherente y estructurado desde distintas perspectivas que aportan

al modelado de sistemas sociales, ecológicos y económicos.

3.2.9 Ciencia de la Sostenibilidad

La idea básica de la sostenibilidad es bastante simple y clara: *un sistema sostenible es aquel que persiste o sobrevive* (Costanza y Patten, 1995). Pero hay otras tres preguntas adicionales que la complican:

- ¿Qué sistema o subsistemas o características de los sistemas persisten?
- ¿Por cuánto tiempo?
- ¿Cuándo evaluar si el sistema o subsistema o características han persistido?

Las respuestas se deben fundamentar en reconocer que la sostenibilidad sólo puede comprobarse después de los hechos, que se debe mirar a los sistemas y a los subsistemas como jerárquicamente interconectados en un rango de escalas de espacio y tiempo y que cada uno de esos sistemas y subsistemas tiene, necesariamente, una vida finita (Costanza y Patten, 1995)

Por otro lado, desde la biología, la sostenibilidad significa evitar la extinción y vivir para sobrevivir y reproducirse. Desde la economía, significa evitar perturbaciones y colapsos importantes, protegerse contra inestabilidades y discontinuidades. En sus fundamentos, la sostenibilidad siempre se refiere a la temporalidad y, en particular, a la longevidad. Sin embargo, y muy a menudo, se dan definiciones de sostenibilidad que son predicciones del posible resultado de las medidas adoptadas en el presente que se espera conduzcan a la sostenibilidad en el futuro, pero un sistema sólo puede reconocerse como sostenible después de que ha habido tiempo suficiente para observar si la predicción era cierta.

Al decir que un sistema ha logrado la sostenibilidad, se tiene que especificar el lapso de tiempo en cuestión. Se podría pensar, y defender, que la sostenibilidad significa 'mantener por siempre', pero hasta donde se sabe, nada dura para siempre, ni siquiera el universo en su conjunto. Así, sostenibilidad no puede significar vida infinita o nada sería sostenible o, incluso, no tendría sentido el concepto. Por el contrario, lo que se argumenta es que significa un período de vida que es consistente con la escala de espacio y tiempo del sistema (Costanza y Patten, 1995) La Figura 31 indica esta relación trazando una curva hipotética de la esperanza de vida del sistema, la longevidad, en eje y, contra la escala de espacio y tiempo, en el eje x.

De ningún sistema, incluido el universo, se espera que tenga una vida útil infinita. Un sistema

sostenible es, en este contexto y por lo tanto, aquel que alcanza todo su ciclo de vida esperado en el entramado jerárquico de los sistemas en los que está inmerso, y se denomina Meta sistema a ese entramado jerárquico de sistemas y subsistemas en un rango de escalas de espacio y tiempo particular.

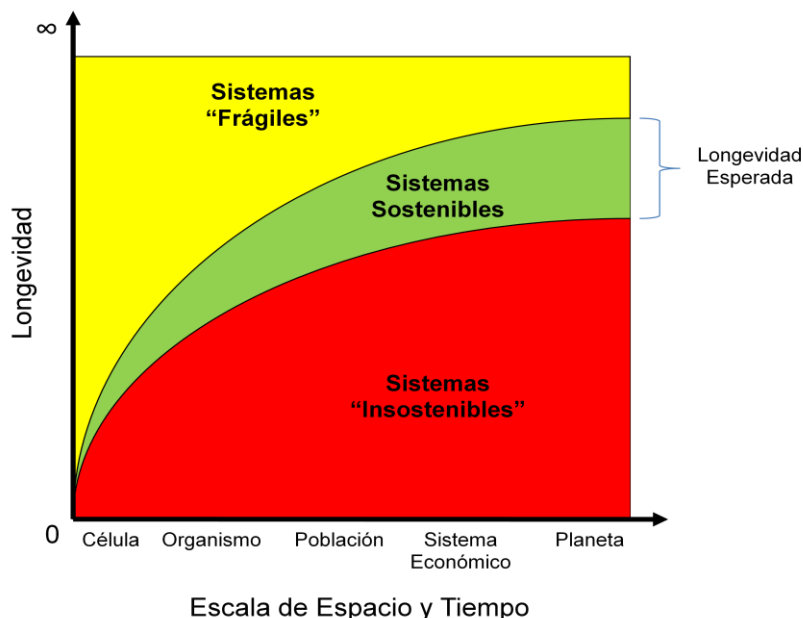


Figura 31. La sostenibilidad como concepto dependiente de escalas de espacio y tiempo (Elaborada por el autor a partir de Costanza y Patten, 1995)

Un sistema es sostenible si, y sólo si, persiste en estados de comportamiento nominal tanto o más que su longevidad natural esperada o su tiempo de existencia y, ningún componente, ni siquiera la sostenibilidad a nivel de sistema, según la evaluación del criterio de longevidad, confiere sostenibilidad a otro nivel. En un sistema no puede ocurrir evolución a menos que exista una longevidad limitada de las partes componentes a fin de que se puedan seleccionar nuevas alternativas. Sostener la vida requiere muerte, o en otras palabras, la inmortalidad de cualquier subsistema no es sostenible porque detiene la adaptación evolutiva (Costanza y Patten, 1995)

Los sistemas con un balance inapropiado de longevidad a través de sus escalas espaciotemporales pueden convertirse, o bien en frágiles cuando sus partes duran demasiado tiempo y no pueden adaptarse lo suficientemente rápido o bien en insostenibles cuando sus partes no duran el tiempo suficiente y la longevidad del nivel superior del sistema se recorta de manera innecesaria o excesiva (Holling, 1992; Gallón, 2009c)

Hay otros elementos a considerar. Dawkins (2001) señala que la gente de buena voluntad está

preocupada, con razón, por la sostenibilidad, por los recursos renovables, por hacerse del lado del futuro, por estar en contra de los beneficios egoístas a corto plazo y que no es de extrañar que su retórica tienda a poner a la naturaleza en un pedestal, donde toda perspectiva agrada y sólo el hombre es el malvado de la historia. Sin embargo advierte que, por desgracia, eso no es así, sino todo lo contrario, y eso no debe ser una razón para desesperar, ni tampoco significa que se debe abandonar cínicamente la preocupación por el futuro a largo plazo, desechar alegremente los acuerdos de Kyoto o similares o meter la trompa en el comedero de la codicia de corto plazo. Indica que lo que sí significa es que es imperativo trabajar fuertemente, tanto individual como colectivamente, por un futuro a largo plazo, y esto a pesar de no tener ayuda de la naturaleza, precisamente porque la naturaleza no está de ese lado.

Sigue Dawkins revolviendo la discusión, cuando denuncia que hay una confusión con otro capítulo de retórica –la del noble salvaje–. Los pueblos tribales, llamados primitivos, se relacionan regularmente con formas de vida en sintonía con la naturaleza, que conservan las provisiones para el futuro, toman sólo lo que necesitan, viven en armonía con la tierra o respetan a su presa, incluso, cuando la están matando. A esa retórica la tumban los hechos. Aunque suene desagradable decirlo, parece más y más probable por ejemplo, que la magnífica mega fauna de América del Norte en el Pleistoceno desapareció como consecuencia directa de la llegada, tal vez unos 13,000 años atrás, de cazadores-recolectores que habían caminado a través de lo que entonces era el puente terrestre de Bering. La agricultura primitiva (que siguen aplicando pueblos en el siglo XXI) también tiende a ser del tipo de tala y quema, que es completamente contraria a lo sostenible y lo más opuesto a tener una visión de futuro

En su discurso *Sustainability doesn't come naturally: a Darwinian Perspective on Values* en modalidad de lectura inaugural para *The values platform for sustainability* creado por *The Environment Foundation* en el Reino Unido, Richard Dawkins (2001) expone los fundamentos de lo que debe ser la ciencia de la sostenibilidad desde lo humano:

- Los humanos no somos peores que el resto del reino animal. No somos más egoístas que cualquier otro animal, sólo un poco más efectivos en nuestro egoísmo y, por lo tanto, más devastadores.
- Todos los animales, incluidos los humanos, hacen lo que la selección natural programó en sus antepasados para hacer: buscar los intereses a corto plazo de sí mismos y de sus familiares cercanos, amigos y aliados.
- Si alguna de las especies en la historia de la vida tiene la posibilidad de deshacerse del egoísmo darwiniano de corto plazo y de planificar para un futuro distante, esa es la humana.
- Somos la última mejor esperanza de la tierra, a pesar de que somos al mismo tiempo y en

la práctica, la especie más capaz de destruir la vida en el planeta.

- Cuando se trata de mirar lejos somos, literalmente, únicos. Ninguna otra especie es remotamente capaz de hacerlo. Si no planeamos el futuro, ninguna otra especie lo hará.
- Existe una tensión entre el bienestar de corto plazo individual y el bienestar de largo plazo grupal o bienestar global que no se puede dejar resolver únicamente al darwinismo pues no habrá esperanza.
- La codicia a corto plazo está hecha para ganar. La única esperanza radica en la singular capacidad humana de utilizar los grandes cerebros con los que cuenta para procesar la masiva base de datos comunitaria que posee y simular el futuro con la imaginación.
- Es necesario buscar nuevas respuestas a la pregunta ¿Cómo hacer que la gente esté de acuerdo con renunciar a algunas de sus propias ganancias a corto plazo y hacer algo al respecto por el futuro del mundo a largo plazo?
- El cerebro ha sido equipado por la selección natural con genes que tienen el poder de tomar sus propias decisiones, decisiones basadas no directamente en el valor final darwiniano de la supervivencia genética, sino en otros valores más proximales
- Entre los valores proximales debe estar la supervivencia a largo plazo del planeta y la sostenibilidad.

Si la sostenibilidad es posible, sólo lo será desde la racionalidad científica, desde las posibilidades que la evolución le ha dado al cerebro a través de la consciencia. Se vislumbra entonces un conjunto de intangibles que habilitaría el paso a la práctica de la ciencia de la sostenibilidad que, entre otros, podría estar formado por habilidades y capacidades de:

- *Análisis*, para distinguir y separar las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos.
- *Asertividad*, para que exista coherencia entre hacer lo que se dice y decir lo que se hace.
- *Consciencia*, para estar en capacidad de verse y reconocerse a sí mismo y de juzgar sobre esa visión y reconocimiento.
- *Complejidad*, para no olvidar que es un conjunto o unión de dos o más cosas que se comportan más allá de la suma de los comportamientos.
- *Convicción*, para convencer.
- *Empatía*, para identificar mental y afectivamente a los sujetos.
- *Estrategia*, para regular el proceso mediante reglas que aseguren tomar decisiones acertadas a tiempo y la mayor parte del tiempo.
- *Holismo*, para alcanzar una concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que lo componen.
- *Honestidad*, para ser razonable y justo.
- *Incertidumbre*, para no tener una firme adhesión de la mente a algo y saber que se puede

errar.

- *Integración*, para fusionar conceptos divergentes.
- *Metodología*, para obrar o proceder en disciplina.
- *Multidisciplinariedad*, para abarcar y afectar a varias disciplinas.
- *Pragmatismo*, para buscar las consecuencias prácticas del pensamiento.
- *Rigor*, para una excesiva y escrupulosa severidad.
- *Síntesis*, para componer todos por la reunión de sus partes.
- *Transdisciplinariedad*, para favorecer el intercambio de paradigmas y tendencias entre disciplinas de modo que se afecten las dinámicas de la innovación.

Haciendo las transformaciones respectivas a las estructuras y procesos tradicionales de investigación y desarrollo para que se enriquecieran con esos intangibles se empezaría a formar y consolidar una Ciencia de la Sostenibilidad. Por ejemplo, la Figura 32 representa las posibles dinámicas de tres subsistemas objeto de sostenibilidad y, por lo tanto, objetos de investigación científica en el sentido descrito. De izquierda a derecha, sus posibles estados teórico, real y futuro con base en la transformación de la investigación y desarrollo de las ciencias ambientales, sociales y económicas de manera que involucren los intangibles.



Figura 32. Dinámica de tres subsistemas objeto de sostenibilidad (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2004)

Entre las iniciativas contemporáneas para esa consolidación de la ciencia de la sostenibilidad, se pueden destacar dos (Ferrer, 2008):

- *Foro de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible*. Lo promueve *The American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, editora de la revista *Science*. Es un intento para esbozar este floreciente campo. En lugar de mirar en sentido amplio a la sostenibilidad, el Foro se centra en la manera en que la ciencia y la innovación pueden

dirigirse y aplicase a satisfacer las necesidades humanas, preservando al mismo tiempo los sistemas de apoyo a la vida del planeta. En él se destacan las personas y programas que están estudiando las interacciones naturaleza-sociedad y aplicando los conocimientos que resultan para crear una transición hacia la sostenibilidad en todo el mundo.

- *Integrated Research System for Sustainability Science (IR3S)* Lo promueve el gobierno japonés desde 2005. Está formado por la asociación de cinco universidades líderes japonesas: Universidad de Tokio, Universidad de Kyoto, Universidad de Hokkaido, Universidad de Osaka y Universidad de Ibaraki. Tienen dos objetivos principales. Uno es establecer 'la ciencia de la sostenibilidad' como una nueva disciplina académica. El otro es resolver problemas de la vida real que amenazan la sostenibilidad de la vida humana y del ecosistema. También tiene como objetivo promover proyectos conjuntos y publicar una revista académica internacional mediante la coordinación entre las universidades e instituciones asociadas para conformar alianzas internacionales buscando la cooperación academia-gobierno-industria, y promoviendo actividades de extensión.

En conclusión, estamos viviendo el surgimiento de un nuevo paradigma en la ciencia basado en un modelo mental racional más consciente de las posibilidades de supervivencia humana.

3.2.10 Natural vs. Artificial

En primer lugar, es necesario tratar de entender las diferencias entre lo natural y lo artificial siguiendo la estrategia de preguntar qué se puede llamar artificial (Amit, 2008):

Por defecto todo lo que existe es natural. Algo de lo que pueda afirmarse que no es natural sería imposible de ocurrir y no podría existir. Esto significa que, para afirmar que algo o alguna manera como mejor que otras porque es "natural" es redundante, y equivocado. Además, hablar de un fenómeno existente como artificial o antinatural es absurdo. Por lo tanto, artificial no puede ser antinatural, ¿qué es entonces?

Lo artificial es el producto natural de los esfuerzos humanos por medio de la inteligencia humana que también es una parte de la naturaleza. Lo humano no puede afirmarse como antinatural.

Lo natural tiene dos cualidades particulares que se deben tener en cuenta para esta discusión. Primero, no sabe de prejuicios, es neutral, implacable y no se atiene a las consecuencias y, segundo, porque algo sea natural, y todo lo es como se ha indicado, no se puede suponer o asumir como bueno o malo. Lo natural no tiene ningún valor intrínseco.

En cuanto a lo que ocurre a lo natural cuando se tiene en cuenta el tiempo, se pueden describir estas dinámicas:

- No es estático, es dinámico, y está en un estado de flujo constante.
- No es necesariamente inevitable o permanente.
- Todo lo vigente en un escenario actual puede convertirse en anticuado en el futuro.

Por lo tanto, apelar al pasado como lo 'natural' en comparación con un presente o futuro 'artificial' es un argumento irracional ya que lo que ayer era natural puede ser obsoleto hoy o mañana y lo que ayer era sólo un sueño puede ser natural hoy o mañana. El presente y el futuro no son menos 'naturales' y la naturalidad de las cosas en el contexto de pasado, presente o futuro es irrelevante.

De esta manera, algunas de las implicaciones de la dualidad natural/artificial sobre los observadores del sistema mundial o suramericano se pueden describir así (Amit, 2008):

- Para los primitivistas, anti-civilizacionistas y los ambientalistas radicales la ciencia y la tecnología contemporáneas y futuras son 'antinaturales', mientras que las formas arcaicas y autosuficientes de vida son 'naturales'. Consideran a la civilización humana como inherentemente en contra de la naturaleza y como su gran destructora.
- Los igualitarios radicales siguen a los anteriores y consideran que el igualitarismo es 'natural' mientras que la jerarquía es 'antinatural'.
- Los conservadores utilizan el dogmatismo en la jerarquía de clases, la autoridad religiosa, el racismo, las castas, el nacionalismo, las preferencias lingüísticas o los prejuicios, que asumen como 'el orden natural', como si fueran las leyes inalterables de la naturaleza y las autoridades intrínsecas, y las desviaciones doctrinarias se consideran 'antinaturales'.
- Los socialistas, comunistas o estatistas afirman que un sistema político centralizado involucra al humano que existe en estado 'natural', y el surgimiento de organizaciones políticas centralizadas se considera como una 'ley natural inevitable'. La libertad se considera como 'antinatural' y cualquier persona que rechace la idea de un gobierno estatal se considera en contraposición a lo 'natural'.
- Los anarquistas o miniarquistas se consideran antinaturales o se comparan con primitivos en un 'estado natural' previo al surgimiento de una organización política centralizada.

Entonces la dualidad natural/artificial que se presentan en todas estas posturas políticas naturales es más importante de lo que se pensaba, pero no por el debate inherente que conlleva, sino porque es equivocado, irracional y distrae y desvía la atención de la determinación de los problemas centrales sistémicos.

Como muestra la Figura 33, por ejemplo, sólo hasta hace no más de 100-150 años que la naturaleza tiene su propia acción de sostenibilidad en la longevidad y el crecimiento de la población humana. Hasta hace poco, funcionaba a través de las condiciones que causaban muertes infantiles y maternas en el parto, pandemias, epidemias, enfermedades, plagas, hambrunas, sequías, terremotos, tornados, huracanes y tormentas de nieve, con un impulso adicional dado por la conducta social humana y sus prácticas de guerra, esclavitud y genocidio que crearon un terreno fértil para la muerte, las enfermedades y las plagas (Fernández, 2007)

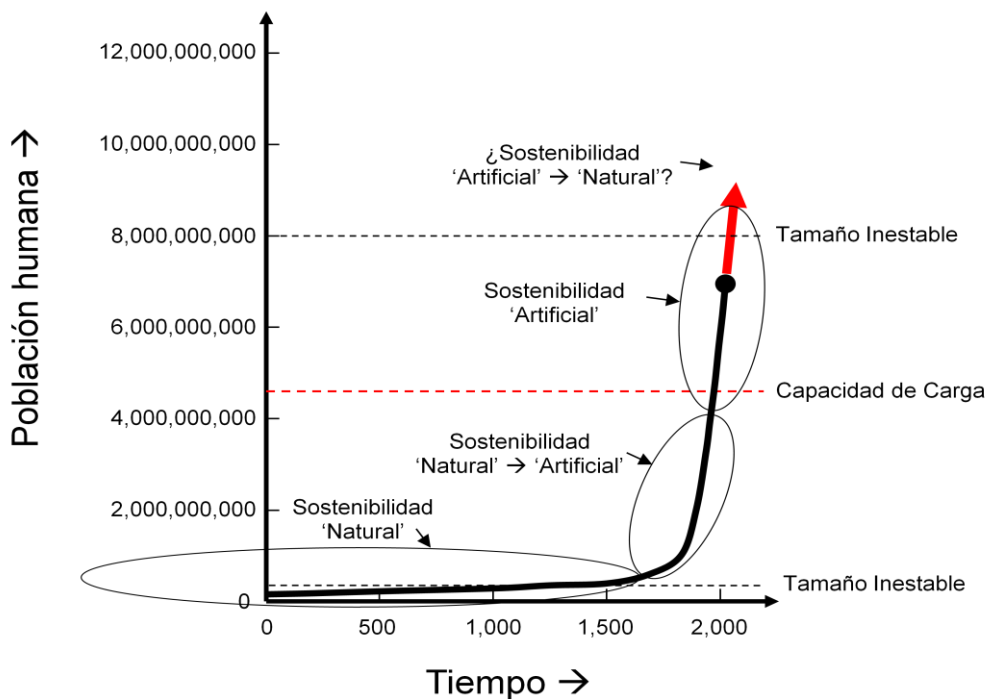


Figura 33. Población humana y Sostenibilidad natural vs. artificial
(Elaborada por el autor a partir de Fernández, 2007)

Pero los avances de la inteligencia humana en todos los frentes del conocimiento crearon nuevas condiciones estructurales y dinámicas para la disminución de la tasa de fecundidad y el crecimiento de la longevidad humanos y es posible ver los efectos de un nuevo conjunto de acciones de sostenibilidad como métodos médicos y culturales, educación, el derecho al voto de las mujeres, migración de entornos urbanos, esfuerzos concertados de los gobiernos para limitar el crecimiento demográfico, aumento de la riqueza e influyentes fuerzas de comunicación global, entre otros (Fernández, 2007)

En ese sentido es en el que es posible decir que se presenta un movimiento de estructuras y dinámicas de sostenibilidad natural a artificial y que es necesario tener nuevas formas de implicación humana en la solución de los problemas que se vislumbran porque el crecimiento

exponencial de la población humana conlleva crecimientos exponenciales del uso desequilibrado de materia y energía al interior de un sistema cerrado de recursos finitos como el planeta Tierra.

3.2.11 Longevidad y Equilibrio

Los sistemas se pueden estudiar como abiertos o cerrados. Los cerrados son aquellos que no intercambian información, materia o energía con su ambiente, mientras que los abiertos sí. Los cerrados alcanzan un estado final de equilibrio en función de su estado o estados iniciales y los abiertos alcanzan un estado final estable independientemente de su estado o estados iniciales (von Bertalanffy, 1969)

Los sistemas, además, pueden alcanzar dos tipos de estados estables: de equilibrio o uniforme. El estado de equilibrio es el que alcanzan los sistemas cerrados por la mera interacción entre sus partes y sin intercambiar información, materia o energía con su ambiente y es aquel de máxima entropía. El estado uniforme es el que alcanzan los sistemas abiertos no solo por la interacción entre sus partes sino también por el intercambio de información, materia y energía con su ambiente y no necesariamente es el estado de máxima o mínima entropía. (von Bertalanffy, 1969)

Vivimos en una era en la que tanto la perspectiva humana como la sostenibilidad se encuentran en una etapa de sus procesos evolutivos con dinámicas de posición, dirección, velocidad y aceleración que ocurren en escalas de espacio y tiempo ajenas a las capacidades de experiencia y percepción humana, y en la que se dan dos tipos de estados uniformes: el *nominal* (p.ej. el cuerpo humano, en condiciones normales de la biósfera terrestre, puede vivir de 30 a 40 años. La expectativa de vida nominal con base en comida de subsistencia, sin cuidado médico y sin un entorno de industrialización, es de 28 años en promedio (Meadows et al., 1972), y el *real* (p.ej. actualmente la expectativa de vida humana es más de 60 años en promedio y en algunos países más de 80 años (United Nations Development Programme, 1990-2009)

Hay una relación simple, clara e imperativa de balance entre la sostenibilidad de los subsistemas 'locales' y la sostenibilidad de los meta-sistemas 'globales', y cuando ese balance se modifica por cualquier tipo de cambio en alguna de las longevidades de los subsistemas 'locales' mediante algún medio (p.ej. selección natural, innovación tecnológica, sobre población, colapsos, desastres, etc.), la estructura y la dinámica del sistema se pueden

modificar (Gallón, 2009c) Esto muestra que parece existir un tipo de trampa de longevidad que, en un entorno de una aparente mejor sostenibilidad 'local' (en términos de longevidad), el meta-sistema, que se supone un sistema abierto pero es en realidad cerrado, se dirige inevitablemente a un nuevo estado de equilibrio de referencia (von Bertalanffy, 1969)

Para el propósito de esta investigación, y por lo expuesto sobre Suramérica, es de particular interés observar a la longevidad en función de la dinámica de la población en un sistema abierto local, para lo que es necesario recurrir al proceso de crecimiento de población (Fernández, 2007) representado en la Figura 34.

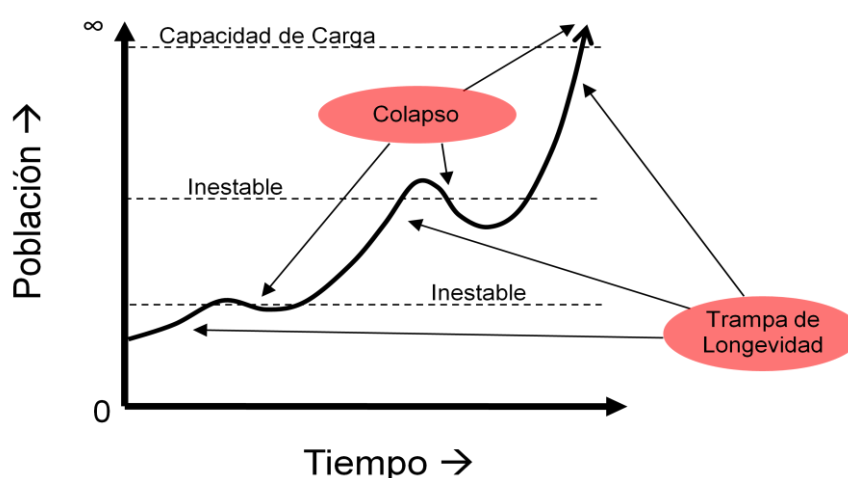


Figura 34. Dinámica de una población
(Elaborada por el autor a partir de Fernández, 2007)

La Figura 28 se puede caracterizar por cuatro fases posibles en función de los acontecimientos históricos:

- *Fase I.* Una pendiente continua gradual de aumento de la población que corresponde a las condiciones de vida de cada período con sus avances y retrocesos graduales.
- *Fase II.* Un aumento significativo de la población atribuible a la mejora de las condiciones generales de vida después de un importante revés que, a raíz de una gran catástrofe, provoca algunos cambios estructurales en el sistema después de haber alcanzado un tamaño inestable.
- *Fase III.* Un crecimiento continuo de la población debido a los avances sobre la base de importantes cambios estructurales y dinámicas de la fase anterior.
- *Fase IV.* Se proyecta en el futuro la ruta vigente de crecimiento exponencial hacia el siguiente revés que puede darse o bien al alcanzar otro tamaño inestable o bien sobrepasar el límite de la capacidad de carga.

La ley general de la población de Malthus plantea que sin controles, la población crece siguiendo una progresión geométrica. Así, el modelo de crecimiento exponencial fue pensado sólo como una ley para explicar la naturaleza que gobierna el crecimiento no controlado de la población. La mayoría del resto del ensayo de Malthus explora los factores que pueden controlar ese crecimiento y que se conocen como los Controles Positivos Maltusianos (CPM) (Coutts, 2009) Como resultado de ello, por ejemplo, el crecimiento de la población humana se encuentra en fase III y no se controla, y su longevidad también crece y, por supuesto, la sostenibilidad local ha cambiado imponiendo nuevas condiciones para un cambio en el estado de equilibrio del sistema global hacia un nuevo umbral de referencia.

El estado uniforme de un sistema abierto como Suramérica, que intercambia información, materia y energía dentro de un sistema cerrado en estado de equilibrio como el planeta Tierra, depende de las relaciones que existen entre las demandas del crecimiento de la población sobre los recursos y la degradación del medio ambiente, que son complejas (Fernández, 2007) Para los contextos de esta investigación se pueden descubrir dos tipos de dinámicas: En primer lugar, en los países sin industrialización, los recursos esenciales para satisfacer las necesidades de supervivencia individual tienen una disponibilidad pequeña y reducida y se estima que corresponden al 20% de los recursos y energía globales, pero el gran y cada vez mayor número de personas, estimada en un 80% de la población global, tiende a abrumar y agotar los recursos no renovables rápidamente. En segundo lugar, en los países industrializados, la población tiene un tamaño y un crecimiento pequeños, y se estima que corresponde al 20% de la global, pero posee un estilo de vida que consume hasta el 80% de los recursos y la energía global.

Las consecuencias de esas dinámicas son las siguientes: En primer lugar, la huella de la población sobre los recursos no renovables, minerales y combustibles fósiles que están presentes en cantidades limitadas y se agotan con el uso (sobre todo por la demanda de los países industrializados) y en los recursos renovables, que se pueden utilizar indefinidamente siempre y cuando no se sobreexploten en el corto plazo sobrepasando la capacidad de los servicios ecosistémicos (por ejemplo, en los países no industrializados en los que las poblaciones dependen de esos recursos para suplir las necesidades diarias de supervivencia) En este caso, incluso, los recursos renovables se consideran potencialmente renovables. En segundo lugar, la huella de consumo sobre los recursos y la energía ocasiona un agotamiento de recursos y una producción de residuos exponenciales, con la consiguiente degradación del ambiente (sobre todo en los países industrializados)

Dado entonces ese escenario de querer y poder vivir esos 20, 40 o más años, consumiendo y

desechando cada vez más por la dinámica de la industrialización, se necesita investigar y proponer nuevos tipos de sostenibilidad para nuevos estados estables de equilibrio y uniformes.

3.2.12 Sociocibernética

Puesto que cibernética deriva de la palabra griega para timonel, y socio pertenece a las sociedades, se puede asumir que sociocibernética es la ciencia que estudia la dirección de las sociedades. Y de hecho lo es, hasta cierto punto, aunque sin la noción de que las sociedades se pueden dirigir de una manera jerárquica, de arriba hacia abajo (Geyer, 2004).

Los siguientes son apartados del documento ¿Qué es sociocibernética? (Geyer, 2004) en los que se abordan los temas de la cibernética de primer orden, de segundo y sus problemas particulares de investigación como referentes para el trabajo realizado en esta investigación.

Primero está la cibernética de primer orden, o clásica, que tiene sus orígenes en los años 40 del siglo XX y se centra en los sistemas observados. Condujo a la construcción de la primera computadora, tenía una aproximación básicamente ingenieril y resultó ser extremadamente útil para solucionar muchos problemas prácticos, especialmente de naturaleza tecnológica.

La cibernética, a pesar de tener esa orientación algo mecanicista y tecnológica, impulsó una nueva aproximación en las ciencias sociales, fortaleciendo los siguientes conceptos y herramientas innovadores:

- **Límites:** destacó la importancia de definir claramente, y estar consciente de, los límites del sistema estudiado y llamó específicamente la atención sobre el hecho de que siempre es inevitable hacerlo de formas que dependan del tiempo, del observador o del problema.
- **Sub y Supra sistemas:** permitió preocuparse por responder preguntas como: ¿cuáles son los supra-sistemas de los cuales forma parte el sistema bajo consideración? y, ¿cuáles son los subsistemas relevantes, es decir, las partes componentes que se deben mirar con cuidado?
- **Causalidad circular:** logró que la causalidad circular fuera respetable, ya que hasta entonces se consideraba un error en el razonamiento lógico que conducía a tautologías. La idea misma de causalidad circular atacó el modelo Newtoniano-Laplaciano mecanicista del universo, con su sesgo más mecánico que orgánico, y en su énfasis en cadenas causales lineales apareciendo en el tiempo. La creciente complejidad de las sociedades modernas hará que concentrarse en desenredar las cadenas causales circulares sea más

provechoso.

- **Realimentación positiva y negativa:** mostró ejemplos de causalidad circular con lazos de realimentación positiva (desviación-amplificación) y negativa (desviación-reducción) que pueden ocurrir o espontáneamente, tanto en la naturaleza como en la sociedad, o ser diseñados con ingeniería. La cibernética de primer orden se interesa primordialmente en los lazos de realimentación negativos, pues su propósito es generalmente controlar sistemas tecnológicos e industriales manteniéndolos en un curso o estado constante, fluctuando dentro de unos márgenes especificados alrededor de un equilibrio particular.
- **Simulación:** potenció una nueva herramienta metodológica con el aumento de la disponibilidad de equipos de computación haciendo posible simular de manera realista problemas cada vez más complejos a partir de la posibilidad de incorporar un número mayor de variables interactuantes en los modelos. Una ventaja es que se pueden investigar los efectos de modificar algunas de las variables sin cambiarlas en la realidad, es decir, sin involucrarse en la acción política y otra, que simulando se pueden llegar a descubrir consecuencias latentes de ciertas acciones previstas pronosticando la aparición y los efectos de comportamientos contrarios a la intuición.
- **Holismo:** acompañó la doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que lo componen.

Y luego está la cibernética de segundo orden, o sociocibernética, que se originó en los años 70 del siglo XX y se define como la cibernética de los sistemas observantes. La diferencia principal con la cibernética de primer orden está en que la de segundo incluye a los observadores en los sistemas bajo estudio que, por otra parte, son generalmente sistemas vivos o sociales en lugar de artefactos inanimados tecnológicos o de la ingeniería.

A continuación se describen conceptos de la cibernética de segundo orden:

- **Auto-referencia:** la causalidad circular está presente en todas las formas de auto-referencia y se puede ver también como su forma más simple. La auto-referencia puede tener tres significados: el más débil, neutral, implica que el cambio en el estado del sistema en un momento dado sigue de su estado en el momento anterior; el biológico, que requiere de los sentidos y de la memoria, en donde auto-referencia significa que un sistema contiene la información y el conocimiento sobre sí mismo, es decir, de sus propios estado, estructura y procesos; y el significado más fuerte, que implica que el sistema, ya sea un sistema individual o social, exhibe auto-observación, auto-reflexión y un cierto grado de la libertad de acción y, por lo tanto, puede recoger información sobre su propio funcionamiento, que a la vez influye ese funcionamiento
- **Auto-dirección:** ya que tanto los individuos como los grupos humanos son, en gran

medida, auto-dirigidos, la mayoría de los esfuerzos en la planificación jerárquica de arriba hacia abajo han fallado; la visión más democrática “de abajo hacia arriba” se prefiere sobre la visión “de arriba hacia abajo”. Así, muchos científicos sociales que orientan su trabajo desde la cibernética han llegado a la conclusión de que no deben entregar conocimiento útil para provocar una mejor dirección del comportamiento de sistemas sociales o de individuos, sino que por el contrario deben intentar mejorar la competencia de los actores de base para que se dirijan ellos mismos.

- **Auto-organización:** aunque es un concepto de segundo orden, la auto-organización está ligada a la causalidad circular. Los progresos en la ciencia cognitiva, tanto en el relativamente de “primer orden” cognitivismo, que conduce a la inteligencia artificial, como en el relativamente de “segundo orden” conexionismo, con sus redes neuronales, han demostrado la emergencia de la auto-organización como un concepto básico nuclear que se utiliza cada vez más en diversas ramas de las ciencias sociales.
- **Auto-catálisis y Catálisis cruzada:** en química molecular se distinguen los ciclos autocatalíticos cuando el producto de una reacción cataliza sus propias síntesis, y los ciclos catalíticos cruzados cuando dos grupos de o productos diferentes catalizan las síntesis uno del otro. Estos conceptos se pueden utilizar para explicar el origen de la vida a partir de una ‘sopa primigenia’ o la economía, que impulsa su propia evolución a medida que se hace más compleja.
- **Autopoiesis:** el concepto de autopoiesis o auto-producción sirve para distinguir lo viviente de lo no viviente. Un sistema autopoietico se define como una red de procesos interrelacionados productores de componentes tales que, en interacción, generan la misma red que los produjo.

Finalmente el autor propone un conjunto renovado de problemas de investigación para la sociocibernética, que como se puede observar en este trabajo de investigación, ayudan a conformar un marco de trabajo de modelado con dinámica de sistemas:

- Investigar las limitaciones y los límites de lo que puede suceder, en lugar de lo que sucederá;
- Investigar (im)posibilidades en lugar de certezas;
- Trabajar con escenarios alternativos en lugar de predicciones;
- Analizar condiciones facilitadoras en lugar de determinantes causales estrictos;
- Utilizar la noción de *feed-forward* para hacer frente a algunas de las incertidumbres en un mundo generalmente incierto, en vez de aferrarse a la planificación centralizada;
- Enfatizar la estrategia en su significado militar original de tener un plan para un ambiente incierto que será modificado cuando se requiera, en lugar de aferrarse al plan pase lo que pase;

- Enfatizar la navegación en su significado naval original de alcanzar el puerto previsto adaptando flexiblemente el curso y el aparejo a los vientos y a las corrientes, en lugar de ir obstinado contra los mares, arruinando la nave.

3.2.13 Modelo de Sistemas Viables

En el caso del tradicional eje política-ciencia se han demostrado graves deficiencias en el tratamiento de las consecuencias en el futuro de las acciones del presente. En los sistemas políticos y contables se observa un comportamiento orientado al corto plazo, así como en la mayoría de los mapas cognitivos individuales en los que preocupa y se actúa en función del grupo familiar cercano en escalas de tiempo semanal. De ahí que, a pesar de las buenas intenciones, la humanidad parece una especie incapaz de hacer algo significativo que modifique tendencias. Parece que algo tiene que cambiar de forma dramática, y ese algo tiene que involucrar a la forma de pensar y relacionarse (Espinosa et al., 2008)

Desde la época de Russell, Whitehead y Einstein, los pensadores han señalado que los problemas creados en un nivel de pensamiento particular sólo se pueden resolver en otro superior, o meta-nivel, de pensamiento. En una línea similar, se advirtió contra la dependencia del análisis cuantitativo y de la medición con métricas unidimensionales, señalando que para evitar el desbordamiento que puede causar una enorme explosión por la proliferación de datos, era necesario desarrollar herramientas y técnicas a la luz de los fines que se persigan, por ejemplo, la viabilidad organizativa (Beer, 1966 citado en Espinosa et al., 2008)

Por otra parte se presenta una distinción útil entre un paradigma antropocéntrico y otro ecocéntrico (Baker et al., 1997 citando en Espinosa et al., 2008) El antropocéntrico favorece un enfoque intervencionista para el desarrollo socioeconómico donde la naturaleza se ve como un recurso básico para hacer frente a los problemas de la humanidad. En contraste, el ecocéntrico adopta un enfoque holístico basado en una combinación de las necesidades sociales, los límites ecológicos y la calidad de vida, tratando a los sistemas sociales naturales y humanos como en coevolución en una danza recurrente de interacción, cada uno dependiendo de las salidas de los demás y entregándoles sus salidas.

Tomando una línea un poco diferente, se propone un enfoque geocéntrico que incorpore las culturas antiguas en sus visiones filosóficas y teológicas sobre la sostenibilidad (Bell y Morse, 2005 citado en Espinosa et al., 2008) que, según lo señalado en el número 3.2.9, es una propuesta que Dawkins (2001) denomina la del –noble salvaje– mostrando como conlleva

tradiciones y prácticas contrarias a lo sostenible y opuestas a tener una visión de futuro de largo plazo.

En general, la comunidad que trabaja con sistemas y su modelado ha hecho varias contribuciones, entre las que se incluye la sostenibilidad, para enfrentar los problemas sociales complejos. Desde el enfoque cibernético, la sostenibilidad se ve como un proceso permanente que se constituye a través de las relaciones dinámicas entre las organizaciones viables y la realidad que establecen esas relaciones al darse, en otras palabras, como algo que tiene tanto que ver con el contexto como con la organización en sí misma. La cibernética de segundo orden lleva esto un poco más allá, entrando en los dominios sociales y lingüísticos, viendo a la sostenibilidad como un término que está constantemente abierto a la negociación y a la definición local mediante el diálogo, en lugar de ser algo que existe ahí fuera en el mundo (Schlindwein e Ison, 2004 citado en Espinosa et al., 2008)

Un ecosistema surge de la dinámica de las relaciones entre unos seres biológicos y sus ambientes. Es común oír y hablar acerca de formas de vida en ambientes particulares, como si el ambiente no tuviera nada que ver con el organismo, salvo servirle de sustrato pasivo. Este es uno de los principales resultados del éxito de la metodología científica occidental tradicional que tiende a aislar los fenómenos vivientes para analizar un conjunto resumido de sus partes constituyentes, que se conservan para constituir su dinámica viviente. Este congelamiento de los fenómenos dinámicos reales que conforman el mundo real ha tenido enorme éxito en un determinado dominio de la comprensión, sin embargo hay dudas sobre la calidad de los conocimientos que han resultado de ese proceder. Se está empezando a demostrar la naturaleza incompleta de ese tipo de entendimiento, y además, se está mostrando que es posible una aproximación más holística y sistémica, sin perder ninguno de los beneficios obtenidos de la aplicación del método científico tradicional (Espinosa et al., 2008)

Todos los aspectos de un ambiente con el que un organismo está estructuralmente unido, son efectivamente la esfera cognitiva del organismo (que es la suma nicho + organismo). Es tal ese acople, que debido a su naturaleza recursiva permite la aparición de fenómenos de orden superior como el pensamiento, como el modelado (Maturana y Varela 1980; 1988 citados en Espinosa et al., 2008)

Con una visión particularmente interesante, pues tenía sus orígenes en trabajos con organizaciones sociales y la ciencia de la administración, Stafford Beer propuso su *Modelo de Sistemas Viables* (VSM por sus siglas en inglés) como una herramienta particular para ayudar a describir formas sociales coexistentes de diferentes escalas y tipos. Como su nombre lo

indica, el VSM se refiere a un concepto de viabilidad. Un sistema viable es un sistema o entidad compleja capaz de mantener una existencia independiente –no una existencia totalmente separada de un ambiente–, pero una donde los cambios estructurales se llevan a cabo sin pérdida de identidad y sin ruptura con el nicho. La viabilidad está clara y estrechamente vinculada a la sostenibilidad: las dos resultan de la organización que hace frente a la complejidad del ambiente en el curso de sus propios cambios dinámicos y desarrollo. La falta de viabilidad –o ruptura con su nicho– indica la muerte o el cese de esa forma de vida (Espinosa et al., 2008)

Por definición, para que una organización (o cualquier sistema) pueda ser efectiva, debe tener la variedad requerida para hacer frente a la complejidad de su nicho. O, dicho de otra manera, el nicho (a diferencia del ambiente en general), se especifica como nicho por su propia y necesaria variedad así como la de la organización, manifiesta en una danza estructural. Las interacciones recurrentes que caracterizan a las situaciones locales y de corto plazo de acuerdo con las capacidades de la organización, constituyen, en efecto, su nicho. Al igual que en la biología cognitiva y la cibernética de segundo orden, el VSM ha de tener en cuenta el hecho de que, con el tiempo, tanto la dinámica interna de la organización como el cambio externo del nicho son un baile de nunca acabar (Espinosa et al., 2008)

Desde este punto de vista, un sistema viable se entiende mirándolo en el contexto tanto del nicho y como del ambiente, y en cómo se mantiene en contacto con un mundo que cambia continuamente mientras mantiene su propia identidad, es decir, la forma en que interactúa y se superpone con otros sistemas viables que pueden ser a veces más grandes que sí mismo, como el ecosistema o la economía mundial, o a veces más pequeños, como el dominio molecular o una economía regional (Espinosa et al., 2008)

El modelo de Beer para dicho sistema viable se compone de un conjunto de operaciones (que hacen algo o les han hecho algo), un meta-sistema (que reflexiona sobre las diversas operaciones distintas desde la perspectiva de un todo observable) y el ambiente en el que impacta y se sostiene a sí mismo. En el interior de las fronteras difusas del ambiente hay puntos específicos de contacto e intercambio que constituyen el nicho del sistema. En comparación con otras aproximaciones tradicionales para comprender a las organizaciones, el VSM de Beer puede ser particularmente útil para soportar a la sostenibilidad por razones como (Espinosa et al., 2008):

- *Autonomía y Cohesión.* Los acoplamientos estructurales sólo se desarrollan a través de una interacción consciente que alinee, por ejemplo, interacciones individuales, familiares e industriales en conversaciones orientadas y acciones coherentes que fomenten

estructuras sociales y económicas más sostenibles.

- *El papel de la alta dirección.* En la propia reflexión de Beer, la función primaria de la alta dirección es lógica en lugar de política, a pesar de que en donde haya una organización social siempre se será testigo del juego de la política. Por lo tanto, los debates de la centralización y descentralización, resultan irrelevantes: un sistema viable es los dos a la vez.
- *Acoplamiento estructural con el ambiente.* El punto crítico para Beer fue que, a menos que se tengan en cuenta los aspectos del ambiente al cual está trenzada la empresa en sus operaciones (es decir, su nicho y, por ejemplo, el entorno social y jurídico o la cultura), entonces no hay forma de que la dinámica interna se pueda ajustar para hacer frente a todos los cambios micro y macro que estén ocurriendo afuera. Y sin tales ajustes en tiempo real no hay ninguna viabilidad.
- *Variables y Métricas para la sostenibilidad.* El reto es ser capaz de identificar las variables esenciales que se pueden utilizar para vigilar los aspectos vitales de la interacción entre la organización y el nicho. Es en el sentido en que cada sistema viable atribuye a sus interacciones con otros sistemas viables, que surge la forma de interacción, así como la métrica para observar sus relaciones. En lugar de diseñar métricas y mediciones para controlar los sistemas desde arriba, como hacen la mayoría de las agendas de sostenibilidad, el VSM sugiere la necesidad de diseñar herramientas meta-sistémicas para vigilar la autorregulación de los sistemas viables embebidos. También sugiere ideas nuevas para medir el bienestar de las personas como la forma natural de medir la viabilidad a nivel social para superar la obsesión con las mediciones financieras.
- *Participación y nuevo compromiso.* El balance de la variedad entre todas las operaciones en todos los niveles requiere individuos/comunidades/organizaciones empoderadas, comprometidas y, la única manera eficaz de articular una organización, es dar poder al nivel en el que se hacen las cosas.

Para terminar el estudio de Beer, es importante destacar que para los distintos niveles de la relación estado-sociedad (local, bio-regional, nacional, eco-regional y global), vio a la autonomía individual como el fundamento de la democracia y destacó la necesidad de diseñar mejores estructuras que permitieran la participación en decisiones públicas que afecten intereses individuales (Espinosa et al., 2008) El modelado deberá tener esto en cuenta.

3.2.14 Complejidad y Sistémica

Si se piensa en algo considerando su totalidad, teniendo en cuenta tanto sus características

como sus interacciones con el ambiente y, además, se consideran sus partes teniendo en cuenta las interacciones entre ellas, se está haciendo *pensamiento sistémico* o, si se prefiere, se está *pensando sistémicamente*. La pregunta sigue siendo si hay métodos que se puedan emplear y que permitan mejorar el resultado de pensar sistémicamente, pues resulta que hay muchos y determinar cuáles y cuándo son los apropiados depende de considerar varias dimensiones (Bellinger, 2010)

A continuación se dan elementos desde la Complejidad, la Teoría general de los sistemas y las Metodologías sistémicas, que permiten tener referentes de trabajo para esta investigación sobre sostenibilidad.

Complejidad

Las ideas, conceptos y definiciones que se presentan a continuación y que proceden de los trabajos de Wagensberg (1998; 2004) representan un resumen sobre complejidad que apoya el trabajo de esta investigación.

Cuando se piensa en complejidad, se enfrentan dos preocupaciones fundamentales: por un lado el cambio, que se refiere a la estabilidad y a la evolución y, por otro, la relación entre los todos y sus partes, que se refiere a la estructura y a la función. Así, toda búsqueda de complejidad está condicionada por lo que se espera encontrar bien sea al observar cambios o relaciones.

Por otra parte, tanto cambios como relaciones, son una forma de representación de la cantidad de azar presente en el universo o que interviene en los procesos naturales, que no tienen más límite que el avance del conocimiento. De manera que el ideal científico se basa en hacer retroceder el poder del azar en función del progreso del conocimiento y comprender el mundo es comprender, como mínimo, el cambio y la relación entre un todo y sus partes.

Un investigador, un observador, puede considerar al mundo dividido en dos partes: una, el sistema, finito y que acapara su atención e interés y, otra, el entorno también finito y complemento del sistema.

Elegir el sistema y su entorno significa definir la frontera que los separa y se logra proponiendo una superficie real o ficticia permeable, en principio, al paso de información en dos sentidos: del sistema al entorno y del entorno del sistema. Así, se definen cuatro cantidades

fundamentales:

- **Complejidad del sistema:** es la cantidad de información que contiene el sistema en función de su diversidad potencial de comportamiento. El sistema, en este sentido, se considera el origen, la fuente, de mensajes destinados al entorno.
- **Incertidumbre del entorno** (también se puede denominar **complejidad del entorno**): es la cantidad de información que contiene el entorno en función de la riqueza de sus posibles comportamientos. El entorno, en este sentido, es el origen, la fuente, de mensajes destinados al sistema.
- **Capacidad de anticipación del sistema:** es la cantidad de comportamientos de los que disfruta el sistema dado cierto comportamiento del entorno. Cuanto menor sea esta capacidad, son menos las dudas del sistema respecto a su entorno y más limita el entorno las posibilidades del sistema. La capacidad depende de la diferencia, considerada un error, entre la información que sale del sistema y la que llega al entorno.
- **Capacidad de cambio del (o de) entorno del sistema** (también se puede denominar **Sensibilidad del entorno**): es la cantidad de estados del entorno compatibles con un comportamiento dado del sistema. Cuanto menor sea la cantidad estados del entorno compatibles y, por lo tanto, mayor la capacidad de cambio y la sensibilidad, más afectado se ve el entorno por el acontecer del sistema. La sensibilidad depende de la diferencia, también considerada un error, entre la información que sale del entorno y la que llega al sistema.

La información neta que llega a un destino se obtiene sustrayendo el error a la información de la fuente. Por lo tanto: La complejidad del sistema menos su capacidad de anticipación corresponde a la información que provee el comportamiento del entorno sobre el comportamiento del sistema. Y, en el sentido inverso, la incertidumbre del entorno menos su sensibilidad corresponde a la información que provee el comportamiento del sistema sobre el comportamiento del entorno.

Pues bien, una ley fundamental establece que ambos mensajes contienen cantidades idénticas de información, lo que permite formular una identidad que rige el cambio del mundo con respecto a cualquiera de sus partes:

La complejidad de un sistema más su capacidad de anticipación respecto del entorno, es igual a la incertidumbre del entorno más la capacidad de cambio del (o de) entorno del sistema.

Una perturbación en alguno de los términos de la ecuación requiere la inmediata readaptación de los otros tres. Si aumenta la incertidumbre del entorno, entonces el sistema

debe aumentar su complejidad, esmerar su capacidad de anticipación o inhibir su efecto sobre el entorno.

Cuando en el intercambio sistema-entorno se sortean todas las dificultades y se consigue no violar la ley fundamental, entonces se dice que hay adaptación. Desde el punto de vista del sistema se diría que este reajusta su estructura interna para seguir siendo compatible con su entorno. El sistema se adapta.

Cuando una perturbación en uno de los términos no puede ser absorbida por una respuesta de los otros tres, la adaptación se rompe y el sistema entra en crisis. El sistema, entonces, o bien se extingue o bien cambia bruscamente a otra estructura nueva o imprevisible, se auto organiza o entra en rebelión contra su entorno. Sobreviene una catástrofe que se conoce como bifurcación. Y así, si el nuevo sistema encuentra la forma de adaptarse puede ser bueno, al menos, hasta la próxima perturbación.

Y la historia continúa. Se trata de la misma esencia del cambio. Adaptarse significa amortiguar las sorpresas que depara el entorno, hacerse insensible a ellas. La persistencia, evolución o extinción de un sistema depende, en gran medida, de lo que éste aprehenda en su interacción con el entorno. El fin del cambio significa para el sistema e incluso para el entorno, el fin del tiempo, la muerte.

Teoría general de los sistemas

Del libro *Teoría general de los sistemas* (von Bertalanffy, 1969) se extraen algunas ideas sobre el significado de vida, progreso, diferenciación, cultura y supervivencia humana que sirven para soportar el marco teórico de esta investigación y se resumen en el resto de este apartado.

Sin entropía, es decir, un universo en el que los procesos son completamente reversibles, no habría diferencia entre pasado y futuro. Así, la vida no es el mantenimiento o restauración de equilibrio sino más bien el mantenimiento de desequilibrios y, alcanzar el equilibrio, significa muerte y descomposición.

Si la vida volviera siempre al equilibrio homeostático luego de ser perturbada desde fuera, nunca habría progresado más allá de la ameba, el animal mejor adaptado puesto que ha sobrevivido miles de millones de años hasta este día.

En el contraste entre totalidad y suma reside la trágica tensión que hay en toda evolución. El progreso sólo es posible pasando de un estado de totalidad indiferenciada a otro de diferenciación de partes. Esto implica que las partes se tornan fijas y dedicadas a una acción particular. En una comunidad primitiva cada miembro puede hacer casi cualquier cosa que pueda esperarse en su conexión con el todo, mientras que en una comunidad altamente diferenciada cada miembro está determinado para una actividad o un conjunto de actividades definidas.

El progreso sólo es posible por subdivisión de una acción inicialmente unitaria en acciones de partes especializadas. Esto significa a la vez empobrecimiento en forma de pérdida de posibilidades que aún están al alcance del estado indeterminado. Mientras más partes se especializan en determinado modo, más irremplazables resultan y la pérdida de partes puede llevar a la desintegración del sistema total.

O sea que la segregación progresiva significa asimismo mecanización progresiva. Y esta, a su vez, implica la pérdida de regulabilidad. Mientras un sistema sea un todo unitario, una perturbación irá seguida de alcanzar un nuevo estado estacionario debido a interacciones dentro del sistema y se dice que el sistema se autorregula. No obstante, si el sistema se secciona en cadenas causales independientes, la regulación desaparece y los procesos parciales seguirán cada uno su camino.

Pensar sistémicamente depende de dos tipos de esfuerzos: por un lado la descripción interna estructural que procura describir el comportamiento del sistema en términos de variables de estado y de su interdependencia y, por otro, la descripción externa funcional que describe el comportamiento del sistema por su interacción con el medio.

Para pensar sistémicamente hay que ver intuitivamente y reconocer los problemas antes de que se consiga formalizarlos matemáticamente. De otra manera el formalismo matemático puede impedir la exploración de problemas muy reales.

El modo como piensan los humanos es inapropiado para enfrentarse problemas de totalidad y forma. De ahí que sólo a costa de mayor esfuerzo se puedan incluir rasgos holistas, en contraste con los elementalistas.

La Teoría general de los sistemas es un campo lógico matemático cuya tarea es formular y derivar aquellos principios fundamentales que sean aplicables a sistemas en general. De esta manera se vuelven posibles formulaciones exactas de términos tales como totalidad y suma,

diferenciación, mecanización progresiva, centralización, orden jerárquico, finalidad y equifinalidad, etc.

No obstante, estas leyes y esquemas servirían de poco si el mundo, es decir la totalidad de los acontecimientos observables, no fuera tal que le resultaran aplicables. Es concebible un mundo caótico o demasiado complicado para permitir aplicarle los esquemas relativamente sencillos que se consiguen construir con un intelecto limitado. El que no sean así las cosas, constituye el requisito previo de posibilidad de la ciencia. La estructura de la realidad es tal que permite la aplicación de nuestras construcciones conceptuales.

La Teoría general de los sistemas es una doctrina que se ocupa de principios aplicables a sistemas en general, sin importar la naturaleza de sus componentes ni de las fuerzas que los gobiernen. Con ella se alcanza un nivel en el que ya no se habla de entidades físicas y químicas sino que se discuten totalidades de naturaleza completamente general.

El isomorfismo hallado entre diferentes terrenos se funda en la existencia de principios generales de sistemas, de una Teoría general de los sistemas más o menos bien desarrollada. Las limitaciones de esta concepción, por otra parte, salen a relucir distinguiendo tres clases o niveles en la descripción de los fenómenos: analogías, homologías y explicación:

- Las analogías son similitudes superficiales entre fenómenos que no se corresponden ni en factores causales ni en las leyes pertinentes;
- Las homologías están presentes cuando difieren los factores eficientes, pero las leyes respectivas son formalmente idénticas y,
- La explicación es el enunciado de condiciones y leyes específicas que son válidas para un objeto separado o para una clase de objetos.

Los adelantos tecnológicos y la sociedad rica que vive en al menos algunas partes del globo han dejado angustia y sentimiento de falta de significación. Por lo que el problema fundamental contemporáneo es el de la complejidad organizada en la que conceptos como organización, totalidad, directividad, teleología y diferenciación, abordados desde la Teoría general de sistemas, no deben ser ajenos. Von Bertalanffy (1969) lo expresa así:

En contraste con la ingenua lucha por la existencia de los organismos, la historia humana está dominada en gran medida por la lucha entre ideologías, es decir de simbolismos, tanto más peligrosos cuanto más disfrazan los instintos primitivos. No es posible revocar el curso de los hechos que produjo lo que llamamos hombre; lo que sí nos atañe es aplicar la previsión a su adelanto o su propia exterminación. En este sentido, la cuestión de qué rumbo tomará la concepción científica del mundo es, a la

vez, la cuestión del destino de la humanidad.

Sistema de metodologías sistémicas

Del panorama presentado sobre la complejidad y la teoría general de los sistemas, se obtienen bases para comprender la definición que se presentó para el Pensamiento sistémico, pero también se descubren otras posibilidades de Ciencias Sistémicas que pueden hacer parte, y encajar, en una plataforma para pensar sistémicamente.

Pero no basta con hacerse a la idea de un contexto de las ciencias sistémicas que permita comprender la cantidad de posibilidades, aproximaciones y relaciones que existen para estudiar científicamente a los sistemas, pues aún falta por encontrar respuesta a las preguntas: ¿cómo se puede saber cuándo utilizar qué? Una posible respuesta está en el *Sistema de Metodologías Sistémicas* elaborado por Michael C. Jackson y que se representa en la Figura 35 (Bellinger, 2010)

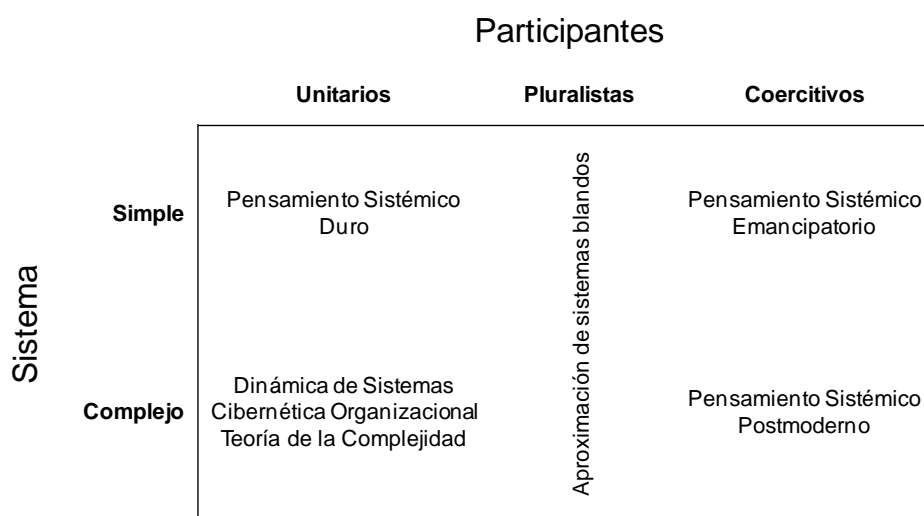


Figura 35. Sistema de metodologías sistémicas
(Jackson, 2003)

El modelo de la Figura 35 presenta un conjunto de enfoques y qué tan apropiados pueden ser para hacer frente a una situación particular con base en su naturaleza y en el conocimiento de su contexto. Las dos dimensiones expuestas son (Jackson, 2003):

- Sistema, que puede ser:
 - Simple: que consta de sólo unas pocas y muy estructuradas interacciones que son relativamente estables y relativamente poco afectadas por las interacciones de las

partes del sistema o de las influencias externas.

- Complejo: que consta de un gran número de subsistemas que tienen interacciones débilmente estructuradas en donde las partes que tienen un propósito son resultado de la adaptación en el tiempo en función de su entorno turbulento.
- Participantes, que pueden ser:
 - Unitarios: que cuentan con valores, creencias e intereses similares, comparten un propósito común y todos están involucrados en la toma de decisiones de cómo llevar a cabo los objetivos acordados.
 - Pluralistas: que no comparten los mismos valores y creencias pero sus intereses básicos son compatibles. Requieren de espacio para el debate, el desacuerdo y el conflicto y los participantes deben participar en la toma de decisiones. Se pueden dar acomodaciones o compromisos. Los participantes pueden llegar a un acuerdo, por lo menos durante un corto tiempo, sobre formas de avanzar productivamente y avanzarán.
 - Coercitivos: que tienen pocos intereses comunes, sus valores y creencias están en conflicto, el compromiso no es posible y no acuerdan objetivos y acciones directas, las decisiones se dan en función de quién tiene más poder y se utiliza la coerción para garantizar la adherencia a la ordenes.

En consonancia con estas definiciones viene una toma de conciencia en cuanto a la forma en que se debe tratar de interactuar con una entidad para mejorar el rendimiento. A continuación se presentan las dimensiones de la mejora del rendimiento, los contextos en los que parecen ser más apropiadas y los modelos y disciplinas específicos que se pueden aplicar (Jackson, 2003):

- Mejorar la búsqueda de metas y la viabilidad
 - Unitarios – Simple y Complejo
 - Pensamiento Sistémico Duro
 - Dinámica de Sistemas
 - Cibernética Organizacional
 - Teoría de la Complejidad
- Exploración del propósito
 - Pluralistas - Simple y Complejo
 - Formulación y prueba de supuestos estratégicos
 - Planificación Interactiva
 - Metodología de Sistemas Blandos
- Garantizar la equidad
 - Coercitivos - Simple

- Heurística de Sistemas Críticos
 - *Syntegrity* de equipo
- Promoción de la Diversidad
 - Coercitivos - Complejo
 - Pensamiento Sistémico postmoderno

Lo que sigue es intentar identificar los modelos y las disciplinas específicas dentro de las distintas categorías (Bellinger, 2010):

- Pensamiento Sistémico duro - Mejorar la búsqueda de metas y la viabilidad
 - Investigación de Operaciones
 - Análisis de Sistemas
 - Ingeniería de Sistemas
- Pensamiento Sistémico Dinámico - Mejorar la búsqueda de metas y la viabilidad
 - Dinámica de Sistemas
 - Cibernética Organizacional
 - Teoría de la Complejidad
 - Teoría General de Sistemas
 - Modelo de Sistemas Viables
 - Teoría de Sistemas Vivos
- Enfoques por Sistemas Blandos - Exploración del propósito
 - Formulación y prueba de supuestos estratégicos
 - Planificación Interactiva
 - Metodología de sistemas blandos
- Pensamiento Sistémico emancipador - Garantizar la equidad
 - Heurística de Sistemas Críticos
 - *Syntegrity* de equipo
- Pensamiento Sistémico postmoderno - Promoción de la diversidad
- Holismo Creativo
 - Intervención Sistémica Total
- Pensamiento Sistémico Crítico
 - Práctica Sistémica Crítica

En conclusión y según lo propuesto por Jackson (2003), cuando el sistema es complejo, es decir, cuando consta de un gran número de subsistemas que tienen interacciones débilmente estructuradas en donde las partes que tienen un propósito son resultado de la adaptación en el tiempo en función de su entorno turbulento, y los participantes se consideran unitarios pues cuentan con valores, creencias e intereses similares, comparten un propósito común y todos

están involucrados en la toma de decisiones de cómo llevar a cabo los objetivos acordados, la dinámica de sistemas es una de las disciplinas que permite hacer *Pensamiento Sistémico Dinámico* para mejorar su búsqueda de metas y su viabilidad.

De esta manera para un sistema como Suramérica, si se considera como complejo y unitario, una disciplina específica como la dinámica de sistemas facilita la búsqueda de respuestas a la pregunta central de esta investigación: ¿cómo enfrentar la pobreza (mejorar la búsqueda de meta) garantizando la sostenibilidad (mejorar la viabilidad)?

3.2.15 Modelado y Simulación

Aurelio Peccei (Richardson, 1982) retaba a presentar de una forma diferente e imaginativa el mensaje de los hallazgos logrados con los trabajos de El Club de Roma, que había cofundado en 1968. La idea era lograr un choque de opinión, pues a menos y hasta que la gente en y de todos los niveles de educación no estuviera habilitada para ver la realidad tal como es, no como era o como desearía que fuera, la problemática mundial seguiría siendo impenetrable. Insistía en que mucha más gente debería estar habilitada para dar ese salto en el entendimiento resaltando que son las personas las que cuentan, más que las necesidades o las ideas, pues incluso éstas sin las personas no ascienden a nada.

Jay Forrester (Richardson, 1982) padre del modelado con dinámica de sistemas, no se ha desviado de lo que cree que es correcto para lograr la aceptación o la aprobación de sus trabajos, sosteniendo consistentemente que es necesario mejorar la comprensión de la naturaleza de los sistemas sociales y la auto-disciplina si se quieren encontrar modos sostenibles de comportamiento global.

De esta manera, para afrontar la problemática mundial y encontrar modos sostenibles de comportamiento global, es necesario tomar decisiones sobre la configuración de lo cuantitativo y lo cualitativo en los procesos de comunicación de las actividades racionales para alcanzar mejores niveles de asertividad en todos los niveles de educación de la gente. La Figura 36 ilustra este panorama.

Una de esas formas, desde lo novedoso de Peccei con la auto-disciplina de Forrester, es lo que se conoce como modelo, un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento, de sus estados y de sus dinámicas. En su momento, finales de la

década de 1960 y principios de la 1970, había nacido el modelado, y para los problemas que se trataban y la posición de los involucrados, con alcance global.

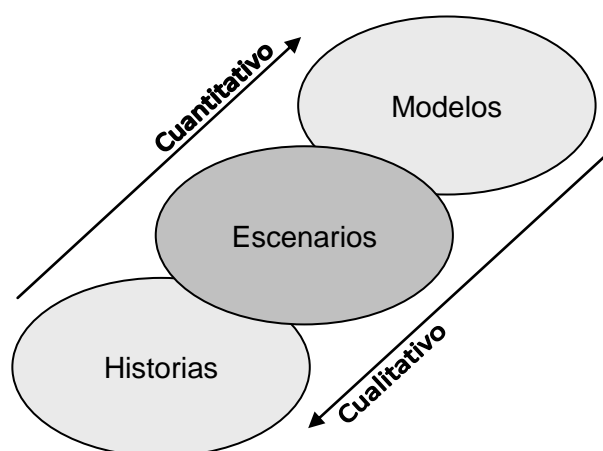


Figura 36. Historias, escenarios y modelos
(Carpenter y Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Una de las consecuencias personales más importantes de construir y trabajar con un modelo es la transformación que ocurre en la forma de ver el mundo. Después de modelar, se vuelve casi imposible no ver al mundo y a la humanidad en su conjunto. Comunicar tan ampliamente como sea posible esa visión transformada del mundo puede ser la tarea más importante del modelado (Richardson, 1982):

No nos vamos a dejar afectar por fuerzas que en la actualidad parecen estar más allá de nuestra comprensión y control. Podemos no sólo comprender, sino también darle forma al futuro. Podemos y nos ocuparemos de las cuestiones que son más importantes, y nuestro trabajo puede y hará la diferencia en este mundo.

Era la consigna de los pioneros del nuevo campo de conocimiento. La primera década de trabajo con modelado no fue una en la que se coleccionó un conjunto de modelos y resultados, sino uno de personas (Richardson, 1982) Desde luego que en esa comunidad mundial de modelado había diferencias en muchos aspectos y, a menudo, desacuerdos. Sin embargo, sus características comunes, más allá de la paciencia que se necesitaba para elaborar un modelo de computador, incluía (Richardson, 1982):

- Una verdadera preocupación por el futuro de la humanidad y del planeta;
- La creencia de que son realmente posibles futuros buenos; y
- La valentía de sumergirse en un campo con muy poca aprobación de sus colegas

académicos.

Por otra parte, los investigadores Karl Deutsch, John Platt y Dieter Senghaas especificaron en 1971 doce condiciones que favorecen los más importantes avances en las ciencias sociales. El modelado parece cumplir estas condiciones como sigue (Bruckmann, 2001):

1. El modelado es, sin duda, un avance acumulativo, construido sobre los desarrollos previos del ambientalismo, la dinámica de sistemas y la computación.
2. Se puede considerar prácticamente un nuevo campo de las ciencias sociales, fuera de las compartimentalizaciones tradicionales.
3. Involucra no sólo teoría, sino también método, y cuestiones de fondo.
4. Se han producido cambios y tendencias a lo largo del tiempo.
5. Para avanzar, el modelado ha requerido tanto del ímpetu dado por individuos como de la gran capacidad del trabajo de equipos.
6. Las edades de las personas involucradas tienen una mezcla interesante. Por ejemplo, Peccei tenía sesenta cuando fundó el Club de Roma; Forrester estaba sus cuarentas y cincuentas, cuando desarrolló la dinámica del sistema y comenzó el trabajo de modelado; Todo el equipo Meadows estaba por debajo de los treinta cuando escribió Los límites del crecimiento.
7. En el eje cuantitativo-cualitativo, por regla general, los resultados cuantitativos de modelado se han llevado posteriormente a declaraciones cualitativas.
8. En cuanto a las necesidades de capital y mano de obra, el primer estudio de Los Límites del crecimiento requirió 10 años mujer/hombre y el de Mesarovic-Pestel, cincuenta años. En otras palabras, aparte de las instalaciones computacionales de gran escala (que hasta hace relativamente poco tiempo eran indispensables), sorprendentemente se necesitan pocos recursos en comparación con el impacto que se puede producir.
9. Requiere de instituciones y condiciones sociales particulares.
10. Las ideas y los avances han llegado tanto de las disciplinas existentes como del trabajo interdisciplinario.
11. La cuestión de la relación del modelado con la práctica social y con las demandas prácticas se debe responder de diferentes maneras. Los métodos desarrollados en el modelado global también han tenido impacto sustancial en las técnicas de modelado nacional y regional. Más importante, sin embargo, es el impacto indirecto de los hallazgos del modelado global. Se podría decir con seguridad que muchos actos legislativos en el ámbito de la protección ambiental no podrían haber ocurrido si el modelado global y Los límites del Crecimiento no hubieran existido.
12. Teniendo en cuenta que existe un retraso entre un adelanto o hallazgo importante y su impacto social, el revuelo causado por Los límites del crecimiento tuvo un tiempo de retraso

de cero. El modelado puede acelerar las transformaciones sociales.

Pero ¿qué características aparecen en esas nuevas creaciones sintetizadas como modelos? ¿Qué nuevas taxonomías se configuran? Las respuestas dependen de la forma y de la razón de las diferencias entre los modelos disponibles y dependen de (Richardson, 1982):

- La importancia de los paradigmas para explicar las diferencias entre modelos;
- Las áreas importantes de diferencia y su significado; y
- Las diferencias en los modelos y en los resultados del modelo.

Desde el punto de vista de la importancia de los paradigmas, es particularmente importante su sensibilidad a las diferencias culturales. Se puede observar que luego de estar expuesto en grupos de trabajo diversos, se reconoce que un japonés, un ruso, un austriaco o un colombiano ven el mundo de maneras diferentes. Por otra parte existen también culturas metodológicas y disciplinares diferenciadoras como las de la economía, las ciencias políticas, la ingeniería, la estadística, la econometría, la ecología, la sociología o la dinámica de sistemas.

Desde el punto de vista de los diferentes propósitos para los modelos están (Richardson, 1982):

- Mono o multipropósito. ¿Serán para servirle a un propósito único o a múltiples propósitos?
- Orientados a la política pública o a la comprensión general. ¿Se deben hacer en respuesta a las cuestiones de interés público o para mejorar la comprensión general?
- Normativos o descriptivos. ¿Deben ayudar a diseñar futuros deseables y elaborar vías para alcanzarlos, o centrarse en el análisis de las imperfecciones del mundo y llamar la atención sobre lo que puede pasar si continúan?

Desde el punto de vista de diferentes metodologías existen aproximaciones desde la dinámica de sistemas, la econometría, el análisis entrada-salida o la optimización, que se constituyen en un componente importante de los paradigmas respectivos. Se observa que los modeladores no eligen paradigmas para adaptarse a los problemas, por el contrario, utilizan el paradigma (y la correspondiente metodología) con el que están comprometidos.

Desde el punto de vista de las diferencias en las fronteras, se tienen en cuenta qué variables se computarán dentro del modelo de manera endógena, cuáles serán tratadas como entradas exógenas, o cuáles se ignorarán.

Desde el punto de vista de la regionalización, existen modelos que consideran al planeta como un todo o aquellos que sólo trabajan una zona urbana particular. En el medio hay todo un abanico de posibilidades de escalas geográficas.

Desde el punto de vista de horizontes temporales, existen modelos con simulaciones de hasta 100 años en el futuro, sin embargo los modelos para escenarios a 5, 10, 15, 20, 25 ó 30 años hacen parte de herramientas más concretas para la toma de decisiones.

Finalmente, ¿el modelo debe ser pequeño y simple o grande y complicado? Aunque se debe perseguir lo simple, las exigencias desde la complejidad de los sistemas sociales, ecológicos y económicos obligan al desarrollo de modelos cada vez más grandes, pero más que complicados, complejos.

Frente a ese menú de posibilidades, ¿qué se debe tener en cuenta cuando se trabaja con modelos? Se propone esta guía de ocho puntos (Richardson, 1982):

1. Es necesario poner, como mínimo, tanta atención a las preguntas que formulan los modeladores como a las respuestas provisionales que están presentando.
2. Hay que evadir intimidaciones causadas por la experiencia de los modeladores. Cuando algo esté confuso o poco claro, no se puede pensar que quien usa un modelo ajeno es el problema. Es necesario hacer preguntas e insistir en que las respuestas se den en un lenguaje claro y comprensible. Si un modelador no se puede comunicar, y no hay traductores disponibles, es mejor dejar de escuchar.
3. Ningún modelador es objetivo. Es indispensable sondear sus sesgos y tenerlos en cuenta. Si un modelo parece imparcial probablemente lo observa quien lo construyó.
4. No existe algo como la mejor forma de ver un problema. Es necesario buscar e impulsar varios modelos diferentes, hechos por diferentes personas, utilizando diferentes métodos, abordando el mismo problema. Si es posible, es enriquecedor reunir a los diferentes modeladores para que resuelvan sus diferencias, mientras se les escucha y cuestiona.
5. Se debe incluir información de diferentes fuentes durante una investigación. No basta con el modelo en la computadora. En particular, hay que tratar de no olvidar las fuentes primarias que tan a menudo rechazan los modeladores.
6. Es necesario recordar, que si bien un modelo no es perfecto, tampoco lo serán las alternativas. Todas las decisiones se basan en modelos incompletos, imperfectos. Los modelos mentales pueden ser aún más incompletos, sesgados e ilógico que los modelos informáticos.
7. Todavía no se puede esperar que un modelo informático diga lo que se debe hacer. Es necesario tratar de extraer de él una comprensión general, aprecio por la posibilidad de ver las interrelaciones y por las ideas que se pueden aplicar particularmente a los problemas que se están abordando.
8. En última instancia, se debe confiar en el propio juicio. No hay duda de que será corregido y refinado por la interacción con otros modeladores y sus productos.

Sin embargo es necesario profundizar más en la concepción de sistema como objeto de modelación. Una cuestión fundamental es, por ejemplo, no confundir sistema con sistémico, aunque los dos estén presentes en todo el proceso de modelado. Tampoco se puede estar a favor o en contra de un sistema, tal vez sí de su sistémica. Otra cuestión es la que surge cuando se modela la sostenibilidad y es necesario estudiar las escalas y jerarquías estructurales y dinámicas de espacio y tiempo de los sistemas observantes y observados para que sea posible representar y analizar apropiadamente las preguntas e hipótesis de investigación.

Una gran cantidad de problemas ecológicos, sociales y económicos se originan por la falta de correspondencia entre la escala en la que ocurren eventos sobresalientes de un sistema y en la que se observan y toman decisiones para regularlos, modificarlos o solucionarlos. Los resultados observados a una escala dada suelen estar particularmente influenciados por las interacciones de los factores de otras escalas. Centrarse exclusivamente en una única escala hará que probablemente se pierdan esas interacciones que son de importancia crítica en la comprensión de los factores determinantes de la estructura y dinámica de una arquitectura sistémica (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Carpenter y Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

La elección de la arquitectura jerárquica, de las escalas y de los límites de una evaluación o de una modelación no es políticamente neutral. Puede favorecer implícitamente a determinados grupos, sistemas de conocimiento, tipos de información y modos de expresión. Reflexionar e investigar sobre las consecuencias políticas de la selección es un requisito previo importante para explorar cómo los análisis multi y trans escala en el modelado, contribuyen a construir nuevos escenarios para la toma de decisiones y a los procesos de formulación, aprobación y ejecución de políticas públicas en diversos niveles (Carpenter y Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Un enfoque multiescala que utilice a la vez evaluaciones y modelados de mayor y menor escala puede ayudar a identificar dinámicas importantes del sistema que de otro modo podrían pasar inadvertidas. Las tendencias que se producen a escalas globales, aunque se expresen a nivel local, pueden pasar desapercibidas si se siguen aproximaciones orientadas por escalas locales exclusivamente. Por otra parte, si se abarca un período de tiempo más corto que el de la escala de tiempo de los eventos importantes, no se alcanza a capturar adecuadamente la variabilidad asociada con los ciclos a largo plazo pues los cambios lentos son más difíciles de detectar que los rápidos, por el corto período del cual hay datos disponibles (Carpenter y Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Teniendo en cuenta esos panoramas de escalas y jerarquías es posible diferenciar aproximaciones urbanas, nacionales, regionales o globales de modelado (Gallón et al. 2010a) como se muestra en la Figura 37.

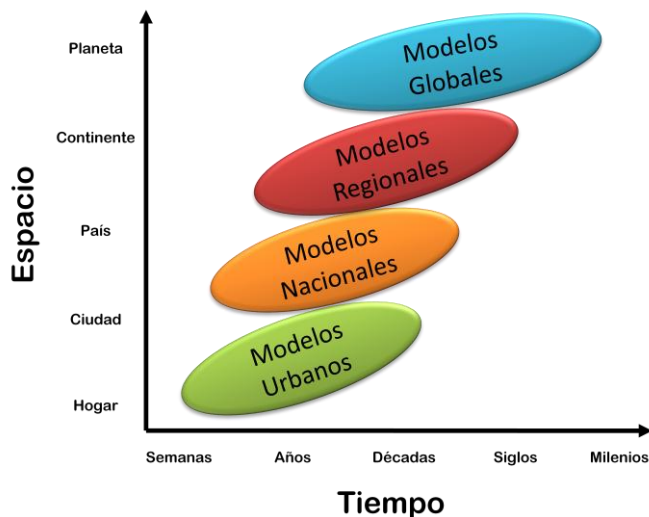


Figura 37. Escalas de modelado con Dinámica de Sistemas
(Elaborada por el autor)

Un inventario de impresiones e ideas constituye conocimiento científico sólo cuando se establecen relaciones entre ellas (Wagensberg, 1998) Los modelos son herramientas de captura de conocimiento que facilitan el establecimiento de relaciones pero, además, permiten simular lo que provocan esas relaciones en el sistema y las partes que lo conforman.

Simular es obtener la información que se genera en experimentos inventados. La simulación representa, pues, el máximo grado de iniciativa del pensador para percibir y es, en suma, la gran esperanza para penetrar la complejidad del mundo (Wagensberg, 1998)

La simulación es una nueva aproximación a la realidad que consiste en relacionar un *todo* con alguna de sus *particiones*. La simulación sirve para explorar qué tipo de interacciones individuales son compatibles con un comportamiento conocido del *todo* o, inversamente, para, conocidas ciertas reglas de actuación de los elementos, aventurar ciertas predicciones sobre el comportamiento del *todo*. La simulación no es teoría, ni excelencia, ni un mero útil de cálculo, sino una genuina tercera forma de aproximación a la realidad que acaso este revolucionando el mismísimo método científico (Wagensberg, 1998)

¿Qué se propone para lo que deben ser los nuevos modelos? Por un lado se advertía desde hace tiempo (Adelman, 1981) que esos nuevos tipos de modelos se deben basar en formas más realistas de las percepciones y comportamientos humanos, tales como la percepción del estatus material y no material. También deben incorporar un mejor modelado de los vínculos micro-macro, por ejemplo, cómo afectan los cambios a nivel de hogar al cambio a nivel local, regional o nacional. Esto ha llevado a proponer los llamados modelos unificados o metamodelos (Boumans et al., 2002) que son aquellos que utilizan información extraída e integrada de otros modelos de los ámbitos:

- Geológico
- Climático
- Sociológico
- Económico
- Atmosférico
- Ecosistémico

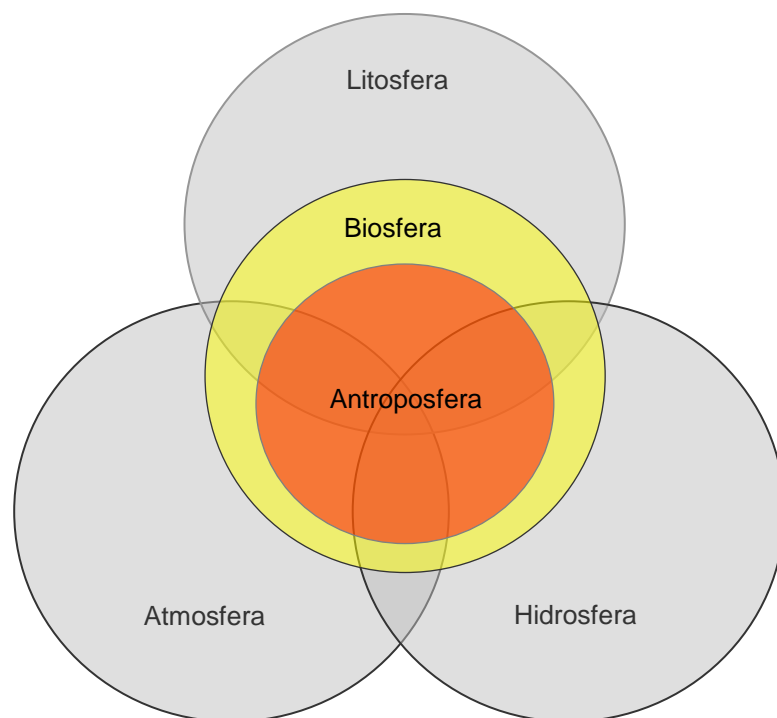


Figura 38. La biósfera como objeto de modelado
(Boumans et al., 2002)

De esta manera se convierten en una exploración a través de la simulación del modelado de la dinámica mundial y las interacciones de la tierra, la sociología, la economía y la ecología. Uno

de los modelos de referencia en este sentido es *The Global Unified Model of the BiOsphere (GUMBO)* desarrollado por el Instituto de Economía Ecológica en la Universidad de Maryland (Boumans et al., 2002) En la Figura 38 se muestran los ámbitos y fronteras de observación de este modelo que sirve como base para cualquier actividad de modelado que se emprenda.

Para concluir estas reflexiones sobre el modelado y simulación, se presenta un resumen de las consideraciones hechas al respecto en la presentación de la Teoría General de Sistemas por von Bertalanffy (1969) y relevantes para esta investigación:

- El entusiasmo por la disponibilidad de nuevos instrumentos matemáticos y lógicos ha llevado a una febril 'construcción de modelos' como si se tratara de un fin en sí, muchas veces sin hacer caso de los hechos empíricos.
- La experimentación conceptual al azar no tiene mayores probabilidades de éxito que la experimentación al azar en el laboratorio.
- El valor de un modelo lo responde el criterio general: el modelo tiene o no valor explicativo y predictivo si proyecta nueva luz sobre hechos conocidos y prevé atinadamente hechos del pasado o el futuro no conocidos previamente.
- La aplicación de modelos teóricos, en particular el modelo de los sistemas dinámicos, abiertos y adaptativos al proceso histórico, tiene ciertamente sentido. Esto no implica biologismo, reducción de conceptos sociales a biológicos, sino que refleja la intervención de principios de sistemas en ambos campos.
- Un modelo refleja sólo algunos aspectos o facetas de la realidad. Ningún modelo se hace peligroso mientras no cae en la falacia del "nada sino".
- La elección no es entre quedarse en el campo de los datos o bien teorizar, es sólo entre modelos que son más o menos abstractos, generalizados, próximos o más alejados de la observación directa, más o menos adecuados para representar los fenómenos observados.
- Las simplificaciones excesivas en forma de modelos, progresivamente corregidas en el adelanto subsiguiente, representan el recurso más poderoso, si no es que el único, hacia el dominio conceptual de la naturaleza.
- Todo modelo debe ser investigado de acuerdo con su mérito, considerando las explicaciones y predicciones que permita. La crítica general no sirve de nada, y la decisión de si un modelo convendrá o no, reposa exclusivamente en hechos de observación y experimentación.
- No hay que tener ningún modelo por concluyente. En el mejor de los casos será una aproximación por elaborar y corregir poco a poco. En la estrecha interacción entre experimento y conceptualización, pero sin confinarse ni a la experimentación ni a la construcción de modelos puramente especulativos, está el venidero progreso de la ciencia.
- La ventaja de un modelo está en que es el camino para crear una teoría, es decir, permite

deducciones a partir de premisas, explicaciones y predicciones, a menudo con resultados inesperados.

- El peligro de un modelo es la excesiva simplificación y, para hacerla conceptualmente controlable, se debe reducir la realidad a un esqueleto conceptual dejando en pie la pregunta de si al proceder así se ha apuntado a partes vitales de la anatomía. El riesgo de la súper simplificación es tanto mayor cuanto más múltiple y complejo es el fenómeno.

3.2.16 Dinámica de Sistemas

En la ciencia moderna la interacción dinámica parece ser el problema central en todos los campos de la realidad y la Teoría general de los sistemas definirá sus principios generales (von Bertalanffy, 1969) En el año 2007 se cumplieron 50 años de la aparición de un nuevo campo de conocimiento para el pensamiento humano: la Dinámica de Sistemas, considerada la principal tecnología sistémica (Gallón et al., 2009a)

Los sistemas son grupos de interacción, interdependientes entre sí mediante el intercambio de energía, materia e información. Los sistemas complejos se caracterizan por fuertes interacciones (por lo general no lineales) entre las partes, por ciclos complejos de retroalimentación que hacen difícil distinguir causa de efecto, y por retardos, discontinuidades, umbrales y límites considerables de espacio y tiempo. Estas características hacen que los científicos no estén habilitados para realizar simples sumas o agregaciones de comportamientos de pequeña escala que produzcan resultados de gran escala (von Bertalanffy, 1969; Rastetter et al., 1992)

La Teoría General de Sistemas, un campo lógico matemático cuya tarea es la formulación y derivación de los principios generales que son aplicables a los sistemas en general (von Bertalanffy, 1969) era la base para estudiar los sistemas, sobre todo los complejos, pero aunque estaba presente en los entornos científicos desde los años 1930, no alcanzaba para aportar, desde la práctica de las ciencias sociales y naturales, a la solución de los problemas de individuos y comunidades del planeta. Sólo faltaban algunos ingredientes.

Uno fue la computación, en particular la tecnología de la computación, que permitió la aparición de máquinas de computación capaces de hacer y mostrar relaciones y resultados lógicos y matemáticos como nunca antes en la historia de la humanidad, pero sobre todo en unas nuevas escalas temporales no experimentadas hasta entonces. Otro de fue el desarrollo de los sistemas automáticos de control por realimentación, por parte de un ingeniero del

Massachusetts Institute of Technology (MIT), Gordon S. Brown. Y, el definitivo, el trabajo de Jay W. Forrester, también ingeniero del MIT, quien publicó un resumen de sus ideas como parte de la celebración del cumpleaños número 50 de la dinámica de sistemas (Forrester, 2007a; 2007b) y se presenta a continuación.

En 1956, cuatro años antes de que Forrester se incorporara a la nueva escuela de administración del MIT, se habían iniciado los cursos estándar de administración, pero no se había indagado nada acerca de lo que podría significar el desarrollo de una escuela de administración al interior de un entorno de ingeniería, lo habitual en el Instituto. En esa época Forrester tenía una experiencia de 17 años en la ciencia e ingeniería que se hacía en el MIT, y le parecía un reto interesante ver qué podrían significar esos antecedentes para el campo de la administración. El sentir general era que se asumía que una aplicación de la tecnología a la administración significaba, o insertarle el campo de la investigación de operaciones, o explorar el uso de las computadoras para el manejo de los sistemas de información administrativos. Forrester tuvo un año sabático que dedicó exclusivamente a decidir por qué se encontraba en la escuela *Sloan* de administración.

La primera de las oportunidades, así llama Forrester a esas interacciones que el permitieron crear la dinámica de sistemas, la tuvo cuando se encontró conversando con gente de la empresa *General Electric*, que estaba perpleja del por qué sus plantas de electrodomésticos trabajan a veces con tres y cuatro turnos pero, luego, unos años más tarde, era necesario llegar a despedir hasta a la mitad de los trabajadores. De las notas que tomó durante esas charlas salió el primer sistema de control de inventario simulado con papel y lápiz que se considera el comienzo del campo de la dinámica de sistemas.

Aparte de ese primer análisis dinámico, el entorno de trabajo condicionó el inicio temprano de lo que se conoce como el compilador DYNAMO (por *DYNAMIC MOdels*) para modelado de dinámica de sistemas. Con un papel lleno de diagramas y ecuaciones, Forrester acudió a uno de sus compañeros de trabajo para que le ayudara a traducirlo a un programa de computadora. Quien lo escuchaba dijo que no codificaría el programa para ese conjunto *particular* de ecuaciones, sino que mejor haría un compilador que creará automáticamente el código y lo llamó SIMPLE (por *Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations*) Esa insistencia de Richard Bennett por crear ese compilador es otra de las oportunidades de Forrester, y punto importante de inflexión, pues aceleró el modelado posterior que expandió rápidamente la dinámica de sistemas. Más tarde, Jack Pugh amplió los compiladores y nació la muy influyente serie DYNAMO.

Otra oportunidad llegó a la carrera de Forrester en 1968 y trasladó la dinámica de sistemas del modelado empresarial al de sistemas sociales mucho más amplios. John F. Collins, que había sido alcalde de Boston por 8 años, decidió no postularse para la reelección y, entonces, el MIT lo contrató por un año como Profesor Visitante de Asuntos Urbanos. Dada su posición y conocimiento sobre Boston en ese momento, podía llamar a casi cualquier persona de la política o los negocios, pedirle su tarde del miércoles durante un año, y obtenerla. Así logró atraer a gente particularmente interesante y de esos debates nacieron el modelo y el libro de dinámica urbana (el *Urban Dynamics*)

El libro sugiere que todas las grandes políticas urbanas que estaban siguiendo los Estados Unidos en ese momento se encontraban en algún lugar entre lo neutral y lo altamente perjudicial, tanto desde el punto de vista de la ciudad, como institución, como desde el punto de vista de los residentes de bajos ingresos o desempleados. Y puso de manifiesto, para sorpresa de muchos, que la construcción de viviendas de bajo costo (o las llamadas viviendas de interés o protección social) era una política perjudicial y en sus relaciones dinámicas era un proceso creador de pobreza, no de su reducción.

Este hallazgo causó tantas reacciones, que en ese recuento de medio siglo de la dinámica de sistemas que hace Forrester, deja registro del tipo de situaciones que presencié. Por ejemplo aquella en la que le dijeron: “no me importa si está bien o mal, los resultados son inaceptables”, y él reflexiona y la califica como “¡Cualquier cosa menos que objetividad académica!”. Ese es el tipo de situaciones a las que se puede, y debe, enfrentar quien trabaja con el modelado de sistemas dinámicos.

El trabajo con la dinámica urbana fue la clave que condujo a Forrester al siguiente paso: el Modelo Nacional de Dinámica de Sistemas para los Estados Unidos. Una de las conclusiones más representativas de ese modelo la provocó el tipo de fluctuaciones de onda larga que generaba: *si un modelo de dinámica de sistemas es una teoría del comportamiento que genera el modelo, se puede considerar que las características dinámicas observadas conforman en sí nuevas teorías de comportamiento*. Forrester, gracias al Modelo Nacional, considera que se formuló una teoría del comportamiento de onda larga.

Además del modelo nacional, el trabajo con la dinámica urbana le permitió a Forrester establecer contacto con el Club de Roma, que por entonces indagaba sobre las dificultades urbanas en el Lago Como en Italia. En esas reuniones se encontró por primera vez con Aurelio Peccei, el fundador del Club de Roma. Más tarde fue invitado a una reunión del Club en junio de 1970, en Berna, Suiza. El trabajo con el Club de Roma se convirtió en otro punto de

oportunidad e inflexión para su carrera y para la dinámica de sistemas. Los problemas mundiales discutidos en la reunión de Berna se convirtieron en la base para el Modelo de Dinámica Global, que se utilizó en una reunión de dos semanas con el comité ejecutivo del Club de Roma y que se realizó en el MIT en julio de 1970. Había nacido el *World Dynamics*.

Desde comienzos del decenio de 1980, las aplicaciones de la dinámica de sistemas se han extendido a un espectro muy amplio, incluidas las cadenas de suministro, la gestión de proyectos, los problemas educativos, los sistemas energéticos, el desarrollo sostenible, la política, la psicología, la medicina interna, la sanidad y muchas otras áreas. También se han hecho importantes avances metodológicos en las últimas dos décadas. Lo que si marcó, y fue tal vez lo más importante de los ochentas, recae sobre la aparición de software avanzado de simulación con interfaz gráfica de usuario muy amigable y fácil de usar (como por ejemplo *Stella/iThink*, *Powersim* o *Vensim*. En el siguiente apartado hay una revisión amplia de las herramientas disponibles)

Una de las aplicaciones que más ha preocupado a Forrester es la de la dinámica de sistemas para la educación, tanto para su administración como para sus procesos de enseñanza y aprendizaje. Uno de sus sueños es, por ejemplo, esperar un gran avance tanto en alcance como en eficacia cuando se adopte plenamente a la dinámica de sistemas como metodología para ir más allá del estudio de caso como método de enseñanza de quienes se forman como administradores. Otro, ya no tanto un sueño como que una realidad, es la posibilidad de ritmos más rápidos de aprendizaje debidos a una mayor participación del estudiante, posibles gracias a la visión de la realidad desde los sistemas y al aprendizaje dirigido por el aprendiz.

Si bien el modelado con dinámica de sistemas puede organizar la información descriptiva, conservar la riqueza de los procesos reales, basarse en el conocimiento de la experiencia y revelar la variedad de comportamientos dinámicos que se derivan de diferentes selecciones de políticas, es el pensamiento sistémico el que puede señalar el camino y abrir las puertas de la dinámica de sistemas, advierte Forrester.

El peligro está en animar a la gente a creer que el pensamiento sistémico es y hace toda la historia. El pensamiento sistémico es un sensibilizador que llama la atención sobre la existencia de los sistemas y algunas personas sienten que han aprendido mucho al sumergirse en él como aproximación a su análisis y síntesis. Pero tal vez sólo han avanzado el 5 por ciento del camino hacia la comprensión de los sistemas. Forrester recuerda que el otro 95 por ciento reside en actividades relacionadas con la estructuración dinámica de sistemas de modelos y en las simulaciones basadas en esos modelos. Es sólo a partir de las simulaciones reales que se

revelan las incoherencias de nuestros modelos mentales. El pensamiento sistémico puede ser un primer paso hacia una comprensión dinámica de los problemas complejos, pero está lejos de ser suficiente.

Termina Forrester haciendo esta reflexión:

La ciencia y la tecnología ya no son las fronteras, han retrocedido al tejido de la actividad cotidiana, la próxima gran frontera explora un entendimiento mucho más profundo del comportamiento social y económico.

¿De qué forma se debe trabajar en esa frontera? Aunque no existe un proceso universalmente aceptado para el desarrollo y uso de modelos de dinámica de sistemas, se sugieren algunas prácticas básicas que se utilizan comúnmente. La mayoría de los modelos de dinámica de sistemas se crean en cuatro etapas como las que se enumeran a continuación, cada una con sus pasos esenciales (Randers, 1980; Aracil y Gordillo, 1997; Martin, 2003):

1. Conceptualización

- Definir el propósito del modelo.
- Definir la frontera del modelo e identificar las variables clave.
- Describir el comportamiento o dibujar los modos de referencia de las variables clave.
- Dibujar los mecanismos básicos y los bucles de realimentación del sistema.

2. Formulación

- Convertir los dibujos de realimentación en ecuaciones de nivel y rata.
- Estimar y seleccionar los valores de los parámetros.

3. Pruebas

- Simular el modelo y poner a prueba la hipótesis dinámica.
- Probar los supuestos del modelo.
- Probar el comportamiento y la sensibilidad a perturbaciones del modelo.

4. Aplicación

- Probar la respuesta del modelo a diferentes políticas.
- Trasladar las ideas estudiadas a formas accesibles.

Otra propuesta invita a seguir un proceso iterativo y flexible a modo de guía útil que, en la medida en que se continúe trabajando con un problema, se vaya ganando entendimiento que logre cambiar la forma en que se piensa sobre el pasado, el presente y el futuro, así (Ventana Systems Inc., 2008):

1. Declaración de la Cuestión

- La declaración de la cuestión es simplemente una declaración del problema que deja en claro cuál será el propósito del modelo.
- La claridad del propósito es esencial para un desarrollo eficaz del modelo.
- Resulta difícil el desarrollo de un modelo de un sistema o proceso sin especificar cómo es necesario mejorarlo o qué comportamiento es problemático.
- Tener un problema claro en la mente hace que sea más fácil desarrollar modelos con una buena aplicabilidad práctica.

2. Identificación de Variables

- Identificar algunas de las principales cantidades que se deberán incluir en el modelo para que éste esté en capacidad de abordar las cuestiones que preocupan.
- Por lo general, un número de ellas son muy evidentes.
- A veces puede ser útil tan sólo escribir todas las variables que pueden ser importantes y tratar de clasificarlas en ranking con el fin de identificar las más importantes.

3. Modos de Referencia

- Un modo de referencia es un patrón de comportamiento en el tiempo.
- Los modos de referencia se dibujan como gráficos a través del tiempo para las variables clave, pero no son necesariamente gráficos del comportamiento observado.
- Por el contrario, los modos de referencia son caricaturas que muestran una característica particular de comportamiento que es interesante.
- Los modos de referencia pueden referirse al comportamiento pasado o al futuro.
- Pueden representar lo que se esperaba que debiera suceder, lo que se temía que sucedería y lo que se tenía esperanza de que sucediera.
- Los modos de referencia se deben dibujar con eje de tiempo marcado explícitamente para ayudar a refinar, aclarar y fortalecer la declaración de un problema.

4. Comprobación de Realidad

- Definir algunas declaraciones de comprobación de realidad acerca de cómo se deben interrelacionar las cosas.
- Deben incluir una comprensión básica de qué actores están involucrados y cómo interactúan, junto con las consecuencias para algunas variables de cambios significativos en otras variables.
- La información de la comprobación de realidad se registrada a menudo simplemente como notas (a menudo notas mentales) acerca de que conexiones necesitan existir.
- Se basa en el conocimiento del sistema que se está modelando.

5. Hipótesis Dinámica

- Una hipótesis dinámica es una teoría acerca de la estructura que existe que genera los modos de referencia.
- Una hipótesis dinámica se puede declarar verbalmente, como un diagrama de lazo de causalidad, o como diagrama de almacenamiento y flujo.
- La hipótesis dinámica que se genera puede utilizarse para determinar lo que se mantendrá en los modelos y lo que va a ser excluido.
- Al igual que todas las hipótesis, las hipótesis dinámicas no siempre están bien. Su perfeccionamiento y revisión es una parte importante en el desarrollo de buenos modelos.

6. Modelo de Simulación

- Un modelo de simulación es el refinamiento y cierre de un conjunto de hipótesis dinámicas en un conjunto explícito de relaciones de matemática.
- Los modelos de simulación generan comportamiento a través de la simulación.
- Un modelo de simulación proporciona un laboratorio en el que se puede experimentar para comprender cómo determinan el comportamiento los diferentes elementos de la estructura.

Una conclusión de este recorrido por el estado del arte de la dinámica de sistemas es (Bruckmann, 2001):

Lo que hizo que la dinámica de sistemas realmente valiera la pena, sin embargo, fue su aplicabilidad a los problemas complejos de importancia práctica cuya solución ha eludido a todas las demás aproximaciones. Por ejemplo, la dinámica de sistemas fue capaz de arrojar luz sobre el comportamiento contra sentido de los sistemas sociales.

Esa es la tarea, tratar con la menor subjetividad posible, de analizar y sintetizar los sentidos y contra sentidos de la sostenibilidad humana en la biósfera.

3.2.17 Herramientas Informáticas

La capacidad de comprensión de la dinámica y de la predicción de sistemas que ha surgido del estudio de los sistemas complejos, ha creado nuevas herramientas para modelar las interacciones entre sistemas antropogénicos y naturales (Costanza et al., 1993) Gracias a los

avances en velocidad y accesibilidad computacional y mediante la implementación de una visión amplia e interdisciplinaria de los sistemas se ha logrado la disponibilidad de una gama de técnicas innovadoras.

Hasta que hubo disponibilidad de computadores, las ecuaciones que describían la dinámica de un sistema tenían que ser resueltas analíticamente, limitando severamente el nivel de complejidad (así como la resolución) de los sistemas que se podían estudiar y de la complejidad de la dinámica que podía examinarse para algún sistema en particular (Costanza et al., 1993)

Pero eso cambió. En la actualidad existe una gran variedad de herramientas de software para la tarea de transformar un modelo cualitativo conceptual en código útil y funcional de computador. Ya no es un problema contemporáneo el no tener herramientas que faciliten la transformación de ideas conceptuales en modelos funcionales que se puedan simular. Las tecnologías de información y comunicación han cambiado el panorama por completo.

Desde luego que existe un compromiso entre la universalidad y la facilidad de uso de la herramienta (Voinov, 1999) En un extremo están los lenguajes informáticos que se pueden utilizar para traducir cualquier concepto o conocimiento en un código funcional de computador, y en el otro se encuentran aquellas implementaciones diseñadas para modelos específicos, útiles sólo para sistemas individuales y en condiciones particulares. Existe pues una gran variedad de herramientas, desde las súper específicas hasta las más universales, que se pueden agrupar así (Ver Figura 39) (Voinov, 1999; Costanza y Voinov, 2001):

- *Lenguajes de computación de propósito general.* Lenguajes informáticos para la codificación de algoritmos.
- *Lenguajes de modelado.* Lenguajes informáticos diseñados específicamente para el desarrollo de modelos.
- *Sistemas de modelado extensible.* Paquetes informáticos de modelado que permiten añadir código específico por parte del usuario cuando los métodos existentes no son suficientes para sus propósitos.
- *Sistemas de modelado.* Paquetes informáticos que no permiten adiciones a los métodos provistos pero que proveen amplias prestaciones.
- *Modelos extensibles.* Modelos informáticos que pueden ajustarse para diferentes lugares y estudios de caso y en los que la estructura del modelo es mucho menos flexible, el usuario puede tomar decisiones de una lista limitada de opciones y, por lo general, sólo se pueden cambiar los parámetros y algunas características espaciales y temporales.
- *Modelos individuales.* Modelos informáticos para lugares y estudios de caso particulares y

en los que la estructura del modelo está definida.

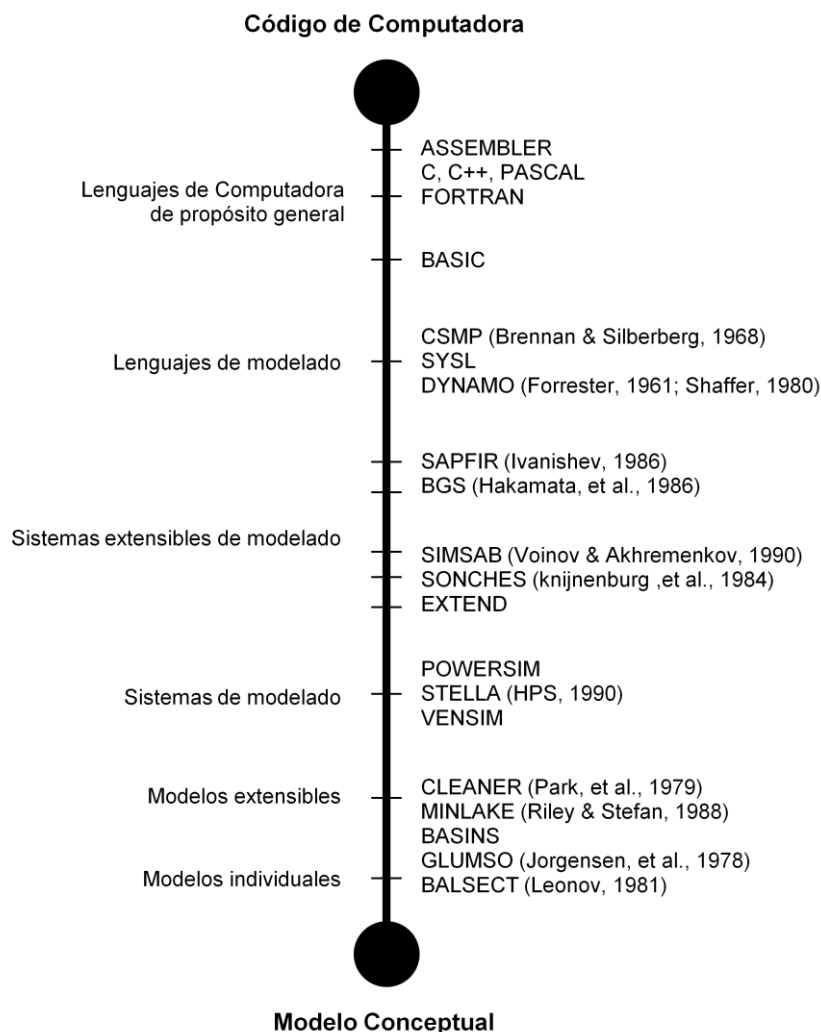


Figura 39. Grupos de herramientas informáticas para la modelar (Voinov, 1999)

De entre las herramientas disponibles, sobresale STELLA®/iThink® por haber sido uno de los primeros sistemas de modelado dinámico en lograr un amplio reconocimiento tanto en los entornos académicos y de investigación como en los empresariales. Todo debido en gran parte a su interfaz gráfica muy fácil de usar. La Tabla 21 presenta información general sobre sistemas de modelado disponibles en la actualidad.

No se trata de una lista completa pero sí de los más reconocidos. La cuestión es que la simulación sofisticada de modelos mediada por la informática ya es accesible, útil y popular, y estas nuevas capacidades, vinculadas a una visión más científica, racional, realista y pluralista

de las diversas funciones y limitaciones de los modelos como mecanismos para la comprensión de los sistemas y la toma de decisiones, puede aumentar drásticamente la eficacia a la hora de modelar (Costanza et al., 1993; Costanza y Voinov, 2001)

Tabla 21. Software para Dinámica de Sistemas

(Elaboración propia a partir de Voinov, 1999; Costanza y Voinov, 2001)

| Nombre | Empresa | Plataforma | Expandible | Amigable | Curva de aprendizaje | Comentarios |
|-----------------|--------------------|---------------|------------|----------|----------------------|--|
| STELLA / iThink | iseesystems (HPS) | Win Mac | No | 5 | 5 | Muchísimos usuarios. Más utilizado en la academia. |
| Vensim | Ventana | Win Mac | No | 5 | 4 | Barato. Licencia académica gratuita. |
| AnyLogic | XJ Technologies | Win Mac Linux | Si | 4 | 4 | Integra simulación con Agentes, Dinámica de Sistemas y eventos discretos |
| Powersim | Powersim Software | Win | Si | 4 | 4 | Rápido crecimiento. Orientado a web. |
| ExtendSim | Imagine That! | Win Mac | Si | 4 | 3 | Modular. |
| Simulink | The MathWorks | Win Mac UNIX | Si | 3 | 2 | Hecho sobre MATLAB. Más poderoso, pero también precio más alto. |
| Madonna | UC Berkeley | Win Mac | No | 5 | 5 | Permite optimización. Compatible con Stella. |
| Goldsim | GoldSim Consulting | Win | Si | 3 | 2 | Probabilístico. Licencia académica gratuita. |
| Simile | Simulistics | Win Mac UNIX | No | 4 | 4 | Modelos basados en individuos. Gratuito. |
| Simgua | Your lingua | Win Mac | No | 5 | 5 | En línea |
| Insight Maker | Give Team | Web | No | 5 | 5 | En línea (GNU) |

3.2.18 Educación para el Desarrollo Sostenible

Existe una diferencia importante entre la Educación *Sobre* Desarrollo Sostenible (ESDS) y Educación *Para* El Desarrollo Sostenible (EPDS) La primera es una lección para despertar conciencia, o una discusión teórica. La segunda es el uso de la educación como herramienta para lograr la sostenibilidad (McKeown, 2002; Gallón, 2009b)

El MSR se ha elaborado con un propósito doble de manera que se pueda utilizar como herramienta en la EPDS. Como se verá en este apartado, se hace una revisión del estado del arte de los asuntos educativos relacionados con el desarrollo sostenible como referente e insumo para la construcción y posterior utilización del modelo.

El Desarrollo Sostenible se debe entender como una aproximación integral a la realidad. Su propósito es comprender que cualquier transacción es una actividad compleja y sistémica que debe incluir, y puede tener efectos, sobre la naturaleza y la dinámica del clima, la vida, las poblaciones, los individuos, las comunidades, las organizaciones, en fin, sobre la mayor cantidad posible de elementos individuales y colectivos.

Hablar de necesidades formativas y perfiles profesionales adecuados para la EPDS será entonces hablar de entornos de enseñanza, aprendizaje y acción que entiendan las transacciones de conocimiento a partir del reto de lo integral, lo complejo y lo sistémico o, en otras palabras más simples y contundentes, de entornos que vuelvan a considerar que lo más importante está en cada persona y su relación con el entorno.

Para lograrlo existe ya un largo camino recorrido, documentado y debatido que se puede descubrir en tres programas estratégicos de la ONU a través de la UNESCO, a saber:

- Educación para Todos 2015 (EPT 2015)
- Decenio de las Naciones Unidas para la Alfabetización (DA 2003 - 2012)
- Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (DEDS 2005 - 2014)

En los tres están los elementos medulares teóricos y prácticos de la educación para lograr el desarrollo sostenible. Como esos tres programas apenas empiezan a tomar fuerza en los debates comunitarios y políticos públicos, este es un buen lugar para revisar algunos de sus asuntos más representativos y su importancia para la EPDS.

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el período de 10 años comprendido entre 2005 y 2014, el *Decenio de las Naciones Unidas de la Educación con miras al Desarrollo Sostenible* (DEDS) (UNESCO, 2003) e hizo una invitación a los gobiernos del mundo para que lo aprovechen para integrar la EPDS en sus estrategias y planes de acción nacionales en todos los niveles de educación. Desde luego que las mismas ideas se pueden y deben utilizar para los planes locales municipales, por ejemplo.

La DEDS debe servir para lograr sinergia entre el desarrollo sostenible y la educación que permita enfrentar asuntos prioritarios como: reducción de la pobreza, igualdad de

oportunidades para ambos sexos, promoción de la salud, preservación y protección del capital de los recursos naturales, transformación de la vida rural, derechos del hombre, paz, comprensión internacional, diversidad cultural y lingüística y el potencial de las TIC.

Son tres visiones fundamentales a asimilar durante el trabajo en la DEDS:

- Los seres humanos están en el centro de las preocupaciones relativas al desarrollo sostenible y tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza (Declaración de Río formulada por la Conferencia mundial de 1992 sobre el medio ambiente y el desarrollo)
- Volver la sociedad mundial más humana, más caritativa y más respetuosa de la dignidad de cada uno (Declaración de Johannesburgo, adoptada en el Congreso mundial para el desarrollo en 2002)
- El desarrollo sostenible satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (Comisión intergubernamental del medio ambiente y del desarrollo de 1987)

Si se logra que la principal misión de la educación sea crear las capacidades necesarias para reflexionar sobre rangos más amplios de tiempo (más del rango semanal) tanto de pasado como del futuro, y de espacio (más del alcance familiar) tanto familiar como de comunidad o humanidad, se ayudará a las personas de todas las edades a comprender mejor el mundo en el que viven, tomando consciencia de la complejidad y de la interdependencia de problemas como la pobreza, el consumo exagerado, el deterioro del entorno y de las ciudades, el crecimiento de la población, la salud, los conflictos y las dinámicas de derechos y deberes.

¿Qué capacidades se requieren para enfrentar con éxito las exigencias del desarrollo sostenible? ¿Qué capacidades se necesitan para desarrollar procesos de EPDS? Todos los trabajos de la UNESCO repiten una y otra vez estas cuatro capacidades:

- **Aprender a conocer** para reconocer el desafío
- **Aprender a vivir juntos** para tener responsabilidad colectiva y asociación constructiva
- **Aprender a hacer** para actuar con determinación
- **Aprender a ser** para garantizar la indivisibilidad de la dignidad humana

Para lograr cambiar las dinámicas de las capacidades presentes hacia las indicadas, es necesario abarcar cuatro grandes esferas que reflejan objetivos diferentes y se dirigen a actores también distintos:

- **Educación básica.** Debe centrarse en el intercambio de conocimientos, habilidades, valores y perspectivas en toda una vida de aprendizaje, de tal manera que aliente a los

medios de vida sostenibles y apoye a los ciudadanos a vivir vidas sostenibles.

- **Reorientación de programas de educación existentes.** Implica una revisión de los planes de estudio vigentes en función de sus objetivos y contenidos para desarrollar un entendimiento transdisciplinario del desarrollo social, económico y de la sostenibilidad. También exige una revisión de las recomendaciones y mandatos aplicables a los enfoques de enseñanza, aprendizaje y evaluación para que se fortalezcan las habilidades para el aprendizaje durante toda la vida, entre las que están el pensamiento creativo y crítico, la comunicación oral y escrita, la colaboración y la cooperación, la gestión de conflictos, la toma de decisiones, resolución de problemas y la planificación, utilizando las TIC apropiadas y una ciudadanía práctica.
- **Desarrollo de conciencia y entendimiento público de la sostenibilidad.** El avance hacia la sostenibilidad requiere que la creciente toma de conciencia global sobre cuestiones sociales, económicas y ambientales se transforme en un entendimiento de sus causas fundamentales.
- **Formación.** Todos los sectores laborales deben contribuir a la sostenibilidad local, regional, nacional o global. El comercio y la industria son, por lo tanto, lugares clave para la formación vocacional y profesional, de manera que las fuerzas de trabajo tengan los conocimientos y las habilidades necesarias para tomar decisiones y realizar su trabajo de una manera sostenible.

Es decir, que las actividades que se planeen, ejecuten y evalúen para lograr la transformación hacia la sostenibilidad, deben esencialmente convencer, comunicar y crear redes para que todos los educadores integren a sus programas las preocupaciones y los objetivos del desarrollo sostenible.

Lograr la transformación para la sostenibilidad necesita que se desarrollen unas actividades catalizadoras iniciales que deben adaptarse en función de las necesidades y de las culturas locales. Esas actividades catalizadoras deben:

- **Dar luces** de los principales problemas locales relacionados con el desarrollo sostenible.
- **Adaptarse** a los procesos de acuerdo con las estrategias de enseñanza y aprendizaje.
- **Estimular** los vínculos entre las estructuras de aprendizaje (escuela, cursos para adultos, etc.) y la comunidad.
- **Integrar** el conocimiento y la cultura local.
- **Elaborar** procesos de desarrollo de currículos que permitan que el contenido tenga una decidida relevancia local.

La propuesta de la UNESCO invita a que se promuevan estas acciones en la mayor cantidad

posible de lugares de diálogo comunitario como asociaciones, grupos de apoyo escolar, cooperativas, congregaciones religiosas, grupos de autoayuda, comités de desarrollo y muchos otros. Pero dar a la comunidad local todos los medios para expresarse plantea dos problemas. Primero, ¿con qué medios estimular y mantener el proceso? Y segundo, ¿cómo hacer para que el discurso de la comunidad sea escuchado más allá del nivel local? Es decir, se plantea saber cómo se logrará que los diferentes niveles se articulen o puedan articularse entre sí. Esas articulaciones serán útiles en la medida que permitan espacio para las acciones locales, cuenten con un ambiente político favorable y positivo, den oportunidades de intercambio de opiniones y refuercen la construcción de capacidades.

En resumen, y según una reciente reunión general de la UNESCO, la relación entre educación y desarrollo económico depende primordialmente de tres asuntos (UNESCO, 2007):

- **Que los programas de estudio** respondan a las nuevas exigencias del mercado mundial y la economía de los conocimientos, inculcando aptitudes como la comunicación, el pensamiento crítico y la confianza en sí mismo, impartiendo educación en ciencias y tecnologías y conocimientos sobre el medio ambiente, enseñando a seguir aprendiendo,
- **Que la educación para el desarrollo sostenible** figure en el temario de los planes de estudio, en todos los niveles y tipos de educación, y esté fundamentada en la ciencia, y
- **Que se alienten y promuevan las relaciones de cooperación** entre los sectores público y privado, especialmente en beneficio de los jóvenes, en apoyo de la enseñanza general, la formación profesional, la educación superior y las posibilidades de investigación.

Dar al ciudadano más educación no es suficiente para crear sociedades sostenibles. El reto es elevar los niveles de educación sin crear una demanda cada vez mayor de recursos y bienes de consumo y la consecuente producción de contaminantes. Ese es el reto de la EPDS: *lograr que se reorienten todos los planes de estudio y los ámbitos del ejercicio laboral garantizando una producción y unos patrones de consumo sostenibles.*

La EPDS es más que una base de conocimiento relacionada con el ambiente, la economía o la sociedad. También tiene que ver con el aprendizaje de habilidades, perspectivas y valores que guían y motivan a la gente a buscar formas sostenibles de ganarse la vida, participar en una sociedad democrática y vivir y se necesita entonces incluir cinco componentes en un programa educativo: *conocimientos, habilidades, perspectivas, valores y problemas.*

La ventana de oportunidad para hacerlo está abierta, y en conjunto con la innovación, el emprendimiento y la gestión de empresas deberá permitir que los principios de la EPDS provoquen que se presenten evidencias o situaciones es las que:

- Hay que prevenir la erosión de los recursos renovables.
- Las tasas de uso de recursos renovables no exceden las tasas de su regeneración.
- Se minimiza el uso de recursos no renovables.
- Las tasas de uso de recursos no renovables no exceden la tasa de desarrollo de sustitutos renovables sostenibles.
- Se quiere utilizar todos los recursos con la máxima eficiencia.
- Las tasas de emisión de contaminación no exceden la capacidad de asimilación del ambiente.
- Urge hacer más lento y eventualmente detener el crecimiento exponencial de la población o del capital físico.
- Se desea monitorear la condición de los recursos, el ambiente natural, y el bienestar de los humanos.
- Urge mejorar el tiempo de respuesta ante el estrés ambiental

Esa ventana de oportunidad, que puede ser la última para la especie humana, sólo será aprovechada por personas u organizaciones que puedan contar con el poder del conocimiento creativo (WBCSD, 2002) en los siguientes ámbitos:

- **Educación.** Que habilita a los seres humanos para ser trabajadores productivos, consumidores informados, familiares responsables, ciudadanos empoderados y contribuyentes positivos en la comunidad.
- **Productividad laboral.** El trabajo educado tiene mayor productividad –produce más riqueza por hora de trabajo–. Esto puede provocar desempleo pero también contribuye a bienes y servicios más asequibles para la mayoría.
- **Innovación tecnológica.** La educación hace a las personas más creativas exponiéndolas a conocimientos, múltiples comportamientos y modelos. La creatividad es la habilidad de combinar conocimientos, comportamientos y materiales existentes de nuevas formas no intentadas antes. Lograr que esas ideas se conviertan en métodos útiles y replicables es la esencia de la innovación tecnológica.
- **Productividad del capital.** Sólo la innovación tecnológica puede mejorar la productividad del capital. Esto es esencial para producir un excedente de riqueza que se puede destinar a la capacidad social individual y colectiva, a las redes de seguridad social, a la mitigación ambiental y al desarrollo eficiente ecológicamente.

Una de las evidencias de que el desarrollo sostenible se encuentra en una etapa de crecimiento acelerado la provee un sector como el de la energía el que, a escala global, se dan magnitudes presupuestales de los cientos de miles de millones de dólares y de decenas de millones de trabajadores en la áreas de renovables y eficiencia (Bezdek, 2007)

Sin embargo la EPDS tiene que hacer mucho más que crear oportunidades de negocio, de trabajo o de opciones de consumo para los ricos. Tiene que hacerlo para los pobres. Puede hacer algo más que mejorar la línea base de las grandes corporaciones, tiene que mejorar las perspectivas de vida de las comunidades que luchan por un futuro mejor (Gordon et al., 2007)

Así, los paradigmas vigentes de la EPDS determinan el contexto en el que se debe modelar la sostenibilidad para que se puedan cumplir dos propósitos: por un lado, contar con una plataforma de modelado para que diversos observadores puedan aprender de la realidad y dialogar sobre su estructura, funciones y dinámica y, por otro, disponer de una herramienta que apoye los procesos de enseñanza en todos los niveles. Esta investigación, y el MSR resultante que se describe a continuación, siguen ese camino.

4 MODELO DE SOSTENIBILIDAD REGIONAL

4.1 Introducción

El desarrollo del MSR que se describe en este capítulo tomo dos años. Se elaboró con la versión 9.1.4 de plataforma *iThink* de *iseesystems*, la herramienta de modelado con dinámica de sistemas seleccionada para la investigación.

En la sección *Construcción* se abordan diferentes aspectos de sus antecedentes y modelos de dinámica de sistemas base y se describen los aportes y el proceso seguido por el autor durante la evolución del modelado. En la sección *Arquitectura* se describe la selección de variables y su arquitectura global, modular, de relaciones y de cada uno de los módulos; en la sección *Escenarios* se muestran los antecedentes y escenarios base y se describe el proceso de construcción y parametrización de los escenarios del MSR; en la sección *Base de datos* se exponen y explican las fuentes y la arquitectura de datos; finalmente, en la sección *Interfaz* se explican las cinco interfaces de usuario elaboradas para la interacción con el modelo.

4.2 Construcción

Para construir el MSR se siguió la metodología general de la dinámica de sistemas según lo descrito en el capítulo 3. Como se verá a continuación, el modelo se construye por fases a partir de dos actividades, por una parte, la adecuación, adaptación y acople de modelos ya desarrollados por otros autores que se relacionan de manera detallada y, por otra, la escritura original de nuevos modelos desarrollados por el autor.

4.2.1 Modelos base

El MSR se basa en los trabajos del Club de Roma y el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y su modelo *Límites del Crecimiento (World2 y 3)* (Meadows et al., 1972; Meadows et al., 1992; 2004) del Gund Institute for Ecological Economics de la Universidad de Vermont y su modelo *Global Unified Metamodel of the Biosphere (GUMBO)* (Boumans et al., 2002) de Gallón y el modelo *KITWe* (Gallón, 2009) del Millenium Institute y su modelo *Threshold 21 (T21)*

(Millennium Institute, 2000; Bassi y Pedercini, 2007) y del Centro de Estudios en Economía Sistémica (ECSIM) y sus modelos de *Economía Nacional* (EN) para Colombia y de *Gestión Social del Desarrollo* (GSD) para Medellín, el área Metropolitana del Valle de Aburrá y Antioquia (Gómez, 2004; 2005a; 2005b; 2008; Centro de Estudios en Economía Sistémica, 2006a; 2006b; 2006c; 2006d; 2007).

En la Figura 40 se muestra el ecosistema de modelos de dinámica de sistemas que se estudiaron y documentaron para la construcción del MSR.

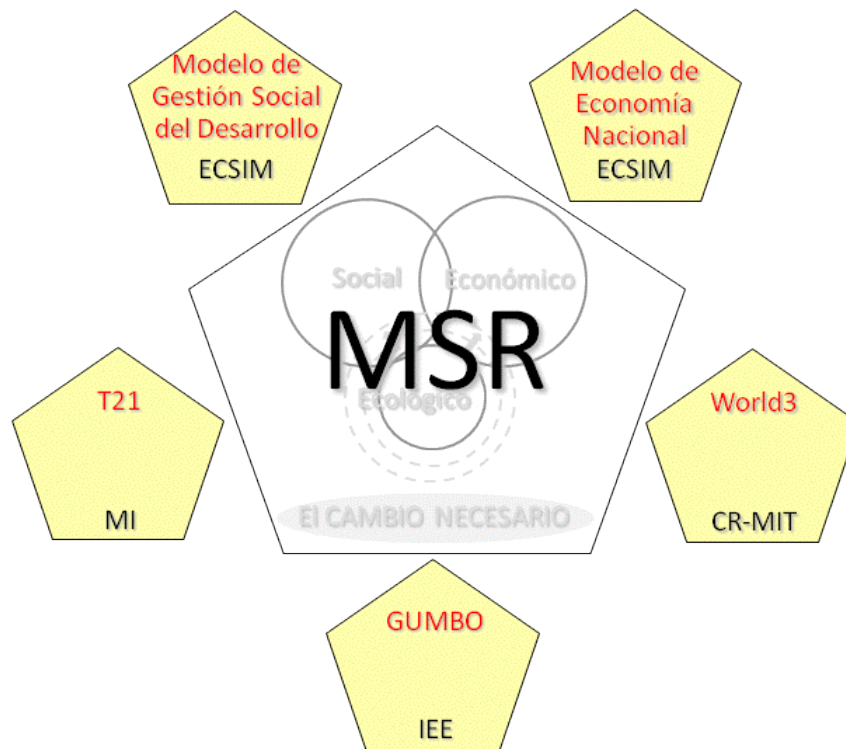


Figura 40. Ecosistema de modelos para el MSR
(Elaborada por el autor)

La arquitectura elemental de los modelos que se utilizaron como base para la construcción del MSR depende de los diferentes componentes o submodelos que tiene cada uno de los niveles de jerarquía del modelo global correspondiente. Se entiende por nivel de jerarquía al nivel de agrupamiento por submodelos que decide el observador/modelador según diferentes criterios o problemas. Los submodelos de un nivel de jerarquía superior están incluidos en un submodelo de nivel de jerarquía inferior, es decir, grupos de submodelos de nivel 2 de jerarquía están incluidos en un submodelo del nivel 1 de jerarquía.

Cada uno de los modelos de dinámica de sistemas que se estudiaron para la construcción del MSR tiene diferentes aproximaciones, tanto en el número de submodelos, como en el de

niveles de jerarquía. En las Tabla 22 a la 26 se hace un inventario detallado de las jerarquías y los componentes por jerarquías de los modelos World3-03, GUMBO, T21, ECSIM-EN y ECSIM-GSD.

Tabla 22. Jerarquía y submodelos del modelo World3-03
(Elaborada por el autor a partir del modelo original para Vensim)

| Nivel 1 de Jerarquía |
|---|
| Demografía |
| Fertilidad |
| Expectativa de vida |
| Contaminación persistente |
| Recursos no renovables |
| Producción de alimentos |
| Productividad de la agricultura |
| Desarrollo, pérdida y fertilidad de la tierra |
| Producción de la industria |
| Producción de los servicios |
| Trabajos |
| Bienestar y Huella ecológica |

Tabla 23. Jerarquía y submodelos del modelo GUMBO
(Elaborada por el autor a partir del modelo original para Stella/iThink)

| Nivel 1 de Jerarquía | Nivel 2 de Jerarquía | Nivel 3 de Jerarquía |
|----------------------|--------------------------------------|---|
| Atmosfera | CarbonWithinSectorAtmosphere* | |
| | NutrientsWithinSectorAtmosphere | |
| | WaterWithinSectorAtmosphere | |
| | EnergyWithinSectorAtmosphere | |
| Hidrosfera | WaterWithinSectorHydrosphere | |
| | CarbonWithinSectorHydrosphere | |
| | NutrientsWithinSectorHydrosphere | |
| Litosfera | SilicatesWithinSectorLithosphere | |
| | CarbonWithinSectorLithosphere | Fossil Fuel |
| | NutrientsWithinSectorLithosphere | |
| Biosfera | CarbonWithinSectorBiosphere | Effect of global cooling and warming on GPP |
| | | Effect of changes in bio avail. C to GPP |
| | | Effect of nutrients and nutrient interactions on GPP |
| | | Effect of clouds,suspended particles and canopy on GPP |
| | | Water stress and flood effects on GPP |
| | | Green Revolution per Plant Harvest |
| | | Ease of Consumer Harvest |
| | | BiodiversityWithinSectorBiosphere |
| Antroposfera | ProductionWithinSectorAnthroposphere | |
| | WellBeingWithinSectorAnthroposphere | |
| | HumansWithinSectorAnthroposphere | How much waste will the globe be able to deal with? NCF on waste |
| | HumansWithinSectorAnthroposphere | Health Issues |
| | | knowledge v fertility |

| Nivel 1 de Jerarquía | Nivel 2 de Jerarquía | Nivel 3 de Jerarquía |
|----------------------|---|----------------------|
| | SocialWithinSectorAnthroposphere | SC disintegration rt |
| | ResourcesWithinSectorAnthroposphere | Energy |
| | | Biomass |
| Water | | |
| | EcosystemservicesWithinSectorAnthroposphere | Minerals |
| Uso de tierra | ChangeWithinSectorLanduse | |
| Base de datos | HydrologyWithinSectorGlobal | |
| | BiomassWithinSectorGlobal | |
| | ArraysWithinSectorGlobal | |
| | ModeloutputWithinSectorGlobal | |
| | AntroposphereWithinSectorGlobal | |
| | WaterWithinSectorGlobal | |
| | LandusechangeWithinSectorGlobal | |

*Se transcriben los nombres originales en inglés de las entidades que componen el modelo de Stella/iThink.

Tabla 24. Jerarquía y submodelos del modelo T21
(Elaborada por el autor a partir del modelo original para Vensim)

| Nivel 1 de Jerarquía | Nivel 2 de Jerarquía | Nivel 3 de Jerarquía | |
|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Society* | Population | Population | |
| | | Fertility | |
| | | Mortality | |
| | Health | Health | Basic Health Care |
| | | | HIV-AIDS |
| | | | HIV-Children |
| | | | Nutrition |
| | Crimen | Crimen | Crime Causes |
| | | | Crime Effects |
| | | | Crime Loops |
| | | | Crime Sector |
| | Infraestructura | | |
| | Poverty | Poverty | Income Distribution |
| | | | Micro Credit |
| Education | Education | Primary Education | |
| | | Secondary Education | |
| | | Quality Improvement | |
| Labor | Labor | Employment | |
| | | Labor Availability | |
| Economy | Science & Technology | Technology | |
| | | R & D | |
| | Households | Households | |
| | ROW | ROW | International Trade |
| | | | Balance Of Payments |
| | Production | Production | Agriculture |
| | | | Sugarcame |
| | | | Tourism |
| | | | Industry |
| | | | Services |
| | | | Informal |
| | Investment | Investment | Investment |
| | | | Relative prices |
| | Government | Government | Government Revenues |
| | | | Government Expenditure |
| | | | Public Investment |
| | | | Government Balance |
| Government Debt | | | |
| Infrastruture | | | |
| Environment | Land | Land | |
| | | Forest | |
| | | Irrigated Land | |

| Nivel 1 de Jerarquía | Nivel 2 de Jerarquía | Nivel 3 de Jerarquía |
|----------------------|----------------------|---------------------------|
| | Energy | Energy Demand |
| | | Energy Supply |
| | | Fossil Fuel Production |
| | Emissions | Emissions |
| | Sustainability | Ecological Footprint |
| | Minerals | Mineral Production |
| | Water | Water Demand |
| | | Water Supply |
| | | Sewage BOD pollution |
| | | Agriculture BOD pollution |
| | | Industrial BOD pollution |
| | Access to safe water | |

*Se transcriben los nombres originales en inglés de las entidades que componen el modelo de Vensim.

Tabla 25. Jerarquía y submodelos del modelo EN

(Elaborada por el autor a partir del modelo original para iThink)

| Nivel 1 de Jerarquía |
|---|
| Generación de bienes y servicios |
| Transacciones monetarias |
| Cálculos agregados |
| Población nacional de hombres |
| Población nacional de mujeres |
| Consolidación modelo nacional de población |
| SNAG – Sector Nacional Agropecuario |
| SNMP – Sector Nacional explotación de Minas y Petróleo |
| SNIM – Sector Nacional Industria Manufacturera |
| SNEGA – Sector Nacional Electricidad Gas y Agua |
| SNCNC – Sector Nacional Construcción |
| SNCMR – Sector Nacional Comercio |
| SNHYR – Sector Nacional Hoteles Y Restaurantes |
| SNTCOM – Sector Nacional Transporte y Comunicaciones |
| SNINF – Sector Nacional Intermediación Financiera |
| SNAIEA – Sector Nacional de Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler |
| SNAPDS – Sector Nacional Administración Pública y Defensa, Seguridad social de afiliación obligatoria |
| SNEDU – Sector Nacional Educación |
| SNSSYS – Sector Nacional Servicios Sociales Y de Salud |
| SNSCP – Sector Nacional Servicios Comunitarios y Personales |
| SNHSD – Sector Nacional Hogares con Servicio Domestico |
| Agregadores |
| Consumo por sectores |
| Otros |

Tabla 26. Jerarquía y submodelos del modelo GSD

(Elaborada por el autor a partir del modelo original para iThink)

| Nivel 1 de Jerarquía | Nivel 2 de Jerarquía | Nivel 3 de Jerarquía |
|--|---|----------------------------|
| Sector agropecuario modelo departamental agregado (SAAG) | Población y Empleo Antioquia | |
| Población regiones | | |
| Población Antioquia | | |
| Inversión de las regiones | | |
| Inversión acumulada de las regiones | | |
| Exportaciones de las regiones | | |
| Ventas de las regiones | | |
| PIB de las regiones | | |
| Inversión de total Antioquia | | |
| Inversión acumulada de total Antioquia | | |
| Exportaciones de total Antioquia | | |
| Ventas de total Antioquia | | |
| PIB de total Antioquia | | |
| Inversión adicional por producto | | |
| Inversión acumulada adicional por producto | | |
| Exportaciones anuales adicionales por producto | | |
| Ventas totales y PIB anuales adicionales por producto | | |
| Inversión adicional por centro | | |
| Inversión acumulada adicional por centro | | |
| Exportaciones anuales adicionales por centro | | |
| Ventas totales y PIB anual adicionales por centros | | |
| Inversión adicional por sector | | |
| inversión acumulada adicional por sector | | |
| Exportaciones anuales adicionales de los centro por producto | | |
| Ventas totales y PIB anual adicionales de los centros por sector | | |
| Empleo adicional por sector | | |
| Población Valle de Aburrá | Resto Valle de Aburrá | Hombres Mujeres |
| | Municipios del Valle de Aburrá | Hombres Mujeres |
| | Medellín | Hombres Mujeres |
| | Población por comunas y corregimientos | Hombres Mujeres |
| | Aburrá norte | Hombres Mujeres |
| | Aburrá sur | Hombres Mujeres |
| | Educación para Medellín | |
| Requerimientos de espacios urbanísticos valle de Aburrá | Población urbana y rural del Valle de Aburrá | |
| | Densidad poblacional del Valle de Aburrá | |
| | Factor de atractividad del Valle de Aburrá | |
| | Factor de atractividad de Antioquia agregado | |
| | Factor de atractividad de Antioquia por centros de desarrollo | |
| | Viviendas del Valle de Aburrá | |
| | Usos del suelo por municipios | Demanda de suelo comercial |

| Nivel 1 de Jerarquía | Nivel 2 de Jerarquía | Nivel 3 de Jerarquía | |
|--|---|---|------------------------------------|
| | | Demanda de suelo industrial | |
| | Dinámica territorial | | |
| Requerimientos de transporte y movilidad | Dinámica de transporte | Tasas de viaje (viajes/persona) en el Valle de Aburrá | |
| | | Transporte público | |
| | | Transporte de carga | |
| | | Sistema integrado de transporte | |
| | | Parque automotor | |
| | | Taxi | |
| | | Motocicleta | |
| Impactos ambientales | Contaminación de fuentes móviles | Vehículo particular | |
| | | Contaminación atmosférica transporte público | |
| | | Contaminación atmosférica motocicleta | |
| | | Contaminación atmosférica taxi | |
| | | Contaminación atmosférica vehículo particular | |
| | | Contaminación atmosférica vehículo particular | |
| | | Contaminación atmosférica transporte de carga | |
| | Residuos sólidos | Contaminación atmosférica del Valle de Aburrá | |
| | | Residuos sólidos residenciales | |
| | | Proporción residuos sólidos según uso | |
| | Consumo de agua | Residuos sólidos sector económico | |
| | | Consumo de agua residencial | |
| | | Proporción consumo de agua según uso | |
| | Vertimiento de agua | Consumo de agua sector económico | |
| | | Vertimiento de agua residencial | |
| | | Proporción vertimiento de agua según uso | |
| | | Vertimiento de agua sector económico | |
| | | | Carga desechos de agua residencial |
| | | | Carga desechos de agua comercial |
| | Antioquia | | |
| | Regiones Antioquia | | |
| Productos para regiones | | | |
| Valle de Aburrá | | | |
| Estructura de consumo de familias | | | |
| Economía | Variables económicas área metropolitana | | |
| | PIB área metropolitana | | |
| | indicadores de empleo | | |
| Impactos | Impacto en educación | | |
| | Impacto en salud | | |
| | Impacto en vivienda | | |
| | Impacto en salud por municipios | | |
| | Impacto en educación por municipios | | |
| | Impacto en vivienda por municipios | | |

Para el desarrollo definitivo del MSR se seleccionó y adecuó el modelo ECSIM-EN como la estructura medular a la que se acoplaron nuevos modelos originales desarrollados para esta investigación mediante la adaptación de tres sub módulos de jerarquía dos y tres del modelo ESCIM-GSD, uno del modelo World3-03, dos del modelo IEE-GUMBO, tres del modelo MI-T21.

En la Tabla 27 se presenta una relación completa al respecto.

El resultado final es que el MSR cuenta con un balance aproximado de un 50% de modelado previo realizado por los autores indicados y un 50% de modelado original realizado por el autor de esta investigación.

4.2.2 Evolución del modelado

El proceso del modelado del MSR se dividió en cuatro fases: borradores iniciales, borradores estructurados, adaptación del ECSIM-EN y MSR modular. En este apartado se hace una descripción general de la evolución que siguió el trabajo de modelado a través de las fases con el propósito de documentar la aplicación de la metodología de dinámica de sistemas.

En la fase inicial se hicieron tres borradores generales de las ideas de modelado para el MSR: uno construido con un diagrama de enlaces de causalidad utilizando papel y lápiz (Figura 41a); otro con un diagrama de niveles y flujos utilizando el *iThink* (Figura 41b) y, finalmente, uno modular por áreas de aproximación al problema de investigación utilizando papel y lápiz (Figura 41c)

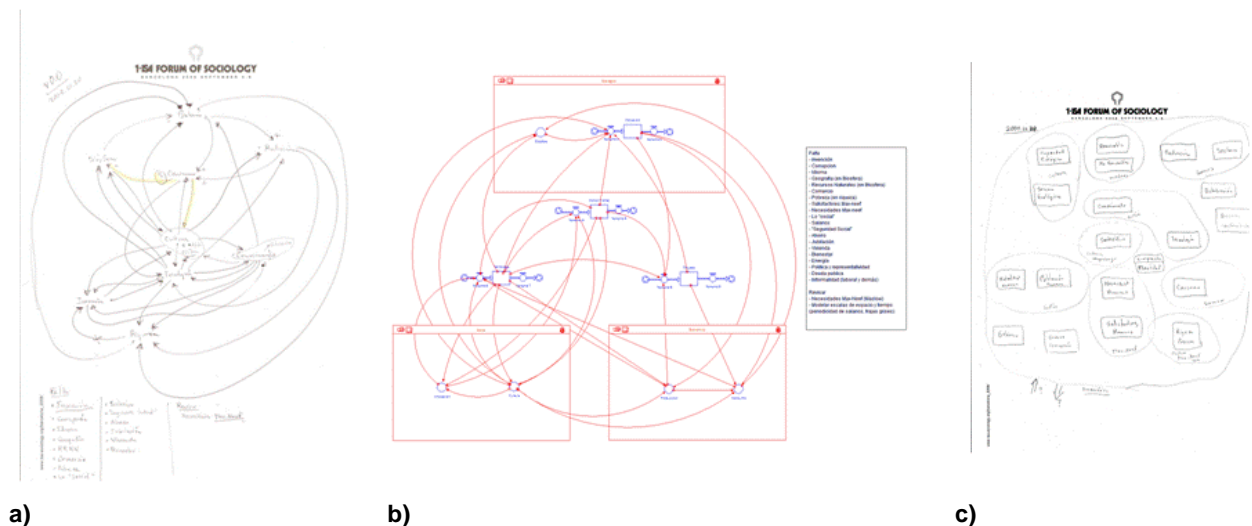


Figura 41. Borradores iniciales del MSR
(Elaborada por el autor)

La siguiente fase se concentró en un trabajo independiente y aislado de la fase 1 en el que se

especuló ampliamente en la modelación con borradores estructurados utilizando el *iThink* con el propósito fundamental de conocer más sobre la herramienta informática, entender sus capacidades y limitaciones y estudiar a fondo la nueva capacidad de módulos incluida en la versión 9.1.4 y que no estaba disponible hasta entonces.

Esa nueva funcionalidad cambiaba todo el proceso de estructuración de la arquitectura del modelado y daba la posibilidad de repensar todo el proceso de integración de los diferentes modelos de referencia que se utilizarían para el MSR. Como se explicará más adelante, esta característica de modelado utilizando módulos hace que el resultado final de esta investigación sea una herramienta escalable con amplias posibilidades de trabajo transdisciplinario colaborativo de individuos y grupos que modelen en equipo y desde saberes y experiencias diferentes.

En la Figura 42a se aprecia uno de los ejercicios intermedios de la fase, mientras que en la Figura 42b se muestra el resultado final en el que se puede notar que una de las restricciones que se utilizaron fue evitar el cruce de enlaces de causalidad de manera que, en un plano de dos dimensiones, todos los módulos quedaran interconectados cumpliendo con las relaciones esperadas. De esta manera se aprendió que modelar en dos dimensiones o, en otras palabras, con una jerarquía de un nivel, sin tener cruces de los enlaces de causalidad, aumentaba el nivel de dificultad y limitaba innecesariamente la representación de estructuras complejas como las inherentes y necesarias para el MSR.

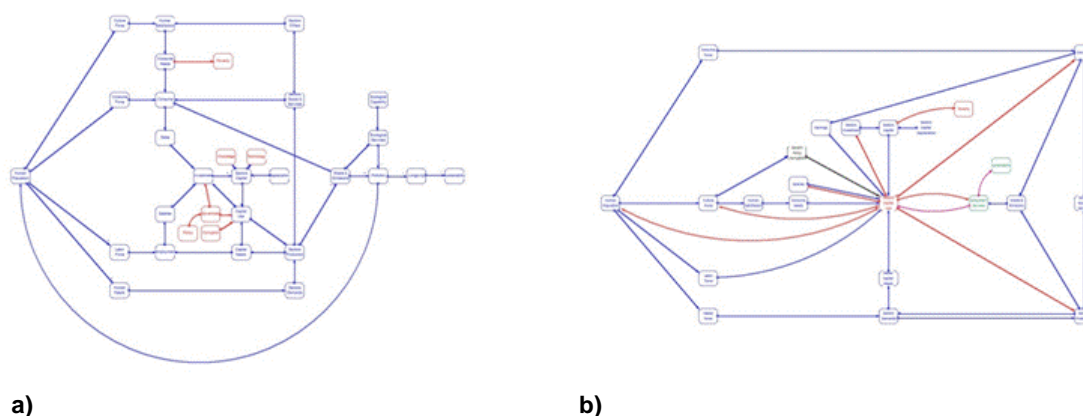


Figura 42. Primera versión estructurada del MSR
(Elaborada por el autor)

La fase 3 de adaptación del Modelo de Economía Nacional, elaborado por ECSIM utilizando versiones de *iThink* previas a la que permite el modelado utilizando objetos denominados

módulos, se dividió en tres actividades. Una primera, de estudio detallado del modelo original que cuenta con más de 3000 variables (En la terminología de *iThink* se denominan entidades), una segunda, en reescribir todo el modelo en módulos siguiendo una filosofía de desacople más que de disección y, una tercera, en comenzar la escritura del MSR agregando módulos y lazos de causalidad nuevos.

El resultado de ese trabajo se observa en la Figura 43a en la que, como en la etapa previa, se evita el cruce de enlaces de causalidad. Cabe aclarar que esta nueva versión del Modelo de Economía Nacional permitió solucionar problemas de trabajo con el modelo original respectivo en el que se habían alcanzado niveles de capacidad de trabajo cómodo con la herramienta de software y se había vuelto muy difícil modificar, agregar o eliminar cualquier entidad.

En la Figura 43b se observan los nuevos módulos agregados pero sin lazos de causalidad con el modelo. Ya en la Figura 43c se puede ver la versión incipiente original del MSR con numerosos módulos y enlaces, y se puede notar que aparecen los primeros problemas de enlaces cruzados. Es en este momento cuando se decide que esa no será más una restricción de modelado porque limita innecesariamente la captura de la complejidad de la realidad de los problemas inherentes a la sostenibilidad y que las relaciones entre componentes y subsistemas se documentarán de otra forma (ver sección de arquitectura)

En esta fase se combinó el estudio de más funciones del *iThink* con los primeros procesos de calibración y simulación con base en el modelo inicial. Aun no se habían ingresado datos definitivos más sí de prueba. Todos los módulos estaban en versión beta pues faltaba mucho por revisar y calibrar.

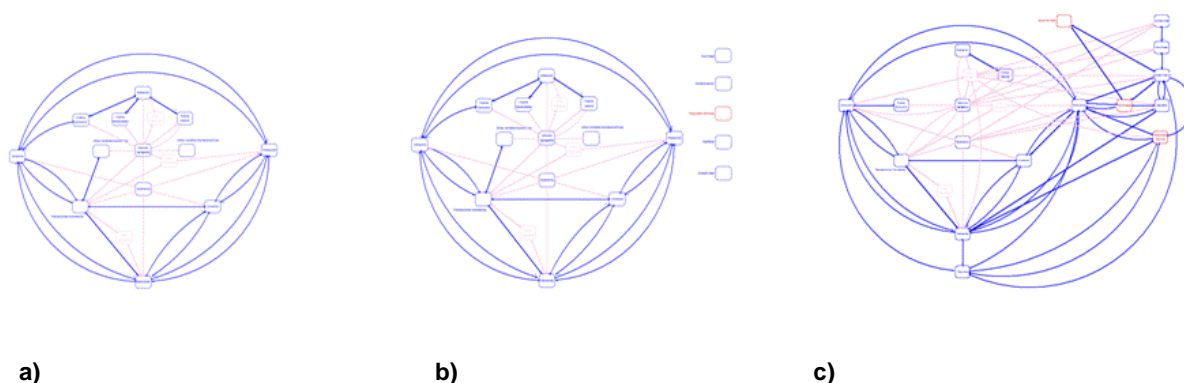


Figura 43. Evolución del modelo del MEN al MSR
(Elaborada por el autor)

El MSR modular en su versión final para esta investigación se construyó en la fase final del modelado en la que se alcanzó una nueva organización y presentación de todos los módulos utilizando colores suaves en los enlaces de causalidad para evitar, dado su elevado número, una representación innecesariamente difícil de leer (ver Figura 44). También fue posible una agrupación de módulos por zonas de conocimiento para facilitar posibles trabajos colaborativos futuros.

En esta fase se escribieron las versiones finales de todos los módulos, se ingresaron todos los datos necesarios para las simulaciones y se hicieron múltiples ejercicios de calibración con lo que se logró determinar las relaciones definitivas en la versión final del MSR para la investigación.



Figura 44. Versión final del nivel 1 de jerarquía del MSR
(Elaborada por el autor)

Nótese, finalmente, que el resultado presentado en la Figura 44 tiene algunas semejanzas con lo mostrado en la Figura 41c aunque los tiempos y herramientas de codificación hayan sido muy diferentes.

4.3 Arquitectura

La arquitectura de un modelo de dinámica de sistemas elaborado con la ayuda de herramientas informáticas representa el diseño conceptual y estructural del sistema que se está modelando y constituye el marco de referencia resultante de la construcción detallada.

La arquitectura del MSR se determinó mediante actividades interactivas de registro, estudio, análisis, organización, disposición y estructuración de la información resultante durante cada una de las cuatro fases del proceso descrito en la sección de Evolución del modelado en espacios coherentes y consistentes de información con el problema que se investiga.

El resultado final de este proceso es que el MSR cuenta con una arquitectura de estructura modular con jerarquía de dos niveles que se representa en dos dimensiones. Los enlaces de causalidad, por lo tanto, interconectan módulos en el nivel 1 de la jerarquía y, dada la complejidad del problema que simbolizan, se cruzan en la figura resultante, lo que resta claridad visual a la imagen pero no es relevante, ni desde el punto de vista conceptual ni funcional y, como se verá adelante, existen otros recursos de documentación y explicación que permiten representar con suficiente claridad la estructura modelada.

En esta sección se describen las arquitecturas global, modular, de relaciones y particular de cada módulo, como evidencia del resultado final del ejercicio de modelado, representando la disposición y relaciones finales de las entidades utilizadas en el MSR.

4.3.1 Global

La arquitectura global es una visión global del modelo que, a manera de huella digital, sirve como resumen para comprender sus escalas y magnitudes. Los componentes de la arquitectura global del MSR son el módulo y la clase.

El módulo es el componente agregado que constituye un nodo de la estructura de jerarquía uno y es el origen y destino de las conexiones globales de causalidad. Se puede comprender como el máximo desacople posible de un concepto en la meta estructura del modelo.

La clase es el componente agregado que constituye un nodo de la estructura de jerarquía dos y es el origen y destino de conexiones locales (intra-modulares) de causalidad. Se puede comprender como el máximo desacople posible de un concepto en la estructura de un módulo

del modelo.

La arquitectura global del MSR es el resultado de las actividades interactivas de registro, estudio, análisis, organización, disposición y estructuración de la información surgida durante cada una de las cuatro fases del proceso de modelado descrito en la sección de Evolución del modelado luego de llegar a módulos y clases coherentes y consistentes con el problema que se investiga.

En la Tabla 27 se relacionan los módulos y las clases que los componen como representación del resultado final del modelado del MSR, además, se incluyen las fuentes de modelado que se utilizaron como insumo para cada módulo. Más adelante se hará una descripción ampliada de cada módulo indicando qué clases lo componen así como las relaciones de causalidad intermodulares.

Tabla 27. Arquitectura global del MSR
(Elaborada por el autor)

| Modulo Jerarquía de primer nivel | Clase Jerarquía de segundo nivel | Fuente de Modelado |
|-------------------------------------|---|---|
| Población Humana | Hombre, mujer, grupo etario rural, urbana | Adecuación-ECSIM-EN |
| Fuerza Laboral | Indicador | Adecuación-ECSIM-EN |
| Cálculos agregados económicos | Indicador | Adecuación-ECSIM-EN |
| Fuerza Consumo | Deciles | Adecuación-ECSIM-EN |
| Producción | Sector productivo | Adecuación-ECSIM-EN |
| Capital | Tipo de capital | Original-MSR |
| Conectividad | Tipo de conectividad | Original-MSR |
| Tecnología | Tipo de tecnología | Original-MSR |
| Movilidad | Tipo de movilidad | Original-MSR Adaptación-ECSIM-GSD |
| Contaminación | Tipo de contaminación | Original-MSR Adaptación-ECSIM-GSD Adaptación-T21 |
| Servicios Ecosistémicos | Tipo de servicio ecosistémico | Original-MSR Adaptación-GUMBO |
| Recursos | Tipo de recurso | Original-MSR Adaptación-ECSIM-GSD Adaptación-T21 |
| Sostenibilidad | Indicador | Original-MSR Adaptación-World3 Adaptación-GUMBO Adaptación-T21 |
| Escenarios | Política | Original-MSR Adaptación-ECSIM-EN |
| Demanda | Sector demandante | Adecuación-ECSIM-EN |
| Inversión | Sector inversor | Adecuación-ECSIM-EN |
| Transacciones monetarias | Indicador | Adecuación-ECSIM-EN |

El MSR cuenta en total con 6487 entidades. Una entidad es, en la terminología de *iThink*, un componente (módulo, nivel, flujo, convertidor o punto de decisión) del modelo. Cada entidad debe tener un nombre único en todo el modelo. Toda entidad de un módulo debe tener un nombre único y tiene como prefijo en propio nombre del módulo, así, es posible que sin tener en cuenta los prefijos, dos entidades tengan el mismo nombre aunque estén en módulos diferentes, lo que puede ser un problema a la hora de hacer procesos de calibración o detección de errores.

Para prevenir problemas, en la elaboración del MSR se siguió un criterio de normalización de los nombres de las entidades de modo que fueran apropiados y coherentes con la realidad que representan, fáciles de leer, con la menor cantidad de abreviaciones y con una sintaxis de lo general a la izquierda hacia lo particular a la derecha.

4.3.2 De módulo

Como se explicó, el módulo es la herramienta fundamental del desacople en la escala global del modelado. Los sistemas complejos no lineales están formados por enredados entramados de relaciones de causalidad entre sus componentes y se pueden seguir dos caminos para su comprensión y modelado: la disección o el desacople.

En la primera aproximación, se disecciona aislando y separando alguna o algunas de sus partes o subsistemas para su posterior análisis y descripción, sin que se pueda evitar la pérdida de relaciones sistémicas que afectan intrínsecamente su comportamiento. En otras palabras, la observación de los componentes o subsistemas aislados conduce a modelos que pueden ser coherentes, pero aislados y carentes de la captura de la estructura y dinámica holística del sistema.

Por el contrario, en la aproximación de desacople se pueden modelar componentes o subsistemas sin perder las conexiones de causalidad con el sistema y, por lo tanto, se garantiza al menos desde el punto de vista de la herramienta, que el modelado es en potencia holístico, pues con el modelo resultante se puede simular el comportamiento de un todo distinto de la suma de los comportamientos de las partes que lo componen.

En el MSR, entonces, se recurre al módulo como herramienta de modelado, ya que permite desacoplar cómodamente los diferentes subsistemas que se tienen en cuenta para analizar y sintetizar la sostenibilidad y, además, permite conformar una plataforma transdisciplinaria de

modelado en el que los expertos pueden dejar codificado su conocimiento sin renunciar a las conexiones de su objeto de investigación con el resto de los subsistemas que determinan el comportamiento del sistema.

En torno a cada módulo del MSR se pueden hacer investigaciones especializadas que exigen trabajos específicos según el problema que se está estudiando, pero a la vez se puede desarrollar un ecosistema de modelado particular sin perder conectividad, o incluso favoreciéndola, con otras especialidades o ecosistemas de modelado.

La arquitectura de cada módulo del MSR se orienta por unos criterios de diseño para la representación en el modelado que facilitan la escritura y lectura de su contenido. El módulo se debe leer de izquierda a derecha y de arriba a abajo. En la Figura 45 se muestra módulo típico con sus componentes, que se describen así:

Entradas: el conjunto de entidades que reciben enlaces de relaciones causales procedentes de otros módulos y que se utilizarán localmente. Permite congregarse, en un único punto de fácil localización, a los insumos de información necesarios para las clases.

Pre cálculos: se trata de un conjunto de relaciones de entidades, que por motivos de simplificación, es efectivo realizarlas una sola vez en el módulo. No todos los módulos necesitan este componente.

Clases: son agrupamientos de entidades que modelan los subsistemas medulares que componen el módulo. Por lo general son tipos de problemas diferenciados y reconocibles dentro del área de conocimiento que contiene el módulo. Cada clase genera sus propios subtotaes. De las clases pueden definirse entidades que serán salidas de información para otros módulos.

Sub totales: un grupo de entidades que reciben los subtotaes de clase y permiten calcular subtotaes de módulo. No todos los módulos necesitan este componente. De los sub totales pueden definirse entidades que serán salidas de información para otros módulos.

Totales: un grupo de entidades que reciben los subtotaes de todo el módulo y permiten calcular sus totales. No todos los módulos necesitan este componente. De los totales pueden definirse entidades que serán salidas de información para otros módulos.

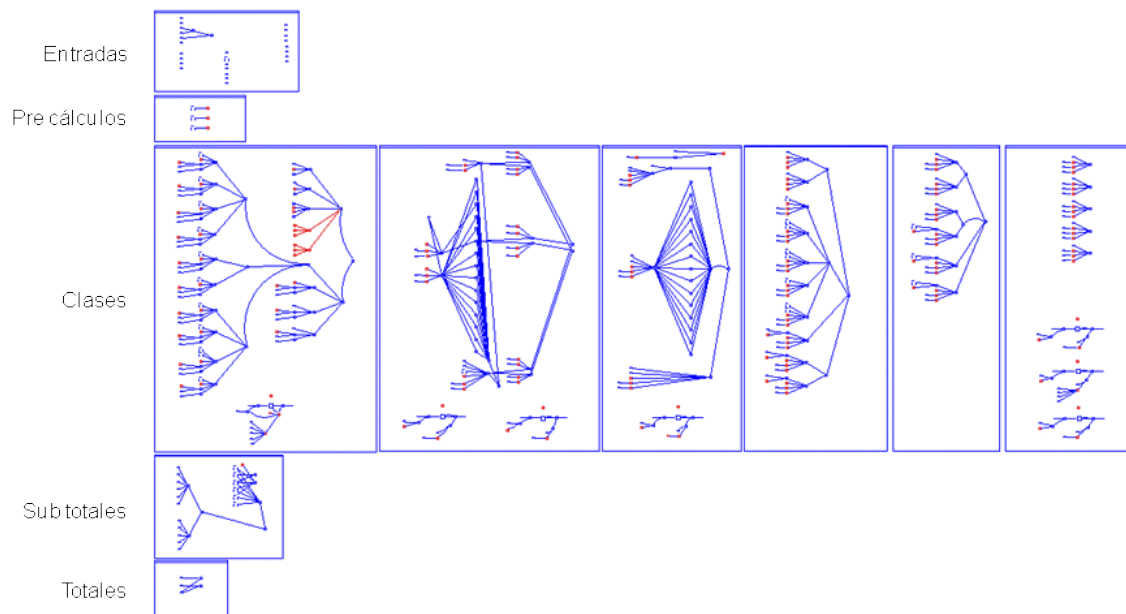


Figura 45. Arquitectura típica de módulo en el MSR
(Elaborada por el autor)

4.3.3 De relaciones

La interconexión de relaciones de causalidad entre módulos o, entre clases, se hace a partir de las necesidades de intercambio de datos entre ellos. Dado el tamaño que tiene el modelo, es poco práctico recurrir a los diagramas causales de la metodología clásica de la dinámica de sistemas para explicar las relaciones de causalidad entre sus más de 6,400 entidades. Como herramienta alternativa de análisis y síntesis se propone la Matriz de Flujos que se presenta en la Tabla 28.

En total, el MSR cuenta con 96 enlaces causales. Nótese el efecto que tienen las capacidades sistémicas representadas en los módulos *Capitales* y *Producción* al ser fuente de flujos de causalidad para otros 9 módulos y *Población (Datos Población)* de 10. Obsérvese también que el módulo de *Sostenibilidad* es destino de 8 flujos de causalidad y los de *Demanda*, *Producción* y *Contaminación* dependen de flujos de causalidad de 9 módulos.

Finalmente es necesario resaltar que en esta versión del MSR el módulo *Sostenibilidad* no es fuente de flujos de causalidad para ningún otro y que *Escenarios* no recibe flujos procedentes de ningún otro módulo, dado que esta generación en el desarrollo del modelo está concebida para ser controlada por agentes externos. Entre los proyectos de desarrollo para futuras generaciones del MSR está el hacer endógenas las conexiones entre los módulos *Sostenibilidad* y *Escenarios* (e.d. que existan flujos de causalidad en el punto resaltado y con la

letra 'F' en la Tabla 28) de manera que sea el propio modelo el que genere *políticas* de ajuste para mantener consignas de sostenibilidad deliberadas.

Tabla 28. Matriz de Flujos de las relaciones estructurales del MSR
(Elaborada por el autor)

| a Módulo ---> | Cálculos Agregados | Capitales | Conectividad | Consumo | Contaminación | Datos Demanda * | Datos Población * | Datos Producción * | Demanda | Ecosystem Services | Escenarios | Fuerza Consumo | Fuerza Laboral | Inversión | Movilidad | Población | Producción | Recursos | Sostenibilidad | Tecnologías | Transacciones Monetarias | Flujos fuente |
|--------------------------|--------------------|-----------|--------------|---------|---------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------|--------------------|------------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------------|-------------|--------------------------|---------------|
| Cálculos Agregados | | | | 1 | 1 | | | | 1 | | | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | | 1 | 8 |
| Capitales | | | 1 | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 9 |
| Conectividad | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 |
| Consumo | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | 5 |
| Contaminación | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | | 4 |
| Datos Demanda * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 |
| Datos Población * | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 10 |
| Datos Producción * | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 |
| Demanda | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | 8 |
| Ecosystem Services | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | 5 |
| Escenarios | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 12 |
| Fuerza Consumo | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Fuerza Laboral | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Inversión | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 3 |
| Movilidad | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Población | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 2 |
| Producción | | 1 | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 | | | 1 | 1 | | 9 |
| Recursos | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | 1 | | 4 |
| Sostenibilidad | | | | | | | | | | | F | | | | | | | | | | | 0 |
| Tecnologías | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 5 |
| Transacciones Monetarias | 1 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Flujos destino</i> | 5 | 6 | 4 | 7 | 9 | 1 | 1 | 1 | 9 | 5 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 | 7 | 9 | 4 | 8 | 3 | 6 | 96 |

* Estos módulos se incluyen en este análisis para dar evidencia de las relaciones causales. Son módulos de filtro que hacen las veces de intermediarios y que fue necesario agregar al modelo para darle estabilidad al comportamiento del software.

4.3.4 Módulos

El MSR está formado hasta el momento por 18 módulos en una jerarquía de nivel único pues

no se ha necesitado hacerla de dos o más niveles dado el grado de interconexión que existe entre los módulos y la independencia de los componentes agrupados al interior de cada uno. Así se logra capturar y codificar una gran cantidad de hipótesis dinámicas del sistema Suramérica siguiendo una estrategia de desacople más que de división de los problemas que representan.

Cada módulo, a su vez, está organizado en cuatro sectores de agrupamiento de componentes principales: Entradas, Insumos para el módulo, Problemas específicos y Totalizadores. El modelo cuenta hasta el momento con un poco más de 6,400 entidades (Acumuladores, Flujos y Convertidores). La siguiente es una descripción general de cada uno de los módulos:

Recursos: es un módulo que cuenta con 237 entidades y se muestra en la Figura 46. Se consideran siete (7) clases de recursos: Agua, Minerales, Orgánicos, Biomas (11 tipos), Terreno, Energía y Fauna capturando el estado de cada uno en forma de recurso, reserva, oferta, consumo o reciclado según sea procedente.

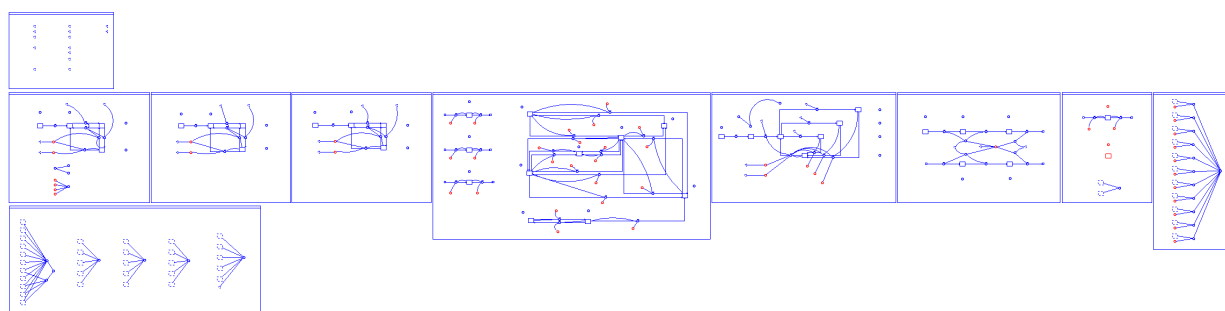


Figura 46. Módulo Recursos
(Elaborada por el autor)

Servicios Ecosistémicos: es un módulo que cuenta con 360 entidades y se muestra en la Figura 47. Se consideran cuatro (4) grandes grupos de servicios ecosistémicos: Regulación, que cuenta con once (11) clases: Regulación de Gases, Regulación del Clima, Prevención de Alteraciones, Regulación de Agua, Suministro de Agua, Retención de Suelo, Formación de Suelo, Ciclo de Nutrientes, Tratamiento de Desperdicios, Polinización y Control Biológico; Hábitat, que cuenta con dos (2) clases: Función de Refugio y Función de Guardería); Producción, que cuenta con cinco (5) clases: Alimento, Materias Primas Bióticas, Recursos Genéticos, Recursos Medicinales y Recursos Ornamentales; e Información, que cuenta con cinco (5) clases: Paisajes, Ecoturismo, Inspiración Cultural y Artística, Información Espiritual e Histórica e Información Científica y Educativa. De esta manera, el módulo cuenta en total con

veintitrés (23) clases servicios ecosistémicos (de Groot et al., 2002)

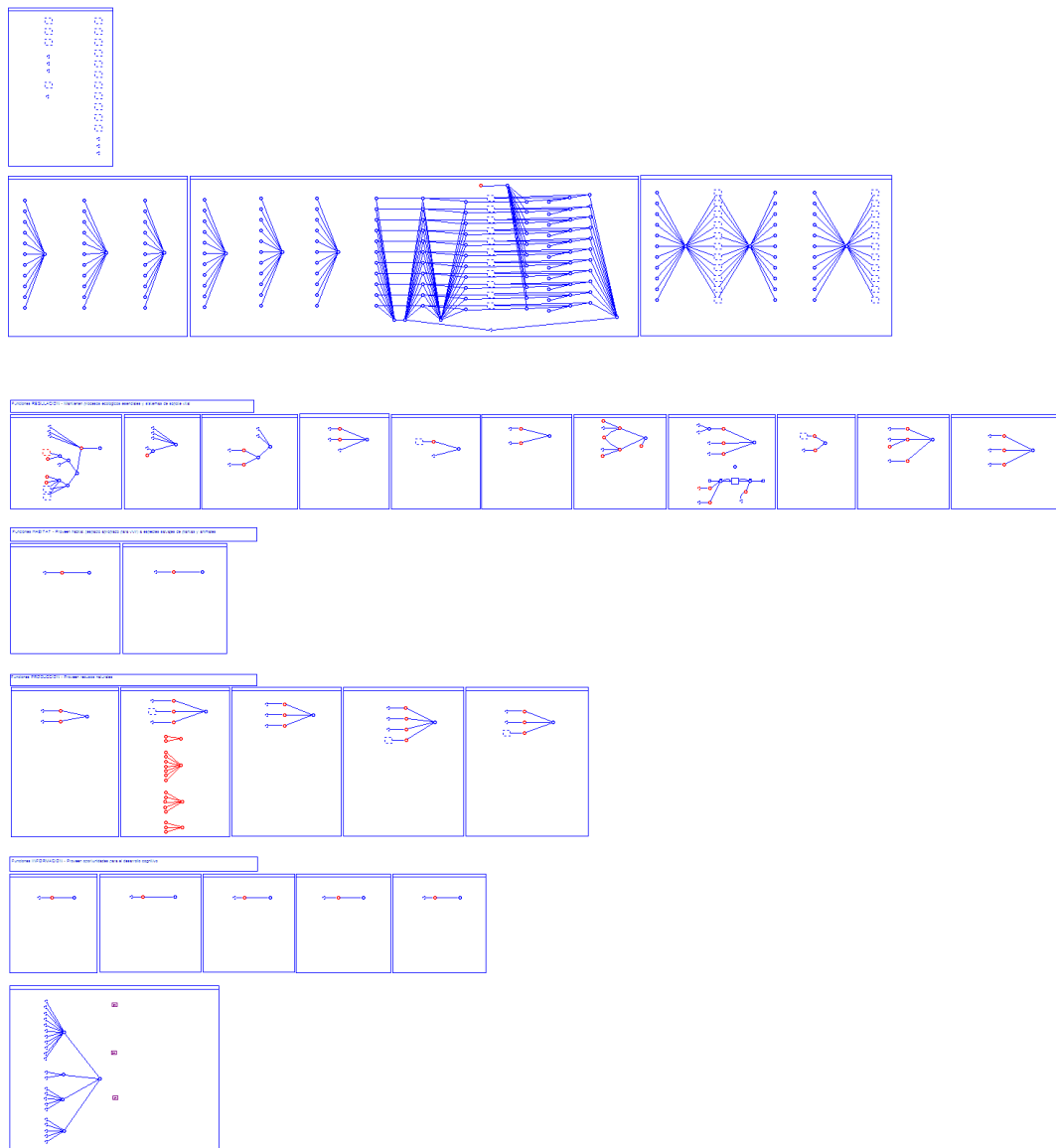


Figura 47. Módulo Servicios Ecosistémicos
(Elaborada por el autor)

Población: es un módulo que cuenta con 1148 entidades y se muestra en la Figura 48. Permite simular la población humana en cuanto a natalidad, mortalidad, número de hombres, número de mujeres, grupos etarios de intervalos de cinco (5) años, grupos etarios por etapas de desarrollo humano y, finalmente, población rural y urbana.

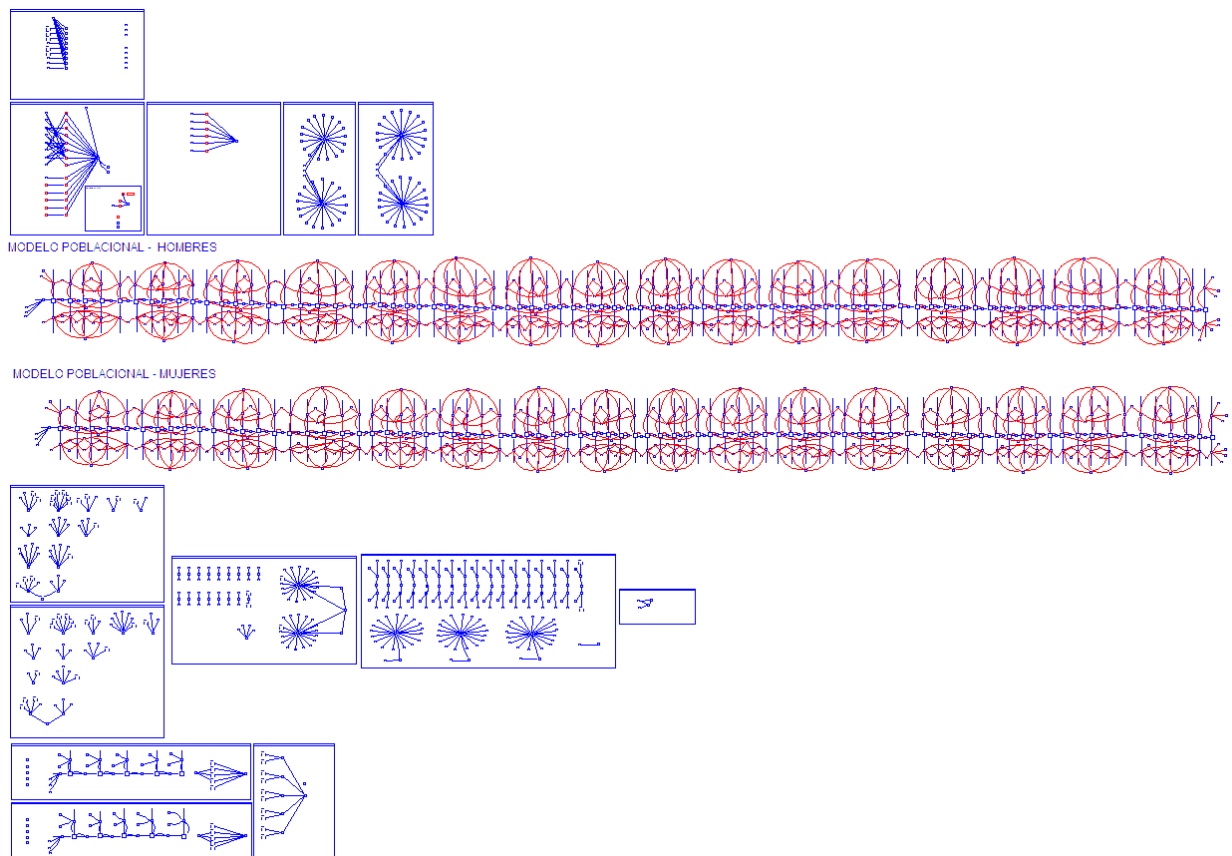


Figura 48. Módulo Población
(Elaborada por el autor)

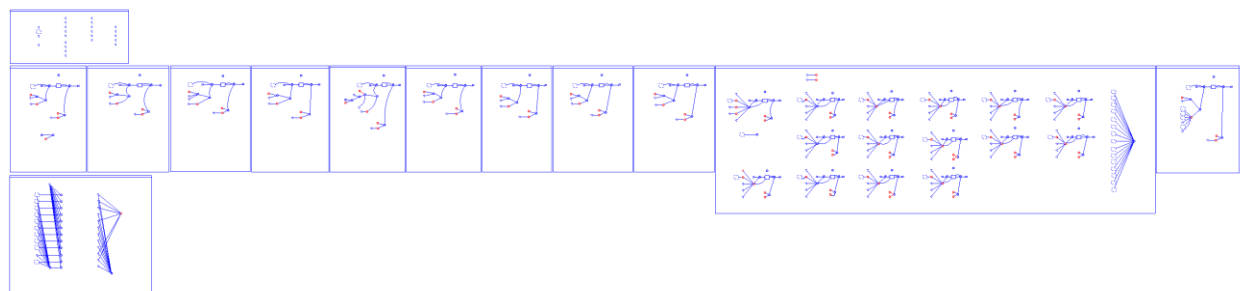


Figura 49. Módulo Capitales
(Elaborada por el autor)

Capitales: es un módulo que cuenta con 310 entidades y se muestra en la Figura 49. Se consideran once (11) clases de capital: Natural, Humano, Conocimiento, Cultural, Social, Político, Reglas-Normas-Leyes-Constituciones, Técnico, Dinero, Infraestructura (15 tipos) y Comunicación.

Tecnologías: un módulo que cuenta con 143 entidades y se muestra en la Figura 50. Se

consideran cinco (5) clases de tecnologías: Agrícola-Alimentaria, Control de Contaminación, Información y Comunicación, Salud y Energía.

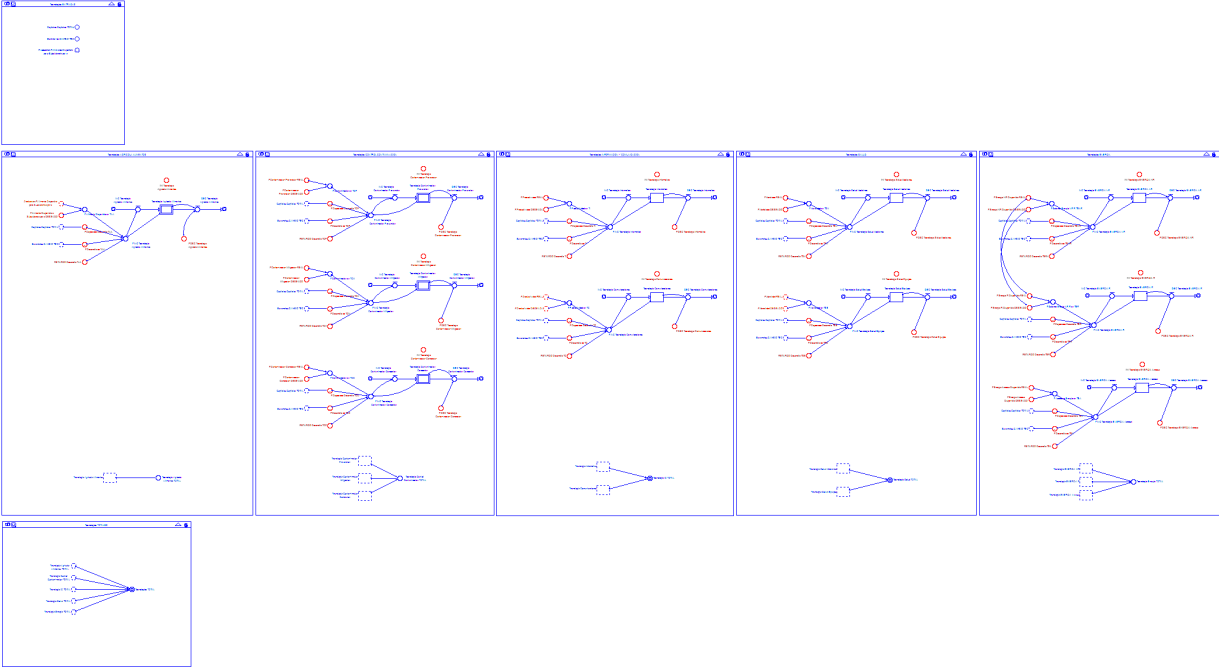


Figura 50. Módulo Tecnologías
(Elaborada por el autor)

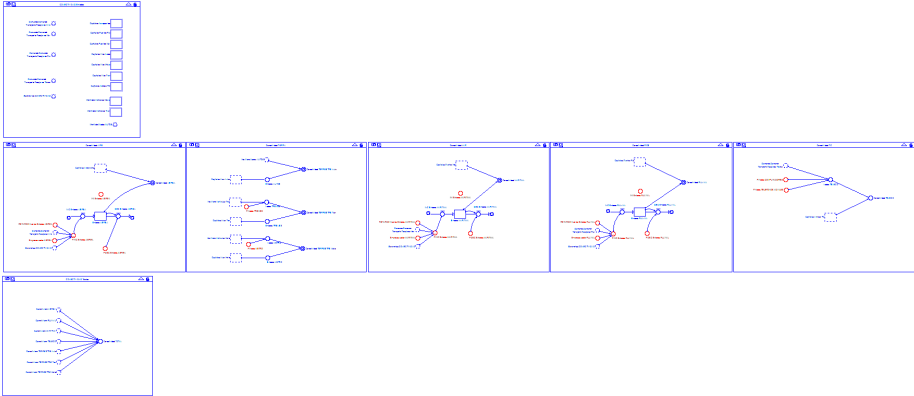


Figura 51. Módulo Conectividad
(Elaborada por el autor)

Conectividad: un módulo que cuenta con 64 entidades y se muestra en la Figura 51. Se consideran cinco (5) clases de conectividad: Aérea, Marítima, Terrestre, Fluvial y TIC.

Movilidad: un módulo que cuenta con 217 entidades y se muestra en la Figura 52. Incluye cinco

(5) clases de movilidad: Vehículos aire, Vehículos mar, Vehículos rio, Vehículos riel, Vehículos vía.

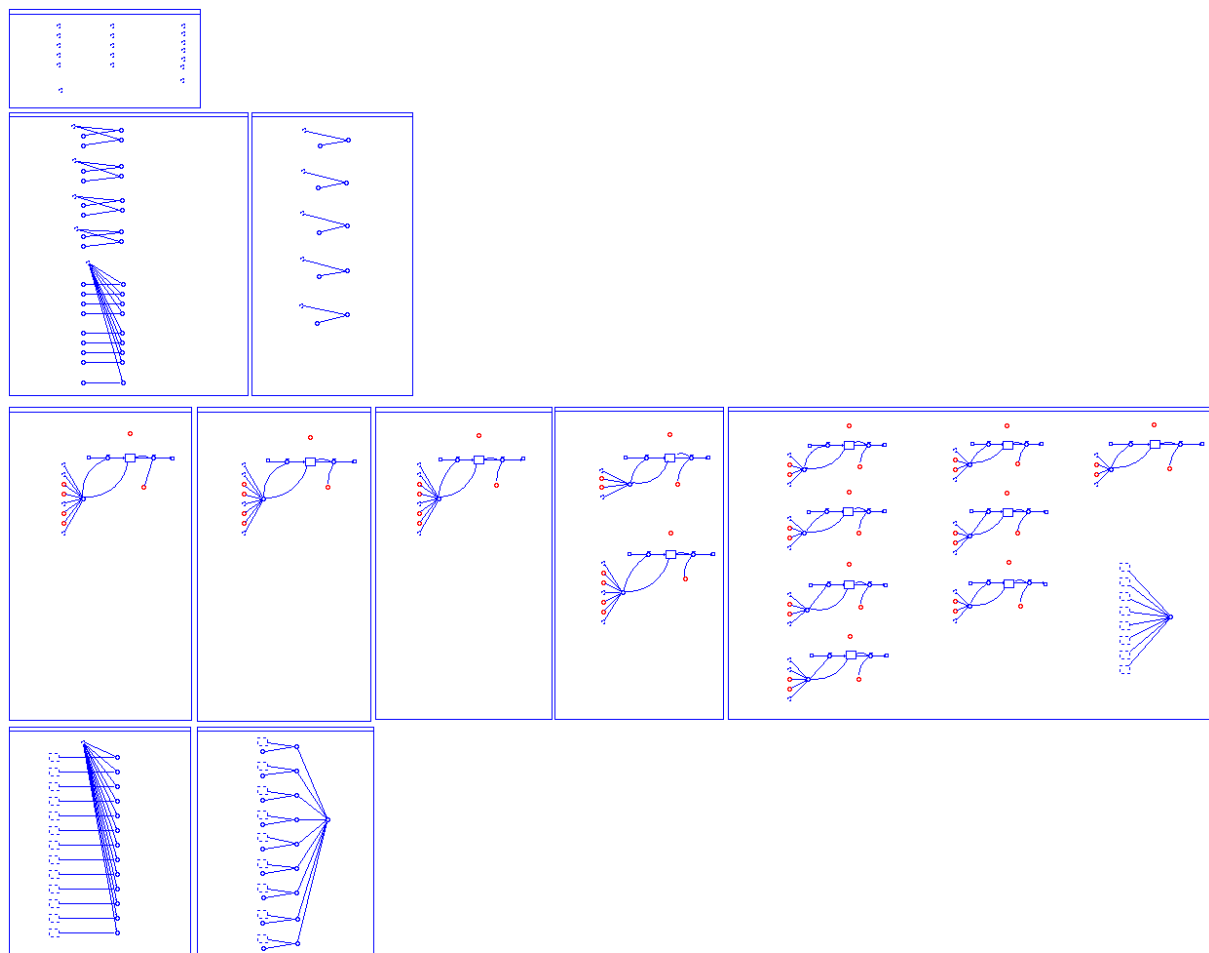


Figura 52. Módulo Movilidad
(Elaborada por el autor)

Contaminación: un módulo que cuenta con 397 entidades y se muestra en la Figura 53. Se consideran seis (6) clases de contaminación: Aire (Emisiones de Movilidad, Naturales y Antropogénicas), Agua (Fuentes de Hogares, Sectores Económicos y Urbanización), Residuos Sólidos (Generados por Hogares, Sectores Económicos y Urbanización), Ruido (Generado por Población, Movilidad, Sectores Económicos y Urbanización), Iluminación (Producida por Hogares, Sectores Económicos y Urbanización) y Otros Tipos (Visual, Electromagnética, Térmica, Suelos y Radioactiva).

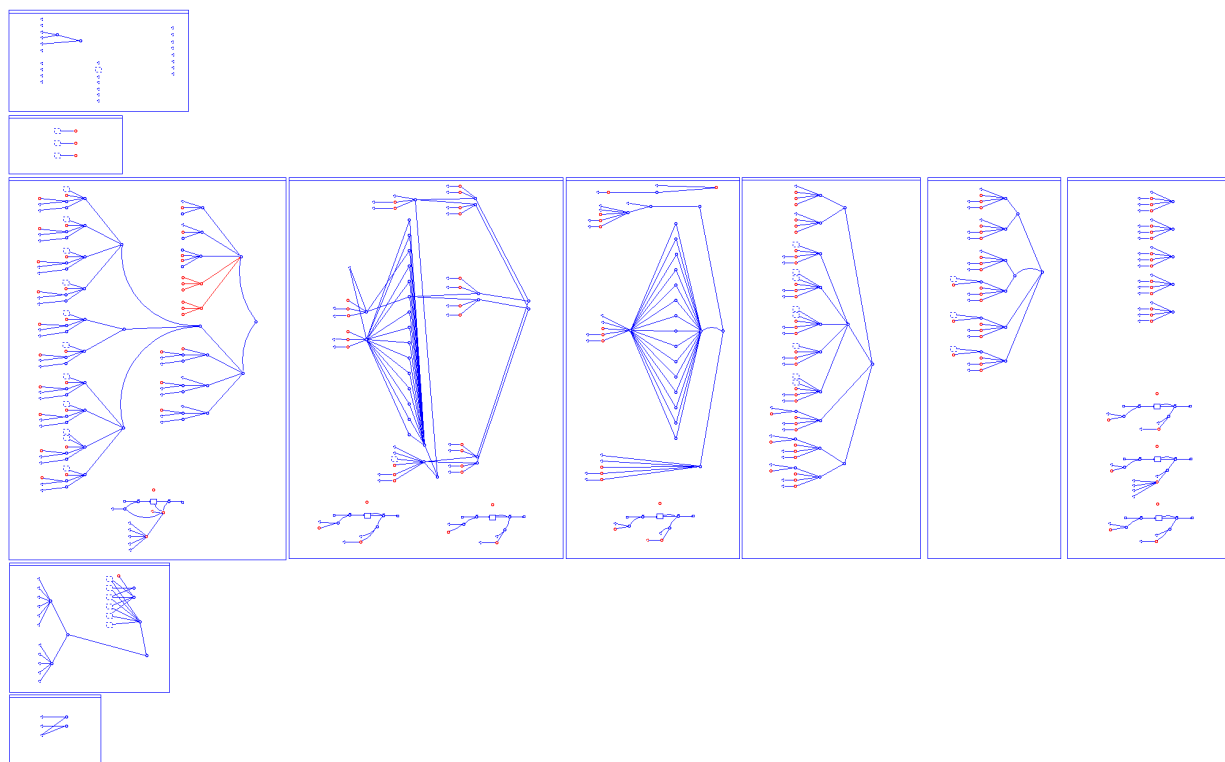


Figura 53. Módulo Contaminación
(Elaborada por el autor)

Fuerza Laboral: un módulo que cuenta con 219 entidades y se muestra en la Figura 54. Permite determinar para hombres y mujeres la Población Económicamente Activa (PEA), la Población en Edad de Trabajar (PET) y la Tasa Global de Participación (TGP). Es un módulo que no tiene la arquitectura típica del MSR.

Inversión: un módulo que cuenta con 274 entidades y se muestra en la Figura 55. Permite determinar la inversión en curso y acumulada de los quince (15) sectores económicos del MSR: Agropecuario, Explotación de Minas y Petróleo, Industria Manufacturera, Electricidad Gas y Agua, Construcción, Comercio, Hoteles y Restaurantes, Transporte y Comunicaciones, Intermediación Financiera, Actividades Inmobiliarias Empresariales y de Alquiler, Administración Pública y Defensa Seguridad Social de Afiliación Obligatoria, Educación, Servicios Sociales y de Salud, Servicios Comunitarios y Personales y Hogares con Servicio Doméstico.

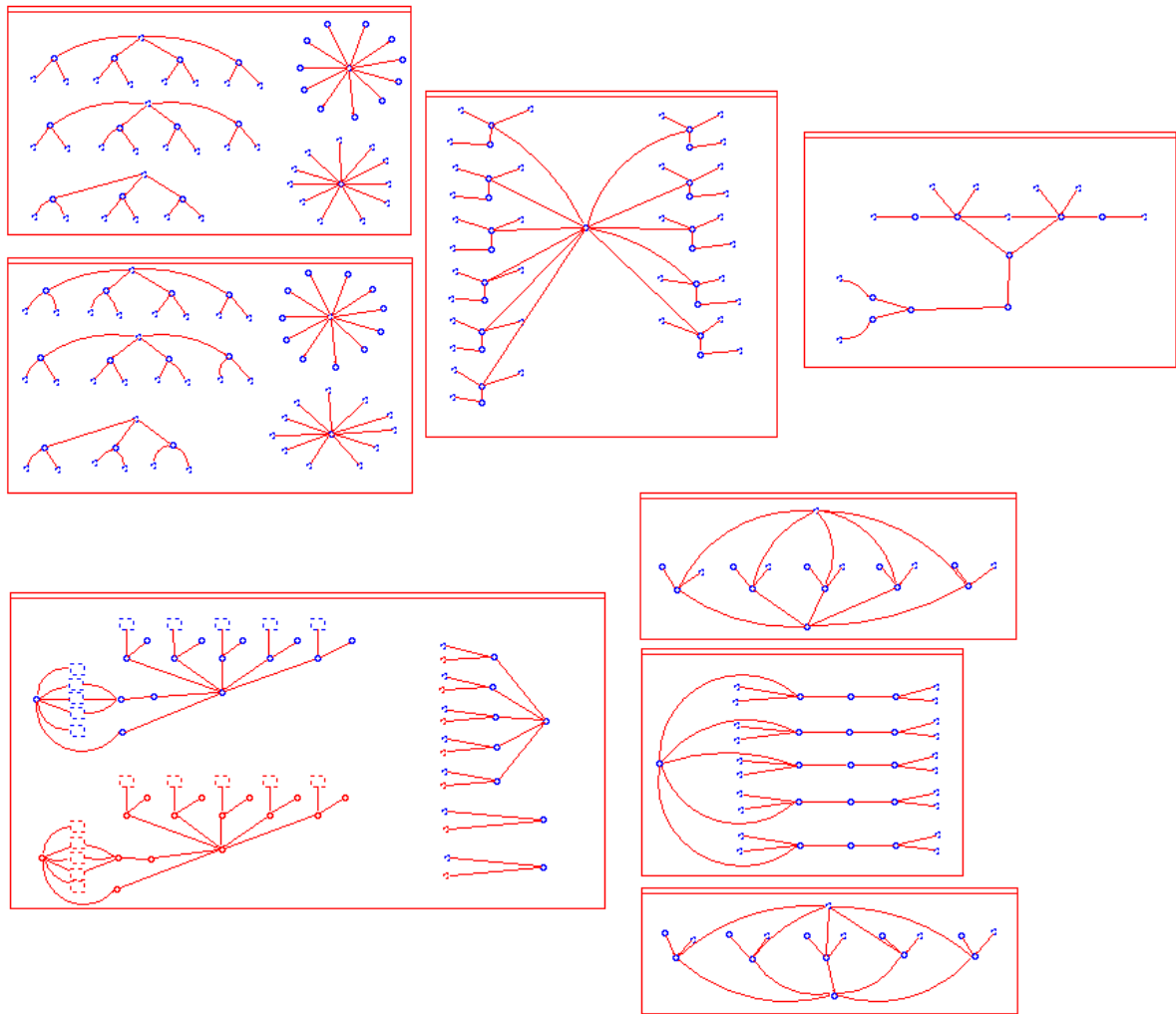


Figura 54. Módulo Fuerza Laboral
(Elaborada por el autor)

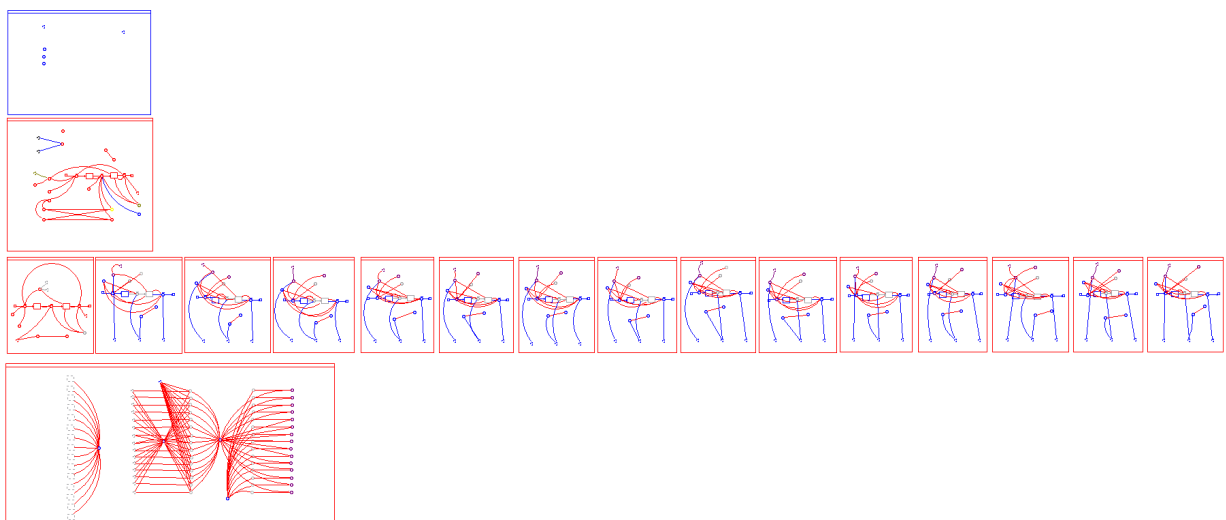


Figura 55. Módulo Inversión
(Elaborada por el autor)

Producción: un módulo que cuenta con 782 entidades y se muestra en la Figura 56. Permite determinar la capacidad en uso, la capacidad ociosa, el empleo necesario, la venta y la producción, el valor agregado y el PIB de cada uno de los quince (15) sectores económicos del MSR. Además permite determinar la producción de alimentos.

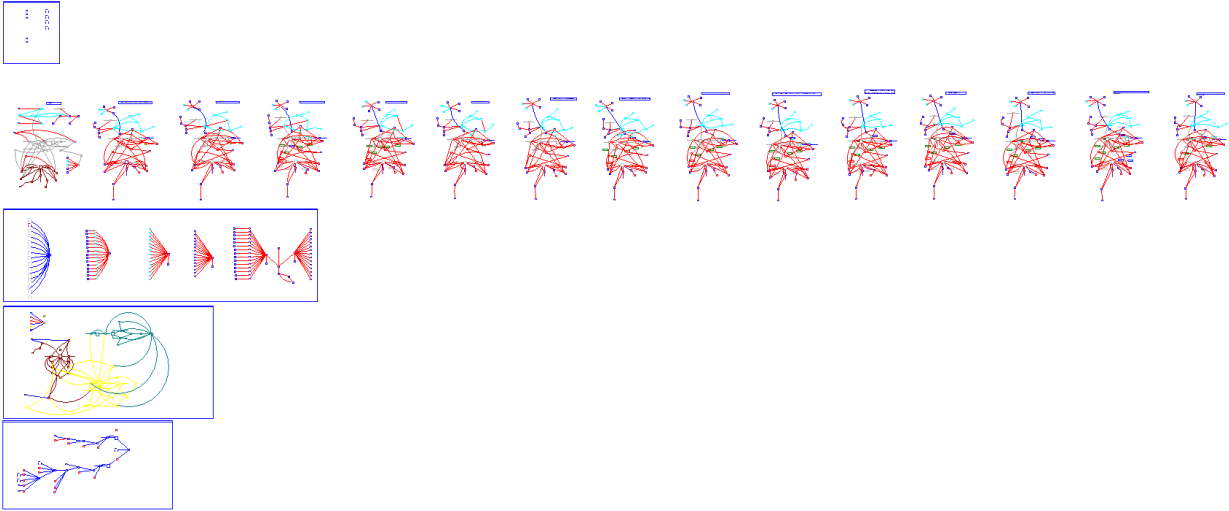


Figura 56. Módulo Producción
(Elaborada por el autor)

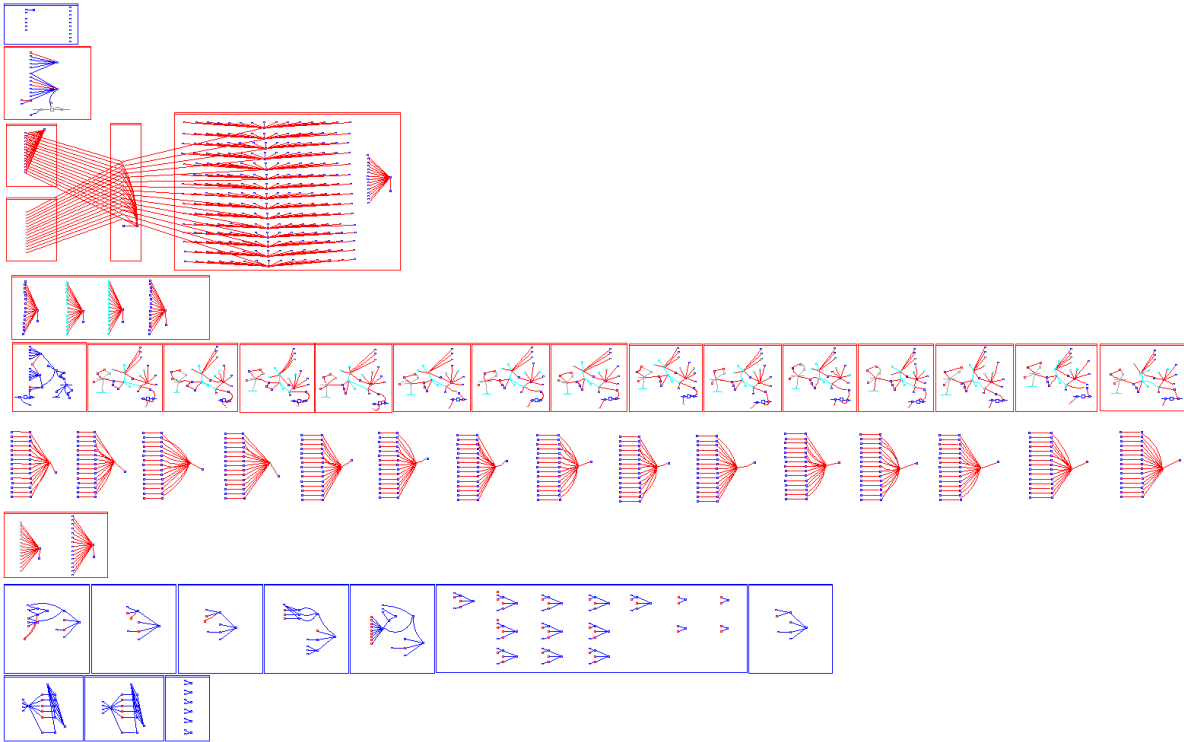


Figura 57. Módulo Demanda
(Elaborada por el autor)

Demanda: un módulo que cuenta con 1149 entidades y se muestra en la Figura 57. Permite determinar la demanda interna, externa, intermedia, la capacidad en uso, la capacidad ociosa, el empleo necesario, la venta y la producción, el valor agregado y el PIB de cada uno de los quince (15) sectores económicos del MSR. Además permite determinar otras siete (7) clases de demanda: Agua, Minerales, Orgánicos, Terreno, Energía, Infraestructura y Alimentos.

Fuerza Consumo: un módulo que cuenta con 32 entidades y se muestra en la Figura 58. Permite determinar el ingreso para los deciles de población lo que a su vez permite determinar las figuras de pobreza e indigencia por ingreso.

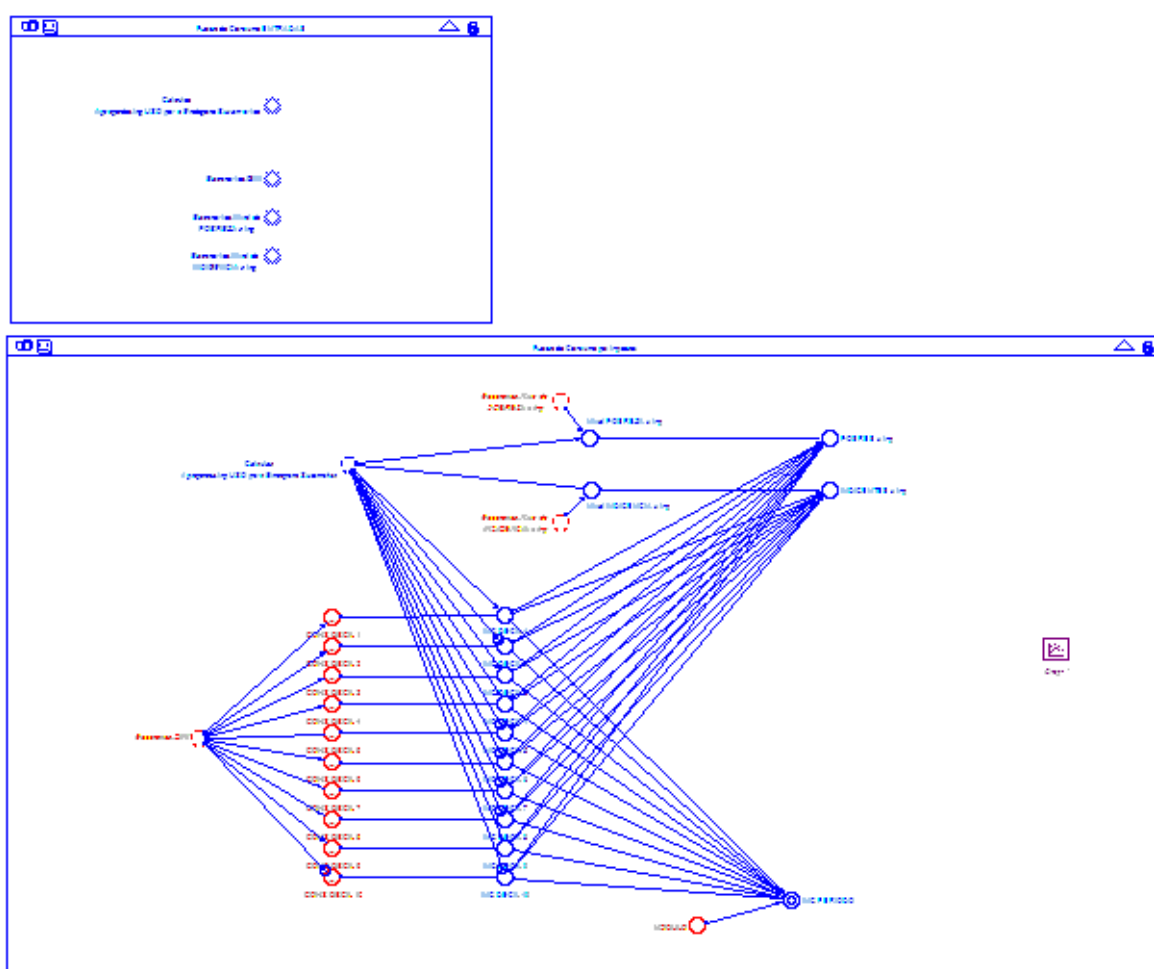


Figura 58. Módulo Fuerza Consumo
(Elaborada por el autor)

Consumo: un módulo que cuenta con 340 entidades y se muestra en la Figura 59. Permite determinar el consumo de los quince (15) sectores económicos del MSR y además siete (7)

clases de consumos: Agua, Minerales, Orgánicos, Terreno, Energía, Infraestructura y Alimentos.

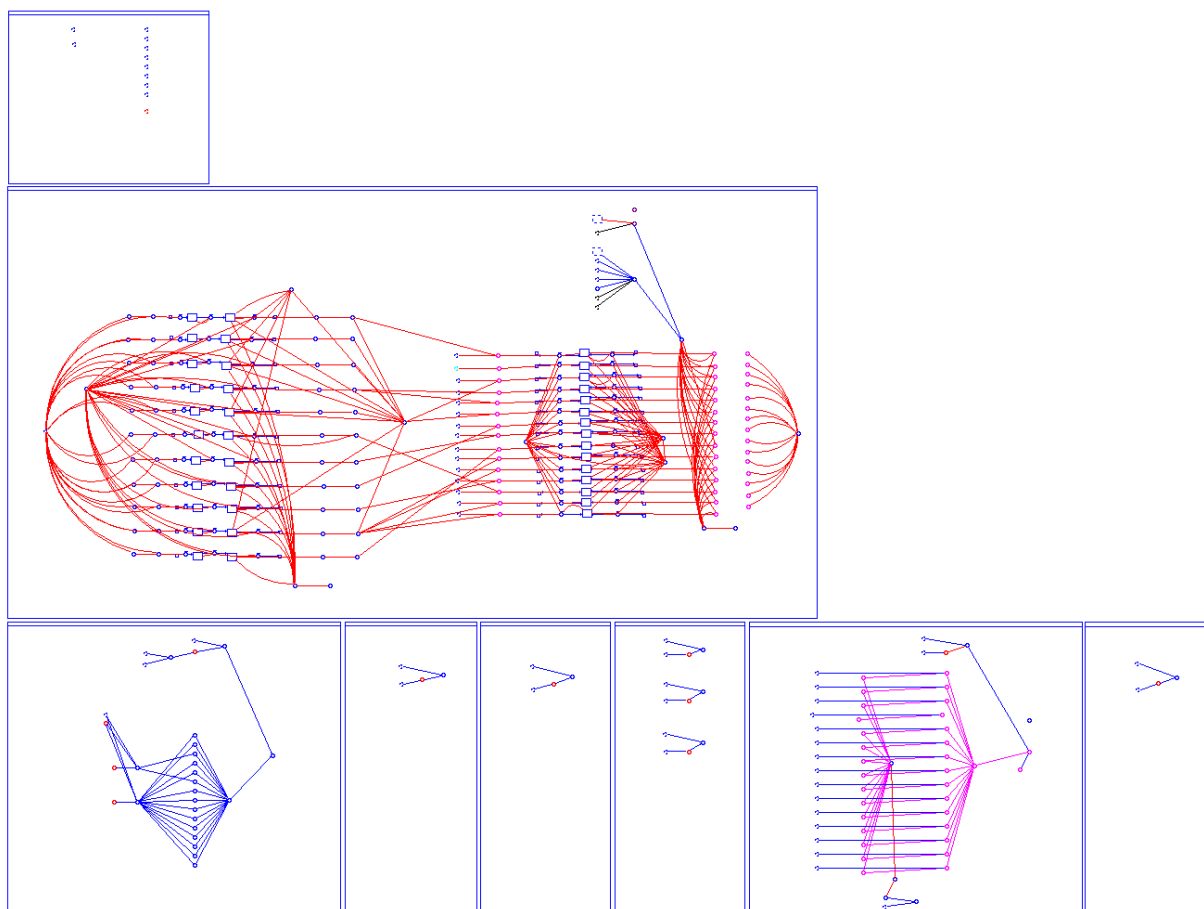


Figura 59. Módulo Consumo
(Elaborada por el autor)

Transacciones Monetarias: un módulo que cuenta con 240 entidades y se muestra en la Figura 60. Permite determinar: Deuda, Ahorro, Reservas y Caja para los Hogares y el Gobierno y los Sistemas de Generación de Bienestar y Monetario. También determina impuestos, tasas de interés, tasas de cambio y precios. Es un módulo que no tiene la arquitectura típica del MSR.

Cálculos Agregados: un módulo que cuenta con 100 entidades y se muestra en la Figura 61. Permite consolidar información para determinar la inflación, el PIB mensual y anual y sus crecimientos, el ingreso per cápita, empleo y desempleo y salarios.

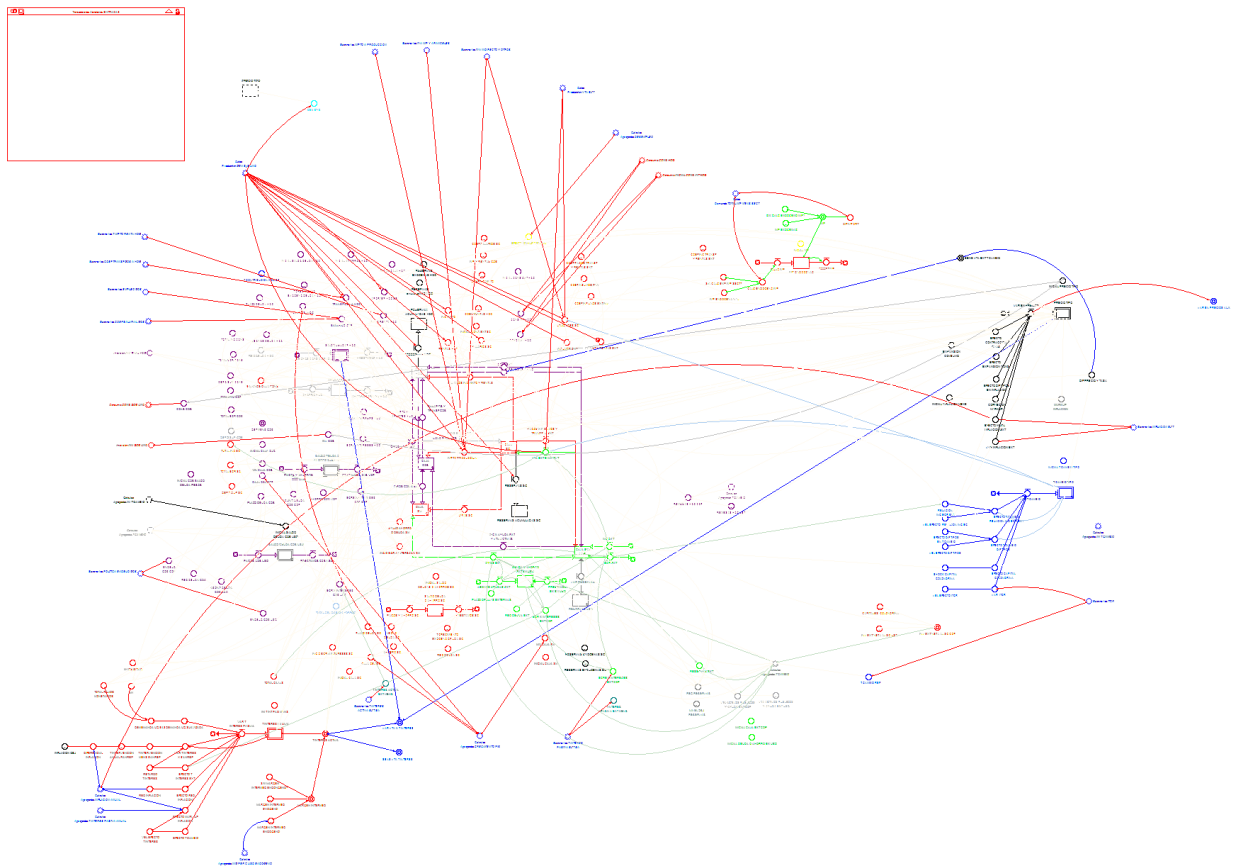


Figura 60. Módulo Transacciones Monetarias
(Elaborada por el autor)

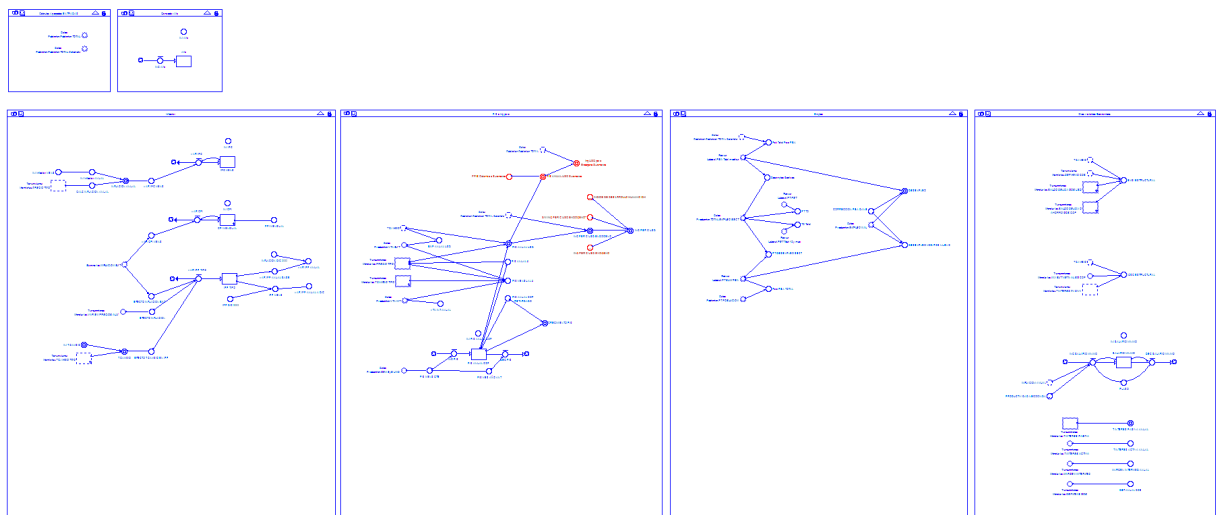


Figura 61. Módulo Cálculos Agregados
(Elaborada por el autor)

Sostenibilidad: un módulo que cuenta con 144 entidades y se muestra en la Figura 62. Permite

simular la sostenibilidad desde múltiples perspectivas como: Expectativa de Vida Humana, Huella Ecológica, Riqueza Ecológica, Estado de Bienestar, IDH o Índice de Bienestar Humano (IBH). Contiene además la propuesta de una nueva aproximación de métrica de la sostenibilidad que se basa en un modelo de equilibrio de sistemas anidados complejos multi-escala que considera cinco escalas: célula, humano, humanidad, continente y planeta.

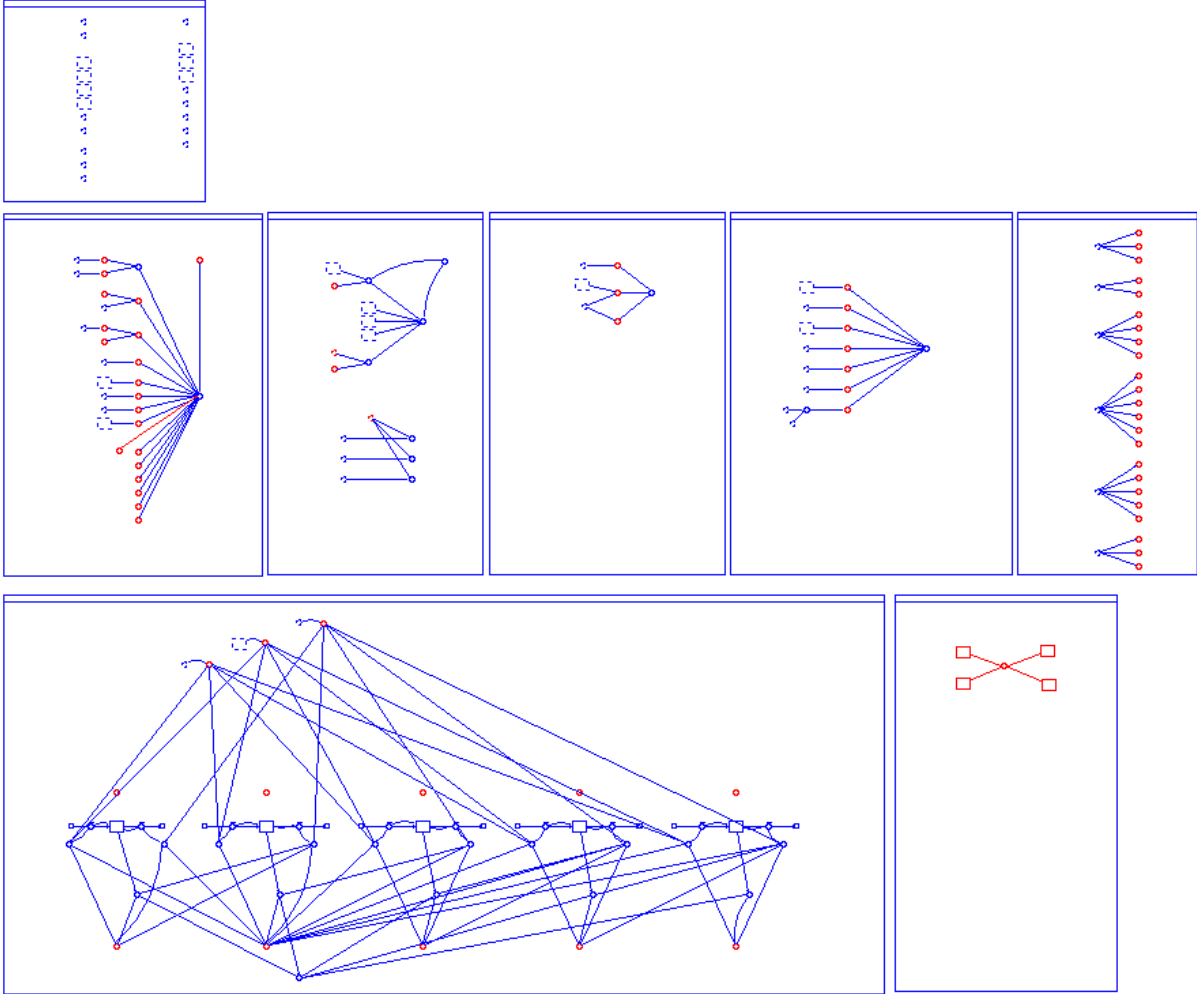


Figura 62. Módulo Sostenibilidad
(Elaborada por el autor)

Escenarios: un módulo que cuenta con 248 entidades y se muestra en la Figura 63. En este módulo se gestionan las condiciones que determinan a los cinco (5) escenarios de simulación: Base, Alto, Medio Alto, Medio Bajo y Bajo, que se describen más adelante.

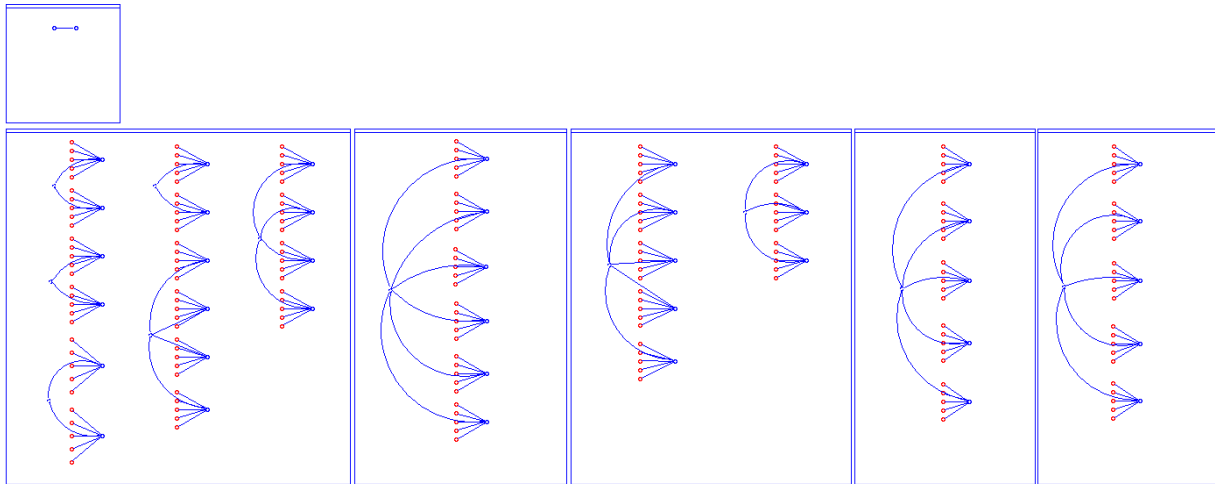


Figura 63. Módulo Escenarios
(Elaborada por el autor)

4.4 Escenarios

Una vez expuesta la arquitectura global, de relaciones y modular del MSR se cuenta con un panorama de las exigencias del modelado inherentes al problema de la sostenibilidad. Hasta el momento la observación se ha centrado en el pasado y el presente y ha permitido analizar y sintetizar una herramienta de simulación para Suramérica.

El paso que se da en este apartado de escenarios permite determinar un marco de referencia para observar el futuro con base en la capacidad de la dinámica de sistemas como instrumento de modelado de sistemas complejos no lineales, así, se construyen cinco escenarios posibles de futuro y se exponen los parámetros que identifican y controlan a cada uno en los espacios y tiempos de simulación.

4.4.1 Construcción de los escenarios

Los escenarios del MSR se construyeron con base en dos trabajos: el del Millennium Ecosystem Assessment (Carpenter y Millennium Ecosystem Assessment, 2005) y el de ECSIM (Gómez, 2004)

El trabajo de escenarios desarrollado por el *Millennium Ecosystem Assessment* se representa en la Figura 64 y cuenta con dos dimensiones fundamentales: la del tipo de gestión de los servicios ecosistémicos según las políticas ambientales, que pueden ser reactivas o proactivas,

y la del tipo y alcance de la gobernanza y el desarrollo económico según las conexiones de las instituciones y políticas generales, que pueden ser globales o regionales. Así se proponen, para el rango de tiempo del año 2000 al 2050, los siguientes escenarios:

TecnoGarden: se define en el área ocupada por una mezcla de gestión proactiva y global y tiene como evidencia las tecnologías verdes y los marcos de toma de decisiones que se basan en la economía ecológica.

Adapting Mosaic: se define en el área ocupada por una mezcla de gestión proactiva y regional y tiene como evidencia la administración integrada, la adaptación local y el aprendizaje.

Order form Strengh: se define en el área ocupada por una mezcla de gestión reactiva y regional y tiene como evidencia la toma de decisiones que se basan en la seguridad nacional.

Global Orchestration: se define en el área ocupada por una mezcla de gestión reactiva y global y tiene como evidencia la equidad, el crecimiento económico y la defensa de los bienes públicos.

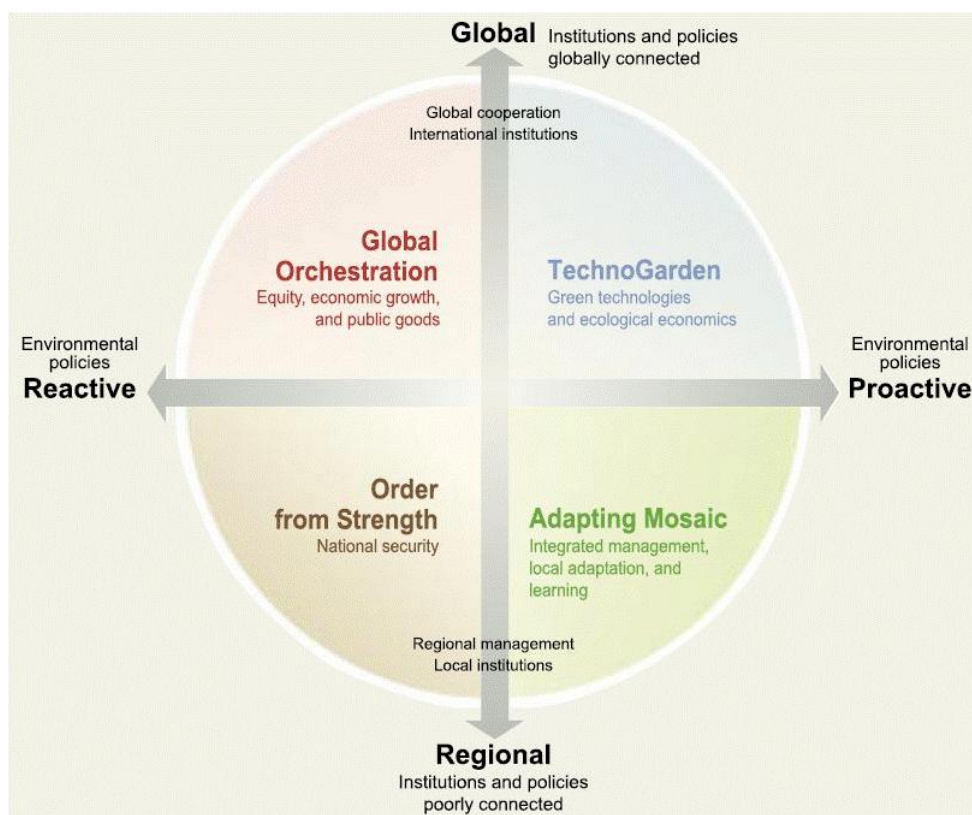


Figura 64. Escenarios de Millenium Ecosystem Assesment (Carpenter y Millenium Ecosystem Assesment, 2005)

El trabajo de escenarios desarrollado por ECSIM se representa en la Figura 65 y cuenta con dos dimensiones fundamentales: la del tipo de participación de actores para la integración socioeconómica, que puede ser de alto o bajo esfuerzo colectivo, y la del tipo de fuentes de desarrollo según la estructura social, que puede ser integrada o desintegrada. Así se proponen, para el rango de tiempo del año 2001 al 2015, los siguientes escenarios:

La unión hace la fuerza: se define en el área ocupada por una mezcla de alto esfuerzo colectivo e integración social y tiene como evidencias la participación colectiva y auto motivada de las diferentes comunidades sociales desde un Estado facilitador y catalizador.

Todos a marchar: se define en el área ocupada por una mezcla de alto esfuerzo colectivo y desintegración social y tiene como evidencias la administración de la sociedad desde un estado autoritario al que siguen colectivamente la mayoría de las comunidades sociales.

Amanecerá y veremos: se define en el área ocupada por una mezcla de bajo esfuerzo colectivo y desintegración social y tiene como evidencias la administración de la sociedad desde un estado autoritario en que no se dan comunidades sociales colectivas y predominan individualidades.

Más vale pájaro en mano: se define en el área ocupada por una mezcla de bajo esfuerzo colectivo e integración social y tiene como evidencias ausencia de participación colectiva de las diferentes comunidades sociales aunque exista un Estado facilitador y catalizador.



Figura 65. Escenarios del Modelo de Economía Nacional de ECSIM (Gómez, 2004)

De la fusión de las dos propuestas de escenarios presentadas se construyen y definen los escenarios para el MSR en un espacio de dos dimensiones (ver Figura 66): la del tipo y escala de la estructura social, económica y ecológica que puede ser *integrada global* o *aislada local*, y la del tipo y origen del desarrollo, que puede ser *proactivo desde la sociedad* o *reactivo desde el Estado*. Así se proponen, para el rango de tiempo del año 2003 al 2028, los siguientes escenarios:

Escenario Base (E1): que sigue la tendencia observada del modelo para el año uno durante los 25 simulados. Sirve de referencia para modificar los parámetros que definen los otros escenarios como se expondrá adelante.

Sociedad proactiva globalmente integrada (E2): se define en el área ocupada por una mezcla de integración global y desarrollo desde la sociedad y tiene como evidencias el protagonismo del diversos colectivos sociales organizados y comunicados, orquestados por un Estado catalizador y facilitador, en un entorno de instituciones de gestión y gobierno globales y fuertemente conectadas con una avanzada gestión ambiental proactiva basada en la economía ecológica y las tecnologías verdes.

Estado reactivo globalmente integrado (E3): se define en el área ocupada por una mezcla de integración global y desarrollo desde el Estado y tiene como evidencias el protagonismo del Estado controlador y mesiánico que busca el crecimiento económico, la equidad y la defensa de los viene públicos en un entorno de instituciones de gestión y gobierno globales y fuertemente conectadas con una gestión ambiental reactiva en la que los colectivos sociales son muy escasos o, incluso, inexistentes.

Sociedad proactiva localmente aislada (E4): se define en el área ocupada por una mezcla de aislamiento local y desarrollo desde la sociedad y tiene como evidencias el protagonismo del diversos colectivos sociales organizados pero incomunicados, en donde el Estado no se percibe, en un entorno de instituciones de gestión y gobierno locales y débilmente conectadas con una gestión ambiental proactiva basada en la administración integrada, la adaptación local y el aprendizaje.

Estado reactivo localmente aislado (E5): se define en el área ocupada por una mezcla de aislamiento local y desarrollo desde el Estado y tiene como evidencias el protagonismo del Estado autoritario y mesiánico que busca la defensa nacional en un entorno de instituciones de gestión y gobierno locales y débilmente conectadas con una gestión ambiental reactiva en la que los colectivos sociales son inexistentes.

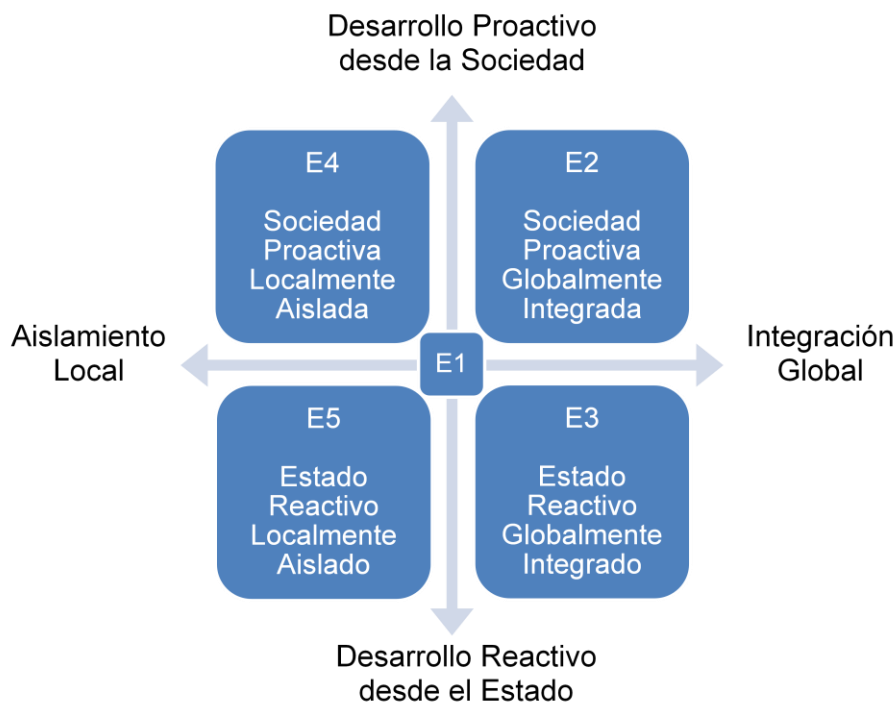


Figura 66. Escenarios del MSR
(Elaborada por el autor)

4.4.2 Parametrización de escenarios

Con la definición conceptual y el marco de referencia de los escenarios para el MSR, se procedió a determinar un conjunto de parámetros del modelo que fuera globalmente representativo, estuviera formado por una mezcla equilibrada de cuantificadores del comportamiento del sistema y de la intervención sobre él y que cubriera las áreas económicas, sociales y ecológicas modeladas. Luego de estudiar los diferentes módulos se llegó a un paquete de 40 parámetros que cumplieran las condiciones de globalidad, representatividad y cubrimiento y el resultado se muestra en la Tabla 29.

La cuantificación de cada parámetro para el período de simulación de 25 años (300 meses) se hizo con base en los datos aportados por los dos escenarios base, es decir, Millennium Ecosystems Assesment y ECSIM, y la estimación o suposición por parte del autor con base en la mejor información disponible para cada caso de manera que se siguieran tendencias dentro de los límites razonables y probables del sistema modelado. Nótese de la Tabla 29 que se da el dato para el mes 0, inicio del período de simulación, y el mes 300, final, y que, en principio y para todos los parámetros, la tendencia entre los dos puntos es lineal. Como se expondrá en las conclusiones, y por no ser uno de los alcances propuestos de esta investigación, a este respecto existe una oportunidad de investigación en la que se desarrollen ejercicios

prospectivos que permitan confirmar, depurar y refinar la parametrización del control de escenarios del MSR.

Tabla 29. Parámetros de escenario en el MSR

(Elaborada por el autor)

| Escenario | | E1 | | E2 | | E3 | | E4 | | E5 | |
|-----------|------------------------------|---------|---------|--|---------|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
| Nombre | | Base | | Sociedad Proactiva Globalmente Integrada | | Estado Reactivo Globalmente Integrado | | Sociedad Proactiva Localmente Aislada | | Estado Reactivo Localmente Aislado | |
| Mes | | 0 | 300 | 0 | 300 | 0 | 300 | 0 | 300 | 0 | 300 |
| ID | Parámetro | | | | | | | | | | |
| 1 | Consumo AGUA | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 0.80 |
| 2 | AHORRO | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.60 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.05 |
| 3 | Consumo ALIMENTO | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 0.80 |
| 4 | Cambio TECNICO | 0.10 | 0.25 | 0.10 | 0.32 | 0.10 | 0.08 | 0.10 | 0.08 | 0.10 | 0.08 |
| 5 | COEF Salarial GOB | 1.97 | 1.97 | 1.96 | 1.98 | 1.97 | 1.97 | 1.96 | 1.98 | 1.96 | 1.98 |
| 6 | COEF Transferencia GOB a HOG | 0.07 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.07 | 0.02 |
| 7 | CONECTIVIDAD | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.60 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 0.90 |
| 8 | Inversión en EDUCACION | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.40 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.05 |
| 9 | Empleo GOB | 1.050e3 | 1.068e3 | 1.050e3 | 1.068e3 | 1.050e3 | 1.068e3 | 1.050e3 | 1.068e3 | 1.050e3 | 1.068e3 |
| 10 | Consumo ENERGIA | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.90 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.10 |
| 11 | EXPECT Consumo HOG | 0.00 | 277.55 | 0.00 | 277.55 | 0.00 | 127.70 | 0.00 | 127.70 | 0.00 | 111.50 |
| 12 | EXPECT Venta EXT | 0.00 | 562.50 | 0.00 | 795.00 | 0.00 | 405.00 | 0.00 | 217.50 | 0.00 | 187.50 |
| 13 | EXPECT Vida HOMBRES | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.00 |
| 14 | EXPECT Vida MUJERES | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.00 |
| 17 | GINI | 0.58 | 0.57 | 0.58 | 0.45 | 0.58 | 0.45 | 0.58 | 0.50 | 0.58 | 0.57 |
| 18 | IMPTO a PRODUCCION | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 19 | Inflación EXT | 2.60 | 3.80 | 2.60 | 3.80 | 2.60 | 3.80 | 2.60 | 3.80 | 2.60 | 3.80 |
| 20 | Innovación de PRODUCTO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 34.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | ITCR | 1.28 | 0.83 | 1.28 | 0.83 | 1.26 | 1.00 | 1.26 | 1.00 | 1.26 | 1.00 |
| 22 | IVA IMP Y ARANCELES | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 23 | IVA INDIRECTO Y OTROS | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 24 | Migración HOMBRES | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 |
| 25 | Migración MUJERES | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.05 |
| 26 | Consumo MINERALES | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 0.90 |
| 27 | MOVILIDAD | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 28 | NATALIDAD | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.80 | 1.00 | 0.70 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.90 |
| 15 | Nivel de INDIGENCIA | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.20 | 0.31 | 0.20 | 0.31 | 0.25 | 0.31 | 0.31 |
| 16 | Nivel de POBREZA | 0.41 | 0.41 | 0.41 | 0.35 | 0.41 | 0.35 | 0.41 | 0.35 | 0.41 | 0.41 |
| 29 | Consumo ORGANICOS | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 0.90 |
| 30 | Política Endeudamiento GOB | 0.64 | 0.90 | 0.64 | 0.90 | 0.64 | 0.90 | 0.64 | 0.90 | 0.64 | 0.90 |
| 31 | Inversión en SANIDAD | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.30 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.90 |
| 32 | T Consumo GOB | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 33 | T IMPTO RENTA HOG | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 |
| 34 | T INT ACTIVA EXT EA | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 35 | T INT PASIVA EXT EA | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| 36 | T Inversión GOB | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| 37 | Consumo Terreno AGRICOLA | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.09 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 |
| 38 | Consumo Terreno INDUSTRIAL | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.90 |
| 39 | Consumo Terreno URBANO | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 |
| 40 | Consumo VIVIENDA | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.20 |

El modelo cuenta con el módulo de escenarios en el que están los 40 parámetros que pueden ser modificados a discreción desde la interfaz de control de escenarios como se explicará más adelante. De esta manera se cuenta con una 'huella digital' del modelo para cada escenario que sirve de punto de encuentro entre la investigación y la práctica al permitir un marco de referencia para diálogos entre generadores de políticas y modeladores del sistema.

4.5 Base de datos

La base de datos es un componente fundamental del modelado pues habilita las actividades de análisis y síntesis del sistema que se desea simular. Una base de datos se construye con los registros históricos del descubrimiento o la cuantificación de los estados de los diferentes objetos observados y que van siendo codificados en diversas entidades durante la escritura del modelo.

En la metodología de la dinámica de sistemas, la base de datos se conforma de manera interactiva, es decir, se parte de un modelo al que se alimenta con una primera versión de datos, que a su vez provocan un comportamiento, que a su vez exige la recolección de nuevos datos o tipos de datos, que a su vez modifican el modelo, y se continúa el proceso de calibración hasta que se logra un equilibrio entre la diversidad y calidad de datos y los resultados de la simulación del modelo.

Para el MSR se buscaron y recolectaron datos provenientes de fuentes secundarias disponibles públicamente durante tres años, período durante el cual se consolidó una arquitectura de datos que se expone a continuación.

4.5.1 Fuentes de datos

Para alimentar a los diferentes componentes y módulos de la arquitectura de datos se consultaron diversas fuentes secundarias de datos e información. La mayoría de ellas son organizaciones globales o regionales como agencias de las Naciones Unidas o agrupaciones estatales, sectoriales o gremiales.

Por el carácter de las fuentes, todos los datos están disponibles de manera gratuita y pública y continuamente se actualizan y refinan los motores de búsqueda y las herramientas de reporte que proveen. En el Anexo B se presenta la relación en orden alfabético de las fuentes de datos

consultadas para la alimentación de la base de datos del MSR.

4.5.2 Arquitectura de datos

En la arquitectura de datos se reconocen dos clases: la de *datos de estructura* y la de *datos de dinámica*. Los datos de estructura permiten definir límites y relaciones y los datos de dinámica permiten definir comportamientos o tendencias.

Todo dato de estructura o dinámica que se ingresa a un modelo se considera, en primera instancia, exógeno, pero a medida que avanza el proceso de modelado y calibración se busca que los datos sean endógenos, es decir que el mismo modelo, a través de sus ciclos de realimentación, sea el que los genere. Sin embargo, es muy difícil construir modelos que definan o cambien su propia estructura de manera endógena por lo que, por lo general, si bien se logran datos endógenos para la dinámica, aún falta mucho camino por recorrer para construir modelos con estructura endógena.

La selección de variables para el MSR se basó en la premisa de contar con la mayor cantidad posible de datos que permitieran alimentar una gran diversidad de modelos conceptuales socio ecológico económicos subyacentes al asunto de la sostenibilidad. A continuación se hace una descripción general de las variables seleccionadas para conformar la arquitectura de datos desarrollada para la construcción del MSR con base en agrupaciones por áreas de conocimiento que se poblaron de datos a partir de las fuentes descritas arriba.

Geografía: contiene datos de año de fundación, área urbana, densidad de población, altitud, distancia al mar y río con conexión al mar, de los veinte mayores asentamientos humanos de cada uno de los países que conforman Suramérica. También contiene la población urbana, rural y total y el índice de urbanización general de cada país. Los datos son los estimados para el año 2005.

Población: contiene los datos de población rural, urbana y total de hombres y mujeres para cada uno de los países de Suramérica desde el 2003 y proyectada hasta el 2030. Además suministra información de cambio, velocidad y aceleración absoluta y relativa de la población para los países de Suramérica en intervalos de cinco años desde 1950 hasta 2050.

Sanidad: contiene los datos de gasto total en sanidad como porcentaje del PIB para cada uno de los países de Suramérica entre 2001 y 2005.

Educación: contiene los datos de gasto total en educación como porcentaje del PIB y la tasa de analfabetismo de la población de 15 años y más para los países de Suramérica entre 1970 y 2010.

Pobreza: contiene los datos de pobreza según las líneas de pobreza de cada uno de los países de Suramérica desde 1979 hasta 2008. Además contiene datos de referencia de pobreza para diversas agrupaciones de países de Latinoamérica en un estudio histórico desde 1870 hasta 1990.

División Política: contiene datos del número de divisiones político-administrativas de hasta 6 niveles de jerarquía (e.d.: Región, Provincia/Estado/Departamento/Región/Distrito, Departamento/Provincia, Municipio/Cantón/Comuna/Distrito/Suburbio/Consejo, Corregimiento/Territorio, Capital/Distrito) para cada uno de los países de Suramérica.

Recursos: contiene datos de: superficie (marina y continental terrestre y acuática, terrestres y marinas protegidas, terrestres arables), Biomas (bosques, cultivos, desiertos, hielos y rocas, lagos y ríos, océanos costeros, océanos abiertos, pantanos, praderas, páramos y urbanos), agua (precipitación, superficial, subterránea, represas, uso para agricultura, vivienda e industria, extracción, consumo, consumida, desalinizada, tratada, en humedales, lagos, ríos, glaciales), minerales (en forma de reservas, recursos y consumos, materias primas, minerales industriales y de construcción), biocapacidad y biodiversidad (tipos de terreno, anfibios, aves, peces, mamíferos, plantas, reptiles), orgánicos-biomas (producción de cultivos y forestal, extracción utilizada y no utilizada, apropiación de biomasa, consumo doméstico de biomasa, importación y exportación de biomasa), orgánicos-biota (animales vivos), energía no renovable (recursos, reservas, consumo doméstico, exportación e importación de gas natural, petróleo, carbón, lignito, uranio), energía eléctrica (potencial hidroeléctrico, capacidad instalada, generación y consumo desde fuentes hidráulicas, térmicas, geotérmicas, solares, eólicas, nucleares), energía-biomas (producción y consumo de bagazo de caña y leña), para los doce países de Suramérica entre los años 2001 y 2007.

Infraestructura: contiene datos de: vivienda (ocupadas rurales, ocupadas urbanas, porcentaje de unidades ocupadas rurales y urbanas, habitantes por unidad de vivienda rural y urbana, tamaño medio hogar urbano), agua potable (porcentaje de población con fuentes de agua potable), saneamiento (porcentaje de población con instalaciones de saneamiento), acceso a electricidad (porcentaje de población con acceso), acceso a TIC (porcentaje de hogares con línea telefónica fija, teléfono móvil, internet, computador, receptor de radio y receptor de televisión, cantidad por cada 100 habitantes de líneas telefónicas fijas, móviles, internet, banda

ancha fija), instalaciones educativas (Escuelas, institutos y Universidades públicas, concertadas y privadas), bibliotecas (públicas y privadas), sanidad (camas hospitalarias, instalaciones sanitarias, hospitales en línea) aeropuertos (pista pavimentada y no pavimentada para diferentes longitudes desde 900 hasta más de 3000 metros), puertos (fluviales y marítimos), vías automóviles (pavimentadas y no pavimentadas), vías trenes (amplias, estándar y estrechas), vías metro, vías agua, ductos (condensado, gas, gas de petróleo líquido, crudo pesado, petróleo, productos refinados), represas, para los doce países de Suramérica alrededor del año 2003.

Conectividad: contiene datos de: sector aéreo (aeropuertos, empresas, rutas), sector marítimo (puertos, empresas, rutas), sector fluvial (puertos, empresas, rutas), para los doce países de Suramérica alrededor del año 2003.

Movilidad: contiene datos de: aviones, barcos (mar y río), trenes (locomotoras y vagones de carga y pasajeros, metros), bicicletas (públicas y privadas), motos (públicas y privadas), autos (públicos y privados), buses y camiones para los doce países de Suramérica alrededor del año 2003.

Armas: contiene datos de: importación de armas entre los años 1950 y 2009, gasto militar absoluto y como porcentaje del PIB entre los años 1988 y 2008 para los doce países de Suramérica.

Estratificación social: contiene datos de denominación y cantidad de divisiones para los países de Suramérica alrededor del año 2005.

Producto Interno Bruto: contiene datos del PIB para los doce países de Suramérica desde 1960 hasta 2008. Además contiene la distribución porcentual del PIB total para cada país con un intervalo quinquenal desde 1965 hasta 2000 y anual desde 2001 hasta 2009.

Empresas: contiene datos de: cantidad absoluta de empresas por sector, porcentaje de empresas en el sector con respecto al total, cantidad y porcentaje de empresas según el tamaño (micro, pequeñas, medianas y grandes), número de empresas según tamaño por cada 1000 habitantes, habitantes totales por cada empresa según tamaño, cantidad y porcentaje de empresas según su patrimonio y tamaño, para los doce países de Suramérica alrededor del año 2003.

Riqueza ecológica: contiene datos de biocapacidad, huella ecológica y riqueza ecológica en

hectáreas globales per cápita, para los doce países de Suramérica entre los años 1991 y 2006.

GINI: contiene datos de GINI de ingreso para los doce países de Suramérica entre los años 1970 y 2005.

IDH: contiene datos del Índice de Desarrollo Humano para los doce países de Suramérica entre los años 1960 y 2007.

4.6 Interfaz

La interfaz es una de las cuatro denominadas capas de construcción del modelo en el entorno de *iThink* (Las otras tres son mapa, modelo y ecuaciones). Provee las herramientas necesarias para atraer, involucrar y hacer interactivo a un usuario diferente al modelador con el modelo.

La interfaz se utiliza para crear un entorno de trabajo al estilo de una cabina de mando en la cual los usuarios del modelo puedan interactuar con su configuración y simulación, además, hace posible potenciar y transformar al modelo en una herramienta de aprendizaje en la que se pueden realizar tareas de análisis y síntesis de problemas complejos desde una aproximación de pensamiento y evaluación sistémica.

En la interfaz del MSR se pueden realizar tareas de navegación, selección, configuración y simulación del modelo como:

- Conocer el plano de descripción de escenarios
- Seleccionar en qué escenario se hará la simulación
- Navegar por cinco categorías de control de un escenario
- Seleccionar alguna de las 15 sub categorías para el control de un escenario
- Configurar cada uno de los 40 parámetros que determinan el comportamiento de un escenario
- Seleccionar de entre 17 componentes desacoplados para visualizar las gráficas de simulación del comportamiento individual de variables
- Seleccionar de entre seis áreas de agrupamiento para visualizar las gráficas de simulación del comportamiento comparado entre escenarios de una variable
- Realizar tareas varias en el modelo como revisar los créditos, almacenar los resultados y terminar y salir de la herramienta.

A continuación se hace una descripción detallada del desarrollo y la configuración final para la

investigación de las interfaces de navegación, selección de escenario, control de escenario y simulación del MSR.

4.6.1 Interfaz de navegación

La interfaz de navegación del MSR sirve de punto de partida para todas las actividades de interactividad que tiene un usuario del modelo. Desde ella se puede acceder a la descripción y parametrización de los escenarios, a la consulta de los resultados de la simulación y a realizar actividades varias de gestión informática con el modelo.

El desarrollo de la interfaz de navegación pasó por cuatro momentos. En las Figuras 67a, b y c se pueden observar el momento inicial y dos etapas intermedias mientras que en la Figura 68 se muestra la interfaz definitiva del MSR para la investigación.

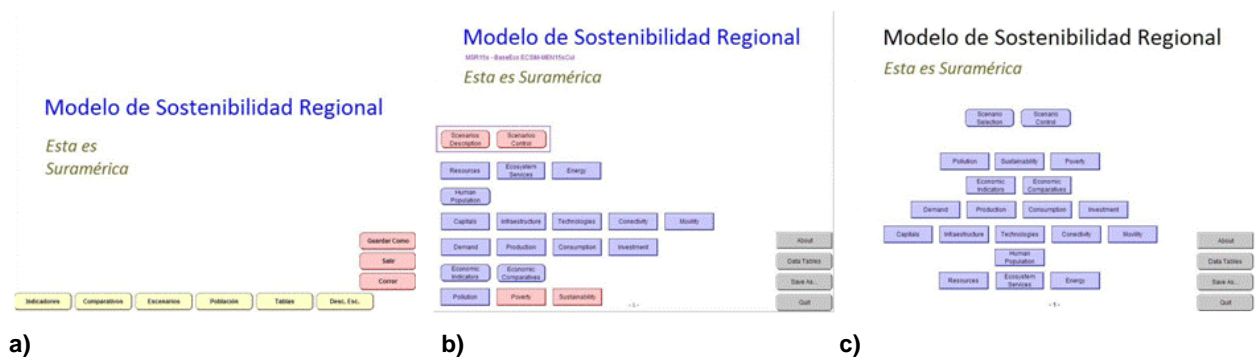


Figura 67. Evolución del desarrollo de la interfaz inicial del MSR (Elaborada por el autor)

La interfaz de navegación del MSR está dividida en tres zonas: escenarios, áreas específicas y varios.

La zona de escenarios cuenta con dos botones de navegación: selección de escenario y control de escenarios.

La de áreas específicas cuenta con 23 botones de navegación ordenados en 6 filas. Las filas se ordenan desde lo asociado a la estructura y dinámica del ecosistema en la inferior hasta lo asociado a la estructura y dinámica de lo social en la superior. Para cada una de las seis áreas específicas se cuenta con un botón de comparativos con el que es posible observar la simulación agregada de escenarios, es decir en una misma gráfica de simulación se puede ver

el registro de los resultados de los cinco escenarios para comparar sus comportamientos. Los demás botones de las filas permiten que en una gráfica de área específica, el título del botón, se puede ver el registro de los resultados de la simulación de un escenario definido, que se borran una vez se simule otro escenario diferente.

La de varios cuenta con cuatro botones de navegación: Tesis doctoral, una breve descripción de esta investigación; Acerca de, con los créditos y contacto del modelo; Guardar como..., para salvar los resultados o modificaciones del modelo y Salir, para abandonar el modelo y cerrar el *iThink*.

Modelo de Sostenibilidad Regional

Esta es Suramérica

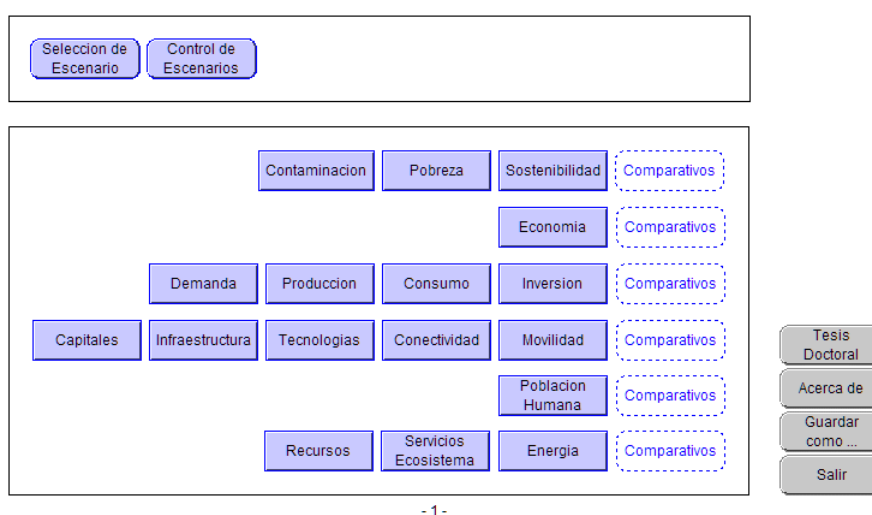


Figura 68. Interfaz inicial de navegación del MSR
(Elaborada por el autor)

Los criterios de construcción y configuración de la interfaz de navegación del MSR se guiaron por las siguientes condiciones: que fuera simple, que fuera intuitiva, que permitiera una fácil navegación, que evidenciara una navegación estructurada, que fueran auto explicativa y que facilitara el autoservicio del usuario del modelo.

4.6.2 Interfaz de selección de escenario

La interfaz de selección de escenario refleja en trabajo de la construcción de los cinco escenarios que se explicó arriba y tiene como propósito servir de punto de selección del

escenario que se simulará en el MSR (Ver Figura 69).

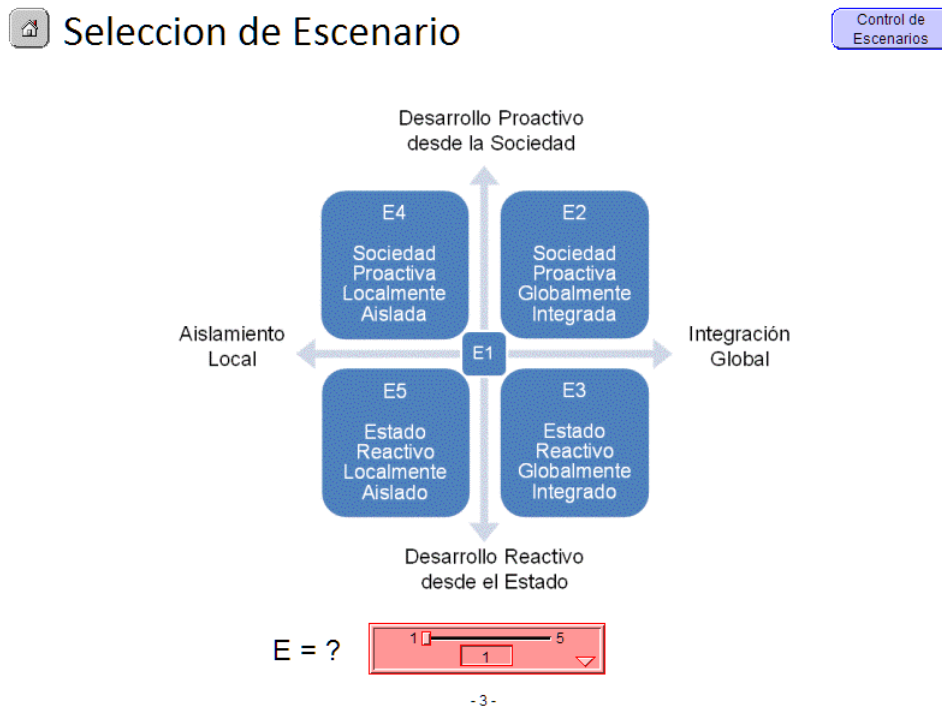


Figura 69. Interfaz de selección de escenario del MSR
(Elaborada por el autor)

Una vez seleccionado el escenario con el selector de la parte inferior, permite navegar hacia la interfaz de control de escenarios con el botón de control de escenario (arriba a la derecha) o regresar a la interfaz de navegación con el botón de inicio (arriba a la izquierda)

4.6.3 Interfaz de control de escenarios

La interfaz de control de escenarios cuenta con cinco zonas de meta escenarios cada una con tres grupos de escenarios representados por botones de navegación (Ver la Figura 70). Además cuenta con el botón de selección de escenario para navegar a la interfaz correspondiente (arriba a la derecha) y otro para regresar a la interfaz de navegación con el botón de inicio (arriba a la izquierda).

Las zonas de meta escenarios se ordenan, al igual que en la interfaz de navegación, desde lo asociado a la estructura y dinámica del ecosistema en la inferior hasta lo asociado a la estructura y dinámica de lo social en la superior, de esta manera se cuida la coherencia en la

estructura de la navegación a través de interfaces.

Cada meta escenario cuenta con tres botones que llevan, así, a alguna de las quince interfaces de parametrización de escenario que se describe a continuación de manera genérica.



- 5 -

Figura 70. Interfaz de control de escenarios del MSR
(Elaborada por el autor)

4.6.4 Interfaz de parametrización de escenarios

Las interfaces de parametrización de escenarios permiten configurar los 40 parámetros que definen un escenario. Para llevar a cabo esta actividad una vez se selecciona un botón de escenario de la interfaz de control de escenarios se llega a una interfaz como la que se muestra en la Figura 71, en la que se encuentran los dos botones superiores de navegación hacia la interfaz de navegación y la de control de escenarios, los parámetros que se pueden configurar ordenados en las columnas y los 5 escenarios en las filas.

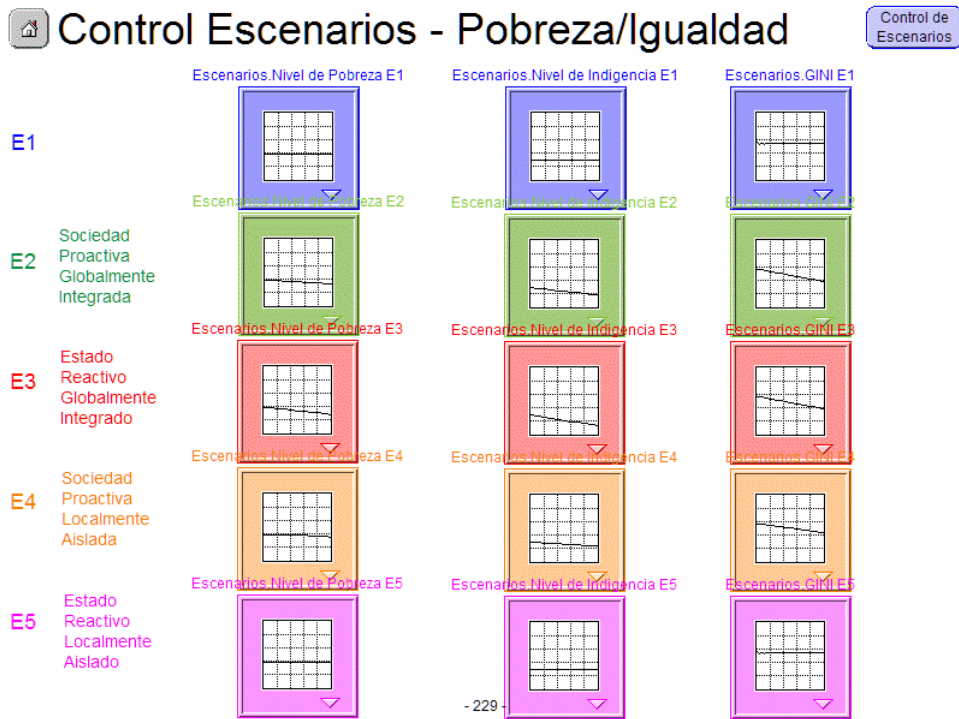


Figura 71. Interfaz típica de parametrización de escenario del MSR
(Elaborada por el autor)

Así por ejemplo, si se desea parametrizar el GINI del escenario E3, se obtiene la gráfica interactiva de la Figura 72 en la que se puede se puede modificar a voluntad el valor de la variable para el período de simulación que, para este caso particular, está definida en un rango de 0 a 1 (en la coordenada GINI E3) en 26 puntos de la coordenada tiempo (*Months*).

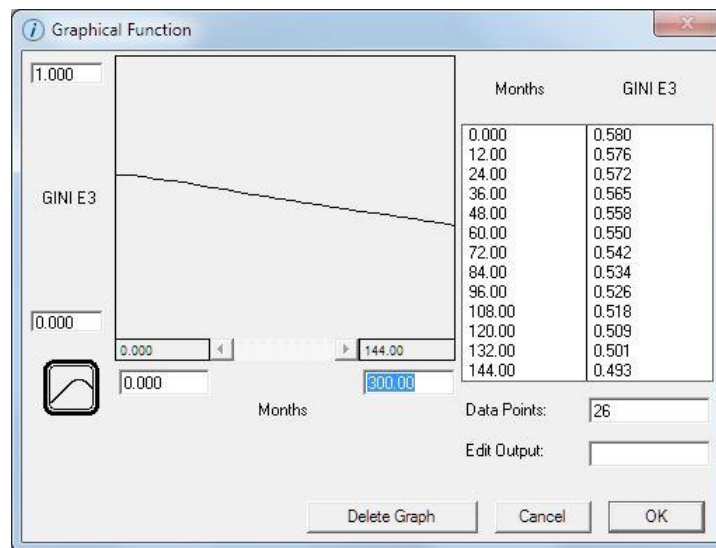


Figura 72. Interfaz típica de parametrización de variable del MSR
(Elaborada por el autor)

4.6.5 Interfaz de simulación

La interfaz de simulación es la que permite visualizar e interactuar con los resultados de la simulación del MSR. Se llega a ella seleccionando cualquiera de los botones de la zona de áreas específicas de la interfaz de navegación.

El MSR cuenta en total con 132 gráficas de simulación como la que se muestra en la Figura 73, de las cuales 79 se utilizan para observar el comportamiento de las variables en un escenario y 53 para observar el comportamiento comparado de variables en varios escenarios.

Las gráficas de simulación son la fuente fundamental de información para el análisis de resultados del MSR como se verá en el capítulo siguiente.

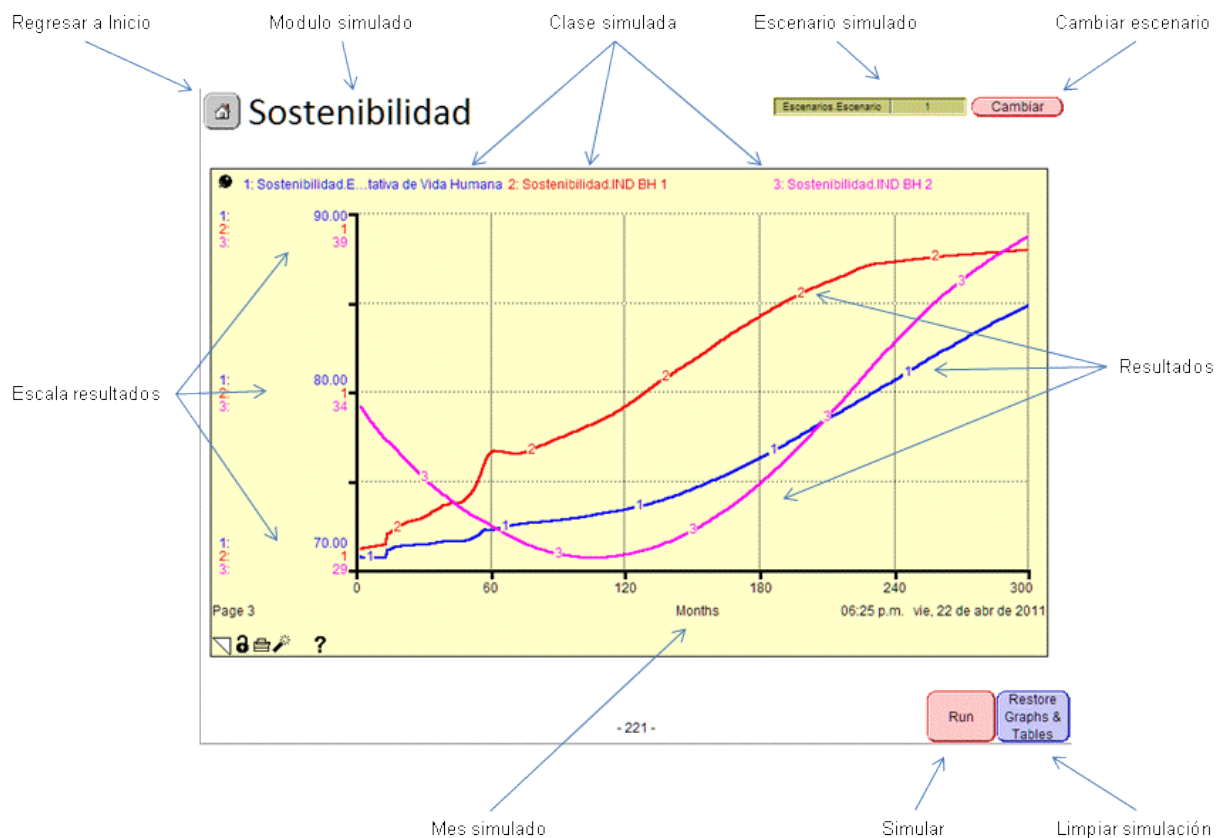


Figura 73. Interfaz típica de simulación del MSR
(Elaborada por el autor)

5 SIMULACIONES Y RESULTADOS

El MSR permite enriquecer la metodología clásica de la dinámica de sistemas cuando se modelan asuntos locales, regionales y globales simultáneamente. La escala regional con jerarquía modular de un nivel, con una aproximación de *Modelado Masivo*, simplifica y facilita la captura en modelos de problemas complejos mediante el desacople, más que la división, de partes o componentes especializados y con problemas e hipótesis dinámicas particulares pero conectadas e interrelacionadas entre sí.

La historia, el presente y el futuro de un sistema se pueden analizar, sintetizar o diseñar con la ayuda de la simulación en la dinámica de sistemas de manera que es posible documentar su evolución, dinámica y estructura. En este capítulo se incluyen las simulaciones del MSR como resultado del modelado de Suramérica.

5.1 Horizonte de simulación

Las simulaciones del MSR tienen al año 2003 como punto de partida, así, con un horizonte de simulación de 25 años se pueden generar comportamientos hasta el año 2028. El delta de tiempo es de un mes de manera que el modelo genera 300 datos (un dato mensual) para cada una de las variables calculadas.

5.2 Resultados de las simulaciones

A continuación se presentan los resultados comparativos de las simulaciones de los cinco escenarios para diferentes áreas específicas, a saber: Recursos, Servicios Ecosistémicos y Energía; Población Humana; Capitales, Infraestructura y Tecnologías; Conectividad y Movilidad; Demanda, Producción, Consumo e Inversión; Economía; Contaminación; Biocapacidad, Huella Ecológica y Riqueza Ecológica; Pobreza; Bienestar Humano y Expectativa de Vida y Sostenibilidad Sistémica Multiescala.

En cada caso se muestra el resultado para los cinco escenarios: Base (E1), Sociedad proactiva globalmente integrada (E2), Estado reactivo globalmente integrado (E3), Sociedad proactiva

localmente aislada (E4) y Estado reactivo localmente aislado (E5).

5.2.1 Recursos, Servicios Ecosistémicos y Energía

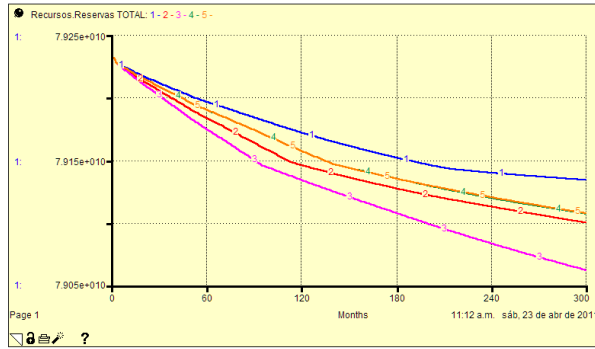
En la Figura 74a se observan los resultados del comportamiento de las reservas totales de recursos. Mientras que el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3) es el que agota más recursos, el *Base* (E1) es el que menos. La *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) se comportan de manera similar y en un rango intermedio entre los extremos. En todo caso, para todos los escenarios se presenta una reducción de los recursos continuada y sostenida.

En la Figura 74b se observan los resultados del comportamiento de la capacidad para prestar servicios por parte de los ecosistemas. En este caso los cinco escenarios tienen un comportamiento similar creciente en el que la máxima capacidad para prestar los servicios ocurre hacia el mes 100 (año 2011) de la simulación, momento desde el que se da una rápida, continuada y sostenida reducción de la capacidad.

En la Figura 74c se observan los resultados del comportamiento de las necesidades de energía de la población humana de Suramérica. En este caso se da un comportamiento igual, creciente y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 150 (año 2015) a partir del cual el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) muestran necesidades energéticas equivalentes cada vez mayores en comparación con el *Base* (E1) y la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que, aunque también aumentan sus necesidades energéticas de manera similar, lo hacen de forma menor.

Finalmente, en la Figura 74d se observan los resultados del comportamiento del consumo de energía. En este caso se da un comportamiento igual, creciente y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 150 (año 2015) a partir del cual el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) muestran consumos energéticos equivalentes cada vez mayores en comparación con el *Base* (E1) y la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que, aunque también aumentan sus consumos energéticos de manera similar, lo hacen de forma menor.

Comparativos (R/SE/E)

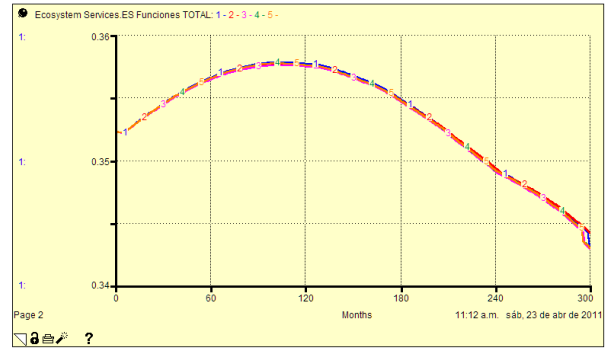


- 43 -

Run Restore Graphs & Tables

a)

Comparativos (R/SE/E)

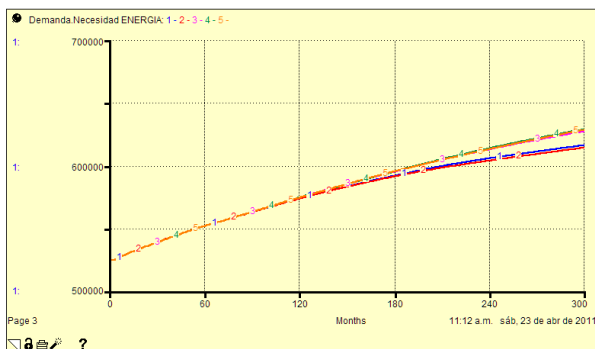


- 43 -

Run Restore Graphs & Tables

b)

Comparativos (R/SE/E)

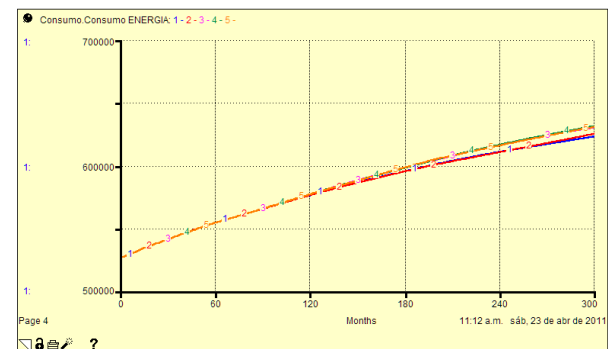


- 43 -

Run Restore Graphs & Tables

c)

Comparativos (R/SE/E)



- 43 -

Run Restore Graphs & Tables

d)

Figura 74. Resultados para Recursos, Servicios Ecosistémicos y Energía (Elaborada por el autor)

5.2.2 Población Humana

En la Figura 75a se observan los resultados del comportamiento de la población humana rural. En este caso se da un comportamiento igual, creciente y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 150 (año 2015) a partir del cual el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) muestran un crecimiento de población rural equivalente pero cada vez mayor en comparación con el de *Base* (E1) y de la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que, aunque también aumentan de población rural de manera similar, lo hacen de forma menor.

En la Figura 75b se observan los resultados del comportamiento de la población humana urbana. En este caso se da un comportamiento igual, creciente y sostenido para los cinco

escenarios hasta alrededor del mes 150 (año 2015) a partir del cual el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) muestran un crecimiento de población urbana equivalente pero cada vez mayor en comparación con el de *Base* (E1) y de la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que, aunque también aumentan de población rural de manera similar, lo hacen de forma menor.

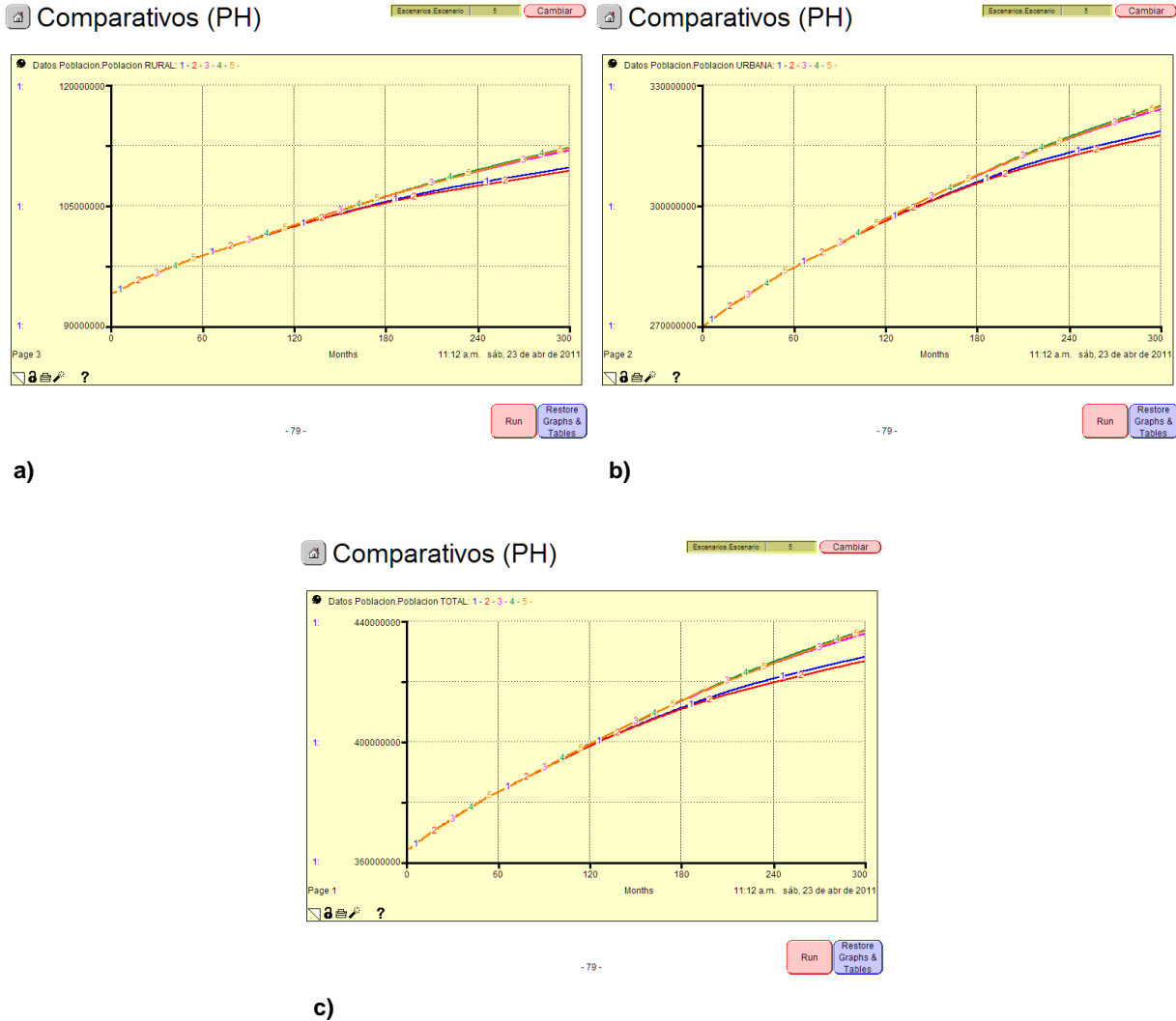


Figura 75. Resultados para Población Humana
(Elaborada por el autor)

Finalmente, en la Figura 75c se observan los resultados del comportamiento de la población humana total, que por ser la agregada de la rural y la urbana, muestra comportamiento igual, creciente y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 150 (año 2015) a partir del cual el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente*

aislada (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) muestran un crecimiento de población urbana equivalente pero cada vez mayor en comparación con el de *Base* (E1) y de la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que, aunque también aumentan de población rural de manera similar, lo hacen de forma menor.

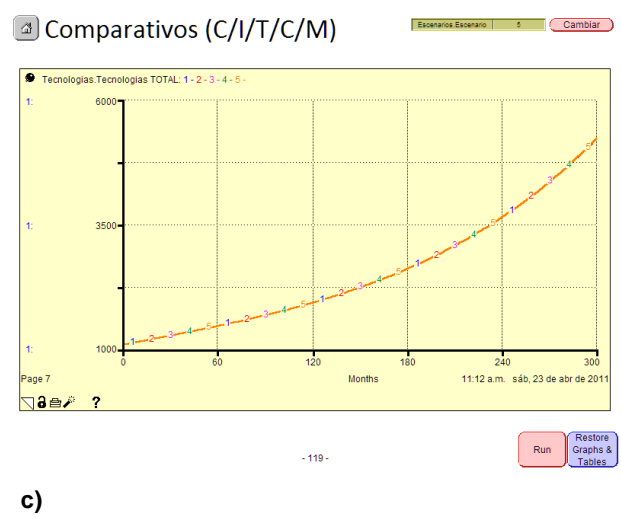
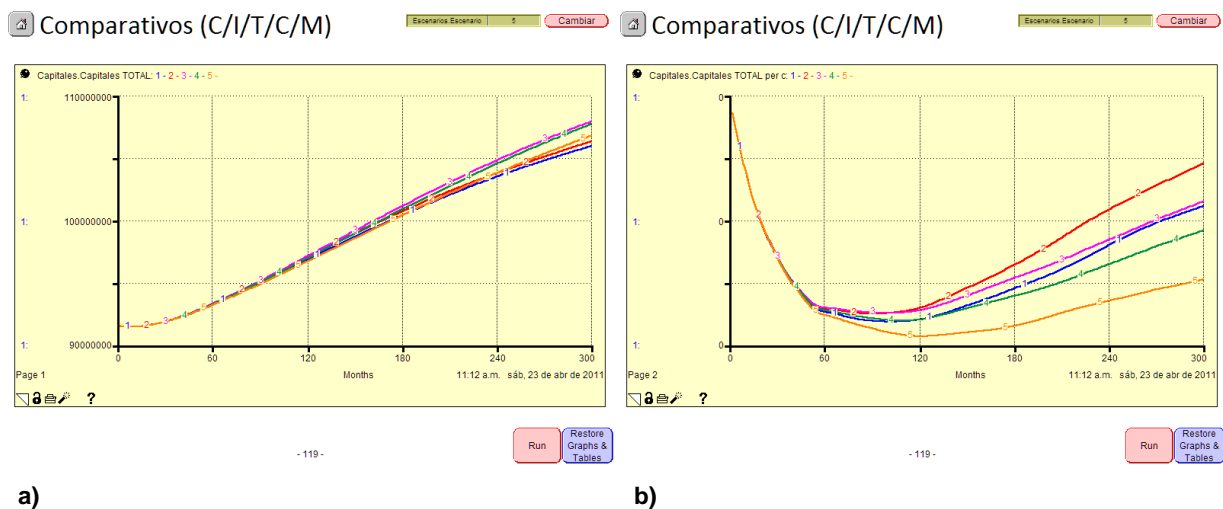


Figura 76. Resultados para Capitales, Infraestructura y Tecnologías (Elaborada por el autor)

5.2.3 Capitales, Infraestructura y Tecnologías

En la Figura 76a se observan los resultados del comportamiento de los capitales totalizados considerados en el MSR. En este caso se da un comportamiento igual, creciente y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 120 (año 2013) a partir del cual el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3) y la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) muestran

un crecimiento de capitales equivalente pero cada vez mayor en comparación con el de *Base* (E1), de la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) y del *Estado reactivo localmente aislado* (E5) que, aunque también aumentan sus capitales totales de manera similar, lo hacen de forma menor.

En la Figura 76b se observan los resultados del comportamiento de los capitales totalizados por cápita considerados en el MSR. En este caso se da un comportamiento igual, rápido, decreciente y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 60 (año 2008) a partir del cual se presenta una diferenciación y un cambio marcados entre escenarios. Si bien en todos los escenarios se continúa presentando una reducción, ésta se da hasta el mes 120 (año 2013) cuando la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) se convierte en el escenario de mayor crecimiento de capitales totalizados por cápita y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) en el de menor. En un rango intermedio de crecimiento se encuentran, de mayor a menor respectivamente, el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), el *Base* (E1) y la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4).

Finalmente, en la Figura 76c se observan los resultados del comportamiento de las tecnologías consideradas en el MSR. En este caso se da un comportamiento igual y de crecimiento exponencial durante los 300 meses de simulación para los cinco escenarios.

5.2.4 Conectividad y Movilidad

En la Figura 77a se observan los resultados del comportamiento de la conectividad total considerada en el MSR. En este caso se da un comportamiento igual y sostenido con crecimiento en reducción de la conectividad para los cinco escenarios.

Por el contrario, en la Figura 77b se observan los resultados de la simulación de la movilidad total considerada en el MSR en el que los escenarios se comportan de manera diferente y diferenciada. En primer lugar se observa que para los cinco escenarios se presenta un comportamiento igual y de crecimiento exponencial hasta el mes 180 (año 2018) cuando la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) sigue creciendo exponencialmente pero más rápido, seguida por el escenario *Base* (E1) que también crece exponencialmente y por el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) que muestran un comportamiento equivalente de crecimiento continuo y sostenido con tendencia al equilibrio pero ya no exponencial.

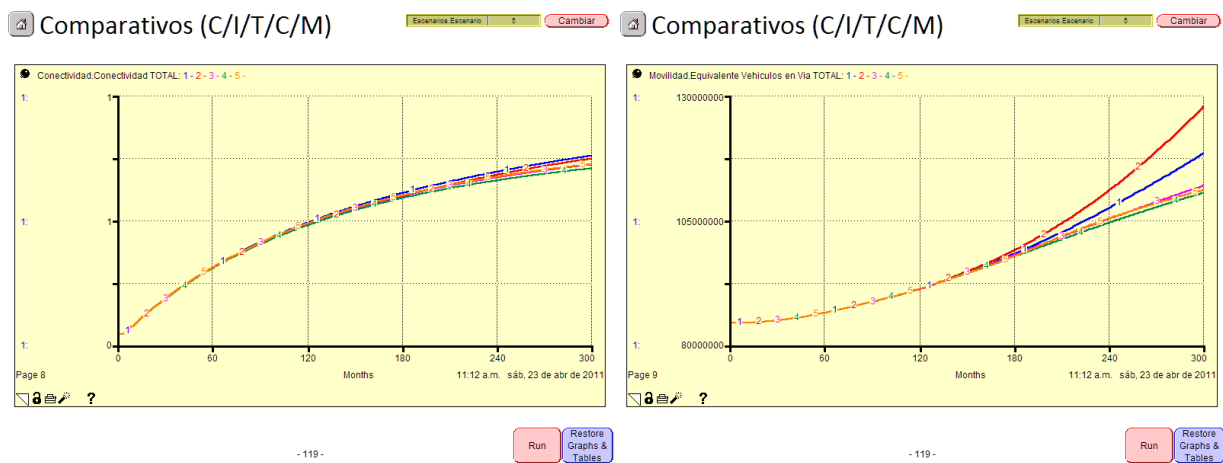


Figura 77. Resultados para Conectividad y Movilidad (Elaborada por el autor)

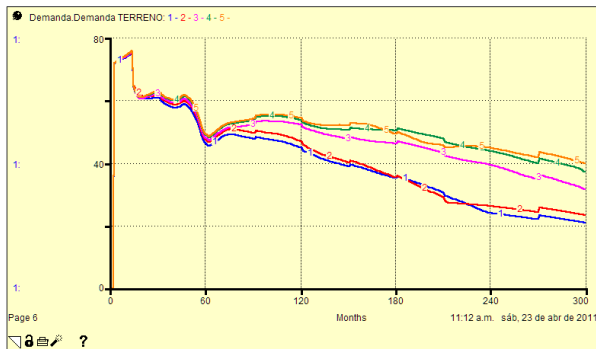
5.2.5 Demanda, Producción, Consumo e Inversión

En la Figura 78a se observan los resultados del comportamiento de la demanda total de terreno. Hasta el mes 60 (año 2008) el comportamiento de los cinco escenarios es equivalente, pero desde ese punto el escenario *Base* (E1) y la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) son los que menos demandan terreno. Les siguen de menor a mayor demanda, respectivamente, el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5). En promedio, los cinco escenarios tienen un comportamiento similar en cuanto a tendencia, ya que en los 300 meses la demanda de terreno decrece de manera continuada y sostenida en el tiempo.

En las Figuras 78a, b, c, d y e, se observan los resultados del comportamiento de los consumos de agua, recursos minerales, recursos orgánicos y alimento para humanos respectivamente y que muestran comportamiento igual, de crecimiento en reducción y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 150 (año 2015) a partir del cual el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) muestran consumos equivalente pero cada vez mayores en comparación con el del escenario *Base* (E1) y el de la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que, aunque también aumentan de manera similar, lo hacen de forma menor. La *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) es la que menos consume.

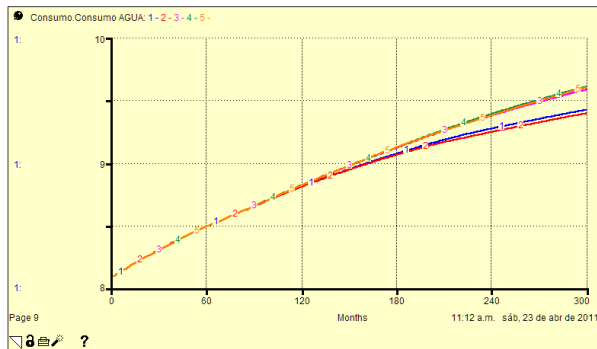
Comparativos (D/P/C/I)

Escenarios Escenario 5 Cambiar



Comparativos (D/P/C/I)

Escenarios Escenario 5 Cambiar

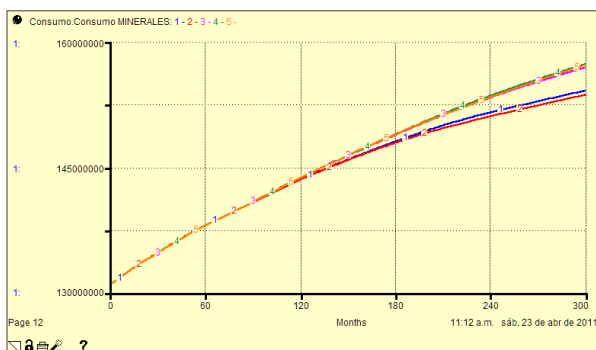


a)

b)

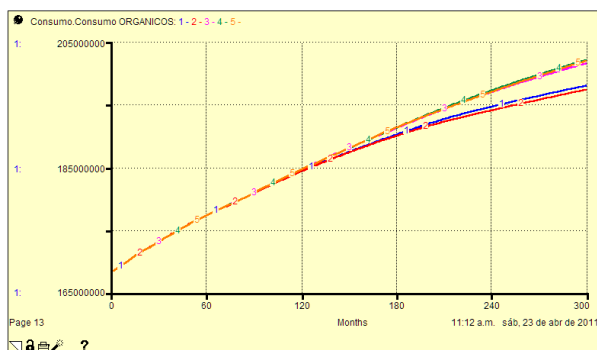
Comparativos (D/P/C/I)

Escenarios Escenario 5 Cambiar



Comparativos (D/P/C/I)

Escenarios Escenario 5 Cambiar

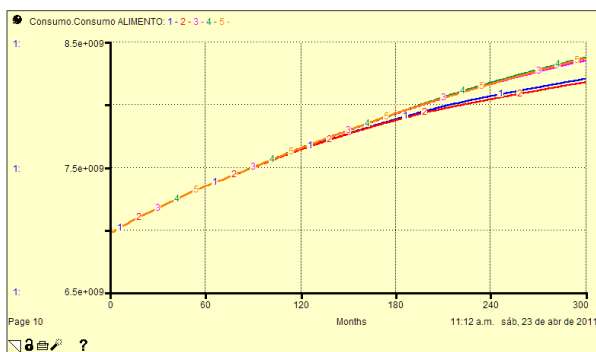


c)

d)

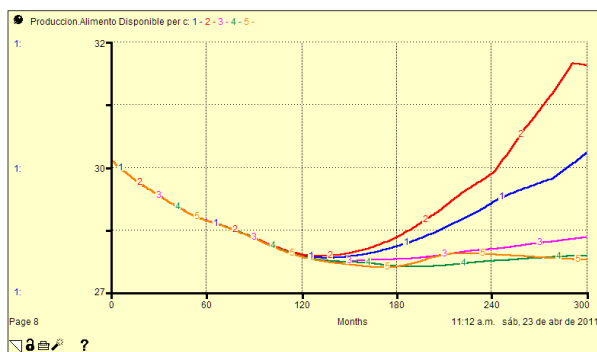
Comparativos (D/P/C/I)

Escenarios Escenario 5 Cambiar



Comparativos (D/P/C/I)

Escenarios Escenario 5 Cambiar



e)

f)

Figura 78. Resultados para Demanda, Producción, Consumo e Inversión
(Elaborada por el autor)

Finalmente, en la Figura 78f se observan los resultados del comportamiento del alimento para

humanos disponible por cápita. En este caso se da un comportamiento igual, de rápido decrecimiento y sostenido para los cinco escenarios hasta alrededor del mes 120 (año 2013) a partir del cual se presenta una diferenciación y un cambio marcados entre escenarios ya que la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) se convierte en la de mayor cantidad de alimento disponible mostrando un rápido crecimiento hasta el final de los 300 meses (año 2028). El escenario *Base* (E1) se comporta de manera equivalente aunque con un crecimiento menos rápido. Por otra parte, el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5) se comportan de manera diferente ya que el alimento disponible por cápita se estanca y permanece en los niveles del mes 120 (año 2013).

5.2.6 Economía

En la Figura 79a se observan los resultados del comportamiento del crecimiento del PIB. Se observa un comportamiento similar para los cinco escenarios hasta el mes 130 (año 2014) cuando se dan picos relativos de crecimiento desde los que cada uno toma su propio camino. El mayor crecimiento y estabilidad del PIB se da para la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) seguida por el escenario *Base* (E1). Con menor crecimiento pero manteniendo un comportamiento estable están el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3) y la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4). Finalmente está el comportamiento poco estable y con máximos y mínimos relativos pronunciados del *Estado reactivo localmente aislado* (E5).

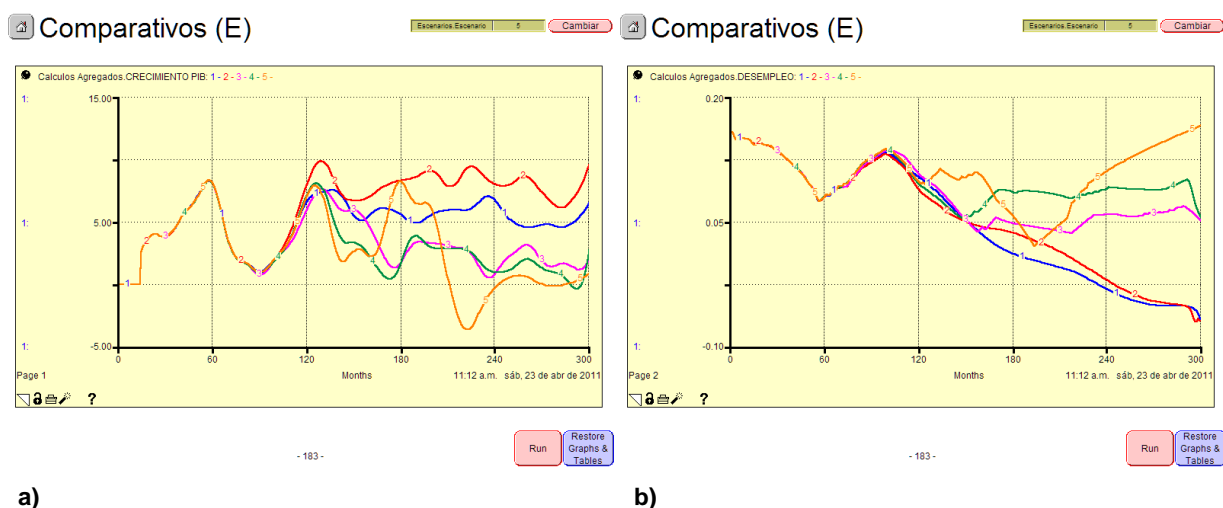


Figura 79. Resultados para Economía
(Elaborada por el autor)

Por otra parte, en la Figura 79b se observan los resultados del comportamiento del desempleo. También se observa un comportamiento similar para los cinco escenarios hasta el mes 130 (año 2014) cuando se dan picos relativos de desempleo desde los que cada uno toma su propio camino. El menor desempleo, en reducción continua y sostenida, se da para el escenario *Base* (E1) seguido por la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2). Con menor desempleo pero manteniendo un comportamiento estable están el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3) y la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4). Finalmente está el comportamiento poco estable y con mínimo y máximos relativos pronunciados del *Estado reactivo localmente aislado* (E5).

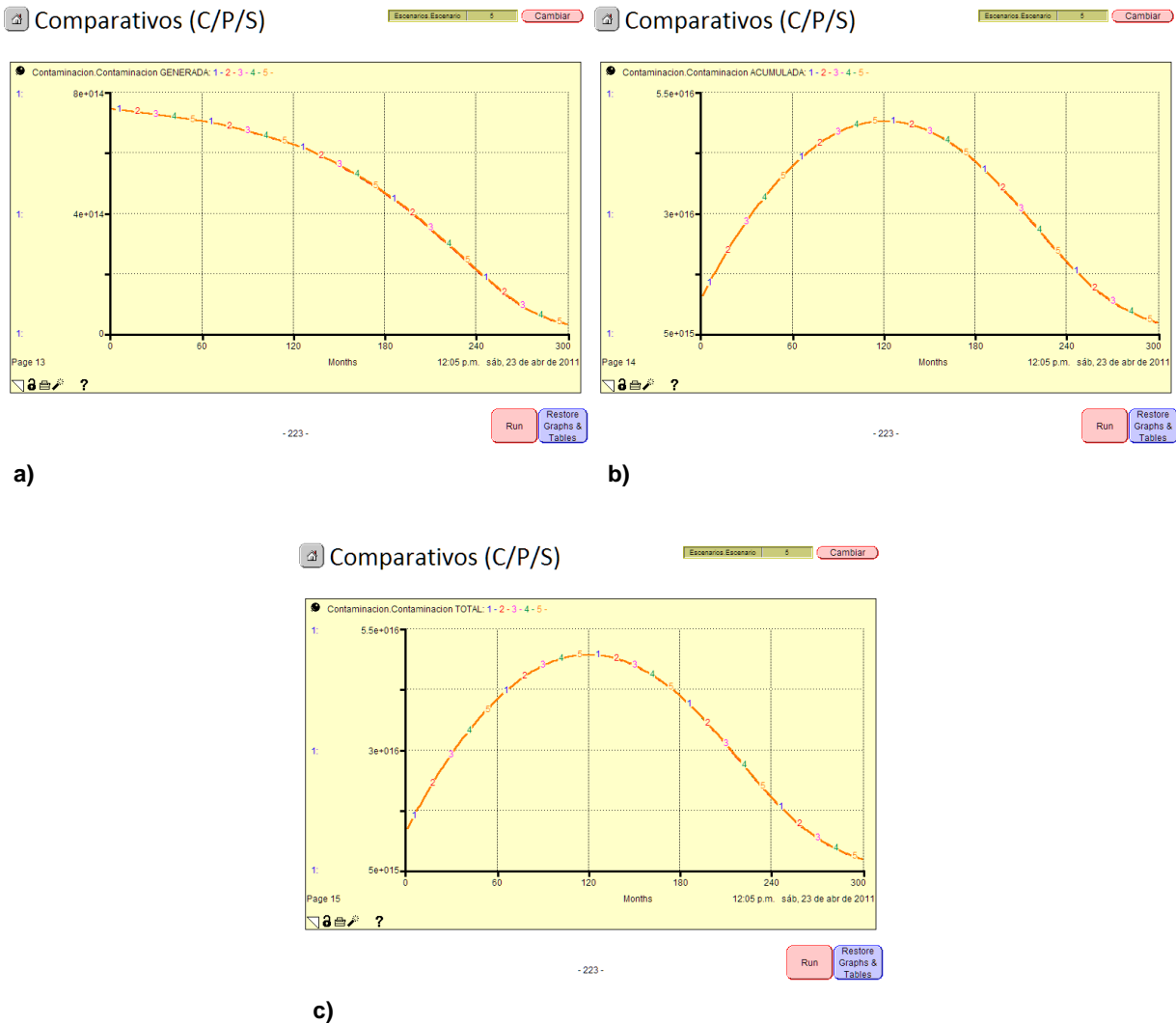


Figura 80. Resultados para Contaminación
(Elaborada por el autor)

5.2.7 Contaminación

En la Figura 80a se observan los resultados del comportamiento de la contaminación generada según lo considerado en el MSR. En este caso se da un comportamiento igual para los cinco escenarios con una reducción exponencial hasta el mes 240 (año 2023) a partir del cual se hace asintótica.

En la Figura 80b se observan los resultados del comportamiento de la contaminación acumulada. En este caso los cinco escenarios tienen un comportamiento similar creciente asintótico en el que la máxima acumulación de contaminación ocurre hacia el mes 120 (año 2013) de la simulación, momento desde el que se da una reducción exponencial hasta el mes 240 (año 2023) a partir del cual se hace asintótica.

Finalmente, en la Figura 80c se observan los resultados del comportamiento agregado de la contaminación generada y acumulada, que presenta un comportamiento similar al de la Figura 80b.

5.2.8 Biocapacidad, Huella Ecológica y Riqueza Ecológica

En la Figura 81a se observan los resultados del comportamiento de la biocapacidad según lo considerado en el MSR. En este caso se da un comportamiento igual para los cinco escenarios con un primer tramo de crecimiento cuasi asintótico hasta el mes 120 (año 2013) cuando se hace constante hasta el final de la simulación.

En la Figura 81b se observan los resultados del comportamiento de la biocapacidad por cápita. En este caso se da un comportamiento igual para los cinco escenarios con un primer tramo de crecimiento cuasi asintótico hasta el mes 120 (año 2013) a partir del cual se presenta una reducción rápida y diferenciada entre escenarios. Por un lado están el escenario *Base* (E1) y la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que disminuyen de manera equivalente pero en menor grado que, por otro y también de manera equivalente entre ellos, el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5).

En la Figura 81c se observan los resultados del comportamiento de la huella ecológica. En este caso los cinco escenarios tienen un comportamiento similar. Primero de manera creciente continua y sostenida hasta un pico máximo de huella ecológica que ocurre hacia el mes 150

(año 2015) de la simulación, momento desde el que se da una reducción exponencial hasta el mes 240 (año 2023) a partir del cual se hace asintótica.

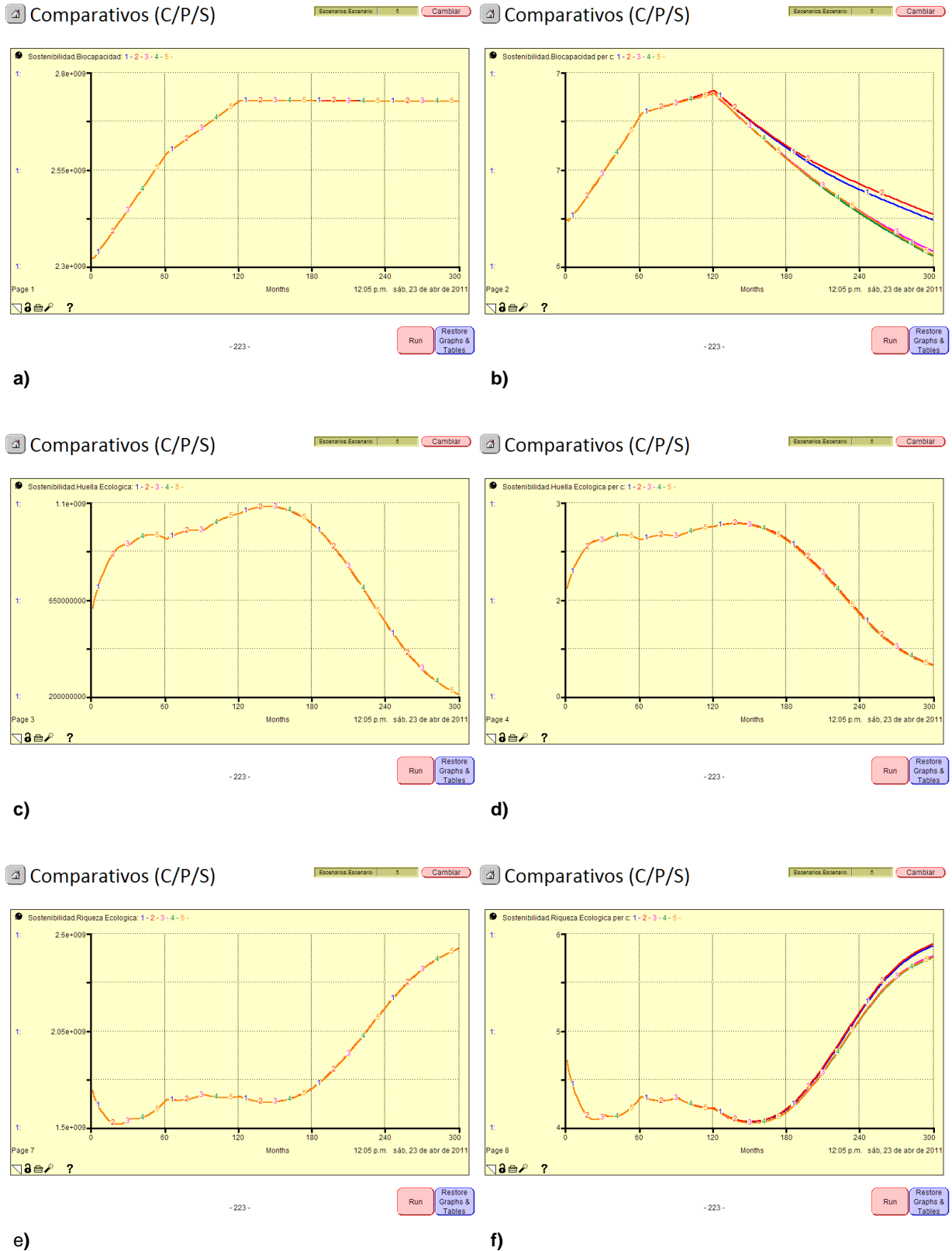


Figura 81. Resultados para Biocapacidad, Huella Ecológica y Riqueza Ecológica (Elaborada por el autor)

En la Figura 81d se observan los resultados del comportamiento de la huella ecológica por cápita. El comportamiento es similar al de la Figura 81c en la que ocurre lo mismo para los cinco escenarios.

En la Figura 81e se observan los resultados del comportamiento de la riqueza ecológica según lo considerado en el MSR. En este caso los cinco escenarios tienen un comportamiento similar. Primero de manera relativamente constante hasta que, hacia el mes 150 (año 2015) de la simulación, se da un crecimiento exponencial de la riqueza ecológica hasta el mes 240 (año 2023) a partir del cual se reduce de manera asintótica.

Finalmente, en la Figura 81f se observan los resultados del comportamiento de la riqueza ecológica por cápita. En este caso los cinco escenarios tienen un comportamiento similar en una primera etapa en la que decrece lentamente hasta el mes 150 (año 2015) de la simulación. Luego se da una diferenciación entre los escenarios aunque siguiendo un comportamiento general de crecimiento exponencial hasta el mes 240 (año 2023) a partir del cual se reduce de manera asintótica, en particular, aumentan más el escenario *Base* (E1) y la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) y menos el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5).

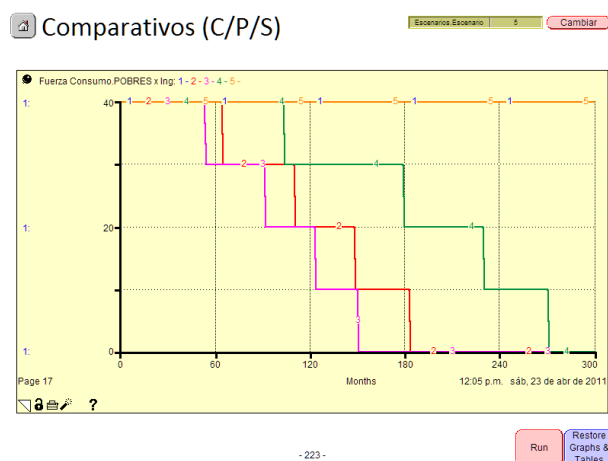


Figura 82. Resultados para Pobreza por ingresos
(Elaborada por el autor)

5.2.9 Pobreza por ingresos

En la Figura 82 se observan los resultados del comportamiento de la pobreza por ingresos según lo considerado en el MSR. Se observa que para el escenario *Base* (E1) y el *Estado*

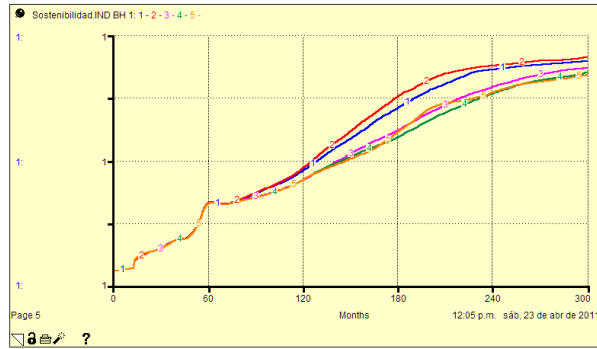
reactivo localmente aislado (E5) se da el mismo comportamiento en el que la pobreza por ingresos permanece igual en todo el período de simulación de 300 meses (25 años). Por otra parte, entre los meses 60 (año 2008) y 120 (año 2013) disminuye la pobreza de manera continua y sostenida para los otros tres escenarios que alcanzan niveles mínimos en este orden: el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3) hacia el mes 150 (año 2015), la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) hacia el mes 180 (año 2018) y la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) hacia el mes 270 (año 2025).

5.2.10 Bienestar Humano y Expectativa de Vida

En la Figura 83a se observan los resultados del comportamiento del Índice de Desarrollo Humano. Se puede observar un comportamiento similar de crecimiento sostenido para los cinco escenarios hasta el mes 80 (año 2010) luego, siguen creciendo más rápidamente el escenario *Base* (E1) y *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) que alcanzan su asíntota máxima hacia el mes 230 (año 2022) desde la que no se presenta mayor crecimiento. Aunque también siguen creciendo, pero en menor magnitud y sin alcanzar asíntotas, les siguen el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y el *Estado reactivo localmente aislado* (E5).

En la Figura 83b se observan los resultados del comportamiento del Índice de Bienestar Humano. Se puede observar un comportamiento similar de decrecimiento asintótico hasta el mes 100 (año 2011) para los cinco escenarios, que luego se separan siguiendo este orden de decrecimiento, primero exponencial hasta el mes 240 (año 2023) y luego asintótico, de mayor a menor: *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2), *Base* (E1), *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y *Estado reactivo localmente aislado* (E5).

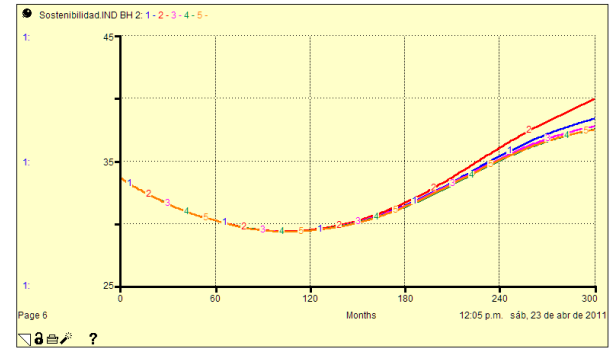
Finalmente, en la Figura 83c se observan los resultados del comportamiento de la expectativa de vida humana. Se puede observar un comportamiento similar de crecimiento continuo y sostenido para los cinco escenarios hasta el mes 130 (año 2013) que luego se separan siguiendo este orden de crecimiento continuo de mayor a menor: *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2), *Base* (E1), *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), la *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y *Estado reactivo localmente aislado* (E5).



- 223 -

Run Restore
Graphs &
Tables

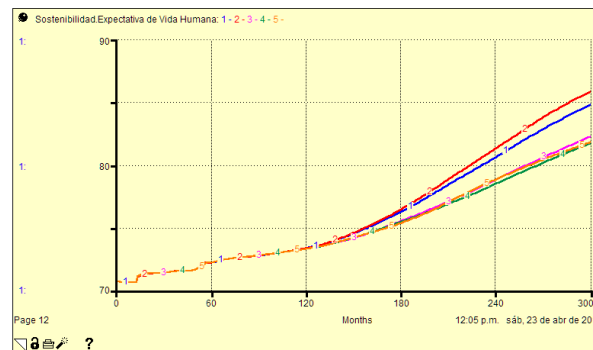
a)



- 223 -

Run Restore
Graphs &
Tables

b)



- 223 -

Run Restore
Graphs &
Tables

c)

Figura 83. Resultados para Bienestar Humano y Expectativa de Vida (Elaborada por el autor)

5.2.11 Sostenibilidad en un Sistema Multiescala

En las Figura 84a, b y c, se observan los resultados del comportamiento para las escalas S2 (Humana), S3 (Humanidad) y S4 (Suramérica) respectivamente cuando se considera la sostenibilidad en un sistema multiescala. Se puede observar un comportamiento similar de disminución exponencial para los cinco escenarios hasta el mes 240 (año 2023) cuando la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) se separa de los otros cuatro escenarios pues acelera más rápidamente su reducción de sostenibilidad.

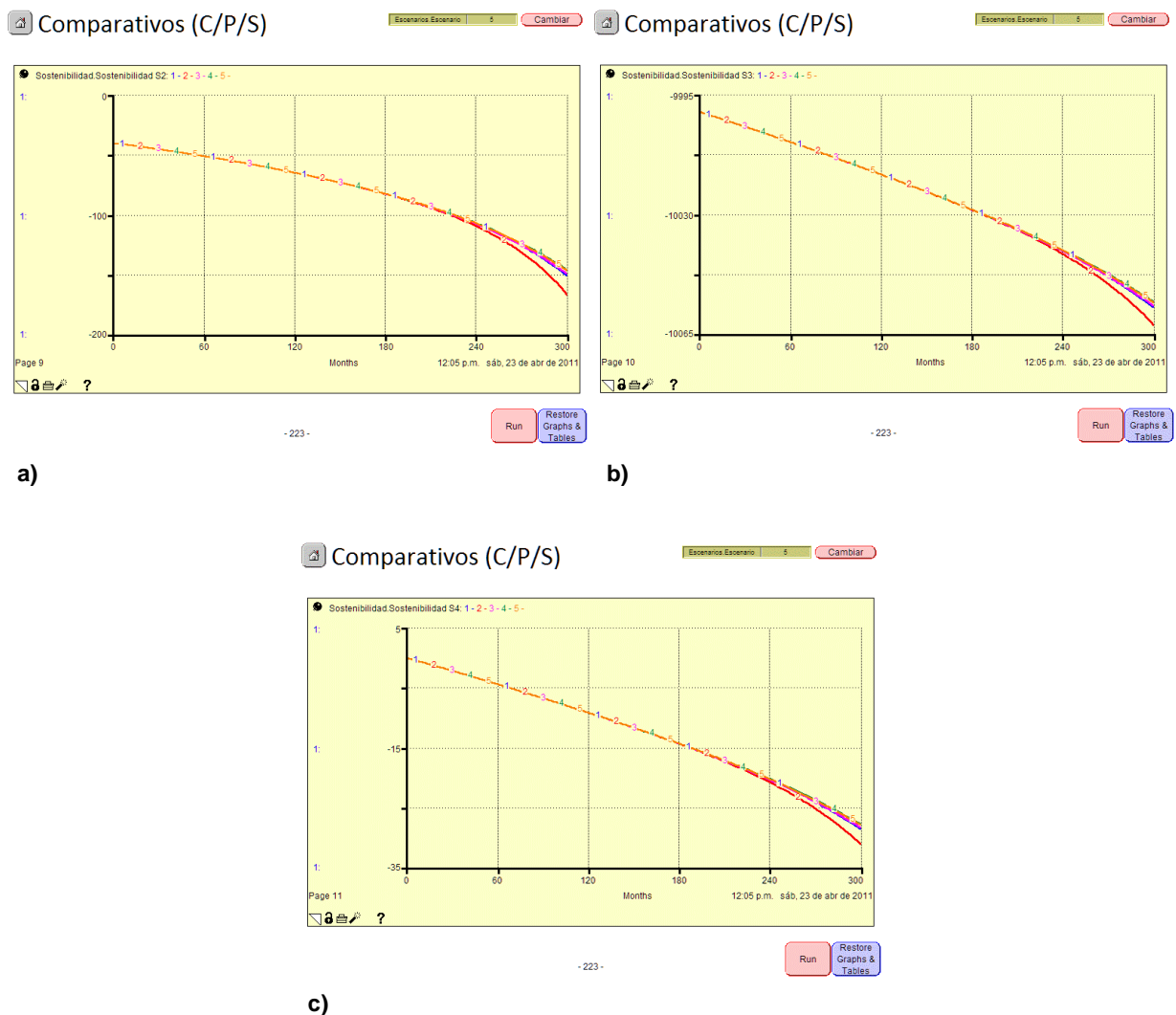


Figura 84. Resultados para Sostenibilidad en un Sistema Multiescala (Elaborada por el autor)

5.3 Implicaciones estructurales y dinámicas

Una vez expuestos los resultados de las simulaciones del MSR, se hace un registro clasificado de una selección de implicaciones estructurales y dinámicas representativas de los propósitos de esta investigación según sean: resistencias inerciales, desequilibrios, inconsistencias, problemas y síntomas separados por espacio y tiempo, desalineaciones, impredecibilidad o comportamientos contra intuitivos.

Para el registro de cada clase de implicación se presenta una corta definición de cómo se interpreta en los contextos del MSR y la dinámica de sistemas y luego se listan los casos extraídos de los resultados de las simulaciones.

El propósito de esta sección es aportar ideas para la construcción de las conclusiones de la investigación a partir de los resultados particulares obtenidos con la versión base del MSR que se modeló y utilizó para esta memoria. El tratamiento o solución particular para cada uno de los registros que se exponen se considera como una de las oportunidades que brinda el modelo para trabajos futuros, pues implica la parametrización y simulación de una nueva versión del MSR.

5.3.1 Resistencias Inerciales

Las resistencias inerciales son fuerzas ecológicas, económicas o sociales que retardan la ocurrencia de cambios provocados por intervenciones deliberadas o fortuitas en un sistema. Se pueden observar en casos como los que se exponen a continuación.

La *Contaminación generada* se empieza a reducir desde el mes 60 (año 2008) mientras que la *Huella ecológica por cápita* se reduce desde el mes 180 (año 2018).

La *Conectividad total* aumenta desde el mes 0 (año 2003) pero la movilidad medida por el *Equivalente de vehículos en vía total* aumenta desde el mes 120 (año 2013).

Los *Capitales totales* aumentan desde el mes 30 (año 2006) pero los *Capitales totales por cápita* aumentan desde el mes 120 (año 2013) y el *IBH* se incrementa desde el mes 180 (año 2018).

La *Expectativa de vida humana* acelera su aumento en el mes 120 (año 2013) pero la *Sostenibilidad* acelera su reducción en el mes 240 (año 2023)

5.3.2 Desequilibrios

Los desequilibrios son situaciones en las que las fuerzas ecológicas, económicas o sociales no se igualan o compensan entre sí para mantener la estructura o la dinámica de un sistema en una situación o comportamiento determinados. Se identifican casos como los siguientes.

Cuando se da el mayor *Consumo de energía* se da la menor capacidad de *Servicios ecosistémicos*.

A una mayor *Expectativa de vida humana*, unos mayores *Capitales totales por cápita* y unas mayores *Tecnologías*, menores *Servicios ecosistémicos*.

A mayor cantidad de *Alimento por cápita* disponible menor cantidad de todo tipo de *Recursos*.

No hay reducción de la *Pobreza* por ingresos para los escenarios E1 y E5 a pesar de que presentan un aumento del *Capital por cápita*, como los demás.

5.3.3 Inconsistencias

Las inconsistencias son comportamientos de componentes ecológicos, económicos o sociales del sistema que no son lógicos o consecuentes con una posición anterior o con posiciones entre ellos. En el MSR se pueden observar, entre otras, las que describen a continuación.

Se observa que la *Biocapacidad* alcanza el techo hacia el mes 120 (año 2013) y se queda allí hasta el final del rango de simulación.

Desde el mes 120 (año 2013) disminuyen simultáneamente la *Biocapacidad por cápita* y la *Huella ecológica por cápita*.

Desde el mes 150 (año 2015) aumenta la *Riqueza ecológica por cápita* mientras que desde el mes 120 (año 2013) disminuyen las capacidades de funciones de los *Servicios ecosistémicos*.

El comportamiento de disminución de los *Capitales totales por cápita* entre los meses 0 y 120 (año 2003 y 2013) relacionado con el creciente de los *Capitales totales* en el mismo período.

5.3.4 Problemas y síntomas separados por espacio y tiempo

Una de las consecuencias del pensamiento analítico no sistémico es que se centra en el razonamiento causa-efecto lineal entre los comportamientos de los componentes de un todo observado. Sin embargo cuando se tiene un sistema ecológico, económico y social, el comportamiento de sus componentes, tanto como el del todo, presenta problemas y síntomas que evidencian su aparición y acción en espacios y tiempos separados y diferentes. A continuación se identifican algunas de estas separaciones encontradas en las simulaciones del MSR.

La *Expectativa de vida humana* está en aumento desde el mes 1 (año 2003) y presenta un aumento acelerado desde el mes 150 (año 2015) mientras que las *Sostenibilidades de las escalas S2, S3 y S4* están en disminución desde el mes 1 (año 2003) y presentan una reducción acelerada desde el mes 240 (2023).

El comportamiento a lo largo de todos los escenarios muestra que los picos o valles en el *Crecimiento del PIB* (meses 60, 130, 180 ó 220) ocurren retrasados en el tiempo con respecto a los del *Desempleo* (meses 55, 100, 160 ó 190).

Las reservas de *Recursos* disminuyen desde el mes 1 (año 2003) reduciendo su velocidad de acotación según el escenario desde los meses 90 hasta 210, pero *Disponibilidad de alimento por cápita* se reduce desde el mes 1 (año 2003) hasta el mes 120 (año 2013), cuando se incrementa para todos los escenarios.

La *Pobreza por ingresos* comienza procesos de disminución para algunos escenarios desde el mes 50 (año 2008) hasta el mes 100 (año 2011), mientras que el *Índice de Bienestar Humano* inicia su incremento notable desde el mes 150 (año 2015) o la *Sostenibilidad* su disminución en colapso desde el mes 240 (año 2023).

5.3.5 Desalienaciones

Las desalineaciones son comportamiento observados en y entre las dinámicas ecológicas, económicas o sociales del sistema que no siguen la trayectoria supuesta, propuesta, esperada o diseñada. Se pueden observar las siguientes en el MSR.

Mientras que los *Índices de Desarrollo y Bienestar Humano* aumentan en promedio para todo el período simulado, se pierden capacidades de los *Servicios ecosistémicos*.

La *Contaminación generada* y la *Contaminación total* se comportan de manera independiente a la dinámica del *Crecimiento del PIB*.

La *Expectativa de vida humana* el *IDH* y el *IBH* aumentan mientras la *Sostenibilidad* disminuye.

Se dan mejores *IDH* e *IBH* a medida que son peores las reservas de *Recursos*.

Para todos los escenarios, los niveles de *Pobreza por ingresos* se mantienen o reducen y *Sostenibilidad* disminuye.

5.3.6 Impredecibilidad

La impredecibilidad es la presencia de comportamientos ecológicos, económicos o sociales que no se puede anunciar por revelación, ciencia o conjetura. Del MSR se pueden esperar este tipo de comportamientos, entre otros, en los siguientes aspectos.

El comportamiento del *Desempleo*.

La dinámica del *Crecimiento del PIB*.

Los cambios en la dinámica de *Población humana*. Los últimos datos (Pearce, 2010; Profamilia 2010) revelan cambios en las estructuras y dinámicas de la reproducción humana que no se han capturado aún completamente en el MSR.

El IBH muestra los resultados de todas las acciones antropocéntricas que tienen el propósito de mejorar el tipo de vida que llevan los humanos en Suramérica pero no incluye en su valoración elementos de futuro como la capacidad de servicios ecosistémicos o la sostenibilidad, haciendo que sus valores futuros estén aún en rangos impredecibles.

5.3.7 Comportamiento contra intuitivo

Los comportamientos contra intuitivos son aquellos que son ajenos a las comprensiones íntimas, instantáneas o sin necesidad de razonamiento de una idea o una verdad y que aparecen como no evidentes a quien los observa. De los resultados de las simulaciones del MSR se identifican, entre otros, los siguientes.

A mayor *Población humana* y más capacidad *Tecnológica* menor *Contaminación generada*.

A menor *Contaminación generada* igual *Contaminación acumulada*.

A mayores *Capitales* generados por humanos menores reservas de *Recursos*.

La reducción de la *Sostenibilidad* es independiente del cambio en el *Crecimiento del PIB*.

A mayor *Expectativa de vida humana* menor capacidad del ambiente de prestar *Servicios ecosistémicos*.

A mayor *Expectativa de vida* menor *Sostenibilidad*.

A menor *Pobreza por ingresos* o mayor *Riqueza ecológica por cápita* menor *Sostenibilidad*.

5.4 Resultados de los escenarios

Para responder a la pregunta ¿qué escenario tiene el mejor desempeño general? se califica cada uno de los resultados de las simulaciones con una escala de 1 a 5 en donde 1 es el peor resultado relativo entre escenarios, 3 es un resultado equivalente relativo entre escenarios y 5 es el mejor resultado relativo entre escenarios. En la Tabla 30 se registran los resultados de la valoración de los 36 resultados estudiados.

El orden de mejor a peor desempeño agregado de los escenarios es: *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2), *Base* (E1), *Estado reactivo globalmente integrado* (E3), *Sociedad proactiva localmente aislada* (E4) y *Estado reactivo localmente aislado* (E5).

En cuanto a resultados en la reducción de la *Pobreza por ingresos*, el *Estado reactivo globalmente integrado* (E3) es el que mejor la logra. Sin embargo en el resultado agregado es el escenario que ocupa el tercer lugar.

Finalmente, aunque la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (E2) es la que presenta mejores resultados agregados cuando se comparan los escenarios, también es la que muestra el peor resultado en *Sostenibilidad* a mediano plazo, es decir en los últimos 5 años de la simulación (años 2023-2028).

Tabla 30. Resultados consolidados de los escenarios en el MSR

(Elaborada por el autor)

| Escenario | | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
|---|-----------------------------------|------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Nombre | | Base | Sociedad Proactiva Globalmente Integrada | Estado Reactivo Globalmente Integrado | Sociedad Proactiva Localmente Aislada | Estado Reactivo Localmente Aislado |
| Calificación Global (Escala 1 peor a 5 mejor) | | 3.58 | 3.64 | 2.67 | 2.47 | 2.31 |
| ID | Resultado | | | | | |
| 1 | Reservas TOTAL | 5 | 2 | 1 | 4 | 4 |
| 2 | Capacidad Servicios Ecosistémicos | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | Necesidades ENERGIA | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | Consumo ENERGIA | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 5 | Población RURAL | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | Población URBANA | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 7 | Población TOTAL | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 8 | Capitales TOTAL | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 |
| 9 | Capitales TOTAL por cápita | 4 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| 10 | Tecnologías TOTAL | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 11 | Conectividad TOTAL | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 12 | Movilidad TOTAL | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 13 | Demanda TERRENO | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| 14 | Consumo AGUA | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 17 | Consumo MINERALES | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 18 | Consumo ORGANICOS | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 19 | Consumo ALIMENTO | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 20 | Alimento disponible por cápita | 4 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| 21 | Crecimiento PIB | 4 | 5 | 3 | 2 | 1 |
| 22 | Desempleo | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 23 | Contaminación GENERADA | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 24 | Contaminación ACUMULADA | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 25 | Contaminación TOTAL | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 26 | Biocapacidad | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 27 | Biocapacidad por cápita | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 28 | Huella Ecológica | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 15 | Huella Ecológica por cápita | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 16 | Riqueza Ecológica | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 29 | Riqueza Ecológica por cápita | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 30 | Pobres por ingresos | 1 | 4 | 5 | 3 | 1 |
| 31 | IDH | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 32 | IBH | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 33 | Expectativa de vida humana | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 34 | Sostenibilidad S2 (Humana) | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 35 | Sostenibilidad S3 (Humanidad) | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 36 | Sostenibilidad S4 (Suramérica) | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |

5.5 Pobreza, Sostenibilidad y Suramérica

Las simulaciones del MSR permiten observar síntomas del funcionamiento del sistema Suramérica. Hablar de síntomas emulando a los de las enfermedades que aquejan a las personas ayuda a comprender el comportamiento de las partes y del todo. La tos, la fiebre y el dolor son los síntomas de una gripe, pero la 'gripelogía' no se debe limitar a enfrentar y reducir los síntomas sino a determinar las condiciones de vida que pueden ayudar a limitar los riesgos del contagio de la epidemia, entre otras muchas posibilidades de intervención.

Se observan aproximaciones diarias, sobre todo en los medios de comunicación masivos que utilizan un lenguaje común para describir y explicar los eventos del acontecer, centradas en la descripción de los síntomas de la realidad, por ejemplo: "Las lluvias provocaron muertes", "La pobreza es la causa de la violencia" o "La economía va bien, pero la sociedad mal". Sin embargo, cuando se va más allá de la explicación sintomática, necesaria pero no suficiente, se puede descubrir que las lluvias no son las que causan muertes sino, además y entre otros asuntos, la falta de previsión personal, comunitaria o estatal, y que las muertes de una inundación son un síntoma de ello. Que la pobreza es un síntoma de que muchas consideraciones y acciones personales, comunitarias, gubernamentales y estatales están desequilibradas o que el comportamiento de la economía es un síntoma de la forma como un virus o un cáncer están atacando a las partes o a los procesos de relacionamiento entre quienes conforman una sociedad.

Para abordar de nuevas formas las posibles causas o consecuencias de un temporal, de la pobreza o de la economía, es necesario identificar los componentes, subsistemas y sistema del problema, además de su ambiente, y no limitarse a resolver muy bien algún otro problema que no correspondía o a aplicar paliativos superficiales sobre los síntomas. En este sentido se hacen a continuación algunas consideraciones sobre Pobreza, Sostenibilidad y Suramérica, con algunas referencias a los resultados del MSR y como paso previo a las conclusiones de esta investigación.

5.5.1 Pobreza

El incremento natural promedio de la población humana en el planeta pasó de una relación de 1 rico a 75 pobres en el año 2000 a 1 rico a 38 pobres en 2010 (Population Reference Bureau 2000; 2010) Además el GINI se ha mantenido e, incluso, ha disminuido, lo que evidencia movilidad económica de grupos de población con la correspondiente distribución de riqueza,

incluso, a mayor velocidad de lo que puede haberse percibido o se puede comparar con otras etapas de la humanidad. Esas figuras se pueden extrapolar a Suramérica.

En ese contexto de funcionamiento y observación de las sociedades y pobreza del continente, es posible proponer las siguientes ideas y preguntas de discusión para el debate personal o grupal sobre la pobreza con el soporte del MSR:

- ¿Es válido seguir pensando en la pobreza como una causa o una consecuencia?
- Hay una relación entre la pobreza y las dinámicas locales de crecimiento de la población independiente del crecimiento del capital.
- "Las explicaciones mono causales no son suficientes. Unos valores que no prosperan debido al mal gobierno en un país pueden encontrar terreno abonado en otro. Lo que explica el éxito sorprendente de las empresas de los emigrantes" (Landes, 1998)
- ¿La pobreza es un problema individual o colectivo?
- ¿Es posible que el problema de mayor impacto sea la riqueza y no la pobreza? Así como hay umbrales inferiores ¿Se deberían proponer umbrales superiores?
- ¿Se puede hablar de la inevitabilidad o del determinismo de la pobreza o de la riqueza?
- "Debido a la vinculación entre cultura y resultados económicos, los cambios registrados en un factor afectan al otro" (Landes, 1998)
- ¿Es posible plantear la existencia de culturas de pobreza?
- Si la pobreza está cediendo, ¿lo está haciendo de manera sostenible?

También se puede concretar lo siguiente:

- Casi todas las posibles definiciones de pobreza son, finalmente, relativas a escalas de espacio y tiempo particulares.
- Cualquier intento para enfrentar el problema de la pobreza necesitará medir las relaciones, los estados, las dinámicas y los resultados del sistema observado.
- Se debe tener precaución con las metodologías de medición de la pobreza pues pueden ser trampas no apropiadas para quienes toman decisiones, pero sobre todo, para los pobres involucrados.
- La pobreza y la riqueza son patologías en el sentido en que son síntomas del comportamiento del sistema pero no el sistema mismo. Por lo que parece más prometedor el camino de la transdisciplinariedad como estrategia para modelar el sistema desde la observación de los observadores sociales y de la sociedad.
- No se pueden seguir confundiendo, en el sentido dado por Max-Neef, las necesidades humanas con los satisfactores humanos, ni viceversa.
- Atacar el problema de la pobreza desde los satisfactores humanos es trivial desde el punto de vista de la sostenibilidad, pero es a la vez una realidad apremiante desde el sufrimiento

humano que implican el hambre y la enfermedad. Es necesario lograr un balance efectivo para el que aún no hay un camino despejado por seguir.

- La situación general de pobreza y riqueza en Suramérica es preocupante, pero aún así se puede afirmar que hoy es una situación mejor que hace veinte años.
- Lo anterior se explica en parte por la mediación de la tecnología entre el humano y su entorno. La evolución y adopción de diferentes tecnologías ha permitido contar con medios de subsistencia que han logrado mantener procesos de mejoría dado incluso el crecimiento exponencial de la población.
- En general, en los países de Suramérica en que ha crecido más rápido la población, independientemente del cambio en su densidad, se presentan los mayores niveles de pobreza.
- La pobreza es una condición dinámica, por eso se requieren innovaciones en los mecanismos de medición que reflejen esa realidad sistémica superando aproximaciones mecanicistas de investigación.
- La solución a la pobreza no está en el pasado, está en el futuro.

5.5.2 Sostenibilidad

Como se observa en las simulaciones del MSR, en los escenarios analizados para Suramérica se dan las condiciones para que se presente un crecimiento sostenido de la economía durante el período 2003 a 2028. Simultáneamente, y dado el flujo y la influencia permanentes de información en cuanto a tendencias, problemas, tecnologías y modelos de desarrollo para la sostenibilidad desde otras zonas y culturas del planeta, se ha empezado a hablar en la región de 'crecimiento sostenible'.

Desde la investigación científica es posible abordar el asunto del crecimiento sostenible siempre y cuando se aclare que la cuestión depende tanto del sistema en sí como de la escala del observador que lo propone. Así, si se tiene un sistema abierto de la misma escala del observador, pues si sería posible, pero si se tiene un sistema cerrado de la misma escala del observador, no.

Por otra parte, si un subsistema abierto se encuentra dentro de un sistema cerrado de una escala muy superior, es muy probable que un observador de la escala del subsistema diga que si es posible tener y lograr crecimiento sostenible en su subsistema, pero la realidad es que no, porque finalmente el sistema es cerrado y sus recursos limitados, aunque el observador, por su escala frente al sistema, los perciba ilimitados. La única forma de que crezca el subsistema, es

a costa de los recursos y la energía de otros subsistemas del sistema cerrado. Esa es la trampa del crecimiento sostenible en un sistema abierto.

En la academia y la investigación sobre sostenibilidad, hablar de crecimiento sostenible sin definir claramente el tipo de sistema (cerrado o abierto) y las escalas de observador y sistema se convierte en una afirmación contradictoria o trivial. La sostenibilidad no sólo depende de los recursos y energías disponibles renovables. Es mucho más e incluye mucho más. Es necesario tener en cuenta las escalas y no caer, por ejemplo, en trampas como la del buen aborigen en la que lo inamovible en un ecosistema infinito para su escala, es lo único sostenible.

El problema de la sostenibilidad lo empezó a promocionar el movimiento ambientalista que logró introducirlo en las corrientes políticas y empresariales desde los años 1960. Luego hacia finales de los años 1980 se le dio presentación oficial ante la comunidad mundial con los trabajos de la Naciones Unidas. Desde entonces, e independientemente de los casos en que de alguna u otra manera se haya utilizado para fines no más allá de los publicitarios, se trata de una gran oportunidad para estudiar, investigar, modelar y diseñar nuevas formas de comprender y gestionar la sociedad.

¿Puede Suramérica ser sostenible? Suramérica es un subsistema abierto al interior del sistema cerrado que es el planeta Tierra, y tiene una estructura y una dinámica de sostenibilidad en la que los estados de equilibrio y uniformes están determinados por la relación apropiada entre las longevidades de los subsistemas que la conforman en diferentes escalas y por los flujos de materia y energía con otros subsistemas del planeta. La sostenibilidad de la región depende, por lo tanto, de lo que ocurra con los nuevos balances de longevidades y flujos que determinen sus habitantes humanos.

5.5.3 Suramérica

La dinámica de sistemas ayuda a modelar problemas complejos como la pobreza o la sostenibilidad porque requiere que se determinen y especifiquen fronteras, sub y supra sistemas, causalidades y realimentaciones positivas y negativas. Sin embargo, aún no es claro su aporte para apoyar el análisis y la síntesis de esos problemas en cuanto a la evolución de comportamientos autopoieticos, por ejemplo.

Desde esta perspectiva y restricción, se pueden describir tres características sistémicas que se presentan en Suramérica y que soportan los argumentos en el resto de este apartado:

Primero: los humanos que habitan la región son animales primates, una condición que implica que la mayoría del tiempo vital es instintivo y de supervivencia. Esto se traduce en que, en términos generales, la función primordial del cerebro humano es actuar para sobrevivir.

Segundo: la región es un subsistema abierto que intercambia información, materia y energía dentro y con un sistema cerrado como el planeta Tierra. Por lo anterior, y por la escala espacio-temporal de la experiencia personal de los habitantes de Suramérica con respecto a las muy superiores escalas espacio-temporales de la región o del planeta, desde la perspectiva del observador humano que habita en la región, los recursos disponibles provenientes tanto de la propia región como de la Tierra, se consideran ilimitados. Esto se traduce en que, en términos generales, el comportamiento humano tiene los rasgos de un ocupante de un sistema abierto y no de uno cerrado.

Tercero: las dinámicas de población humana en la región muestran que en las dos últimas generaciones ha habido una reducción notable de la natalidad mientras que la longevidad ha aumentado. Esto se traduce en que, en términos generales, hay un cambio estructural de la población acercándose a un estado de transición demográfica.

Estudiando a Suramérica se encuentra una y otra vez que existe una relación muy fuerte entre la velocidad y la aceleración en el cambio de población y el estado del desarrollo humano de cada país y que el problema no está necesariamente en que ese cambio sea una causa o un efecto, sino más bien la evidencia de una estructura sistémica particular.

El problema de desequilibrios es algo más que un asunto de explotadores y explotados, de norte y de sur, de que hoy hay mucha pobreza y miseria. Respetando la coherencia de los datos históricos registrados, esta época de Suramérica es de muchos pobres, pero también es en la que existe la menor proporción de población en situación de pobreza y miseria que se descubre en toda la serie.

La zona peligrosa en la que está entrando Suramérica, dadas las tendencias de sus dinámicas de población, pobreza y biocapacidad, no es diferente a la zona peligrosa en que está el planeta entero. De todas maneras es un momento decisivo en la historia de la región porque se tiene la posibilidad de salir de la insostenibilidad por pobreza y empezar a pensar en la sostenibilidad integral.

Las hipótesis dinámicas del problema sistémico que se ha modelado con el MSR giran en torno a los asuntos de la sostenibilidad. Por eso el modelado con dinámica de sistemas es una

herramienta fundamental para reconocer mediante mundos virtuales que se anticipan en el tiempo las cualidades y posibilidades de sostenibilidad de un sistema.

El MSR permite evaluar el impacto sobre la sostenibilidad de un conjunto de políticas de gobierno particulares. Así, gobernantes, empresarios y académicos cuentan con una nueva herramienta para definir, estudiar, probar y tomar decisiones que transformen las dinámicas y estructuras de un sistema complejo como Suramérica.

Explorar la dirección, velocidad y aceleración de componentes desacoplados del sistema dinámico que es Suramérica, ayuda a entender la relación entre los subsistemas social, económico y ecológico y enriquece la investigación en la ciencia de la sostenibilidad generando nuevas preguntas y situaciones, no sólo del sistema observado sino también de sus observadores internos y externos como factores clave de posibles intervenciones estructurales sistémicas. Por ejemplo, la inversión en educación es estratégica, pero parece que tiene pocos resultados si se utiliza como único mecanismo para la reducción de la pobreza.

Si, por ejemplo, se logra que la principal misión de la educación en Suramérica sea crear las capacidades necesarias para reflexionar sobre rangos más amplios de tiempo (más del rango semanal) tanto de pasado como del futuro, y de espacio (más del alcance familiar) tanto familiar como de comunidad o humanidad, se ayudará a las personas de todas las edades a comprender mejor el mundo en el que viven, tomando consciencia de la complejidad y de la interdependencia de problemas como la pobreza, el consumo, el deterioro del entorno y de las ciudades, el crecimiento de la población, la salud, los conflictos y las dinámicas de derechos y deberes.

Una vida humana cotidiana cuya actividad favorita se base en integrar y diferenciar sistemas observados y observantes avanzando a lo largo de la complejidad de la jerarquía DICES es una vía para entender la evolución de las presiones y las fronteras de las sociedades emergentes Suramericanas. Es una forma de avanzar en la sincronización entre los ciclos de vida de las diferentes escalas de espacio y tiempo que caracterizan la longevidad (sostenibilidad) de cada uno de los componentes de un sistema y del sistema como un todo.

Cuando Scott (2002) identifica y resalta las perspectivas humanas que incluyen un acuerdo en el que los problemas son globales y se deben abordar de forma holística, teniendo en cuenta tanto la complejidad de primer orden de sistemas interconectados observados como las complejidades de segundo orden de las comunidades de observadores, se llama a una revolución de sostenibilidad mediada por nuevos medios sociales que se basen en la jerarquía

DICES acoplada al Canal de Flujo.

La aproximación científica a la sostenibilidad debe hacer explícitas las escalas de sostenibilidad que se pretende anunciar mediante tres preguntas ¿Qué se quiere sostener? ¿Para quién se quiere sostener? y ¿Por cuánto tiempo se quiere sostener? Antes de descalificar una propuesta sostenibilista para un sistema se debe estar en capacidad de responderlas. Esa es precisamente la capacidad que da el MSR.

Aún así, no será fácil utilizar al MSR para proponer transformaciones, pues los valores de la sostenibilidad se contraponen al comportamiento humano determinado por una mayoría de valores subconscientes de supervivencia y competencia en oposición y contradicción con los valores de la racionalidad.

¿Cómo sobrevivir y supervivir en Suramérica afrontando los valores ‘animales’? ¿Cómo gestionar el conflicto entre consciencia con valores para la sostenibilidad versus inconsciencia con valores de la realidad? En todo caso, si se decide la adopción de valores para la sostenibilidad, será necesario que el ser humano se sincere consigo mismo para ser menos dañino con su entorno y, en el caso particular de Suramérica, será necesario por ejemplo, cambiar la manera de medir el bienestar humano para que incluya elementos no solamente del pasado sino también de los posibles futuros, de manera que se cuente con elementos de juicio que contengan escalas temporales mayores que las contemporáneas.

Cuando se observan los Índices de Desarrollo Humano en la escala regional se encuentra que se están aproximando a un estado de equilibrio estacionario por debajo del valor ideal y esta situación requiere algún tipo innovador de cambios estructurales que hagan posible traspasar el umbral de 0.900.

Tanto en la conceptualización como en el desarrollo y en los resultados del MSR se encuentra que la pobreza en Suramérica se puede pensar como un fenómeno autopoietico en el sentido de un sistema que se reproduce a sí mismo por sus propios medios y se observa que la velocidad del cambio del crecimiento de la población es un factor determinante en la escala regional (local).

Por otra parte, la inversión en capital humano y social, particularmente en educación, un factor que rutinariamente se considera determinante en la reducción de la pobreza, parece relacionarse con ello pero no es claro cómo por lo que es necesario investigar para buscar y desacoplar mediante modelado los mecanismos, relaciones y funciones endógenas que

pueden estar presentes.

En general se observa en Suramérica una mejora sostenida de los aspectos clasificados como antropocéntricos pero un deterioro de los aspectos ambientales, en particular, la sostenibilidad.

Suramérica ha sido hasta el presente una región sostenible con base en sus indicadores de Riqueza Ecológica (Ver Figura 81) pero la inercia del rápido crecimiento de la población en las últimas décadas, que durará por lo menos otros 15 años y que agregará unos 3,500,000 habitantes más en promedio por año (Ver Figura 75), sumado a los efectos de la movilidad Necesidades-a-Deseos de su sociedad, muestran en el período simulado con el MSR un incremento de la esperanza de vida humana (Ver Figura 83) pero una reducción de la biocapacidad por habitante y de todo tipo de recursos naturales (Ver Figura 74), en algunos casos incluso, sin reducir las figuras de pobreza de manera considerable (Ver Figura 82)

De modo que según esos resultados, el MSR muestra que Suramérica está en transición hacia convertirse en una región insostenible durante la década 2010 porque será cuando se sobrepasen los límites de capacidad y equilibrio de uso de los servicios que prestan sus ecosistemas aún cuando se reduzca la pobreza, aumente la esperanza de vida humana de sus habitantes, exista crecimiento económico, se reduzca la producción de contaminación y tenga aún recursos naturales disponibles.

Es por lo anterior que Suramérica puede ser una región especialmente representativa para el surgimiento de un nuevo paradigma de desarrollo, que se base en un modelo mental racional de la supervivencia humana desde los valores para la sostenibilidad que no descarte la validez de la experiencia de vida según los referentes del presente, mediante una transición suave y controlada a través de políticas inteligentes para el uso de los recursos públicos desde la gestión endógena de sus comunidades soportadas por herramientas de simulación como el MSR.

5.6 Resultado general

El resultado principal de esta investigación es el Modelo de Sostenibilidad Regional, una herramienta de simulación construida siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas a partir de principios de la economía sistémica y la sostenibilidad que permite explorar condiciones e intervenciones para que Suramérica enfrente la pobreza desde paradigmas sostenibilistas.

Para abordar el tema de la sostenibilidad se revisaron las dimensiones ambiental, social, demográfica, económica, tecnológica, política e institucional, cultural y humana. La herramienta hace hincapié en el comportamiento de variables ambientales y de desarrollo humano con el fin de dar cuenta del estado de la calidad de vida de los suramericanos. Para ello se entiende el desarrollo como un proceso de discusión social que afecta el consumo, la producción, lo jurídico y lo político y que debe ser sostenible.

Por esa multidimensionalidad del desarrollo, se utilizaron variables relacionadas con la inversión, la educación, la salud o la innovación, entre otras, para modelarlo. Por lo tanto, el MSR permite simular el comportamiento de estas variables, de tal manera que quienes toman decisiones o quienes hacen las políticas, pueden determinar si un conjunto particular de intervenciones sociales, ambientales y económicas pueden llevar a las comunidades suramericanas a niveles de calidad de vida deseados de manera sostenible.

Las publicaciones hechas durante esta investigación para contrastar aproximaciones y resultados científicos se encuentran en el Anexo C.

6 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Vivimos en una época en la que tanto la *perspectiva humana* como la *sostenibilidad* están entrando en procesos evolutivos con dinámicas de posición, dirección, velocidad y aceleración en las escalas de espacio y tiempo más allá de los límites de percepción y experiencia humana. En palabras de Tom Atlee (Atkisson, 2007): "*Las cosas están cada vez mejor y mejor, peor y peor, más rápido y más rápido*". No es el cambio en sí lo que debe llamar la atención, tampoco su velocidad, el asunto relevante es su aceleración.

La *Ley de los resultados acelerados*, según lo expuesto por Ray Kurzweil (1990, 1999, 2005) es un cuerpo compacto y simple de conocimiento que establece que *a medida que el orden aumenta exponencialmente, el tiempo se acelera exponencialmente* (e.d.: el intervalo de tiempo entre eventos sobresalientes se hace menor a medida que pasa el tiempo) Esa ley es parte de otra, la *Ley del tiempo y caos*, más general que indica que *en un proceso, el intervalo de tiempo entre eventos sobresalientes se expande o contrae de acuerdo con la cantidad de caos*.

En ese contexto de explicaciones, se descubre que en el sistema observado por los humanos están cambiando las escalas de espacio y tiempo en las que ocurren eventos sobresalientes, mientras que para la mayoría de los observadores no está cambiando su capacidad de observación de esas nuevas escalas, y esto ocurre no sólo porque no exista la voluntad para hacerlo, sino por las capacidades inherentes del sistema observador.

En ello está el origen de la necesidad de herramientas de la cibernética de primer orden (fronteras, sub y supra-sistemas, causalidad circular, realimentación positiva y negativa y simulación) para estudiar el sistema observado, y de segundo orden (auto-referencia, auto-dirección, auto-organización, auto-catálisis y autopoiesis) para estudiar el sistema observador, de manera que se puedan abordar, con una amplia gama de alternativas, los problemas del presente y del futuro, en particular la *Sostenibilidad*.

Con su distinción entre estudios de primer orden para los sistemas observados y de segundo orden para los sistemas observadores, la sociocibernética proporciona un marco conceptual, epistemológico y metodológico unificador (Scott, 2008). Pero no son necesarias únicamente las herramientas, Ludwig von Bertalanffy (1969) lo expone así:

Lo que falta, sin embargo, es conocimiento de las leyes de la sociedad humana, y en consecuencia una tecnología sociológica. De ahí que los logros de la física se dediquen a la destrucción cada vez más eficiente; cunde el hambre en vastas parte del mundo mientras que en otras las cosechas se pudren o son destruidas; la guerra y la aniquilación indiferente de la vida humana, la cultura y los medios de subsistencia son el único modo de salir al paso de la fertilidad incontrolada y la consiguiente sobrepoblación. Tal es el resultado de que conozcamos y dominemos demasiado bien las fuerzas físicas, las biológicas medianamente, y las sociales en absoluto. Si dispusiéramos de una ciencia de la sociedad humana bien desarrollada y la correspondiente tecnología, habría modo de escapar del caos y de la destrucción que amenaza a nuestro mundo actual. En mi opinión, tal es el precepto último que ofrece una teoría de la organización: no un manual para que dictadores de cualquier denominación sojuzguen con mayor eficiencia a los seres humanos aplicando científicamente las leyes férreas, sino una advertencia de que el Leviatán de la organización no debe engullir al individuo si no quiere firmar su sentencia inapelable.

Con la utilización de la dinámica de sistemas para construir el MSR, como se ha mostrado en esta tesis, se ha querido avanzar en tender puentes entre una ciencia de la sociedad y una tecnología correspondiente. Desde luego que aún hay muchísimos obstáculos que superar, problemas que identificar adecuadamente, respuestas que investigar y políticas transformadoras que diseñar y poner en práctica, como se explica en las siguientes conclusiones y propuestas de trabajo futuro.

6.1 Conclusiones

El camino recorrido para la construcción del MSR muestra la fortaleza de desarrollar competencias que le permitan al observador especializarse en identificar la mayor cantidad de componentes sistémicos y en capturarlos con el soporte de herramientas informáticas en las que se puedan simular sus funciones y relaciones en diferentes escenarios.

Este trabajo aporta el MSR, un ejemplo novedoso y particular que puede servir de apoyo en el desarrollo de competencias de observación para determinar e incorporar en el modelado con dinámica de sistemas, escalas y jerarquías apropiadas de tiempo y de espacio cuando se enfrentan problemas que involucran la pobreza, el consumo, la demanda, la producción, la contaminación, la utilización de recursos y energía, los servicios ecosistémicos, las gestión de capacidades o la población.

Es necesario superar el estudio de sistemas desde el aislamiento por disección de partes o subsistemas. El MSR enseña que las renovadas capacidades que dan las más recientes

versiones de las herramientas informáticas de modelado, permiten utilizar el aislamiento por desacople de partes y subsistemas de una nueva forma mediante los denominados módulos, que aunque extensa y meticulosa, facilita la construcción de una nueva generación de modelos de simulación e invita a enriquecer la metodología de la dinámica de sistemas.

No se trata de caer en la trampa de la dependencia en modelos subjetivos como el MSR como única herramienta para enfrentar problemas sistémicos de los que se pueden observar en Suramérica. La dinámica de sistemas es una de las metodologías para la construcción de modelos de la realidad que aún hace falta comprender transdisciplinariamente mediante el trabajo colaborativo que aumente la confianza en ella como herramienta.

Las escalas clave para la sostenibilidad son aquellas que, como mínimo, tienen una duración temporal que abarca la vida de los hijos y un alcance espacial que abarca el planeta, tanto para una aproximación de primer como de segundo orden. Las actividades humanas relevantes para alcanzarlas y convertirlas en una perspectiva normal humana dependen de capacidades autotéticas. Se puede suponer que el desarrollo mediado por actividades exotéticas no es sostenible.

Estudiar y seleccionar escalas, jerarquías y arquitecturas apropiadas de investigación y modelado pueden mejorar los procesos de comunicación de las actividades racionales necesarias para facilitar la comprensión y el estudio de estructuras, funciones, relaciones, límites, comportamientos, estados, equilibrios y dinámicas de un sistema. Aproximarse a la realidad como es, no como era, como se desearía que fuera o con distorsiones de espacio, tiempo o jerarquía, puede ayudar a formular mejores hipótesis dinámicas de las problemáticas globales, regionales o locales y aportar para que el desarrollo sostenible no se convierta en un asunto dogmático. Por ejemplo, esta investigación y el MSR ayudan a:

- Comprender los retardos entre los cambios en la *Contaminación generada* y los de la *Huella ecológica por cápita* para justificar las normativas anticontaminación.
- Explorar la relación entre el aumento de la *Expectativa de vida humana* y la reducción de la *Sostenibilidad* para comprender su paradoja y sus implicaciones.
- Estudiar la relación entre el aumento de magnitud en los *Índices de Desarrollo y Bienestar Humano* y la pérdida de capacidades de los *Servicios ecosistémicos* para proponer que se revise la concepción de esos índices de modo que incluyan el impacto sobre los ecosistemas, no sólo en el pasado sino también en el futuro.
- Exponer que mientras que los niveles de *Pobreza por ingresos* se mantienen o reducen la *Sostenibilidad* disminuye de modo que se puedan repensar las estrategias de reducción de la pobreza por ingresos.

- Indagar el que la reducción de la *Sostenibilidad* es independiente del cambio en el *Crecimiento del PIB* para superar la concepción economicista del desarrollo por crecimiento únicamente.

Y para lograrlo, en esta investigación se cumplieron los siguientes objetivos:

- Se diseñó, elaboró y simuló un modelo de sostenibilidad regional para el contexto suramericano siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas con la herramienta informática *iThink*, que sirve como instrumento de apoyo para aportar a la supervivencia digna del ser humano y para explorar inconsistencias o desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad.
- Se analizó, documentó y caracterizó a Suramérica como región geográfica, social, ecológica y económica.
- Se hizo un recuento del desarrollo de modelos regionales y globales simulables utilizando la dinámica de sistemas.
- Se expuso una concepción de pobreza que aclara el propósito y el modo de utilización de los resultados que arrojan las simulaciones del modelo.
- Se expuso una concepción de sostenibilidad, su relación con la evolución por selección natural, los valores de la conciencia y su caracterización en escalas de espacio y tiempo que sirvió para aclarar el propósito y el modo de enfrentar, determinar y plasmar el desarrollo a escala humana en la construcción del modelo.
- Se desarrolló el modelo siguiendo las bases y los elementos de una concepción sistémica de la economía.
- Se complementaron y potenciaron modelos de dinámica de sistemas, previamente desarrollados, desde una perspectiva, teoría y práctica de la sostenibilidad, teniendo en cuenta consideraciones sociales, económicas y ecológicas.
- Se desarrolló un modelo flexible que permite estudiar el comportamiento interactivo de sus componentes.
- Se desarrolló un modelo que permite simular y evaluar un conjunto de políticas para la sostenibilidad de manera que los actores individuales y colectivos pueden identificar y decidir sobre como focalizar esfuerzos que permitan comprender y apoyar la supervivencia digna del ser humano.
- Se exploraron inconsistencias y desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad.

Desde ese conjunto de actividades se puede concluir que:

Existe una relación entre el cambio de dirección, velocidad y aceleración en la dinámica del sistema y de sus subsistemas en diferentes escalas de espacio y tiempo y sus situaciones respectivas de sostenibilidad, no sólo localmente sino también globalmente. Los nuevos estados de equilibrio sostenible dependen de aproximaciones innovadoras a la sostenibilidad. *La inteligencia es un factor clave.*

Explorar los cambios de dirección, velocidad y aceleración de la dinámica sistémica de Suramérica ayuda a entender la relación entre los subsistemas social, económico y ecológico y enriquece la investigación en la ciencia de la sostenibilidad aportando nuevas preguntas y situaciones, no sólo relacionadas con el sistema observado, sino también con los observadores internos y externos como actores fundamentales de las posibles intervenciones estructurales sistémicas. Por ejemplo, la inversión en educación es estratégica, pero parece que tiene resultados limitados si es lo único que se utiliza para reducir la pobreza.

Hace falta algo.

El pensamiento conceptual de la sostenibilidad es una aproximación que se basa en la observación del comportamiento del observador, y hace de la sociocibernética un marco de referencia imprescindible para tratar problemas complejos sistémicos en los que el observador es parte del sistema. La sostenibilidad humana es un problema de cibernética de segundo orden y no se puede resolver únicamente utilizando herramientas de primer orden.

Las herramientas existen.

La dinámica de sistemas es una poderosa metodología para la construcción de modelos simulables que tiene el inconveniente de la subjetividad de quien modela. Sólo mediante el modelado colaborativo transdisciplinario se puede aumentar la confianza en la herramienta para desviar la atención de si un modelo como el MSR está bien o mal hacia si es útil o no para la toma de decisiones de intervención sistémica.

Hay camino por recorrer para aumentar la confianza en la dinámica de sistemas.

La sostenibilidad se basa en estados de equilibrio sistémico. Lo 'hecho por lo humano' es producto natural de los esfuerzos humanos por medio de la inteligencia humana o, en otras palabras, una capacidad de la inteligencia humana para encontrar nuevos estados de equilibrio en lo 'hecho por la naturaleza'. Por primera vez los humanos, los observadores de lo 'hecho por la naturaleza', han empezado a tomar conciencia de que pueden cambiar el sistema observado siempre y cuando cambien también el sistema observador, es decir, a sí mismos.

Tal vez la mayoría de la población no se ha dado, o no se puede dar cuenta, de lo inminente de la necesidad de este cambio.

Reducir la pobreza en Suramérica siguiendo un trayecto sostenible no requerirá únicamente un cambio en los métodos de definición y medición de la pobreza, sino también en la forma de vida de los humanos. Si la gente desea tener una longevidad promedio de más de sesenta años sin afectar el estado de equilibrio de la biocapacidad sistémica, el desarrollo multidimensional a escala humana no sólo tiene que cambiar la estructura y la dinámica de Necesidades-a-Deseos sino también la forma en cómo se asumen lo ‘hecho por la naturaleza’ y lo ‘hecho por lo humano’.

La reducción contemporánea de la pobreza no es sostenible.

La utilización del *Modelo de Sostenibilidad Regional*, construido en un marco teórico amplio y siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas como se expuso en este trabajo, es una herramienta de apoyo en los procesos de toma de decisiones para enfrentar la pobreza y aportar a la supervivencia digna del ser humano en Suramérica, permite descubrir que aunque la *Sociedad proactiva globalmente integrada* (Escenario 2 de simulación) es la que presenta los mejores resultados antropocéntricos agregados comparados, incluida la superación de la pobreza por ingresos, es también la que muestra el peor resultado en Sostenibilidad a mediano plazo, es decir en los últimos 5 años de la simulación (años 2023-2028), una inconsistencia y desalineación entre las concepciones tradicionales del desarrollo, centradas en los asuntos antropocéntricos del mejoramiento de la calidad de vida a corto plazo, y la sostenibilidad, un asunto del mantenimiento de equilibrios ecosistémicos a largo plazo.

Esto quiere decir que el impacto de la superación de la pobreza en la sostenibilidad se puede conducir a niveles apropiados ajustando este escenario con la ayuda del MSR.

La pobreza se ha entendido tradicionalmente como la carencia de algo, bien sea físico, medido en forma de ingreso monetario mínimo necesario o de necesidades básicas insatisfechas o, incluso más recientemente, en forma multidimensional, o bien sea en forma de carencia que limita la libertad, medido en forma de características de la educación, la salud o el ingreso básico. La definición de pobreza que emerge de este trabajo es la de entenderla como una situación de incapacidad en la que las personas no pueden generar el suficiente bienestar.

Es necesario generar bienestar con el concurso de quienes hoy están desarticulados del sistema de generación.

Superar la pobreza en Suramérica con cualquiera de los dos enfoques tendrá necesariamente un impacto ambiental que reducirá la sostenibilidad, sin embargo, el segundo enfoque, la generación articulada de bienestar, supone una reestructuración del sistema que deberá tener integrada una transformación limpia del sistema productivo, una resignificación de los patrones de consumo, una pedagogía comunitaria del uso de recursos públicos locales, regionales y

globales y la inclusión del valor monetario de los servicios que prestan los ecosistemas en el ciclo de vida de productos y servicios.

El MSR está en capacidad de simular escenarios de esa reestructuración sistémica.

Es decir, los pobres de Suramérica dejarán de serlo, no porque se les dé de lo que carecen, sino porque se incluyen e integran en la dinámica de construcción de bienestar colectivo, pero un nuevo bienestar sostenible. Esto supondrá construir una dinámica de transformación del sistema del tipo Hardin/Ostrom/Max-Neef que habilite a individuos y comunidades para hacer un uso sostenible de los recursos públicos comunes naturales para solucionar la pobreza.

El MSR aún no está en capacidad de simular completamente una transformación de ese tipo.

De este modo se puede aceptar la hipótesis de que un Modelo de Sostenibilidad Regional, construido siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas, utilizado como herramienta de apoyo en los procesos de toma de decisiones para enfrentar la pobreza y aportar a la supervivencia digna del ser humano en Suramérica, evidencia inconsistencias o desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad.

6.2 Trabajo futuro

Se requiere un trabajo adicional para investigar y modelar las escalas de espacio y tiempo de la perspectiva humana y sus implicaciones en la sostenibilidad. Es necesario determinar y cuantificar los grupos humanos que se ubican en cada escala como insumo para analizar las posibles relaciones con comportamientos sostenibles o no y las alternativas de intervención del sistema.

En Suramérica se han dado casos de países en los que se ha quintuplicado la población en cincuenta años. Es necesario investigar la inestabilidad que implica esa dinámica en cuanto a pérdida de enlaces culturales, anacronismo de los comportamientos sociales, coherencias políticas, construcción y representatividad institucional, revoluciones y reacciones, medios de vida, corrupción, etc.

La relación entre pobreza y creencias, y los comportamientos religiosos y culturales en escalas locales y regionales de Suramérica, son frentes de trabajo futuro. Es posible que los cambios estructurales innovadores que se necesitan para alcanzar nuevos niveles de calidad de vida en la región estén relacionados con esos comportamientos pero es necesario investigar más decisiva y extensamente el asunto.

La arquitectura del Estado analizada por las formas de división política y administrativa, su relación con la geografía y sus implicaciones en la pobreza y sostenibilidad, son frentes de trabajo para estudiar formas y consecuencias de los modelos de desarrollo.

La magnitud de los rubros destinados a educación, un factor considerado como un determinante muy importante para reducir la pobreza, parece tener alguna relación con ello pero no es claro cómo y son necesarios más análisis para descubrir los mecanismos sistémicos internos actuantes allí.

Además de apropiarse e incluir en el MSR los nuevos índices de desarrollo humano y pobreza multidimensional que ha empezado a desarrollar y utilizar las Naciones Unidas, se debe debatir que los IDH e IBH actuales son fotos del pasado. Es necesario diseñar nuevos índices que incluyan tendencias de futuro para evidenciar la sostenibilidad del bienestar aparente del presente.

Explorar la codificación y el acople de las ecuaciones de Wagensberg, IPAT y Kurzweil en un nuevo módulo para el MSR para capturar mejor el comportamiento de la adaptación, la sensibilidad, el equilibrio, los procesos irreversibles de la vida y la evolución de la tecnología son un frente de desarrollo para los próximos años.

Es necesario hacer un esfuerzo para comprender la imprevisibilidad y para reducir variables exógenas presentes en el MSR. Aunque sigue siendo muy difícil construir modelos que definan o cambien su propia estructura de manera endógena, es necesario empezar a explorar alternativas para lograrlo.

En cuanto a asuntos particulares y técnicos del MSR y la herramienta *iThink*, se identifican estas oportunidades de trabajo e investigación:

- Documentar y reescribir los módulos económicos
- Escalar del MSR con 15 sectores económicos al MSR de 59 sectores económicos
- Que el módulo de población permita analizar y sintetizar dinámicas de población por grupos etarios
- Documentar ampliamente el trabajo de cada módulo
- Repensar todo el modelado de la pobreza
- Desarrollar un módulo de pobreza a escala humana siguiendo postulados de Max-Neef, que incluya componentes, relaciones y funciones de necesidades y satisfactores
- Desarrollar un módulo de usos de recursos públicos que capture los postulados de Hardin y Ostrom, que incluya componentes, relaciones y funciones de restricción de acceso y

creación de incentivos.

- Desarrollar e integrar al MSR un módulo de estructura y dinámica cultural
- Desarrollar e integrar al MSR un módulo de estructura y dinámica de educación por perfiles ocupacionales
- Lograr que el módulo de sostenibilidad se enlace y realimente al de escenarios para modificarlos de manera endógena
- Definir, homogenizar y unificación unidades en el modelo
- Detectar, documentar y diseñar retardos en los flujos del modelo
- Revisar las inconsistencias de las implicaciones estructurales y dinámicas
- Aprovechar las nuevas características de trabajo colaborativo y de redes sociales de las herramientas informáticas para que el modelo sea desarrollado en comunidad

Es atractivo seguir avanzando en la estructuración y alimentación de la base de datos, determinando conectores con bases de datos públicas. Explorar la posibilidad de diseñar y poner en funcionamiento un observatorio de datos de Suramérica y sea de utilidad para la comunidad de modelado con dinámica de sistemas.

En el presente se puede evaluar la in-sostenibilidad, pero la sostenibilidad es evaluable cuando ya ocurrió, en el pasado y con datos históricos. Es necesario investigar y confirmar la capacidad de predicciones de sostenibilidad del MSR de ahora en adelante para seguir refinando su estructura y parametrización, así como la capacidad de sus escenarios.

Finalmente se explorará la utilización del MSR como herramienta pedagógica en el que la dinámica de sistemas se aproveche como mecanismo transformador en los nuevos currículos centrados en la educación para el desarrollo sostenible.

“Lo mejor que se puede hacer [...] bajo estas circunstancias parece ser aceptar que no hay ningún estado deseable y sostenible para la sociedad, solamente una transición cuasi-continua, a menudo unida con la imposibilidad de pronosticar incluso el futuro cercano, y que por lo tanto se puede aportar en el mejor de los casos un cierto grado de control de daños, precisando la probabilidad de las catástrofes futuras a los que pueden estar en capacidad de ayudar a evitarlas.” (Geyer, 2004)

“La tarea no es predecir el futuro con precisión, sino elegir las políticas que conducen a uno mejor.” (Forrester, 1982)

7 BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D., Johnson, S. & Robinson, J. A. (2000). The colonial origins of comparative development: An empirical investigation. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series, No. 7771*
- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *Journal of Applied Systems Analysis*, 16, 3-9.
- Ackoff, R. L. & Emery, F. E. (1972). *On purposeful systems*. Chicago: Aldine-Atherton.
- Adelman, I. (1981). Some Thoughts on Third-Generation Economic-Demographic Models. *Proceedings on Population and Development Modelling 1979*. New York, United Nations. Department of International, Economic and Social Affairs. 90-92.
- ALADI. (2008). *Indicadores socioeconómicos*. Recuperado de <http://www.aladi.org/nsfaladi/estudios.nsf/inicio2004>
- ALC-UE. (2008). *Declaración de Lima*. Recuperado de http://www.vcumbrealcue.org/website/index.php?option=com_content&task=view&id=211&Itemid=224
- Amit, S. (2008). *Artificial vs. Natural*. [Entrada Blog] Recuperado de <http://www.reasonforliberty.com/philosophy/artificial-vs-natural.html>
- Aracil, J. & Gordillo, F. (1997). *Dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Atkinson, A. B. (1987). On the measurement of poverty. *Econometrica*, 55(4), 749-764. doi:10.2307/1911028
- Atkisson, A. (2007). *Lighthouses of Hope : Searching for sustainable development at scale. Address to the Alliance for Global Sustainability*. Barcelona, España: AGS.
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review*, 12(3), 183-210. doi:10.1002/(SICI)1099-1727(199623)12:3<183::AID-SDR103>3.0.CO;2-4
- Barlas, Y. & Carpenter, S. (1990). Philosophical roots of model validation: Two paradigms. *System Dynamics Review*, 6(2), 148-166. doi:10.1002/sdr.4260060203
- Bassi, A. & Pedercini, M. (2007). *Threshold 21 (T21) Framework*. Lusaca, Zambia.
- Beinhocker, E. D. (2006). *The origin of wealth: Evolution, complexity, and the radical remaking of economics*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Bellinger, G. (2004). *Knowledge Management - Emerging Perspectives*. Recuperado de <http://www.systems-thinking.org/kmgmt/kmgmt.htm>
- Bellinger, G. (2010). *Systems Thinking definitions*. Recuperado de http://www.systemswiki.org/index.php?title=Systems_Thinking_Definitions
- Bellinger, G., Castro, D. & Mills, A. (2002). *Data, Information, Knowledge and Wisdom*. Recuperado de <http://www.outsights.com/systems/dikw/dikw.htm>

- Betts, M. (2003). Unexpected Insights. *Computerworld*, 37, 34.
- Bezdek, R. (2007). *Renewable Energy and Energy Efficiency: Economic Drivers for the 21st Century*. American Solar Energy Society.
- Blutstein, H. (2003). A forgotten pioneer of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 11(3), 339-341. doi:10.1016/S0959-6526(02)00051-3
- Boumans, R., Costanza, R., Farley, J., Wilson, M. A., Portela, R., Rotmans, ...Grasso, M. (2002). Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model. *Ecological Economics*, 41(3), 529-560. doi:10.1016/S0921-8009(02)00098-8
- Braathen, E. (2001). New social corporatism - A discursive-comparative perspective on the World Development Report 2000/2001: Attacking Poverty. En *A critical review of the World Bank report: World development report 2000/2001. Attacking poverty* (pp. 31-43). Bergen, Norway: Comparative Research Programme on Poverty (CROP).
- Brecke, P. (1993). Integrated global models that run on personal computers. *Simulation*, 60(2), 140-144. doi:10.1177/003754979306000209
- Brecke, P. (2008). *Global Models*. Recuperado de <http://www.inta.gatech.edu/peter/globmod.html>
- Bruckmann, G. (2001). Global modeling. *Futures*, 33(1), 13-20. doi:10.1016/S0016-3287(00)00049-5
- Bruton, A. (1995). *Global Model Index*. Recuperado de <http://www.geni.org/globalenergy/library/geni/globalmodelindex.shtml>
- Carpenter, S. R. & Millennium Ecosystem Assessment. Scenarios Working Group. (2005). *Ecosystems and human well-being: Scenarios: Findings of the scenarios working group, millennium ecosystem assessment*. Washington, DC: Island Press.
- Castellar, V. & Escribano, A. (2007). *Historia de los Modelos Globales*. Recuperado de <http://www.redcientifica.com/doc/doc200111240003.html>
- Centro de Estudios en Economía Sistémica. (2006a). *Construcción de referentes de futuro a 2020, visión y plan de mediano y largo plazo. Una aplicación de economía sistémica fundamentada en modelos de simulación de dinámica de sistemas*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburra.
- Centro de Estudios en Economía Sistémica. (2006b). *Modelo de planeación y simulación económica para la gestión social del desarrollo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá fundamentado en la dinámica de sistemas*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburra.
- Centro de Estudios en Economía Sistémica. (2006c). *Modelo de planeación y simulación económica para la gestión social del desarrollo en el Departamento de Antioquia, fundamentado en la dinámica de sistemas*. Medellín: Dirección Administrativa de Planeación, Gobernación de Antioquia.
- Centro de Estudios en Economía Sistémica. (2006d). *Modelo de planeación y simulación económica para la gestión social del desarrollo en el Municipio de Medellín, fundamentado en la dinámica de sistemas*. Medellín: Dirección Administrativa de Planeación, Municipio de Medellín.
- Centro de Estudios en Economía Sistémica. (2007). *Micromundo para la planeación de políticas de intervención social para aumentar el desarrollo humano y la esperanza de vida en los barrios de la ciudad de Medellín. Una aplicación de economía sistémica fundamentada en modelos de simulación de dinámica de sistemas*. Medellín: Departamento Administrativo de Planeación, Municipio de Medellín.

- CEPAL. (2009). *CEPALSTAT Base de datos y publicaciones Estadísticas*. Recuperado de <http://websie.eclac.cl/infest/cepalstat.html>
- Chandy, L. & Gertz, G. (2011). *Poverty in Numbers: The Changing State of Global Poverty from 2005 to 2015*. (No. Policy Brief 2011-01). Washington, DC, USA: The Brookings Institution.
- Cleveland, C. J., Stern, D. I. & Costanza, R. (2001). *The economics of nature and the nature of economics*. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Cole, S. (1974). World models, their progress and applicability, *Futures*, 6(3), 201-218. doi:10.1016/0016-3287(74)90045-7
- Comparative Research Programme on Poverty. (1988). *Poverty and the Environment*. Bergen, Norway: CROP Publications.
- Comunidad Andina de Naciones. (2008). *Principales indicadores de la unión de naciones suramericanas 1997 - 2006*. Lima: Secretaria General CAN.
- Costanza, R. & Cornwell, L. (1992). The 4P approach to dealing with scientific uncertainty. *Environment*, 34(9), 12-24, 42.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R. S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ...van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260. doi:10.1038/387253a0
- Costanza, R., Duplisa, D. & Kautsky, U. (1998). Introduction to special issue on modelling ecological and economic systems with STELLA. *Ecological Modelling*, 110(1), 1-4. doi:10.1016/S0304-3800(98)00099-4
- Costanza, R. & Patten, B. C. (1995). Defining and predicting sustainability. *Ecological Economics*, 15(3), 193-196. doi:10.1016/0921-8009(95)00048-8
- Costanza, R. & Perrings, C. (1990). A flexible assurance bonding system for improved environmental management. *Ecological Economics*, 2(1), 57-75. doi: 10.1016/0921-8009(90)90013-K
- Costanza, R. & Voinov, A. (2001). Modeling ecological and economic systems with STELLA: Part III. *Ecological Modelling*, 143(1-2), 1-7. doi:10.1016/S0304-3800(01)00358-1
- Costanza, R., Wainger, L., Folke, C. & Mäler, K. (1993). Modeling complex ecological economic systems. *Bioscience*, 43(8), 545-555.
- Coutts, D. A. (2009). *The exponentialist*. Recuperado de <http://members.optusnet.com.au/exponentialist/index.htm>
- Cruz, I., Motrel, A. P., Ferrer, D., Buckland, H. & Segalas, J. (2007). *SDPromo: Challenges for Sustainable Development in Latin America and the Caribbean*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Finding flow: The psychology of engagement with everyday life* (1st ed.). New York: Basic Books.
- Dawkins, R. (2001). *Sustainability doesn't come naturally: a Darwinian Perspective on Values. Inaugural lecture at The Environment Foundation - The values platform for sustainability*. Inédito.
- de Groot, R. S., Wilson, M. A. & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. doi:10.1016/S0921-8009(02)00089-7

- Department for International Development. (1997). *Eliminating world poverty : A challenge for the 21st century : White paper on international development*. Londres, Reino Unido: Stationery Office.
- Department for Internacional Development. (1999). *Hojas orientativas sobre los medios de vida sostenibles aspecto generales*. Londres: DFID.
- Espinosa, A., Harnden, R. & Walker, J. (2008). A complexity approach to sustainability – Stafford Beer revisited. *European Journal of Operational Research*, 187(2), 636-651.
doi:10.1016/j.ejor.2007.03.023
- FAO. (1994). *World Census of Agriculture*. Recuperado de <http://www.fao.org/economic/ess/world-census-of-agriculture/en/>
- Farmer, D. (1999). *Flow & Mihaly Csikszentmihalyi*. Recuperado de <http://austega.com/education/articles/flow.htm>
- Fernández, J. L. (2007). Definition of Natural and Artificial Sustainability as the force that tames an exponentialoid. Georgia Tech, Atlanta, USA.
- Ferrer, D. (2008). *¿Qué es la ciencia de la sostenibilidad?* [Entrada Blog] Recuperado de http://emsu.org/www/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=9
- Forrester, J. W. (1971). Counterintuitive behavior of social systems. *Simulation*, 16(2), 61-76.
doi:10.1177/003754977101600202
- Forrester, J. W. (1982). Global modelling revisited. *Futures*, 14(2), 95-110. doi:10.1016/0016-3287(82)90083-0
- Forrester, J. W. (2007a). System dynamics - a personal view of the first fifty years. *System Dynamics Review*, 23(2-3), 345-358. doi:10.1002/sdr.382
- Forrester, J. W. (2007b). System dynamics - the next fifty years. *System Dynamics Review*, 23(2-3), 359-370. doi:10.1002/sdr.381
- Gallón, L. (2009a). Chain Knowledge-Invention-Technology-Wealth (KITWe) A System Dynamics basic model. En *Technology and Social Complexity* (pp. 233-244). Murcia, España: Ediciones de la Universidad de Murcia edit.um.
- Gallón, L. (2009b). *Educación en ingeniería para el desarrollo sostenible (EIDS)*. Recuperado de http://www.oei.es/cienciayuniversidad/spip.php?article143&debut_convocatorias=20
- Gallón, L. (2009c). Space and time scales of human perspective and sustainability: tools for modeling daily life dynamics. Artículo presentado en la *9th International Conference of Sociocybernetics 'MODERNITY 2.0': Emerging social media technologies and their impacts*, Urbino, Italia.
- Gallón, L. (2010). Poverty and Artificial Sustainability: A Research on the Structure and Dynamics of South America. Artículo presentado en el *XVII ISA World Congress of Sociology. Sociology on the move - 10th ISA RC51 International Conference of Sociocybernetics*, Goteborg, Sweden.
- Gallón, L., Gómez, D. F. & Barceló, M. (2009a). Herramientas para investigar la sostenibilidad: la Dinámica de Sistemas para enfrentar la pobreza en Suramérica. Artículo presentado en el *II Congrès UPC Sostenible 2015 - La recerca en Sostenibilitat: estat actual i reptes de futur*, Barcelona, España.
- Gallón, L., Gómez, D. F. & Barceló, M. (2009b). Panorama de modelos con Dinámica de Sistemas para el Desarrollo Sostenible. Artículo presentado en el *XIII Seminario de la Asociación Latinoamericana de Gestión Tecnológica -ALTEC 2009- Innovación y creatividad para el Desarrollo Sostenible*, Cartagena, Colombia.

- Gallón, L., Gómez, D. F. & Barceló, M. (2010a). *Escala y jerarquía de modelado en un Modelo de Sostenibilidad Regional para Suramérica*. Inédito.
- Gallón, L., Gómez, D. F. & Barceló, M. (2010b). Modelo de Sostenibilidad Regional, Educación, Pobreza y Sostenibilidad artificial en Suramérica. Artículo presentado en la *Jornada Edusost 2010 - L'Estat de la Recerca en Educació per a la Sostenibilitat*, Barcelona, España.
- Gallón, L. & Ramirez, S. (2007). *Pobrezas ¿Causas o Consecuencias?* Inédito.
- Gallón, L. & Robledo, J. (2004). *Aumentando la inteligencia de la organización mediante el descubrimiento de conocimiento en bases de datos*. (Tesis de Maestría). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.
- Geyer, F. (2004). *What is Sociocybernetics?* Recuperado de <http://www.unizar.es/sociocybernetics/quees/que.html>
- Global Footprint Network. (2010). *The ecological wealth of nations: Earth's biocapacity as a new framework for international cooperation*. Oakland: Global Footprint Network.
- Gómez, D. F. (2004). *Colombia 9000.3 Construcción de lo posible: un marco prospectivo para el desarrollo del país* (1ª ed.). Medellín: Centro de Estudios en Economía Sistémica (ECSIM).
- Gómez, D. F. (2005a). *Economía Sistémica* (1ª ed.). Medellín: Centro de Estudios en Economía Sistémica (ECSIM).
- Gómez, D. F. (2005b). *Pobreza y equidad. Una estrategia para la inclusión desde el empresarismo*. Medellín: Centro de Estudios en Economía Sistémica (ECSIM).
- Gómez, D. F. (2008). *Las dinámicas de innovación y los efectos en las transformaciones sociales y económicas*. (Tesis Doctoral) Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Minas, Medellín.
- Gordon, K., Hays, J., Sompolinsky, L., Tan, E. & Tsou, J. (2007). *Community Jobs in the Green Economy*. Apollo Alliance; Urban Habitat.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859), 1243-1248. doi:10.1126/science.162.3859.1243
- Harris, M. (1977). *Cannibals and kings: the origins of cultures* (1ª ed.). New York: Random House.
- Holling, C. S. (1992). Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. *Ecological Monographs*, 62(4), 447-502. doi:10.2307/2937313
- Inglehart, R. (2005). *Inglehart-Welzel Cultural Map of the World*. Recuperado de http://www.worldvaluessurvey.org/wvs/articles/folder_published/article_base_54
- International Institute for Sustainable Development. (2002). *The Sustainable Development Timeline*. Recuperado de <http://www.iisd.org/publications/pub.aspx?pno=764>
- International Institute for Sustainable Development. (2007). *The Sustainable Development Timeline*. Recuperado de <http://www.iisd.org/publications/pub.aspx?pno=764>
- Jackson, M. C. (2003). *Systems thinking: Creative holism for managers*. Chichester, West Sussex; Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.
- Kajikawa, Y., Ohno, J., Takeda, Y., Matsushima, K. & Komiyama, H. (2007). Creating an academic landscape of sustainability science: An analysis of the citation network. *Sustainability Science*, 2(2), 221-231. doi:10.1007/s11625-007-0027-8Open Access

- KPMG International & Economist Intelligence Unit. (2006). *The new reality. Business prospects in Latin America*. Suiza: KPMG.
- Kubey, R. & Csikszentmihalyi, M. (2002, feb). Television addiction is no mere metaphor. *Scientific American*. 74-80.
- Kurzweil, R. (1990). *The age of intelligent machines*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Kurzweil, R. (1999). *The age of spiritual machines: When computers exceed human intelligence*. New York: Viking.
- Kurzweil, R. (2005). *The singularity is near: When humans transcend biology*. New York: Viking.
- Landes, D. S. (1998). *The wealth and poverty of nations: Why some are so rich and some so poor* (1st ed.). New York: W.W. Norton.
- Lèlè, S. M. (1991). Sustainable development: A critical review. *World Development*, 19(6), 607-621. doi:10.1016/0305-750X(91)90197-P
- Martín, J. (2003). *Teoría y ejercicios prácticos de dinámica de sistemas* (1^a ed.). Barcelona: Juan Martín García.
- Max-Neef, M. A., Elizalde, A. & Hopenhayn, M. (1994). *Desarrollo a escala humana: Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones* (1^a ed.). Barcelona; Montevideo: Icaria; Nordan-Comunidad.
- McKeown, R. (Ed.). (2002). *Manual de Educación para el Desarrollo Sostenible*. Knoxville, TN, USA: Centro de Energía, Medio Ambiente y Recursos - Universidad de Tennessee.
- Meadows, D. H. (1990). *Who lives in the Global Village?* Recuperado de http://www.sustainer.org/dhm_archive/index.php?display_article=vn338villageed
- Meadows, D. H., Meadows, D. L. & Randers, J. (1992). *Beyond the limits: Confronting global collapse, envisioning a sustainable future*. Post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the club of rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books.
- Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows, D. L. (2004). *The limits to growth: The 30-year update*. White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing Company.
- Mendoza, P. A., Montaner, C. A., Vargas Llosa, Á. & Vargas Llosa, M. (1996). *Manual del perfecto idiota latinoamericano-- y español* (4^a ed.). Barcelona: Plaza & Janés Editores.
- Merriam-Webster. (2008). *Merriam-Webster Online Dictionary* (11^a ed.). Springfield, MA, USA.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- Millennium Institute. (2000). *Threshold 21 (T21) Overview*. Arlington, VA, USA.
- Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad. (2005a). *¿Cuántos son los pobres en Colombia?* Colombia: Departamento Nacional de Planeación.
- Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad. (2005b). *Determinantes de pobreza y la vulnerabilidad*. Colombia: Departamento Nacional de Planeación.

- Misión Estrategia de Reducción de Pobreza y Desigualdad. (2005c). *La pobreza y la desigualdad en Colombia: Resultados y principales estrategias*. Colombia: Departamento Nacional de Planeación.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2002). *Frascati manual 2002: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development : The measurement of scientific and technological activities*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Ostrom, E., Burger, J., Field, C. B., Norgaard, R. B. & Policansky, D. (1999). Sustainability - revisiting the commons: Local lessons, global challenges. *Science*, 284(5412), 278-282. doi:10.1126/science.284.5412.278
- Oxford Poverty and Human Development Initiative. (2010). *Multidimensional Poverty Index (MPI)*. Oxford University.
- Pearce, F. (2010). *The reproductive revolution: How women are changing the planet's future*. Recuperado de <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-reproductive-revoluti>
- Peccei, A. (1977). *The human quality* (1st ed.). Oxford; New York: Pergamon Press.
- Population Reference Bureau. (2000). *World Population Clock 2000*. Recuperado de <http://www.prb.org/Articles/2000/TimeonthePopulationClock.aspx>
- Population Reference Bureau. (2008). *World Population Clock 2008*. Recuperado de <http://www.prb.org/Articles/2008/WorldPopulationClock2008.aspx>
- Population Reference Bureau. (2010). *World Population Clock 2010*. Recuperado de <http://www.prb.org/Articles/2010/worldpopulationclock2010.aspx>
- Profamilia. (2010). *Encuesta Nacional de Demografía y Salud - ENDS 2010*. Recuperado de <http://www.profamilia.org.co/encuestas/Profamilia/Profamilia/>
- Randers, J. (1980). *Elements of the system dynamics method*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Rastetter, E. B., King, A. W., Cosby, B. J., Hornberger, G. M., O'Neill, R. V. & Hobbie, J. E. (1992). Aggregating fine-scale ecological knowledge to model coarser-scale attributes of ecosystems. *Ecological Applications*, 2(1), 55-70. doi:10.2307/1941889
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española* (22^a ed.). Madrid, España.
- Richardson, J. M. (1982). A decade of global modelling. *Futures*, 14(2), 136-145. doi:10.1016/0016-3287(82)90087-8
- Sachs, J. D., Mellinger, A. D. & Gallup, J. L. (2001, mar). The Geography of Poverty and Wealth. *Scientific American*, 70-75.
- Sachs, W. (1992). Poor, Not Different. In P. Ekins, & M. A. Max-Neef (Eds.), *Real-Life Economics: Understanding Wealth Creation* (1^a ed., pp. 161-165). Londres, New York: Routledge.
- Scott, B. (2002). Being holistic about global issues: needs and meanings. *Journal of Sociocybernetics*, 3(1), 21-26.
- Scott, B. (2008). The role of sociocybernetics in understanding world futures. Artículo presento en la 8th *International Conference of Sociocybernetics. Complex systems, interdisciplinarity and world futures*, Ciudad de México, México.
- Sen, A. (1979). *Equality of what? - The Tanner lecture on human values*. Palo Alto, CA, USA: Stanford University.

- Sen, A. & Foster, J. E. (1998; 1973). *On economic inequality*. Delhi; New York: Oxford University Press.
- Sharma, N. (2008). *The Origin of the "Data Information Knowledge Wisdom" Hierarchy*. Recuperado de http://www-personal.si.umich.edu/~nsharma/dikw_origin.htm
- Stahel, A. (2002). Las necesidades humanas y la (re)producción de la pobreza por el desarrollo económico moderno. *Ecología Política*, (23), 141-152.
- Stanton, E. (2007). *The Human Development Index: A History*. MA, USA: Political Economy Research Institute, University of Massachusetts at Amherst. Recuperado de <http://ideas.repec.org/p/uma/periwp/wp127.html>
- Sterman, J. D. (2002). All models are wrong: Reflections on becoming a systems scientist. *System Dynamics Review*, 18(4), 501-531. doi:10.1002/sdr.261
- Tamayo, M. (1999). En Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación (Ed.), *Serie APRENDER A INVESTIGAR módulo 2 LA INVESTIGACIÓN* (3ª Edición corregida y aumentada). Bogotá.
- Telegeography Research. (2005). *Latin American Telecommunications Traffic Flows 2004*. Recuperado de http://www.telegeography.com/ee/free_resources/figures/tg-05.php
- Tenjo, F. (2005). *Macroeconomía y Pobreza*. Bogotá, Colombia: Banco de la República.
- UNESCO. (2003). *El Decenio de las Naciones Unidas para la Educación con miras al Desarrollo Sostenible (enero 2005 – diciembre 2014) Marco de referencia para un esbozo del Programa de aplicación internacional para el Decenio*.
- UNESCO. (2007). *COMUNICADO 34ª reunión de la Conferencia General de la UNESCO Mesa redonda ministerial sobre "Educación y desarrollo económico"*. Paris: UNESCO.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2004). *El Programa 2005–2008 de la UICN: Muchas voces, Una tierra*. Bangkok: UICEN.
- United Nations. (2000). *Declaración del Milenio*. New York: UN.
- United Nations Children's Fund. (2005). *Pobreza Infantil en Países Ricos. Innocenti Report Card No. 6*. Florencia: Centro de Investigaciones Innocenti de UNICEF.
- United Nations Development Programme. (1990). *Human development report 1990: Concept and measurement of human development*. New York: UNDP.
- United Nations Development Programme. (2000). *Human development report 2000: Human rights and human development*. New York: UNDP.
- United Nations Development Programme. (2005). *Human development report 2005: International cooperation at a crossroads: Aid, trade and security in an unequal world*. New York: UNDP.
- United Nations Development Programme. (2006). *Human development report 2006: Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. New York: UNDP.
- United Nations Development Programme. (2008). *Human Development Report 2007/2008: Fighting climate change: human solidarity in a divided World*. New York: UNDP.
- United Nations Development Programme. (2009). *Human Development Report 2009: Overcoming barriers: Human mobility and development*. New York: UNDP.

- United Nations Development Programme. (2010). *Human Development Report 2010 - 20th Anniversary Edition: The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development*. New York: UNDP.
- United Nations Population Division. (2009). *World Population Prospects: 2008 Revision Population Database*. Recuperado de <http://esa.un.org/unpp/index.asp>
- Ventana Systems Inc. (2008). *Vensim Documentation Modeling Guide*. Harvard, MA, USA.
- Voinov, A. (1999). *Simulation Modeling Online Course*. Recuperado de <http://www.likbez.com/AV/Simmod.html>
- von Bertalanffy, L. (1969). *General system theory; foundations, development, applications* (Edición revisada). New York: G. Braziller.
- Wagensberg, J. (1998). *Ideas sobre la complejidad del mundo* (4th ed.). Barcelona: Tusquets.
- Wagensberg, J. (2004). Cómo perseverar cuando la incertidumbre aprieta bajo la ley general del cambio. *Pasajes de pensamiento contemporáneo*, 14(primavera)
- Walker, D. O. (2007). Patterns of income distribution among world regions. *Journal of Policy Modeling*, 29(4), 643-655. doi:10.1016/j.jpolmod.2007.05.012
- WBCSD. (2002). *Sustainable development MAP*. Recuperado de <http://www.wbcsd.org/web/flash/sdmap.html>
- World Bank. (2001). *What the poor say*. Washington: The World Bank Group.
- World Bank. (2008a). *2008 World Development Indicators (WDI) CD-ROM*. Washington D.C.: The World Bank.
- World Bank. (2008b). *Understanding Poverty*. Recuperado de <http://go.worldbank.org/RQBDCTUXW0>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. New York: Oxford University Press.
- World Wildlife Fund for Nature. (2004). *Living Planet Report 2004*. Gland, Suiza: WWF.
- World Wildlife Fund for Nature. (2006). *Living Planet Report 2006*. Gland, Suiza: WWF.
- World Wildlife Fund for Nature. (2008). *Living Planet Report 2008*. Gland, Suiza: WWF.

ANEXO A. ORGANISMOS DE ASOCIACIÓN EN SURAMÉRICA

Asociación Latinoamericana de Instituciones Financieras para el Desarrollo (ALIDE)

Organismo internacional que representa a la banca de América Latina y el Caribe.

Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI)

Es el mayor grupo latinoamericano de integración. Promueve la expansión de la integración de la región a fin de asegurar su desarrollo económico y social, y tiene como objetivo final el establecimiento de un mercado común.

Asociación Latinoamericana y del Caribe del Transporte Aéreo (ALTA)

Es una organización privada, sin ánimo de lucro, cuyas más de 30 líneas aéreas asociadas representan más de 90 por ciento del tráfico aéreo comercial de la región. Coordina los esfuerzos de colaboración de sus miembros para facilitar el desarrollo de un transporte aéreo más seguro, eficiente y amigable ambientalmente.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

La principal fuente de financiamiento multilateral para el desarrollo económico, social e institucional sostenible de América Latina y el Caribe, así como para la integración de la región.

Centro de Formación para la Integración Regional (CEFIR)

Centro para promover un intercambio de conocimientos y experiencias entre Europa y América Latina en materia de formación, gestión y ejecución de políticas públicas relativas a la integración regional.

Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD)

Organismo internacional de carácter intergubernamental que promueve la cooperación técnica y la formación de funcionarios en el ámbito de América Latina y el Caribe.

Comisión de Integración Energética Regional (CIER)

Su objetivo es de promover y favorecer la integración del sector energético en la región por medio de la cooperación mutua entre sus asociados. Está integrada por diez Comités Nacionales de los países de Sudamérica.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

Una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas con sede en Santiago de Chile. Se fundó para contribuir al desarrollo económico de América Latina, coordinar las acciones encaminadas a su promoción y reforzar las relaciones económicas de los países entre sí y con las demás naciones del mundo. Posteriormente, su labor se amplió a los países del Caribe y se incorporó el objetivo de promover

el desarrollo social.

Comunidad Andina (CAN)

Institución conformada por Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Su objetivo principal es promover el desarrollo equilibrado y armónico de sus miembros mediante la integración económica y social de sus pueblos.

Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO)

Institución internacional no-gubernamental para la promoción y el desarrollo de la investigación y la enseñanza en los más diversos campos de las ciencias sociales, así como también el fortalecimiento del intercambio y la cooperación entre instituciones e investigadores de dentro y fuera de la región.

Convenio Andrés Bello (CAB)

Organismo intergubernamental que tiene como objetivo fomentar la integración educativa, cultural y tecnológica de sus países miembros: Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, Panamá, Perú y Venezuela.

Corporación Andina de Fomento (CAF)

Institución financiera internacional cuya misión es apoyar el desarrollo sostenible y la integración latinoamericana. Atiende a los sectores público y privado suministrando productos y servicios múltiples a una amplia cartera de clientes constituida por gobiernos, empresas privadas e instituciones financieras.

Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe (INTAL)

Organismo dependiente del Departamento de Integración y Programas regionales del BID para promover y consolidar el proceso de integración en América Latina y el Caribe en los niveles subregional, regional, interregional, hemisférico e internacional.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)

Institución cuyo objetivo es fomentar el desarrollo del sistema agrícola y el medio rural en Latinoamérica.

Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE)

Organismo internacional destinado a servir a los países de América Latina en diversos campos de la educación. Creado por un acuerdo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y los 13 países miembros. Su objetivo es contribuir al mejoramiento de la educación a través del uso de los medios de comunicación.

Mercado Común del Sur (MERCOSUR)

La República Argentina, la República Federativa de Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay suscribieron el 26 de marzo de 1991 el Tratado de Asunción, creando el Mercado Común del Sur, MERCOSUR, que constituye el proyecto internacional más relevante en que se encuentran comprometidos esos países. Los cuatro Estados que lo conforman comparten una comunión

de valores que encuentra expresión en sus sociedades democráticas, pluralistas, defensoras de las libertades fundamentales, de los derechos humanos, de la protección del medio ambiente y del desarrollo sostenible, así como su compromiso con la consolidación de la democracia, la seguridad jurídica, el combate a la pobreza y el desarrollo económico y social en equidad.

Organización de los Estados Americanos (OEA)

Reúne a los países del hemisferio occidental para fortalecer la cooperación mutua en torno a los valores de la democracia, defender los intereses comunes y debatir los grandes temas de la región y el mundo.

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)

Organismo internacional de carácter gubernamental para la cooperación entre los países iberoamericanos en el campo de la educación, la ciencia, la tecnología y la cultura en el contexto del desarrollo integral, la democracia y la integración regional.

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)

Se trata de una organización política y de apoyo técnico, mediante la cual sus Estados miembros realizan esfuerzos comunes, para la integración energética regional y subregional para contribuir a la integración, al desarrollo sostenible y la seguridad energética de la región, asesorando e impulsando la cooperación y la coordinación entre sus países miembros.

Organización Panamericana de la Salud (OPS)

Organismo internacional de salud pública con 100 años de experiencia dedicados a mejorar la salud y las condiciones de vida de los pueblos de las Américas. Goza de reconocimiento internacional como parte del Sistema de las Naciones Unidas, y actúa como Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud.

Sistema Económico Latinoamericano (SELA)

Organismo regional intergubernamental, con sede en Caracas, integrado por 28 países de América Latina y el Caribe que tiene como objetivo fundamental promover un sistema de consulta y coordinación para concertar posiciones y estrategias comunes en materia económica, ante países, grupos de naciones, foros y organismos internacionales.

Unión Latina (UL)

Organización internacional fundada en 1954 por el Convenio de Madrid para promover y difundir la herencia cultural y las identidades del mundo latino.

Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR)

Unión para el desarrollo político, social, cultural, económico, financiero, ambiental y de la infraestructura. Este nuevo modelo de integración incluirá los logros y lo avanzado por los procesos del Mercosur y la Comunidad Andina, así como la experiencia de Chile, Guyana y Surinam. El objetivo último es y será favorecer un desarrollo más equitativo, armónico e integral de América del Sur.

ANEXO B. FUENTES DE DATOS DE SURAMÉRICA

Angus Maddison

<http://www.ggdcc.net/MADDISON/oriindex.htm>

<http://www.ggdcc.net/maddison/>

Asociación Latinoamericana y del Caribe de Transporte Aéreo (ALTA)

<http://www.alta.aero/>

Banco Mundial (WB)

<http://data.worldbank.org/>

British Geological Survey (BGS)

<http://www.bgs.ac.uk/>

British Petroleum (BP)

<http://www.bp.com>

Bureau of Economic Analysis (BEA)

<http://www.bea.gov/>

Center for International Earth Science Information Network (CIESIN)

<http://www.ciesin.columbia.edu/>

Comisión Económica para América Latina (CEPAL)

<http://www.cepal.cl/estadisticas/>

Comisión de Integración Energética Regional (CIER)

<http://www.cier.org.uy/d06-sie/>

Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA)

<http://www.defra.gov.uk/>

Department of Energy and Climate Change (DECC)

<http://www.decc.gov.uk/>

Earth Trends

<http://earthtrends.wri.org/>

Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)

<http://www.bgr.bund.de>

Fondo Monetario Internacional (FMI)

<http://www.imf.org/external/data.htm>

French Agency for the Environment and Energy Management (ADEME)

<http://www2.ademe.fr/>

Gapminder

<http://www.gapminder.org/>

Global Footprint Network

<http://www.footprintnetwork.org>

Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA)

<http://www.iirsa.org/>

Institute of Social Ecology (SEC)

<http://www.uni-klu.ac.at/socec/eng/inhalt/1.htm>

International Energy Agency (IEA)

<http://www.iea.org/>

International Finance Corporation (IFC)

<http://www.ifc.org/>

Latinobarometro

<http://www.latinobarometro.org>

Mineral Information Institute (MII)

<http://www.mii.org/>

Ministerios de Educación

Ministerios de Transporte

Ministerios de Salud/Sanidad

National Aeronautics and Space Administration (NASA) - Space Settlements: A Design Study

http://settlement.arc.nasa.gov/75SummerStudy/Table_of_Contents1.html

National Mining Association (NMA)

<http://www.nma.org/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

<http://www.fao.org/corp/statistics/>

FAOSstat <http://faostat.fao.org/>

FAO Aquastat <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

<http://www.uis.unesco.org>

Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)

<http://www.olade.org.ec/>

Organización Panamericana de la Salud (OPS)

<http://new.paho.org/>

Population Reference Bureau (PRB)

<http://www.prb.org/>

Programas de Transferencias Condicionadas (PTC)

<http://dds.cepal.org/bdptc/>

Socio-Economic Database for Latin America and the Caribbean (SEDLAC)

<http://sedlac.econo.unlp.edu.ar/>

United Nations Environment Programme (UNEP) + GRID-Arendal - Vital Water Graphics

<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/>

Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR)

www.pptunasur.com

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

<http://www.itu.int>

United Nations Development Programme (UNDP)

<http://www.undp.org/>

HDR <http://hdr.undp.org/>

United Nations Population Division

<http://www.un.org/esa/population/unpop.htm>

United States Geological Survey (USGS)

<http://www.usgs.gov/>

World Database on Protected Areas (WDPA)

<http://www.wdpa.org/>

World Health Organization (WHO)

<http://www.who.int/>

ANEXO C. PUBLICACIONES REALIZADAS

La cadena Conocimiento-Invención-Tecnología-Riqueza (CITRiq):

Un modelo básico de Dinámica de Sistemas

Chain Knowledge-Invention-Technology-Wealth (KITWe):

A System Dynamics basic model

7th International Conference of Sociocybernetics

TECHNOLOGY AND SOCIAL COMPLEXITY

Murcia, España, 18 - 23 de junio de 2007

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo de un sistema dinámico y simular su comportamiento mediante la utilización de la informática para avanzar en la comprensión de dos asuntos de investigación relacionados con la complejidad de la gestión del conocimiento y de la gestión de la tecnología en función de sus consecuencias directas o indirectas en la riqueza del individuo o de la organización. Primero, ¿cuál sería un modelo básico del sistema compuesto por los elementos: Conocimiento, Invención, Tecnología y Riqueza (al que se denominará Cadena CITRiq)?, y segundo, ¿qué comportamiento se puede obtener de los elementos del modelo de manera que se puedan comprender mejor las características, relaciones, causas y consecuencias de las decisiones de gestión asociadas a las intervenciones de los entornos y proyectos de conocimiento o de tecnología que conduzcan a modificar el comportamiento de la riqueza? Desde otro punto de vista, se busca un modelo que ayude a entender y predecir fracasos o éxitos en proyectos de tecnología. El trabajo presenta una aproximación original a un modelo sistémico básico de la cadena CITRiq que muestra unos primeros resultados que confirman la hipótesis de que invertir sin un balance cuidadoso entre conocimiento y tecnología conduce a graves consecuencias con la riqueza.

Palabras Clave: Dinámica de sistemas, determinismo tecnológico, modelos de bienestar, toma de decisiones, gestión del conocimiento, gestión de la tecnología, sociocibernética, progreso.

Educación en Ingeniería para el Desarrollo Sostenible (EIDS)

Reflexión sobre el Proyecto Metas Educativas 2021

Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)

Marzo 2009

Resumen

La EIDS es más que una base de conocimiento relacionada con el ambiente, la economía o la sociedad. También tiene que ver con el aprendizaje de habilidades, perspectivas y valores que guían y motivan a la gente a buscar formas sostenibles de ganarse la vida, participar en una sociedad democrática y vivir, y se necesita entonces incluir cinco componentes en un programa educativo: conocimientos, habilidades, perspectivas, valores y problemas. Lo que todos, pero en especial los ingenieros, tienen que saber y hacer ya.

Palabras clave: Educación Transformadora, Desarrollo Sostenible, Prospectiva

Space and Time Scales of Human Perspective and Sustainability:

Tools for Modeling Daily Life dynamics

9th International Conference of Sociocybernetics

'MODERNITY 2.0': Emerging social media technologies and their impacts

Urbino, Italy, 29 junio - 5 julio de 2009

Abstract

The scales of space and time with which the humans observe, live and construct their world, are one of the elements that determine the human perspective; the ones with which the systems observe, constitute and construct their longevity are one of the elements that determine the sustainability. In our time, the human perspective and the sustainability are entering in evolutionary processes in scales of space and time aliens to the human perception and experience. Thus, the dynamics of innovation of technologies that support the new emergent social media can steer to subjects as the singularity. Tools of first and second order cybernetics help to answer questions like: What relationship can be found between the scales of space and time of the human perspective and of the sustainability and the dynamics of the new social media technologies? How such exploration enriches the understanding of social systems and human behavior? What contributions can be offered from such analysis and synthesis to contribute to sustainable development? This paper looks for relationships between the scales of space and time and a model of a system formed by data, information, knowledge, understanding and wisdom, trying to address the dynamics of daily human life that will help to understand the strong human attraction to emerging social media and to envision how could the existing ones be amended or how new ones could be created in order to give new hopes of sustainability for a human species with an increasing risk of disappearing.

Keywords: Sustainability; Human Scales; Modeling; Space and Time Scales; Knowledge Hierarchy.

Herramientas para investigar la sostenibilidad:

La Dinámica de Sistemas para enfrentar la pobreza en Suramérica

II Congr s UPC Sostenible 2015 - La recerca en Sostenibilitat: estat actual i reptes de futur

Barcelona, España, 9 - 10 de julio de 2009

Resumen

Según Naciones Unidas, en el año 1950 vivían en Suramérica unos 113 millones de personas, ese número ha llegado a unos 385 millones en 2008, casi tres veces y media más, y se estima que para el 2050 llegar  a unos 516 millones. De otra parte, un análisis global de las dinámicas de población con corte en 2008 revela que, aproximadamente, por cada nacimiento que se da en un entorno de riqueza, se dan unos 38 en entornos de pobreza. Son ese tipo de dinámicas las que revelan la necesidad de contar con nuevos modelos de los sistemas sociales, ecológicos y económicos en los que se desarrollan poblaciones determinadas para poder analizar y sintetizar sus posibles escenarios de sostenibilidad. Pero para responder si es posible avanzar en la comprensión, el control y la reducción la pobreza en Suramérica con desarrollo sostenible, no sólo se necesita de un modelo, sino de una herramienta para investigarlo como la dinámica de sistemas. Esa es la dirección en la que va esta investigación, parte de la tesis 'Modelo de Sostenibilidad Regional, Dinámica de sistemas para enfrentar la pobreza en Suramérica' que se elabora en el marco del Doctorado en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo de la Universidad Polit cnica de Cataluña, y que se apoya entre otros, en principios de la economía sistémica, la sociocibernética y la informática para conformar un marco teórico y práctico que sustente la modelización con dinámica de sistemas de la región de Suramérica para tener una plataforma que sirva como apoyo para descubrir posibles inconsistencias y desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad y dar nuevas luces, aportar escenarios de soluciones y proveer una innovadora herramienta de investigación y gestión, para enfrentar la realidad trágica de pobreza de más de la mitad de los habitantes de 17,840,000 km² de biósfera del planeta tierra.

Palabras clave: Pobreza, Sostenibilidad, Suramérica, Dinámica de sistemas, Modelado.

Panorama de modelos con Dinámica de Sistemas para el Desarrollo Sostenible

XIII Seminario de la Asociación Latino-iberoamericana de Gestión Tecnológica - ALTEC 2009 -

Innovación y creatividad para el desarrollo sostenible

Cartagena, Colombia, 25 -27 de noviembre de 2009

Resumen

En el año 2007 se cumplieron 50 años de la aparición de un campo novedoso para el pensamiento humano: la Dinámica de Sistemas, considerada, tal vez, como la principal tecnología sistémica. En el 2008 se cumplieron 40 años de la aparición del Club de Roma fundado por Aurelio Peccei y varios de sus colegas con el fin de estimular nuevas investigaciones de la problemática global desde una visión científica y completa. Los logros de Jay W. Forrester en 1957 y de Peccei en 1968 vienen a ser los pilares fundamentales del modelado con dinámica de sistemas. En retrospectiva, es difícil creer que cuando se fundó el Club de Roma, no se tenía idea alguna de cómo se podrían hacer las investigaciones que proponía. Es decir, los asuntos relacionados con los modelos y el modelado con dinámica de sistemas son muy recientes para la humanidad, siendo difícil hallar referentes particulares más atrás de mediados del siglo XX, y aunque el aparato matemático para solucionar ese tipo de problemas existía desde inicios del siglo XIX, sólo se logró cerrar el flujo de análisis y síntesis de la cadena sistema-idea-modelo-dinámica-simulación-sistema con las innovaciones en Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) de la era digital electrónica. Este trabajo hace un recuento detallado, a modo de panorama de línea de tiempo, de modelos desarrollados por diferentes individuos, grupos, instituciones o empresas en los últimos 50 años y los clasifica además con referentes desde el desarrollo sostenible, con el propósito de apoyar la innovación de metodologías o procesos de investigación o gestión.

Palabras clave: Dinámica de sistemas; Modelado; Desarrollo sostenible; Sostenibilidad.

Modelo de Sostenibilidad Regional:

Educación, Pobreza y Sostenibilidad artificial en Suramérica

Jornada Edusost 2010 - L'Estat de la Recerca en Educació per a la Sostenibilitat

Barcelona, España, 22 de junio de 2010.

Resumen

Según Naciones Unidas, en el año 1950 vivían en Suramérica unos 113 millones de personas, ese número ha llegado a unos 385 millones en 2008, casi tres veces y media más. Se estima que para el 2050 llegará a unos 516 millones. De otra parte, un análisis global de las dinámicas de población con corte en 2008 revela que, aproximadamente, por cada nacimiento que se da en un entorno de riqueza, se dan unos 38 en entornos de pobreza. Son ese tipo de dinámicas las que revelan la necesidad de contar con nuevos modelos de los sistemas sociales, ecológicos y económicos en los que se desarrollan poblaciones determinadas para poder analizar y sintetizar sus posibles escenarios de sostenibilidad. Pero para responder si es posible avanzar en la comprensión, el control y la reducción la pobreza en Suramérica con desarrollo sostenible, no sólo se necesita de un modelo, sino de una herramienta para investigarlo como la dinámica de sistemas. Esa es la dirección en la que va esta investigación, parte de la tesis 'Modelo de Sostenibilidad Regional, dinámica de sistemas para enfrentar la pobreza en Suramérica' que se elabora en el marco del Doctorado en Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo de la Universidad Politécnica de Cataluña, y que se apoya entre otros, en principios de la economía sistémica, la sociocibernética y la informática para conformar un marco teórico y práctico que sustente la modelización con dinámica de sistemas de la región de Suramérica y permita disponer de una plataforma de apoyo para descubrir posibles inconsistencias y desalineaciones entre las concepciones tradicionales del desarrollo y la sostenibilidad y dar nuevas luces, aportar escenarios de soluciones y proveer una innovadora herramienta de investigación, gestión y educación para enfrentar la realidad trágica de pobreza de más de la mitad de los habitantes de 17,840,000 km² de biósfera del planeta tierra.

Palabras clave: Educación, Pobreza, Sostenibilidad, Suramérica, Dinámica de sistemas, Modelado.

***Poverty and Artificial Sustainability:
A Research on the Structure and Dynamics of South America***

XVII ISA World Congress of Sociology - Sociology on the move

10th ISA RC51 International Conference of Sociocybernetics

Gotemburgo, Suecia, 10 - 17 de Julio de 2010.

Abstract

In 1950, 113 million people lived in South America, in 2008, 385 million, more than three times. Half of them live in poverty. In 2050, about 485 million people will be living there. Contemporary population dynamics figures on a global average show that by each birth in a rich family there are 38 in poor families. Then it's necessary to think on new social, ecological and economic systems models to analyze and synthesize their possible sustainability from two perspectives: natural and artificial, and to research on how they are possible and behave. This paper shows the process of building, with the help of first and second order cybernetics tools, a theoretical and practical framework for modeling South America using Systems Dynamics and explores questions such as: Is it possible to reduce poverty following a sustainable path? What is the kind of steady state behind the sustainability ideas? In what sense is it possible to talk of artificial sustainability? What relationship can be found between the scales of space and time of the human perspective and of the sustainability and the dynamics of the new social equilibriums? How such exploration enriches the understanding of social systems and human behavior? What contributions can be offered from such analysis and synthesis to contribute to sustainability? How can the structure and dynamics of South America helps to answer those questions? The obtained results will serve to discover possible inconsistencies and counterintuitive behaviors in traditional conceptions of poverty, development and sustainability.

Keywords: Sustainability; Poverty; System Dynamics; Modeling; South America; Sustainable Development.

***Escala y jerarquía de modelado en un
Modelo de Sostenibilidad Regional para Suramérica***

8º Congreso Latinoamericano y 8º Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas 2010 CLECDS 2010

Medellín, Colombia, 17-19 de Noviembre de 2010.

NOTA: Artículo aceptado por el evento pero no presentado por motivos logísticos.

Resumen

El modelado con dinámica de sistemas permite estudiar los comportamientos de un sistema y sus posibles trayectorias diferenciadas de cambio y equilibrio para evaluar en el presente asuntos futuros como su sostenibilidad. Este artículo presenta resultados preliminares del proyecto de tesis doctoral Modelo de Sostenibilidad Regional (MSR) que desarrollan los autores para Suramérica y, en particular, cuestiones relacionadas con las implicaciones de utilizar diferentes escalas y jerarquías de modelado.

Palabras Clave: Escala, Jerarquía, Modelado, Sostenibilidad, Suramérica, Dinámica de sistemas.