



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

MODALIDAD INVESTIGACIÓN

GENERACIÓN DE INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIÓN EN EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

MARÍA ANTONINA GALVÁN FERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

Puebla, Puebla

2019



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **María Antonina Galván Fernández**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Angel Bustamante González**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Generación de indicadores para la toma de decisión en el manejo integral de cuencas**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 26 de febrero del 2019.

María Antonina Galván Fernández

Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis
Dr. Angel Bustamante González

La presente tesis, titulada: **Generación de indicadores para la toma de decisión en el manejo integral de cuencas**, realizada por la alumna: **María Antonina Galván Fernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS


MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

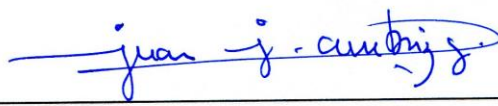
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. ANGEL BUSTAMANTE GONZÁLEZ

ASESOR: 
DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR: 
DR. JOSÉ LUIS JARAMILLO VILLANUEVA

ASESOR: 
DR. MARIO ROBERTO MARTÍNEZ MENES

ASESOR: 
DR. JUAN JOSÉ AMBRIZ GARCÍA

Puebla, Puebla, México, 26 de febrero del 2019

GENERACIÓN DE INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIÓN EN EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

María Antonina Galván Fernández, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2019

El manejo de cuencas, a pesar de ser un enfoque de manejo de recursos naturales y de desarrollo regional con más de 60 años, se considera aún una de las opciones para promover el desarrollo sustentable de un espacio geográfico o de un territorio. Sin embargo, tiene el reto de pasar de las intenciones de un manejo integral de la cuenca a llevar a cabo realmente intervenciones que impacten los tres ejes fundamentales del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental. También, de la generación de indicadores para programas específicos, que permitan valorar el cumplimiento real de dicha integralidad. En esta investigación se tuvo como objetivo generar una propuesta metodológica que integre los componentes ambiental-social-económica para un programa de manejo de cuencas, a través de herramientas de valoración de acciones o indicadores de cada componente, dentro de un marco teórico que los correlacione. Se inició con la revisión de la evolución de los marcos conceptuales de monitoreo, administración y gestión de cuencas. Posteriormente, considerando una perspectiva integrada, se desarrolló propuesta metodológica para la construcción de indicadores, estableciendo la aplicación numérica como un estudio de caso en la evaluación de programas en la Cuenca del Valle de México. Finalmente, como una propuesta matemática novedosa, se plantea un sistema axiomático (enunciados) que relaciona el modelo conceptual de los Espacios de Hilbert con el modelo propuesto, para dar una estructura formal o matemática al modelo propuesto. Los resultados mostraron que si es posible el desarrollo de una propuesta metodológica que permita evaluar de manera integral las intervenciones de manejo de cuencas, con una base cuantitativa sustentada teóricamente.

Palabras clave: Cuenca, indicadores, manejo, sustentabilidad

GENERATION OF INDICATORS FOR THE DECISION-MAKING FOR INTEGRATED WATERSHED MANAGEMENT

María Antonina Galván Fernández, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2019

Watershed management, despite being an approach to natural resource management and regional development with more than 60 years, is still considered one of the options to promote the sustainable development of a geographical space or territory. However, it has the challenge of going from the intentions of a comprehensive management of the basin to actually carrying out interventions that impact the three fundamental axes of sustainable development: economic, social and environmental. Also, the generation of indicators for specific programs that allow assessing the real compliance of that integrality. The objective of this research was to generate a methodological proposal that integrates the environmental-social-economic components for a watershed management program, through assessment tools of actions or indicators of each component, within a theoretical framework that correlates those indicators. It began with the revision of the evolution of the conceptual frameworks for monitoring, administration and management of watersheds. Subsequently, considering an integrated perspective, a methodological proposal was developed for the construction of indicators, establishing the numerical application as a case study in the evaluation of programs in the Valley of Mexico Basin. Finally, as a novel mathematical proposal, an axiomatic system (sentences) is proposed that relates the conceptual model of the Hilbert Spaces with the proposed model, to give a formal or mathematical structure to the proposed model. The results showed that if it is possible to develop a methodological proposal that allows holistic assessment of watershed management interventions, with a quantitative basis supported theoretically.

Keyword: watershed, indicators, sustainability, management

AGRADECIMIENTOS

El buen juicio nace de la buena inteligencia; la buena inteligencia deriva de la razón. La razón es sacada de buenas reglas y normas. Y las reglas y normas son hijas de una buena crianza; una buena crianza solo produce buenas experiencias.

El conjunto de buenas experiencias es la madre común de todas las ciencias y artes.

Leonardo da Vinci

A MIS PADRES QUE ANTES DE PARTIR, SE ASEGURARON DE DARME UNA BUENA CRIANZA, Y BUENAS EXPERIENCIAS

A MIS HERMANITOS. SU APOYO, PIEDRA ANGULAR.

Y A MIS 2 JEFES ANTERIORES, POR SU PACIENCIA Y CONFIANZA EN MIS CAPACIDADES.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Antecedentes.....	1
Planteamiento del problema de investigación, hipótesis y objetivos.....	3
Marco teórico de la investigación.....	6
Descripción de los apartados de la tesis.....	13
CAPÍTULO I.	
PROPUESTA DE ESTRUCTURA PARA LA GENERACIÓN DE UN MARCO LÓGICO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS	16
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Introducción.....	18
Recuento histórico-conceptual del manejo de cuencas.....	20
Construyendo el marco lógico.....	32
Discusión.....	46
Conclusiones.....	47
Bibliografía.....	47
CAPÍTULO II.	
ANALYSIS MODEL OF REGIONAL DEVELOPMENT IMPACT INDICATORS AND ITS IMPACT ON BUILDING SYSTEMS PROTOCOL	52
Abstract.....	52
Résumé.....	54
Resumen.....	55
Introduction.....	57
The paradigm of sustainability.....	58
The indicators in the development models.....	60
Definition of model: Pluto-Centric model.....	61

	Página
Homo-Centric model.....	65
Eco-Centric model.....	70
The Bio politics.....	75
The governmentality.....	79
Discussion.....	84
Conclusions.....	85
References.....	88
 CAPÍTULO III.	
CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR PARA LA VALORACIÓN DE PROGRAMAS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA.....	91
Resumen.....	91
Abstract.....	92
Résumé.....	92
Introducción.....	93
Antecedentes.....	94
La zona de estudio.....	96
Metodología.....	99
El concepto de sustentabilidad.....	99
La construcción del indicador.....	101
Herramientas de soporte: encuesta.....	104
Reporte de resultados.....	106
Discusión.....	116
Conclusiones.....	117
Referencias.....	118

CAPÍTULO IV.

PROPUESTA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN DE LOS ESPACIOS DE HILBERT AL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS	120
Resumen.....	120
Abstract.....	121
Introducción.....	121
Marco contextual.....	124
Marco teórico.....	125
Aplicación de los espacios de Hilbert al manejo de cuencas.....	134
Conclusiones.....	142
Literatura citada.....	143
CONCLUSIONES GENERALES.....	146
LITERATURA GENERAL CITADA.....	154

LISTA DE CUADROS

Página

CAPÍTULO III

Cuadro 1. PIB del Distrito Federal, valores base de la actividad económica total y Variación anual de PIB, tomando como referencia al año 2003.....	98
Cuadro 2. Estructura de la encuesta.....	111
Cuadro 3. Datos de encuesta. Sistema agregado y normalizados.....	113
Cuadro 4. Indicadores resultantes, por componente, por espacio geográfico y por condición de programa	114

LISTA DE FIGURAS

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	
Figura 1. Creación de nuevos paradigmas.....	11
CAPÍTULO I.	
Figura 1. Monitoreo de cuenca.....	33
Figura 2. Modelo conceptual.....	36
Figura 3. Mapa de influencia en el desempeño de actividades.....	38
Figura 4. Mapa de capacidad-intervención en el desempeño de actividades.....	40
Figura 5. Estructura de un Sistema de Gestión.....	41
Figura 6. Efecto acumulado de las intervenciones.....	43
Figura 7. Relación entre el medio ambiente y las actividades económicas.....	44
Figura 8. Gestión de cuenca. Estructura propuesta.....	45
Figura 9. Espacio social de la gestión integrada de cuencas	46
CAPÍTULO II.	
Image 1. Group of signs of performance in the three areas.....	59
Image 2. Summary of the development model centered on economy.....	63
Image 3. Summary of the Human System centered development model.....	67
Image 4. Summary of the System development model eco-centric.....	73
Image 5. Societal relation of the natural resources management.....	78
Image 6. Elements of the environmental governability. Current strategy.....	81

	Página
Image 7. Elements of the environmental governability. Logic frame proposed.....	82
Image 8. Platform of gestion for the governance-governability coupling.....	83
 CAPITULO III	
Figura 1. Conjunto de indicadores de valoración, según los Objetivos del Milenio.....	101
Figura 2. Definición de la estructura de cuenca. Análisis sistémico.....	105
Figura 3. Definición del Desarrollo Sustentable y ubicación de los diferentes programas en los ejes.....	107
Figura 4. Diagrama de flujo. Proceso de evaluación de programas.....	108
Figura 5. Comparación de indicadores de desempeño para arranque, operación y cierre.....	115
 CAPÍTULO IV	
Figura 1. Definición de Universo.....	126
Figura 2. Relación causa-efecto.....	127
Figura 3. Discretización del universo en subsistemas homogéneos.....	130
Figura 4. Desarrollo de un plan y los procesos de evaluación.....	135
Figura 5. Estructura de la cuenca asociada a análisis complejo.....	136
Figura 6. Relación entre los componentes del sistema.....	138
Figura 7. Estructura conceptual.....	138
Figura 8. Espacio vectorial.....	139
Figura 9. Conjunto ortonormal de vectores.....	140
Figura 10. Salida del sistema (conjunto ortonormal de vectores).....	141

INTRODUCCIÓN GENERAL

Antecedentes

Por muchos años, la cuenca se ha utilizado en México y en el mundo como unidad de análisis y como unidad de gestión de recursos naturales, y más recientemente, con una concepción más general de la gestión de un territorio o para el desarrollo regional. Desde sus orígenes, la unidad física, la cuenca, ese espacio delimitado por un parteaguas y con una red hidrológica relacionada, a semejanza del término ecosistema, se visualizaba como un sistema holístico e integrado por los componentes físico, biológicos y socio-económicos. A través del tiempo se ha mantenido la idea de integralidad conceptualmente, pero en la práctica se ha transitado a un enfoque reduccionista, donde el manejo de cuencas se limita a un recurso natural, el agua principalmente, o a un grupo de recursos, disociando la interacción de los componentes mencionados previamente.

La experiencia del Valle del Tennessee, creada en 1933 en los Estados Unidos, es considerada como uno de los grandes proyectos de planeación integrada en una cuenca, donde se vinculaba el aprovechamiento de recursos naturales con objetivos de desarrollo económico y la reducción de los problemas de pobreza (Seeber, 1974); fue transferida a México en el periodo de 1947 a 1960 (Mestre, 2001). Las Comisiones de Cuencas de los ríos extensos de México, fueron un ejemplo del enfoque de cuencas con una perspectiva de desarrollo regional, donde se plantearon objetivos de mejorar los temas de manejo de recursos naturales, productivos, infraestructura, salud y educación, entre otros.

Posteriormente, en México, y en la mayoría de otros países, el enfoque de manejo de cuencas se reorientó hacia objetivos sectoriales o subsectoriales, lo cual fue de la mano con la creación de estructuras administrativo-sectoriales o subsectoriales relacionadas con el tema. Así, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se creó para que fuera la institución encargada de la gestión del agua, particularmente en la parte normativa y operativa para los diferentes usos del recurso. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es responsable del recurso forestal; la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) de la protección de las áreas naturales y la

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) es la encargada del tema de la biodiversidad.

Más recientemente y de forma recurrente, en los documentos y discursos gubernamentales se menciona al Manejo Integral de Cuencas, o en otros casos, el Manejo Integral de Recursos Hídricos, como una de las estrategias más adecuadas para el manejo sustentable de recursos naturales y del medio ambiente. Pero ha faltado una discusión, tanto en el ámbito académico-científico como en la administración pública-gubernamental, que aborde la conceptualización y operacionalización de las técnicas y conceptos derivados del manejo de cuencas desde esta perspectiva, así como de la posibilidad real de pasar de una propuesta de posicionamiento del manejo integral de cuencas, hacía su planeación y ejecución real, desde una perspectiva holista, integral y ecosistémica. La evidencia más evidente es la contradicción derivada de que tanto la Comisión Nacional del Agua como la Comisión Nacional Forestal consideren al manejo integral de cuencas como la mejor opción para la gestión de recursos, cuando en la práctica se gestiona al recurso hídrico desvinculado del recurso forestal, sin considerar que las áreas forestales son las principales zonas de producción y recarga hídrica.

Por otro lado, a partir de la década de los años 80 del siglo pasado, surge el concepto de desarrollo sustentable y el término general de sustentabilidad. A través de los organismos internacionales y nacionales, así como de organizaciones de la sociedad civil y de las instituciones educativas y de investigación, el concepto de sustentabilidad se convirtió en una corriente mundial, incorporada en las agendas nacionales. De alguna manera, esto obligó a repensar el enfoque de manejo de cuencas, para presentarlo como una herramienta para fomentar el desarrollo integral, con un adjetivo adicional: *sustentable* (FAO, 2007). Sin embargo, y a pesar de todos los avances en esta área de conocimiento, aún siguen predominando los objetivos productivos, agropecuarios y de aprovechamiento de recursos naturales, aunque con un mayor énfasis en el componente ambiental; no se ha logrado transitar de planteamientos descriptivos o de interés parcial en algún componente del ecosistema, a un manejo que tome como base la integralidad del ecosistema mismo.

En el ámbito de los estudios de experiencias de manejo de cuencas en México, uno de los antecedentes más antiguos es el libro de Barkin y King (1970), derivados de las tesis de doctorado de ambos autores. En esta publicación se presenta una discusión del proyecto de cuencas como una estrategia de desarrollo regional, así como una evaluación de impactos del desarrollo económico, obtenidos en la cuenca del río Tepalcatec. En años recientes, los estudios de cuencas de alcance nacional o grandes regiones se han centrado en la gestión de los recursos hídricos (Indij *et al.*, 2011; Wester, 2008).

Planteamiento del problema de investigación, hipótesis y objetivos

En este estudio se considera que a pesar de que el manejo de cuencas se ha adaptado a diferentes paradigmas, con la intención de responder a cuestionamientos específicos, no se ha resuelto el problema de tener un desarrollo integral que sea armónico con la naturaleza, y los impactos negativos derivados de la explotación de los recursos naturales continúan y son crecientes. Esta falta de resultados nos dirige obligatoriamente a una reflexión: ¿por qué no hemos sido capaces de resolver nuestros problemas ambientales?, ¿por qué las herramientas desarrolladas para el manejo y explotación de los recursos no responden a las problemáticas que históricamente hemos venido enfrentando?, ¿el conocimiento, técnicas y tecnologías desarrollados no son adecuados a la realidad? O bien, ¿se requiere una evolución en el desarrollo del conocimiento que integre las experiencias adquiridas en las diferentes esferas de conocimiento, así como en los conceptos y herramientas desarrolladas, para generar un nuevo paradigma que se represente de manera más fidedigna a la realidad que hoy enfrentamos?

Por otro lado, la evolución de los conceptos es la meta de la ciencia: la generación de nuevo conocimiento que permita al ser humano un desarrollo integral, pero en este caso particular, el desarrollo integral sustentable no es un problema simple, que tenga una solución única y simple, es decir, no se reduce a un problema entre el hombre y la naturaleza. En general, aún no tenemos una comprensión plena de la relación entre la naturaleza, la intervención humana y la magnitud de los fenómenos naturales; entre la explotación de los recursos naturales y la generación de riqueza; y entre la distribución de la riqueza y el bienestar humano; lo que si hemos logrado en diferentes momentos históricos es:

- Comprender el fenómeno a partir de la evaluación de escurrimientos y pérdida de suelos
- Una vez comprendido, se incorpora tecnología de monitoreo lo que permite incrementar la densidad e intensidad de la colecta de datos
- Se refina el espacio de monitoreo y modelos físicos, para integrar elementos económicos, que son conceptos con alta variabilidad de las respuestas del medio ambiente, a través de la llamada Escuela Sistémica de la Administración
- Finalmente se integra la planeación estratégica que permite abordar la administración de los recursos naturales, definiéndola como:

"La determinación de los objetivos básicos (de explotación de un recurso) a largo plazo de una organización (comunidad, o entidad de gobierno), con el fin de identificar cursos de acción y asignar los recursos (económicos, estructurales y humanos) necesarios para su concreción" (Solís, 1976).

Actualmente, y con la integración de todos estos elementos, se considera que el manejo de cuencas es un aspecto fundamental para determinar el uso racional de los recursos naturales, que es a su vez la base del desarrollo integral sustentable.

Lo anterior plantea la necesidad de discutir la integralidad del concepto de manejo de cuencas y buscar opciones metodológicas para su implementación real, en sus diferentes fases. En esta investigación se estableció la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible establecer un marco metodológico cuantitativo, basado en indicadores integrales, para el seguimiento y evaluación de proyectos de desarrollo en cuencas?

Supuesto:

Las relaciones causa-efecto que se identifican en los procesos de explotación de los recursos naturales en una cuenca pueden representarse por las relaciones complejas derivadas de un análisis sistémico

Las definiciones y axiomas presentados en los Espacios de Hilbert son representativos de las relaciones complejas que se derivan del análisis sistémico|

Hipótesis

H1: La identificación o generación indicadores relacionados con variables de ingreso económico, desarrollo social, prácticas de producción, prácticas de manejo sustentable y la conservación (estado) del medio ambiente de un proyecto o programa ejecutado en una cuenca, permite evaluar su desempeño en los componentes del sistema económico, sistema ambiental y el sistema social.

H2: Los espacios de Hilbert son una representación teórica adecuada de las relaciones causa-efecto derivadas de los procesos (complejos) de la explotación de los recursos naturales y es una opción para el análisis cuantitativo de las intervenciones en las cuencas.

Objetivo general

Generar una propuesta metodológica que integre los componentes ambiental-social-económica para un programa de manejo de cuencas, a través de herramientas de valoración de acciones (indicadores) de cada componente, dentro de un marco teórico que las correlacione.

Objetivos específicos

- 1) Generar una propuesta de marco metodológico basado en indicadores para el seguimiento y evaluación de intervenciones de cuencas desde una perspectiva holista o sistémica, como lo establece una visión de desarrollo sustentable del territorio de una cuenca-
- 2) Desarrollar una propuesta de base teórica matemática basada en los espacios de Hilbert, entendida ésta como teorizar o establecer nexos entre un marco teórico existente con las observaciones empíricas (generalización), para modelos de manejo de los recursos naturales.

Marco teórico de la investigación

Análisis sistémico

En el mundo real las situaciones y los procesos no se presentan de manera que puedan ser clasificados por su correspondencia con alguna disciplina en particular. En este sentido, se habla de que la realidad es compleja. Sin embargo, el ser humano en sus esfuerzos por comprender los mecanismo que la naturaleza emplea para a) crear materia, b) los procesos de transferencia y cuando se desequilibra, c) los procesos de recuperación de equilibrios, ha creado una serie de teorías con las que pretende explicar el funcionamiento de los sistemas, con la limitante de que se basan en observaciones sumamente acotadas; es a partir de estas formulaciones particulares que deriva principios que en alguna medida y bajo supuestos que limitan la aplicación del conocimiento, son válidos para los sistemas en general. Cuando se define un sistema de forma más o menos exacta, es posible identificar en primer lugar los modelos de correspondencia, y a partir de formulaciones axiomáticas, se determina principios y leyes aplicables a sistemas generalizados (García, 2006).

Pero estos modelos particulares que son llevados a sistemas generales, no toman en cuenta las relaciones o procesos que se establecen entre los elementos del sistema. En los sistemas físicos, este problema no es determinante; pero en los sistemas biológicos o mixtos los procesos de transferencia entre los elementos del sistema son a menudo mucho más importantes que la

evaluación del elemento. Esta característica intrínseca de los sistemas biológicos es la base para definir a un sistema complejo.

Un sistema complejo es una representación de una fracción más o menos pequeña de la realidad, conceptualizándola como una totalidad organizada, en la cual los elementos no son separables debido a que los procesos que los correlacionan son determinantes de su funcionamiento, y por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente (Bertalanffy, 1989).

Por lo tanto, es necesario estudiar partes y procesos del sistema desde un ángulo de simplificación, pero este acercamiento primario debe ayudar a resolver los problemas hallados en la organización del sistema y la estructura que los unifica; ambos elementos son resultantes de la interacción dinámica de las partes del sistema y que definen el comportamiento diferencial de éstas cuando se estudian aisladas o dentro del todo.

Se definen como características constitutivas de un elemento del sistema a aquellas que dependen de las relaciones específicas que se dan dentro del complejo; entonces, para entender tales características tenemos que conocer las relaciones. Cuando se determinan estas características, es posible formular principios válidos para la generalidad del sistema, sin importar la naturaleza de sus elementos componentes y las relaciones entre ellos; estas abstracciones de la realidad se han denominado ciencia general de la totalidad, basada en el análisis complejo; es una disciplina lógico-matemática, puramente formal en sí misma, pero aplicable a las ciencias empíricas.

El análisis sistémico o método sistémico es un conjunto de herramientas de tipo gráfico, matemático y de computación, que se combinan bajo la lógica formal para generar modelos que son capaces no solo de representar a elementos del sistema, sino además hacen comprensibles las relaciones entre dichos elementos, de tal forma que la totalidad del modelo representa la realidad. Los conceptos que las soportan son simples, y derivados de disciplinas como la matemática, la biología o la química; los axiomas fundamentales son:

- Todo sistema tiende a alcanzar un estado en el que todos sus componentes permanecen estables o con pequeñas fluctuaciones dentro de un rango conocido y predecible.
- A cualquier perturbación externa, el sistema responde restableciendo el estado inicial de equilibrio.
- Los elementos de un sistema están relacionados entre sí, de forma directa o indirecta y se influyen mutuamente.

Este enfoque plantea una forma holista de ver el mundo que nos rodea, para abordar los problemas desde la relación causa-efecto, y no de variables, por tanto el análisis y la síntesis son de tipo holístico también. Otra bondad del método es que permite abordar problemas tanto a nivel micro como macro (Delgado, 2005).

Los sistemas enferman, adquieren comportamientos caóticos, con fuertes perturbaciones que conducen al colapso o a la extinción, y derivado de esto es posible que la sociedad demande la sobre-especialización, por considerar que la comprensión de los mecanismos más internos de los sistemas son los que tienen al respuesta a estas enfermedades; sin embargo, se ha notado que este enfoque lleva intrínseca la pérdida de la visión de conjunto del hombre.

En la ciencia contemporánea se percibe un cambio general en la actitud y concepciones científicas, de lo que se llama totalidad, es decir, se consideran más importantes lo problemas de organización, y los procesos sociales, que son fenómenos no separables en acontecimientos locales; hay más interacciones dinámicas que se manifiestan en diferencias de comportamiento de partes aisladas que impactan en los grupos o sistemas de orden superior.

Indicadores

Un indicador es un punto de referencia, que da información cualitativa o cuantitativa, construida a partir de uno o varios datos (DAFP, 2012). Los datos pueden ser percepciones, números, hechos/opiniones, medidas, que permiten seguir la evolución de un proceso. Para un fenómeno sujeto a estudio, los indicadores precisan magnitud, intensidad, evolución e incluso pronóstico.

Son definidos como medida resumen, ya que permiten, a través de un solo número, tener una idea de que está pasando.

Existen diferentes tipos de indicadores. Los más recurrentes son los de cumplimiento, que muestran cómo se va desarrollando un fenómeno, en un espacio lineal o unidimensional, a través del monitoreo de sus metas parciales. Los indicadores de efecto miden si se cumplieron los objetivos específicos de un proceso de intervención, es una valoración dicotómica excluyente. Finalmente tenemos los indicadores de impacto o de evaluación que comparan el estadio inicial con el estado final de un sistema, después de la intervención. Esta es la definición mejor lograda del concepto de indicador, ya que involucra tanto variables como procesos.

Los indicadores se construyen expresamente para cada fenómeno o sistema a evaluar; cada tipo de ciencia desarrolla su propio sistema de valoración con el objetivo de dar directrices al análisis de los fenómenos propios de esa ciencia. Los indicadores con los que pueden contar las ciencias empíricas, naturales y exactas son mucho más regulables y mensurables, dado que involucran aspectos de la materia y la energía; en contraparte, las ciencias sociales son más difusas, dado que lo que se pretende medir son los procesos sociales, que no involucran transferencias de masa y energía.

Los indicadores deben poseer la mayor precisión posible, tener pertinencia con el tema a analizar, deben ser sensibles a los cambios, confiables, demostrables, y los datos base, asequibles de obtener.

Generación de conocimiento

El usar un saber-conocimiento existente, para explicar algo que se había manejado de forma “tradicional” en otro ámbito de la ciencia, es parte fundamental de la innovación. La innovación en su acepción formal es “alterar las cosas introduciendo novedades”. De forma coloquial, se utiliza cuando se generan nuevas propuestas, procedimientos, procesos y tecnologías, dirigidas a la solución de un problema específico, hasta llegar a su implementación. Esto es: a partir de algo

que ya existe, cuando se introducen modificaciones, y estas modificaciones generan un producto exitoso, es una innovación.

Si revisamos la historia de la ciencia formal, la generación de nuevo conocimiento se logra por dos vías: la ruptura-confrontación de los paradigmas existentes, y la otra forma es a través de replantar las estructuras de análisis tradicionales, a través de la corrección-mejora de los paradigmas existentes, utilizando saberes y herramientas de otros espacios de conocimiento e incorporando elementos innovadores.

Para lograr la generación de nuevo conocimiento se parte del método científico, modificando los aspectos de la búsqueda de evidencia, y de conclusión; el circuito así genera salidas diferentes, incluso cuando la salida es mala, permite “replantear” las observaciones, como una nueva forma de explicar el universo: la creación de nuevos paradigmas.

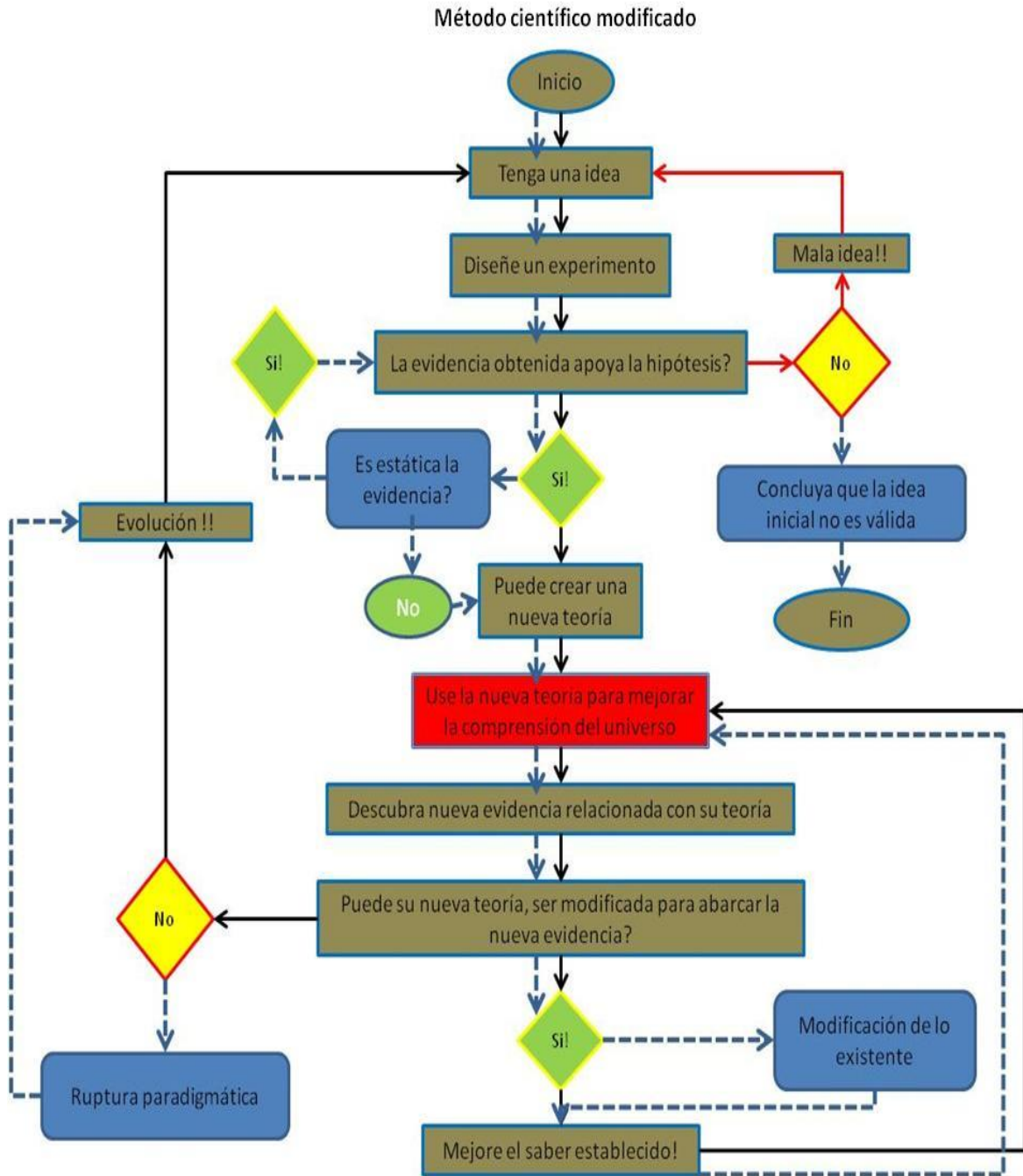


Figura 1. Creación de nuevos paradigmas.

De acuerdo con esto, las nuevas teorías de educación reconocen dos pasos fundamentales del conocimiento:

1. La creación del nuevo conocimiento: a través de la generación de nuevas teorías (lo que hizo Newton), refutación de teorías existentes (lo que hizo Galileo), y la innovación de viejas teorías (Mendel con la explicación de la transmisión de características de padres a hijos)
2. La generación de teorías que fundamente ese nuevo conocimiento, y eso solo se logra a través de la observación de fenómenos o la comparación entre eventos de condiciones equiparables
3. La instrumentalización del conocimiento, que es la fase de innovación: utilizar herramientas de disciplinas diversas que apoyen la “observación” que se hace del fenómeno. Estas herramientas pueden ser herramientas tecnológicas, metodológicas o conceptuales, lo único que se requiere es que exista una estricta observación del fenómeno, una estricta comprensión de la herramienta y entonces, su aplicación innovadora al nuevo paradigma.

La generación de nuevo conocimiento solo es posible cuando se aborda la realidad a través del método científico o empirismo. En la esfera de las ciencias sociales este método se considera no adecuado, porque tiene una fase explícita de “experimentación” la cual, en las ciencias sociales “no se puede implementar”; ciertamente no se puede “experimentar” bajo el proceso formal de establecer relaciones causa-efecto medibles.

El paradigma base de este enfoque es totalmente reduccionista, ya que se requiere simplificar el fenómeno analizado tal que el problema se reduce a una relación directa y medible a través de variables (función); el enfoque reduccionista lleva a soluciones particulares, que dependen del paradigma que prevalece en el momento histórico de la toma de decisión y de las condiciones específicas en las que se ha establecido la función que gobierna al fenómeno, y la posibilidad de medir las variables definidas en el problema. Bajo estas consideraciones, el enfoque reduccionista no es adecuado para evaluar procesos, sobre todo si no se involucran variables físicas.

Las bondades de la construcción de un modelo de la realidad compleja, retomando el concepto de sistema complejo, de acuerdo con García (2006), son:

- a) Un sistema complejo se construye con espacios reduccionistas y medibles ($F(x)$, $P(x)$, V_i)
- b) Esta base conceptual permite mezclar las respuestas de los subsistemas (vectores linealmente independientes)
- c) La base conceptual determina el conjunto de variables a utilizar (base ortogonal)
- d) Por lo que la combinación de todos ellos genera un indicador de los procesos
- e) El proceso de síntesis de la información, arroja explicaciones de por qué suceden ciertos fenómenos, información sensible que permite desarrollar políticas públicas para la buena gestión de gobierno

Descripción de los apartados de la tesis

La combinación de una nueva explicación con una nueva forma de observar es la innovación y esto formalmente es transdisciplina. Si esta combinación acumula herramientas de más de un área de conocimiento, entonces se habla de multidisciplinaria. Los documentos aquí presentados están contruidos bajo esta lógica: aplicando todo este bagaje conceptual, se pretende construir un nuevo nivel de conceptos y de elementos innovadores dentro de la disciplina del manejo de cuencas, para llevarlo hasta la instrumentalización, utilizando conceptos de otros saberes y áreas de conocimiento, para obtener un producto integral, que aborde los paradigmas de la sustentabilidad, y sea capaz de evaluar la forma en que se manejan los recursos naturales, a través de la construcción de indicadores.

Simplificando el diagrama de método científico, tenemos que los antecedentes se dividen en dos marcos: contexto y teoría; estos espacios generan el límite referencial de la aplicación del conocimiento. En el análisis de información, entramos a valorar los diferentes MODELOS de pensamiento: análisis numérico, análisis comparativo, caja negra, sistemas probabilísticos, para determinar la forma en que se analizará la información, y por ende, el proceso de medición de variables. El proceso de síntesis es en sí el indicador.

El primer artículo plantea el contexto y la definición del problema: como están las cosas en el mundo y en México. El problema es que bajo el actual contexto no se ha mejorado el sistema;

aún más, en muchos estados y regiones del país no representa a la realidad. La conclusión es una construcción conceptual que sea capaz de adaptarse a las diferentes realidades del entorno nacional: ruptura paradigmática.

En el segundo documento planteo el marco teórico. Explico los saberes que voy a aplicar en el proceso de innovación desde dos fronteras adicionales (administración y economía), y desde el propio manejo de cuencas; lo limito, para dar espacio a las otras dos disciplinas, y cada área de conocimiento es asociada a un subconjunto del paradigma planteado. El planteamiento simplista de los modelos de desarrollo es el marco contextual: los límites de aplicación de mi nuevo paradigma.

El tercer documento es la instrumentalización del paradigma planteado: bajo el enfoque planteado hay que definir las herramientas que permitan comprobar ese nuevo paradigma. De cada área de conocimiento se toman las diferentes herramientas (innovación) y se ensamblan para dar el nuevo esquema. La innovación aquí es el ensamblaje entre los saberes, que dan como conclusión la definición del indicador. Aquí se aplica el instrumento propuesto (indicadores) a un estudio de caso.

Cuarto documento: generación de nuevo conocimiento. Es el cierre del circuito: con toda la construcción, el uso de técnicas, y manejo de conceptos teóricos se construye meta-conocimiento o meta teoría, que es el planteamiento de la teoría que explique desde el enfoque del nuevo paradigma esa realidad.

¿Por qué es importante? El manejo de los recursos naturales ha sido diversificado y se basa en la evaluación de unidades fisiográficas; cada cuenca es única, la generalización de modelos específicos es imposible en términos de funciones matemáticas; sin embargo, en términos de método si puede ser generalizable. El enfoque sistémico ha sido hasta ahora más descriptivo que aplicado. La propuesta aquí presentada intenta ser de orden operacional. Establecer una ruta de operabilidad a un enfoque sistémico en el manejo de los recursos naturales es un elemento innovador, que requiere de conocimientos y herramientas provenientes de áreas de conocimiento externos al manejo de cuencas tradicional, lo que se traduce en la generación de conocimiento. Finalmente, como parte de la evolución natural de este trabajo, es establecer relaciones entre la parte observacional y marcos teóricos, que den robustez al planteamiento.

CAPÍTULO I.

PROPUESTA DE ESTRUCTURA PARA LA GENERACIÓN DE UN MARCO LÓGICO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS

PROPOSED STRUCTURE FOR THE GENERATION OF A LOGICAL FRAMEWORK FOR THE INTEGRATED MANAGEMENT OF WATERSHEDS

F.A. Galván¹, Angel Bustamante González², Juan José Ambriz García³, Mario Roberto Martínez Menes⁴

¹ Estudiante de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Puebla. Correo electrónico: lora@xanum.uam.mx

² Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Puebla. Correo electrónico: angelb@colpos.mx

³ Universidad Autónoma Metropolitana, México. Correo electrónico: agj@xanum.uam.mx

⁴ Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo. Correo electrónico: martinezmenes@gmail.com

Publicado en: RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración. Volumen 4, Número 8(2015), pp. 1-32.

Resumen

El devenir del manejo de cuencas ha tomado tres vertientes principales: la colecta rigurosa de datos ambientales para la modelación numérica; la administración de recursos, en particular el agua, para la distribución equitativa a los diferentes usuarios; y la gestión integral o integrada, donde se pone un fuerte énfasis en la participación de entidades sociales que se encuentran en desventaja frente a usuarios como la industria o la energía. Estos tres escenarios, que se supone

trabajan para un solo concepto –el manejo integral de cuencas- se encuentran desvinculados, lo que ha provocado que se perciban como conceptos antagónicos.

Aunado a este problema, tenemos que conceptos tales como sustentabilidad, desarrollo sustentable, o desarrollo integral han aportado al debate más elementos de distanciamiento, que de convergencia. Así, tenemos que en la actualidad estos temas se abordan desde la economía, la administración, la sociología y antropología en el marco de las ciencias sociales; en cuanto a las ciencias agronómicas, están la edafología y las ciencias forestales, mientras que en el marco de las ciencias duras están la metrología, la hidrología y las matemáticas desde la modelación numérica. Esta diversidad de saberes se antoja suficiente y robusta como para generar un sistema eficiente de gestión integral de cuencas, sin embargo, no es así.

El objetivo de este documento es revisar los tres diferentes marcos conceptuales – monitoreo, administración y gestión- en los que se desarrolla actualmente el manejo de cuencas, y a partir de los elementos de cada uno, establecer un marco lógico innovador que permita transitar desde la base de la medición, hasta la gestión, como un solo sistema de análisis complejo, que derive en una hoja de ruta para la gestión eficiente de los recursos naturales.

Palabras clave: manejo de cuencas, gestión de cuencas, sistemas complejos, sustentabilidad, administración de cuencas.

Abstract

The evolution of watershed management has taken three main aspects: the rigorous collection of environmental data for the numerical modeling; the management of resources, in particular water, for equitable distribution to different users; and management comprehensive or integrated, where there is a strong emphasis on the participation of social entities found as a disadvantage against users such as industry or energy. These three scenarios, which are supposed to work to a single concept - the integrated management of river basins- they are unrelated, which resulted that they perceive as antagonistic concepts.

In addition to this problem, we have that concepts such as sustainability, sustainable development, or integral development have contributed to the debate with more elements of alienation, that convergence. Thus, we have that at present these themes are addressed from economics, management, sociology and anthropology within the framework of the social sciences; with regard to the agricultural sciences, are the soil science and forestry sciences, whereas in the framework of the hard sciences are metrology, hydrology, and mathematics from numerical modeling. This diversity of knowledge seems sufficient and robust to generate an efficient system of integrated management of river basins, however, it is not so.

The purpose of this document is to review three different conceptual frameworks monitoring, administration and management- where is currently developing watershed management, and based on the elements of each, establishing an innovative logical framework to allow transit from the base of the measuring, up to management as a system of complex analysis, that it will lead to a roadmap for efficient management of natural resources.

Key Words: watershed management, complex systems, sustainability, watershed administration.

Introducción

La persistente pobreza e inequidad es resultado de la disparidad de desarrollo en las regiones tradicionalmente marginadas del planeta, donde se han ensayado muchas de las estrategias de desarrollo regional, desarrollo sustentable, manejo integral, manejo incluyente, gestión de recursos y cuencas y administración de recursos y cuencas, y a pesar de los diversos experimentos, el devenir de estos conceptos no ha generado la base de conocimiento necesaria para establecer estrategias mínimas que ayuden al diseño, implementación y consecución de objetivos de desarrollo integral.

A más de diez años del establecimiento de Los Objetivos del Milenio, donde se plantean las metas para el combate a los problemas ambientales y de rezago en el desarrollo equitativo de los países, apenas se vislumbran los primeros resultados. Los Objetivos del Milenio, dictados por la Organización de la Naciones Unidas (ONU, 2010) tienen un nivel de cumplimiento aceptable.

En cada uno de los ocho apartados, las metas planteadas cuentan con algún grado de ejecución. Es de hacer notar que los aspectos de educación, combate a la pobreza, salud y acceso al agua potable son los que presentan el mayor grado de avance, sobre todo en los países más pobres y en vías de desarrollo; sin embargo, este avance no es homogéneo, e incluso presenta disparidades dentro de un mismo país y región.

Por otro lado, el cambio climático es un problema que ataca la totalidad del planeta; modifica los patrones hidrológicos, los procesos agropecuarios con la intensificación de las sequías e intensifica los desastres naturales. En 2009, el Land Uses Change and Forestry (LULUCF), definió el cambio climático como un fenómeno complejo, del que resalta la modificación de los patrones hidrológicos. La modificación de los patrones hidrológicos es el que más amplios efectos provoca, ya que genera incrementos en los escurrimientos (inundaciones), sequías, deslaves, pérdida de la producción agrícola, pérdida de especies y sistemas ecológicos, contaminación de los sistemas de abastecimiento de agua potable, azolvamiento de los sistemas de drenaje y desagüe, problemáticas que evidencian la relación entre patrón hidrológico y el deterioro ambiental; estos fenómenos dependen del cambio e intensificación del uso del suelo para el crecimiento de ciudades, producción agrícola e industrial, etcétera. Es decir, que la modificación de la respuesta de los sistemas físicos a los eventos de lluvia incide en todos los aspectos del desarrollo humano: agua potable, producción agrícola, salud pública, entre otros eventos que se suponen naturales, son base de la pauperización de las poblaciones, lo que a su vez redundaría en la migración de comunidades por la pérdida de su capital ambiental (Stiglitz J.; Sen A. 2008).

Este proceso de explotación de recursos-pérdida de capital ambiental-pauperización de comunidades-migración, genera un ciclo que descapitaliza en dos aspectos a las comunidades: primero en el campo de los recursos base (materias primas), y segundo en el capital humano, como mano de obra que emigra. De acuerdo con el concepto de sustentabilidad, que engloba una base social, una base económica y una base ambiental, la pobreza en dos de ellas simplemente hace insostenible cualquier sistema.

La forma en que se ha enfrentado este proceso es con intervenciones desde el ámbito gubernamental, dirigidas a paliar los efectos en alguno de los tres espacios, sin embargo, no se establecen relaciones que las articulen con los otros dos subsistemas; además, la totalidad de las intervenciones están dirigidas a abatir el rezago y la pobreza en alguno de los 3 los ejes, y no a: a) identificar el problema, b) establecer estrategias de solución del problema, y c) mejorar los capitales.

El objetivo central de este documento es establecer un marco conceptual, que dé base a un marco lógico, que permita diseñar estrategias de evaluación, planeación y gestión de cuencas, de forma estructurada, identificando los aspectos conceptuales y metodológicos de cada paso, así como los elementos que los concatenan (análisis de sistemas complejos). Para alcanzar este objetivo se realiza la revisión y desempeño de estos conceptos, a fin de establecer un marco lógico que los ubique dentro de un sistema de conceptos-valores, donde los aspectos sociales, económicos y ambientales se encuentran relacionados entre sí dentro de un complejo sistema de interacciones.

Recuento histórico-conceptual del manejo de cuencas

Manejo de cuencas

El término manejo de cuencas comienza a aplicarse en forma relativamente extendida en América Latina y el Caribe a finales de la década de los sesenta. Proviene de una traducción libre y literal del término acuñado en Estados Unidos de Norteamérica de Watershed Management que, según la literatura, se inicia en los años 1930. El objetivo inicial era controlar la descarga del agua captada por las cuencas en cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia. En Estados Unidos las técnicas de manejo de cuencas se aplicaban mayormente en las cuencas de montaña, zonas dedicadas a bosques y pastos y poco habitadas y con precipitación pluvial. Con este paradigma para mantener una cuenca sana se debe tener en cuenta la conservación y uso sustentable de los bosques y de la biodiversidad, mantener los suelos vivos mediante terraceo y el uso de materia orgánica. También debe considerarse mantener el agua lo más arriba posible de la cuenca, de tal manera que el agua se infiltre lentamente a la fase subterránea. Es decir, el objetivo del manejo

del agua y de la cuenca es evitar que se erosione el suelo, se pierda la vegetación original y se vacíe rápidamente.

Esta disciplina nace a partir de la mecanización de los sistemas agrícolas, entendiéndose que una disciplina se define como el conjunto de conceptos, técnicas y tecnologías que permite el manejo de factores que componen a un fenómeno, mientras que una ciencia abarca a saberes y disciplinas que permiten la comprensión de un campo de la naturaleza. A finales del siglo XIX se realizaron las primeras colectas de datos relacionados con el tema; estos estuvieron dirigidos principalmente a desarrollar planes de manejo fluvial, dado que en esa época el grueso del transporte de materias primas y productos se realizaba por vía fluvial.

Posterior a la Primera Guerra Mundial, las demandas de materias primas -alimentos, maderas y acero- y energía se contemplaban como un elemento de interés creciente, aunado a la urgencia de producir cada vez más, más rápido y mejor. Desde este paradigma se abren grandes extensiones de terrenos para implantar sistemas agropecuarios, sumado a esto los eventos hidrológicos de inundaciones impactan a los distritos agrícolas, con la consecuente pérdida de cosechas. El enfrentar el manejo de las grandes extensiones de terreno con mano de obra limitada, obliga a recurrir a la mecanización intensa y a la investigación recién adquirida sobre los químicos en dos vertientes: el control de plagas y el incremento de la productividad.

La producción mundial de alimentos se incrementa de dos a cinco veces respecto a los sistemas tradicionales, a través de utilizar variedades mejoradas de granos, cultivando una sola especie durante todo el año (monocultivo), y con la ayuda de la aplicación de grandes cantidades de agua, fertilizantes y plaguicidas. La motivación principal fue erradicar el hambre y la desnutrición en los países subdesarrollados (Hazell, 1985).

La historia del manejo de cuencas en México se considera inicia con la intervención de Borlaug (Borlaug, 1949; Borlaug, 1950) en Sonora, y se ha orientado bajo tres enfoques específicos: la producción de agua para usos humanos, la producción agrícola, y muy recientemente, la gestión integral del agua (Lira et al., 2012). La primera fase de desarrollo en México se inicia en la época post revolucionaria, cuyo objetivo era generar la infraestructura necesaria para el desarrollo

económico del país, donde sobresale la construcción de caminos, ferrocarriles, acueductos y presas. En 1942 se funda el Departamento de Conservación de Suelos de la Comisión Nacional de Irrigación con énfasis en la producción agrícola.

En este contexto, para 1950 se han creado las 7 Grandes Comisiones de Cuenca: Cuenca del Río Lerma, Cuenca del Río Balsas, Cuenca del Lago de Chapala, Cuenca del Papaloapan, Cuenca del Río Bravo, Cuenca del Río Usumacinta y Cuenca del Valle de México, estos sistemas se orientaron a la construcción de presas que en conjunto alcanzaron 150 km³ de almacenamiento global, y 6.3 millones de hectáreas de riego, abastecimiento de agua potable y generación de energía eléctrica. Sin embargo, los problemas de azolvamiento en presas, compactamiento y salinización de suelos, y en general, de pérdida de suelos en los distritos de riego fue tal, que se reorienta el concepto de manejo de cuencas, pasando de la producción agrícola a la investigación en pérdida de suelos y evaluación de escurrimientos, con miras a la rehabilitación de sistemas hidrológicos, donde destacan las experiencias del Proyecto Lago de Texcoco y el Rescate de la Zona de Xochimilco-Tláhuac. Al pasar de un enfoque aplicado, a la investigación, las entidades de gobierno delegaron el Manejo de Cuencas a las casas de estudio (SAGARPA, 2005; Dourejeanni, 2005).

Este escenario cambia al abrirse a la investigación civil, la tecnología militar y espacial, a través de la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de cómputo avanzado. A partir de los años ochenta con los modelos hidrométricos, de lluvia y de arrastre de suelos validados con datos observacionales, se inician los trabajos de la percepción remota y el manejo de información geográfica.

A nivel mundial, en la segunda mitad de los años noventa, el avance tecnológico en los sistemas computacionales permite el avance del conocimiento, en Europa se establecen los criterios de evaluación de suelos en sistemas acoplados a la evaluación hidrométrica bajo la figura de los modelos numéricos; inicialmente son de orden conceptual, debido a que las evaluaciones numéricas requieren de un volumen de datos que los investigadores por sí mismos no pueden coleccionar, sumado a esto, se tienen tecnologías de equipamiento muy difíciles de implementar para la colecta de esos datos en campo, especialmente para el factor hidrológico. El primer

intento de análisis riguroso del fenómeno sobre los factores de incidencia y con una metodología de medición acoplada es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (Wischmeier et al., 1978).

En esta misma década, la escuela francesa integra a USLE el factor tiempo, a través de las variables de escurrimiento (RUSLE), dirigiendo la mirada del análisis a un último elemento aún no considerado: el tiempo; con esta inclusión, las necesidades de información para los modelos propuestos se intensifican en calidad y cantidad (Williams, 1990. EPIC; Eswaran et al., 2000).

La administración de cuencas

De manera paralela al desarrollo del concepto de Manejo de Cuencas, en el ámbito mundial, las tendencias económico-expansionistas siguen empujando hacia la producción acelerada de bienes y alimentos, debido al incremento acelerado de la población en la posguerra, entrando en una carrera en contra de la naturaleza. De forma global, entre los años 1940 a 1984 la producción de grano mundial aumentó en 250%. Con los distritos de riego en monocultivo, aparecen los conceptos de saturación de mercado, caída de precios, precio umbral, precios de garantía, en este escenario, los pequeños productores pasaron a ser representantes de la ineficiencia tecnológica, y condenados a la desaparición (Pérez Haro, 2013). En esta etapa, las ciencias de la administración y la economía generan las herramientas tales como planeación y el balance costo-beneficio, hasta hoy aplicadas en la administración de recursos naturales: optimización de rendimientos, optimización de cultivos, sistemas de monocultivos comerciales por encima de los cultivos diversificados de subsistencia.

Para la década de los setenta, si bien los resultados de la Revolución Verde, en cuanto a aumento de la productividad fueron espectaculares, los aspectos negativos ya eran evidentes: problemas para el almacenaje de productos y excedentes, excesivo costo de semillas y tecnología complementaria, dependencia tecnológica, cultivos tradicionales eliminados y la aparición de nuevas plagas. Por todo esto, la Revolución Verde fue criticada, desde el punto de vista ecológico, hasta el económico, pasando por el cultural e incluso nutricional. Sumado a lo anterior, en un proceso aparejado al surgimiento del libre mercado, que llega hasta el Tratado de

Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), los nuevos límites geopolíticos imponen nuevas reglas de intercambio comercial que piden un nuevo orden en cuanto a los productos a fomentar y cómo operar los distritos de riego.

Los equilibrios comerciales que se tenían de forma natural, por la pérdida de cosechas en inundaciones y sequías, y la diversificación de cultivos y los pequeños propietarios, sumado a las limitantes comerciales de cada país, se pierden ante los grandes distritos de riego y las nuevas técnicas agrícolas de producción masificada. Esto provoca que al perderse los factores no económicos que habían mantenido en equilibrio a los mercados, se deban reanalizar las relaciones causa-efecto entre los procesos productivos y económicos, para establecer nuevas estrategias de producción-comercio global.

La administración moderna es una disciplina que comenzó con economistas clásicos como Adam Smith y John Stuart Mill, quienes proporcionaron una base teórica a los conceptos de asignación de los recursos, producción y fijación de precios. Al mismo tiempo, innovadores como Eli Whitney, James Watt y Matthew Boulton desarrollaron herramientas técnicas de producción, tales como la estandarización, procedimientos de control de calidad, contabilidad y la planeación estratégica. Es evidente que en el ámbito de los recursos naturales, esos conceptos son poco aplicables, dada la alta variabilidad de las respuestas del medio ambiente. Sin embargo, fueron asimilados por la llamada Escuela Sistemática de la Administración representada por Norbert Wiener, John von Neumann, Ludwig von Bertalanffy, Daniel Katz, Robert L. Kahn y Stanford L. Optner.

La escuela sistemática propone una nueva forma de analizar los sistemas de producción, dando más importancia a las relaciones entre los componentes del sistema que permita alcanzar el objetivo planteado. Este aspecto de la administración vislumbra por primera vez, la necesidad de integrar los aspectos sociales de la explotación de los recursos naturales. En particular, la planeación estratégica vino a ser la herramienta que permitió abordar la administración de los recursos naturales, definida como:

"la determinación de los objetivos básicos (de explotación de un recurso) a largo plazo de una organización (comunidad, o entidad de gobierno), con el fin de identificar cursos de acción y asignar los recursos (económicos, estructurales y humanos) necesarios para su concreción" (Solís, 1976).

A partir de este concepto se realiza la construcción de un Sistema de gestión, que consiste en a) la definición de los objetivos, b) se establecen las metas de gestión, c) las rutas o actividades asociadas a cada objetivo estratégico y d) la definición de los ámbitos de acción. Este método de análisis de los sistemas de producción resalta un aspecto fundamental del actual manejo de cuenca, que es la evaluación del desempeño de la gestión administrativa (Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social Limitada, 2003). Este aspecto es la preocupación de los tomadores de decisiones, tanto en la actividad privada como gubernamental y en todos los niveles de la gestión ya que permite hacer el seguimiento y mejoramiento de la gestión, para lo que es imprescindible poseer información confiable.

La evaluación del desempeño es parte del proceso de planificación e incluye el control, lo que requiere de una necesaria actividad de valoración de indicadores. Esto implica la medición, evaluación y en su caso, corrección de acciones, a través de variables de avance (medición directa), o de indicadores (medición indirecta). El proceso consiste en establecer parámetros de comparación, medir resultados, comparar los resultados obtenidos con los parámetros definidos, para identificar el grado de desviación de la actividad respecto a la planificación y definir el nivel de corrección que se requiere, o en su caso, la reformulación de objetivos. Dado que es imposible medir todos los aspectos (variables) de un sistema de producción, es necesario definir funciones críticas e identificar los puntos estratégicos de control, para decidir cómo y qué información recopilar. La totalidad de este proceso de medición es definido como la construcción de indicadores de eficiencia (Wilson, 1974).

Con estos conceptos, la administración aporta al Manejo de Cuencas los principios, técnicas y prácticas, cuya aplicación a la producción de bienes derivados del manejo de recursos naturales, en particular agua y suelo, permiten establecer sistemas racionales de esfuerzo cooperativo, para alcanzar la explotación económicamente racional de dichos recursos, que de forma individual no sería factible lograr. Cabe señalar que en este punto los conceptos de índice e indicador son utilizados de forma equivalente, dado que la disciplina está en desarrollo, sin embargo, no lo son.

Finalmente, desde la década pasada, la mayoría de los países cuya agricultura se ha basado en la mecanización del agro, se enfrentan a una realidad que durante su gestación se vislumbró pero se consideró inalcanzable, al menos para esa generación: la agricultura industrial se apoya en cuatro grandes pilares, la maquinaria agrícola, el transporte de alimentos, los agroquímicos, y la biotecnología y los sistemas de riego; los dos primeros están relacionados directamente con la producción de petróleo, por lo que al agotarse supone una crisis alimentaria a nivel mundial. Esta condición de disponibilidad energética y el agotamiento de los recursos naturales por sobre explotación, es una preocupación de todos los gobiernos a nivel global, dado que es fuente de conflictos y desplazamiento de las personas.

La sustentabilidad

Las políticas sociales y ambientales actuales nunca fueron concebidas para enfrentar de manera integrada la pobreza y el deterioro ecológico, mucho menos para promover el desarrollo económico y la conservación de los recursos naturales. Sin embargo, y desde que se empezaron a realizar formalmente los programas para las regiones más pobres se asumía la necesidad de mantener y mejorar los recursos suelo, agua y vegetación como requisito para sostener los incrementos productivos a largo plazo, ya que se ha llegado a la conclusión que no puede haber crecimiento económico sin bienestar social y ambiental. La política ambiental, fue más tardía en el reconocimiento de que la conservación de los recursos naturales es la base del desarrollo a largo plazo, definido como sustentabilidad. De acuerdo con la ONU, el Desarrollo Sustentable es:

“...aquél que satisface las necesidades de las poblaciones actuales, sin poner en peligro la capacidad de sobrevivencia de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, conservando su patrimonio a lo largo del tiempo” (ONU, 2003, documentos del milenio).

Sin embargo, la necesidad de proveer de alimentos, viviendas y otros satisfactores a la creciente población mundial, ha llevado hacia el uso intensivo de los terrenos de labor, el desplazamiento y desaparición de vegetación endémica, así como la sustitución por espacios totalmente antropogénicos. El efecto más evidente de los cambios de uso del suelo, por parte del ser humano

es el "cambio climático"; de acuerdo con Land Uses Change and Forestry (LUCF), dependiente de la ONU (Pieri et al, 1997).

...“el cambio climático es una función donde la respuesta más inmediata es sobre los patrones hidrológicos, que a su vez impacta sobre los procesos agropecuarios e intensifica los desastres naturales.”

La modificación de los patrones hidrológicos es el efecto que más fácilmente percibe el ser humano, como inundaciones, sequías, deslaves, contaminación de agua, azolvamiento de los sistemas de drenaje y desagüe. Es decir, que la modificación de la respuesta de los sistemas físicos, a los eventos de lluvia, incide en todos los aspectos del desarrollo humano: agua potable, producción agrícola, salud pública, asentamientos humanos, entre otros.

El incremento poblacional a nivel mundial se disparó a partir de los años setenta; este incremento ha obligado a los pobladores y a los gobiernos a buscar alternativas de desarrollo para nuevos asentamientos humanos. La presión sobre la tierra para los diferentes usos humanos obliga a la apertura de terrenos que de ordinario contienen sistemas bióticos no perturbados como bosques, selvas y manglares, que por lo mismo mantienen un equilibrio y una salud interna propios (Odum, 1998). Estos sistemas se caracterizan por tener intercambios de masa y energía siempre positivos, es decir, proveen al medio ambiente de la masa-energía necesaria para su sostenimiento, ofreciendo además servicios ambientales como la reconversión de contaminantes.

Como evolución natural de la apertura de terrenos a la explotación humana, se requieren dotar de infraestructura como caminos, centros poblacionales y centros de acopio-distribución, incrementándose la intrusión sobre la zona y su fragmentación. Es evidente que los servicios ambientales que originalmente ofrecía el sistema se reducen o desaparecen y en algunos casos se revierten, pasando a ser un elemento más de contaminación global.

Las cuencas hidrográficas son sistemas cerrados para el flujo de masa en términos de agua, suelo y vegetación, sin embargo, mantienen una influencia fuera de su entorno a través de la fauna, la producción de oxígeno y la captura de carbono. De ordinario, se ha pensado en ellas como sistemas conservativos, cuya producción interna de masa y energía es continua e inagotable. Sin embargo, la experiencia nos dice que no es así; a lo largo del país se han hecho normales los

paisajes de depredación, desde áreas con pequeñas parcelas agrícolas, hasta grandes zonas semi desertificadas; otra constante es su presencia en casi todos los tipos de pendientes, desde las zonas planas, hasta las sierras más plegadas y muy particularmente, sobre las zonas con presencia significativa de lluvia.

El clima, las plantas y el suelo dentro de una cuenca están ligados entre sí de tal forma que constituyen combinaciones únicas de características físicas y biológicas que dan como resultado el medio ambiente; asimismo, cada combinación es capaz de asimilar y transferir materia y energía en tasas específicas y, por ende, cada combinación representa un potencial específico de productividad (Oswald; Galván, 2011).

En 2010, el (LUCF), determinó que el cambio climático es un fenómeno complejo, que agrupa diferentes problemáticas: el incremento de la actividad solar, la emisión de gases de invernadero, el adelgazamiento de la capa de ozono y, sobre todo, el cambio de los patrones hidrológicos; estos últimos dependen del cambio e intensificación del uso del suelo para el crecimiento asentamientos urbanos, producción agrícola e industrial, comunicaciones y transportes (Pieri et al., 1997). Estos eventos que se suponen naturales, son base de la pauperización de las poblaciones, por la pérdida de su capital ambiental, así como la pérdida de las inversiones en infraestructura productiva, dada la alta posibilidad de no lograr su recuperación económica si los sistemas naturales no eran capaces de mantener sus niveles de producción por largos periodos de tiempo.

Sumado a lo anterior, para determinados grupos sociales se requerían acciones integradas a las dimensiones productivas, para hacer exitosos los propios objetivos ecológicos. Ya en los años ochenta era plenamente reconocida la necesidad de tal integración, aunque no existieran programas que de forma explícita y formal lo intentaran (Dourejeanni, 2005). A partir de entonces, y con el desarrollo sustentable como orientación, se ha venido asumiendo que la superación de la pobreza y la protección ambiental son propósitos compatibles, aunque con pocos intentos concretos de aplicar políticas simultáneas para ambos objetivos (Provencio, 2003). La base política del cambio climático es asociada a los modelos de desarrollo regional; las políticas de desarrollo equitativo pretenden evitar las confrontaciones por la explotación de los

recursos naturales, y toman la emisión de gases como índice del manejo técnico-tecnológico de los países. China niega la adhesión al protocolo de Kioto al considerar que limitará su desarrollo económico.

Finalmente, con la internacionalización del desarrollo sustentable y de la temática ambiental, impulsados por la FAO, el territorio de una cuenca es definido como la base adecuada para crear capacidades de gobernabilidad y de gestión de los espacios naturales. Lo que hasta hace 10 años era territorio para el manejo del agua, se convierte en un territorio para la gestión ambiental integral, al incorporar las dimensiones social y económica del desarrollo sustentable.

La gestión integrada de cuencas

El manejo de cuencas es un tema que fue asociado inicialmente a controlar la captación del agua de una cuenca, como áreas de grandes inversiones en obras hidráulicas dirigidas a aumentar la oferta de agua, energía y navegabilidad, luego a la protección y conservación de sus recursos y, por último, al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes (SAGARPA, 2005), que es la base de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. En este punto, el concepto de integración o integralidad se deriva de la conjunción de técnicas para la obtención de diferentes objetivos de manera simultánea.

Entre las metas de los Objetivos del Milenio, está el de atender los problemas relacionados con el desarrollo de las naciones, entendiendo por desarrollo el crecimiento positivo de la balanza comercial, así como la producción de bienes y servicios que las poblaciones requieren. El crecimiento poblacional que se dispara a partir de los años setenta, obligó a la apertura de terrenos para asentamientos humanos y la producción de alimentos, pero al ser un crecimiento no planificado, estos asentamientos se ubicaron en ecosistemas como bosques y selvas, modificando su estructura, sanidad y capacidad intrínseca de generar masa y energía, rompiendo sus equilibrios naturales.

Actualmente nos encontramos ante una contradicción fundamental, ya que queremos preservar a los treinta millones de especies con las que compartimos el planeta, pero al mismo tiempo

nuestra cultura y su modelo de producción y consumo insisten en que el mundo está hecho para el servicio exclusivo de los intereses humanos. En este contexto, la amenaza del terrorismo internacional y las perspectivas de guerra no son el único elemento de inseguridad para el hombre, también lo son las convulsiones económicas, la degradación ambiental y la escasez de recursos naturales (Pérez Haro, 2010). Las confrontaciones entre comunidades, regiones y países por la rectoría y explotación de los recursos que son base del desarrollo económico es el aspecto que esta política mundial pretende evitar.

En este escenario, el concepto de gestión es el último aporte de la Ciencias Sociales al Manejo de Cuencas. Los aspectos sociológicos se centran en la equidad, inclusión, conservación del medio ambiente y desarrollo humano, para perfilar el actual concepto de Sustentabilidad, fielmente representado por los Objetivos del Milenio en su revisión 2010 (ONU, 2010). La gestión del ambiente comprende un conjunto de actuaciones y disposiciones necesarias para sostener el capital ambiental suficiente que eleve al máximo posible el patrimonio natural y la calidad de vida de las personas, todo ello dentro del complejo sistema de relaciones económicas y sociales que condicionan ese objetivo (Ortega et al., 1994). Sin embargo, las políticas de Gestión Ambiental Integrada de Cuencas aún están en proceso de evolución en el mundo, sobre todo, por la falta de consensos globales sobre los conceptos y cómo utilizarlos.

En este punto el Manejo de Cuencas adquiere la configuración conceptual y metodológica actual: la cuenca es la unidad espacio-temporal donde los factores de fisiografía, vegetación y clima generan combinaciones únicas de transferencia de masa y energía, que son modificadas por las necesidades humanas de producción económica para su sostenimiento que es la fase de administración, dando pie para a la integración de las relaciones sociales entre regiones para pasar a la gestión integrada de cuencas (Cotler, 2008; SAGARPA, 2005).

Gobernabilidad vs gobernanza

El término gobernanza viene utilizándose para designar la eficacia, calidad y buena orientación de la intervención del Estado, que proporciona a este buena parte de su legitimidad en lo que se define como una "nueva forma de gobernar" en la globalización del mundo. Sobre todo, se

emplea en términos económicos, pero también sociales o de funcionamiento institucional, esencialmente para describir la interacción entre sus distintos niveles, sobre todo cuando se producen grandes cesiones competenciales hacia arriba y hacia debajo de la estructura social u organizacional. También es utilizado el término para designar la forma de interacción entre la administración pública con las organizaciones privadas o de la sociedad civil, que no obedecen a una estructura jerárquica, sino a una integración en red (Stiglitz y Sen CEE).

Según la Comisión sobre Gobernanza Global, la gobernanza es "la suma de las múltiples maneras como los individuos y las instituciones, públicas y privadas, manejan sus asuntos comunes. Es un proceso continuo mediante el que pueden acomodarse intereses diversos, e incluso en situación de conflicto, para llegar a la creación de un plan estratégico. Incluye las estructuras formales (instituciones de gobierno) y los regímenes con poder para imponer obediencia (sociedad civil), así como arreglos informales que las personas y las instituciones han acordado (Pahl, 2008).

En las últimas dos décadas, se ha incrementado la percepción de que las relaciones entre las instituciones y la sociedad civil se han modificado a partir de la posesión y explotación de recursos energéticos, hídricos y naturales en general. Esta modificación se ha dirigido invariablemente hacia los espacios de conflicto y confrontación, por lo que existe una tendencia a favor de conceder una mayor oportunidad a los instrumentos participativos de la sociedad civil; la reflexión en pro de una mayor exclusividad va ganando terreno, siendo la participación ciudadana uno de los puntales del nuevo estilo de gobernanza. Sin embargo, la implementación de instrumentos y procesos participativos aún no han sido del todo generados.

En contra cara, la gobernabilidad se refiere a dos acepciones principales: la primera, surgida de los informes de Banco Mundial (1993), que la define como un estilo de gobierno caracterizado por un mayor grado de cooperación e interacción entre el Estado y actores no estatales, en el interior de redes sociales que permiten la toma de decisiones mixtas públicas y privadas. Y la segunda se define como un conjunto de modalidades de coordinación de las acciones individuales, entendidas como fuentes primarias de construcción del orden social; por extensión, gobernabilidad es definida como cualquier forma de coordinación social (Pahl, 2008).

La gobernabilidad desde una óptica simplista, es una serie de procedimientos tales como el apoyo legislativo al ejecutivo o la ausencia de trabas sistemáticas que malogren la eficacia de las políticas públicas dirigidas a proveer de servicios básicos (agua potable), educación y seguridad a la población. Es por esto que los organismos internacionales se interesan por la gobernabilidad, dado que tiene implicaciones concretas en cómo los gobiernos alcanzan los objetivos de la protección al medio ambiente.

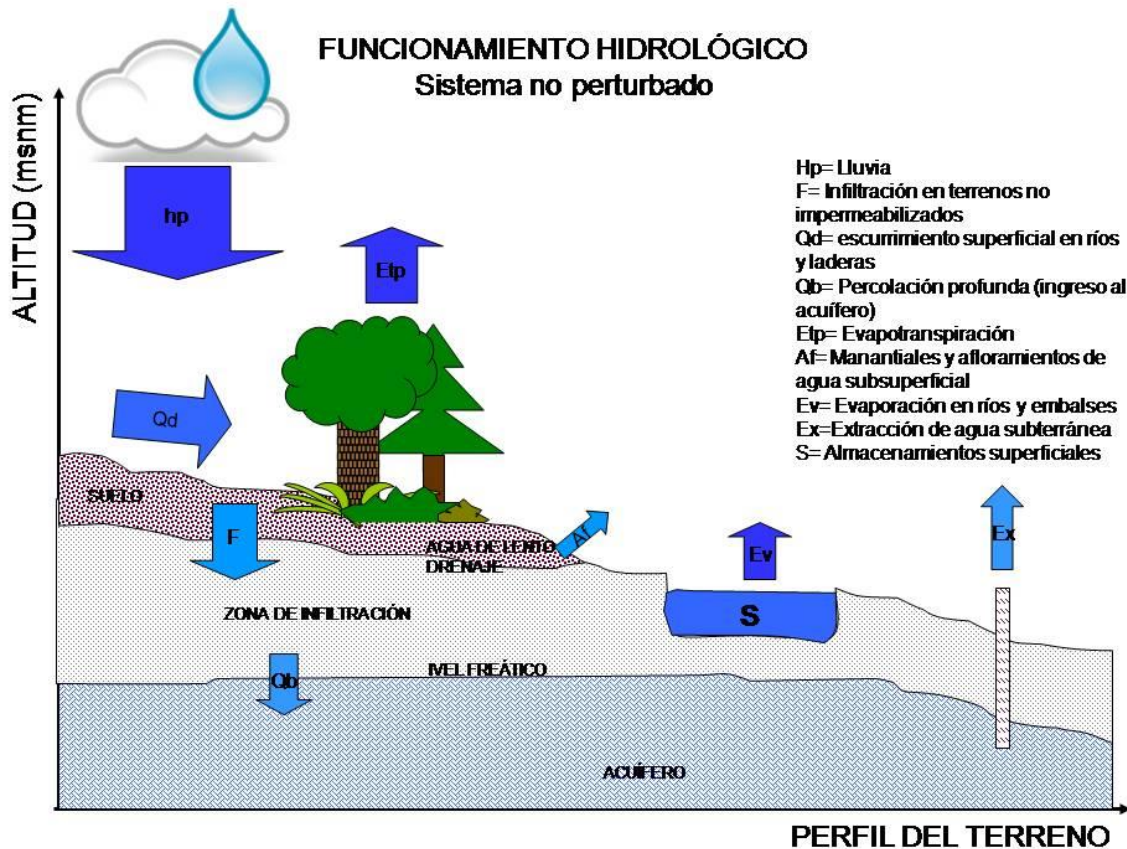
Por tanto, la gobernabilidad es el resultado de las relaciones causa-efecto entre la sociedad, el Estado y las fuerzas económicas, de tal forma que la gobernabilidad se relaciona con el ejercicio del gobierno y todas aquellas entidades estructurales y sociales necesarias para que el gobierno pueda desempeñarse con eficiencia y legitimidad en su papel rector. Se puede expresar como el conjunto de instituciones de gobierno sólidamente estructuradas, lo que trae como consecuencia el libre ejercicio de la voluntad del Poder Ejecutivo, mediante la obediencia cívica y acuerdo tácito hacia todas sus acciones por parte del pueblo.

Por lo anterior se deduce la necesidad de mayores esfuerzos enfocados a la reducción de los problemas antes mencionados. Por tal motivo el presente trabajo se sustenta en el combate a esta problemática, a través de una propuesta de desarrollo integral, donde el aspecto social, económico y ambiental se encuentran asociados el uno con el otro de manera que no se caiga en los intentos excesivamente especializados en un solo aspecto, y que dejen fuera la dinámica de los sistemas en los que se interacciona.

Construyendo el marco lógico

El manejo de cuencas: la fase de monitoreo

El manejo de cuencas es un sistema de subconjuntos contenidos en su totalidad unos en otros, pero sobre todo, establece que el manejo de cuencas en su enfoque tradicional, solo es la observación de tres recursos: agua, suelo y vegetación (figura 1).



Tomado de: *Arquitectura solar. Lacomba, Galván 2012.*

Figura 1. Monitoreo de cuenca.

“La cuenca es una unidad territorial, definida por un criterio hidrológico: el drenaje hídrico en donde el agua que cae escurre hacia un mismo punto y desemboca en el mar o un cuerpo de agua interior; su dimensión vertical, se extiende desde la atmósfera hasta las estructuras geohidrológicas subterráneas y en su interior interactúan los seres humanos entre sí y con los factores bióticos de su territorio (Vich, 2010)”.

Este enfoque plantea que la gestión de recursos es solo sobre estos tres, uno contenido en el otro, para llegar a un manejo integral asumiendo la integralidad del medio ecológico, que no el humano, para plantear el ordenamiento: donde sí y donde no cultivar (Dourejeanni, 2005). Este concepto es representado por la ecuación general de balance de masa (Chow, 1964):

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{I - O}{\Delta t}$$

Donde:

ΔS = Cambio en el almacenamiento

I= Entrada de masa

O= Salida de Masa

Δt = Intervalo de tiempo

La cuenca es un sistema complejo que tiende al equilibrio interno, de tal forma que en una microcuenca de la cuenca pudiera existir excedencia ya sea de agua, suelo o vegetación, mientras en otra microcuenca existe de forma simultánea escasez de alguno de los recursos, pero si se une ambos subsistemas, la sumase expresa:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{I - O}{\Delta t} \left| \begin{array}{l} < 0 \text{ déficit} \\ = 0 \text{ equilibrio} \\ > 0 \text{ superávit o excedencia} \end{array} \right.$$

Es decir, la producción de agua, suelos o biomasa de una cuenca puede ser positiva, negativa o estar en equilibrio. Pero la evaluación que realiza el manejo de cuencas de éstos recursos no es suficiente para la administración, dado que solo toma en cuenta el balance global, y no los remanentes internos de cada subsistema. Dicho de otra forma, este concepto no toma en cuenta la disponibilidad interna y las tasas de producción en tiempo, que son la base de la administración de cualquier recurso (Lacomba, Galván, 2012).

La disponibilidad es la cantidad existente de un recurso, dentro de un espacio geográfico, en función de la escala y el tiempo que produce una cuenca; el proceso de producción en el sistema natural tiene un fuerte componente aleatorio, que depende de variables meteorológicas como la lluvia, viento, presión, entre otras; en las variable terrestres tenemos altitud, ubicación geográfica, relieve, tipo de suelo, mientras en las variables de vegetación son tipo de vegetación, densidad, sanidad, tal que:

$$\text{Disponibilidad} = f(\text{condiciones meteorologicas, condiciones fisiograficas, cobertura vegetal})$$

En este punto, la disponibilidad es una variable espacial, que se puede igualar al balance de masa; una segunda condicionante es que esta sea siempre mayor a cero, es decir, que se requiere de “algo” a administrar, entonces:

$$Disponibilidad = f(\text{meteorología, fisiografía, cobertura vegetal}) > 0$$

Como último elemento de la construcción del concepto, es que esta primera definición de disponibilidad se refiere al aspecto espacial. Se retoma la ecuación de balance general de masa, se plantea como dependiente del tiempo, esto significa que hay un lapso de tiempo con excedencia, y durante el tiempo complementario, existe escasez, logrando a lo largo de un ciclo su equilibrio, por tanto la disponibilidad en una forma más completa es:

$$Disponibilidad = \int [f(\text{meteorología, fisiografía, cobertura vegetal})] dt > 0$$

De tal forma, que la disponibilidad, bajo el actual concepto de sustentabilidad es:

$$Disponibilidad = \iiint_{dx, dy}^{dt} f(\text{meteorología, fisiografía, cobertura vegetal}) dx dy dt > 0$$

Finalmente, la combinación de ambas condiciones –espacio-tiempo- genera un sistema fragmentado, donde existirá escasez temporal y espacial, o temporal, o espacial. Esto significa que la disponibilidad se define como la cantidad de un recurso factible de aprovechamiento en un territorio dado, para un intervalo de tiempo dado.

Esta construcción del concepto de disponibilidad, plantea que el recurso deba estar en un eterno estado de evaluación en espacio y tiempo. Este enfoque simplifica el modelo del medio ambiente a una evaluación de los recursos naturales, y justifica la existencia y operacionalidad del manejo de cuencas en su faceta actual, pero no contempla la injerencia del ser humano, sobre todo con los aspectos culturales, económicos y políticos, es decir, la dimensión social en las fases de conocimiento teórico-cognoscitivo, o práctico-productivo no es considerada. Este modelo conceptual sería representarlo por la figura 2:



Modificado de Dourejeanni, 2005.

Figura 2. Modelo conceptual.

Entonces, para poder administrar cualquier recurso se requiere una base evaluatoria que determine la cantidad de recurso susceptible de explotar, y es una actividad fuera del ámbito del manejo de cuencas.

Administración de recursos naturales

Administrar es gobernar, dirigir, ordenar, disponer y organizar. Para gestionar se requiere de un conjunto confiable y organizado de datos que constituye el marco de referencia de un fenómeno específico, tal que permita prevenir y/o resolver problemas y tomar decisiones. La información aporta significado y sentido a las cosas ya que mediante el conjunto de datos forma los modelos del pensamiento que permiten proyectar a futuro, resolver en tiempo y acompañar procesos para la concreción de objetivos.

La Administración se refiere a la planificación, organización, dirección y control de los recursos (humanos, financieros, materiales, tecnológicos, del conocimiento, etcétera) de una organización, con el fin de obtener el máximo beneficio posible; este beneficio puede ser económico o social. Considerando la definición y aplicándola a los recursos naturales:

Planificar: Es el proceso que comienza con la visión que se tiene de un evento específico, como es la captación o la distribución de agua; esta visión es de conjunto, dado que son comunidades (agrícolas, industriales, urbanas) las que se benefician o se encargan de la actividad. En el caso de los recursos naturales, los factores sociales, políticos, climáticos, económicos, tecnológicos, generan un entorno turbulento donde la planificación se dificulta y se acortan los plazos de la misma, y obligan a las organizaciones a revisar y redefinir sus planes en forma sistemática y permanente.

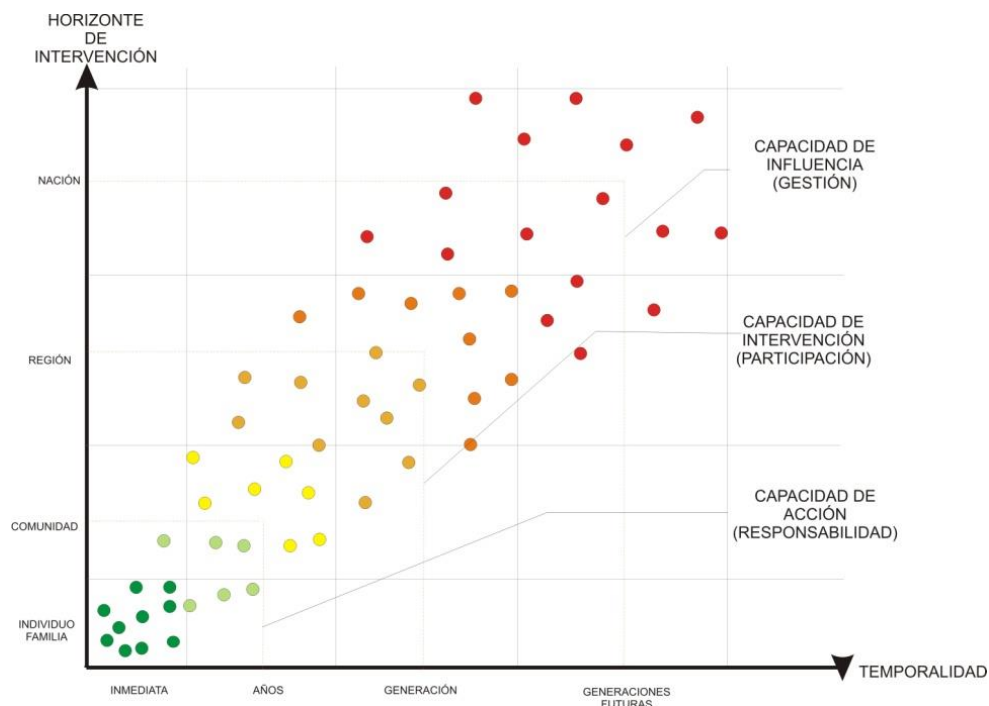
Organizar: Implica diseñar, en primer lugar, la hoja de ruta, donde se plasman la totalidad de acciones y posibles eventualidades que rodean a cada actividad, definiendo responsabilidades y obligaciones; en un segundo tiempo se establece la forma en que se deben realizar las tareas y en qué secuencia temporal, identificando los elementos capaces de condicionar el logro de objetivos (ruta crítica)

Dirigir: Es la influencia o capacidad de persuasión ejercida por medio del liderazgo sobre los individuos para la consecución de los objetivos fijados; en el caso de la administración de los recursos naturales, este punto es ausente. Dado que los beneficiados son múltiples, y los impactos económicos también, este proceso se intercambia por la intervención social donde los actores acuerdan acciones de beneficio mutuo. Una forma de garantizar el éxito de este paso es hacer que la toma de acuerdo se base en la toma de decisiones usando modelos lógicos.

Control: Es la medición del desempeño de lo ejecutado, comparándolo con los objetivos y metas fijados; se detectan los desvíos y se toman las medidas necesarias para corregirlos. El control se realiza a nivel estratégico, nivel táctico y a nivel operativo; la organización entera es evaluada, mediante un sistema de control de gestión.

En el caso de los recursos naturales tenemos, que a partir de la disponibilidad se establece el marco de la planificación, organización y dirección, quedando trunca la fase de control dado que los procesos naturales cuentan con un componente aleatorio. En sistemas hipercomplejos y dinámicos como es el medio ambiente, el cambio es una constante y obliga a una permanente revisión y medición para el mejoramiento y/o adaptación de la administración, lo que lleva a poner énfasis en el control como fase de monitoreo.

Es decir, en la administración de los recursos naturales, la fase de control es sustituida por el monitoreo de los cambios en la disponibilidad; por otro lado, la intervención humana expresada como la explotación de algún recurso aporta el elemento superior de elemento hipercomplejo, derivado de la fuerte disparidad entre los niveles de intervención-capacidades de los actores, de tal forma que los horizontes de influencia son muy distintos entre ellos. Entonces, para alcanzar algún grado de monitoreo del binomio regeneración-explotación, es necesario identificar en un mapa de influencia-capacidad, los horizontes de responsabilidad de cada actor, a fin de que las actividades previstas en la fase de planeación sean ejecutadas en tiempo, por el actor adecuado (figura 3).



Modificado de: Bossel, 1999.

Figura 3. Mapa de influencia en el desempeño de actividades.

En el mapa de la figura 3, se muestra que las acciones inmediatas son del ámbito individual-familiar, por lo que la capacidad de intervención es inapelable, y tiene que ejecutar las acciones de decidir y de ejecutar, por tanto es una responsabilidad. Para el caso de la comunidad, el individuo solo participa en los órganos de gobierno de manera esporádica, y en el caso de comunidades rurales en alguna toma de decisión a través de la participación de asamblea comunitaria, sin embargo no tiene control sobre estos procesos. En este caso puede decidir en algunos casos, pero la ejecución recae en alguna estructura gubernamental diseñada expreso para su ejecución: agua potable, reforestación, producción agrícola. En un tercer nivel se encuentran los grandes grupos humanos, como naciones o continentes; en este caso el individuo no tiene incidencia alguna en la toma de decisión, ni la ejecución: se restringe a la gestión. El individuo se limita a emitir su opinión respecto a los temas ambientales sean o no de su espacio geográfico, por ejemplo, el cambio climático, y las tomas de decisión se trasladan a entes técnicos y tecnológicamente "capacitados" para resolver esa problemática en particular. En este caso, tampoco tiene el individuo responsabilidad en la ejecución de las estrategias adoptadas. Existe un elemento intermedio entre la dimensión de la comunidad y las naciones, que es la región, en la que actualmente existe un vacío que permita determinar acciones y responsables de dichas acciones.

Un elemento importante de esta construcción es el tiempo: es una variable medible y determinante de la ejecución de cualquier acción. Cuando un fenómeno aparte de ser complejo, integra la variable tiempo, se trata de un proceso estocástico. Es decir, se establece una relación acotada entre variables conocidas, cuya sucesión y respuesta depende entre otras variables, principalmente del tiempo.

Tomando este mapa de influencia en el desempeño de actividades, se plantea un sistema de evolución entre la fase de monitoreo (manejo de cuencas), la explotación de los recursos (administración), y la concertación entre las grandes regiones (gestión). Este esquema se presenta en la figura 4.

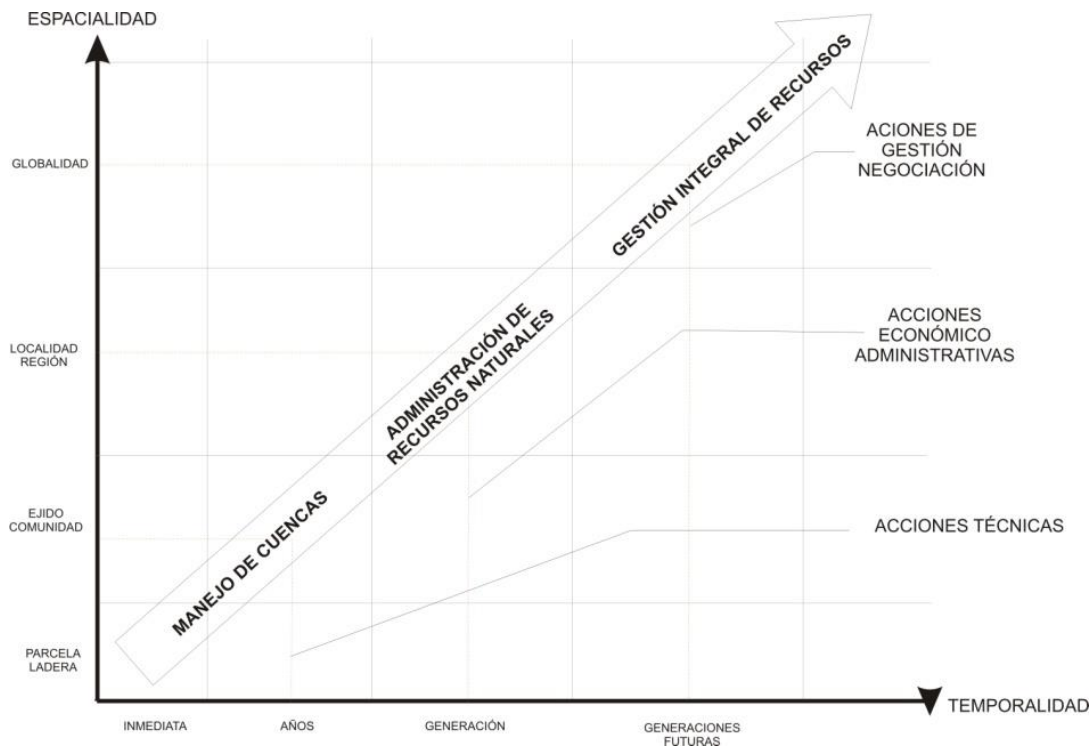


Figura 4. Mapa de capacidad-intervención en el desempeño de actividades.

La parte importante de esta construcción es a) la definición acotada de los conceptos que integran cada subsistema, b) la delimitación de capacidades-influencia de cada subsistema y c) la concatenación de estas capacidades-influencia de manera natural y articulada. La intención de esta construcción es evitar el traslape y duplicidad de actividades desarrolladas en cada subsistema, en un primer piso de conflicto; en un segundo piso de conflicto evita que las acciones definidas y ejecutadas en dos subsistemas sean antagónicas.

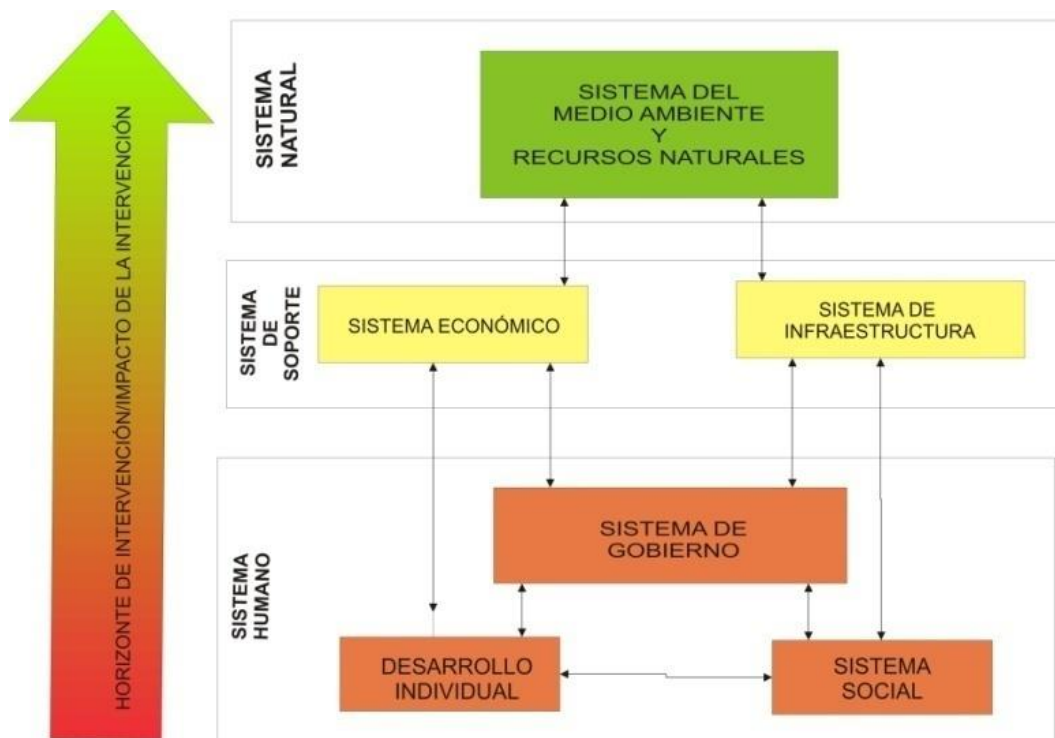
En resumen, bajo esta construcción se pretende que las comunidades sean capaces de articular un plan de manejo, con responsabilidades bien diferenciadas entre los individuos, para que sean adoptadas por los sistemas regionales de gestión y todos puedan confluir en un solo interés: el acceso a los recursos naturales.

Gestión integrada de cuencas

El concepto de gestión se aplica en el mundo empresarial como la acción o efecto de gestionar para el “bien” administrar. Si bien su significado cotidiano hace referencia a las diligencias que se realizan conducentes, al logro de los objetivos de un negocio o de una institución o de la vida

personal, en nuestro ámbito podemos decir que se refiere al conjunto de acciones que se planifican y ejecutan para alcanzar los objetivos propuestos, que aseguren el desarrollo sostenible de los recursos naturales. Gestionar, de acuerdo con Puebla (2010), es tomar una serie de decisiones en función de la información disponible, que lleven a realizar acciones que aseguren el logro de los objetivos propuestos.

En este contexto, la gestión de la cuenca debe generar información, en primer lugar, para mostrar una línea de base del estado del recurso, en segundo, que permita tomar decisiones y en tercer lugar, en qué medida la ejecución de los planes están modificando el estado inicial del sistema, incluyendo las condiciones socioeconómicas, para determinar en qué medida se puede retroalimentar el plan de acción; esto es: a un sistema de gestión le soporta una plataforma de información confiable de la disponibilidad de los recursos naturales (figura 5).

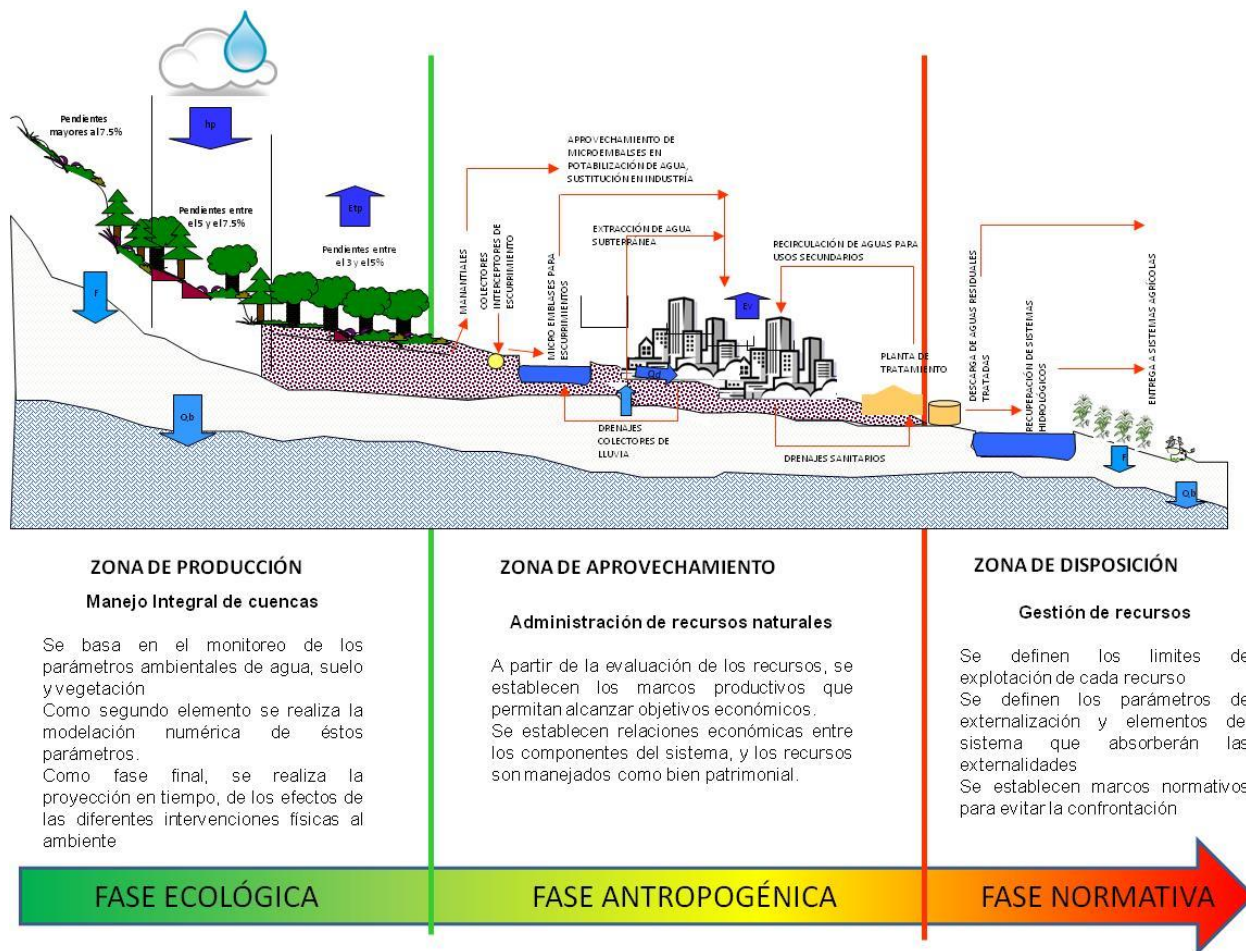


Modificado de: Bossel, 1999.

Figura 5. Estructura de un Sistema de Gestión.

La gestión de los recursos no debe limitarse simplemente a los aspectos técnicos, como mejorar la captación de agua en la cuenca, la medición del consumo o la regulación del riego agrícola. Esta gestión involucra la vinculación de los componentes sociales, culturales, económicos y de gobierno. Pero la desvinculación entre los 3 tiempos: evaluación, administración y gestión, así como la falta de instrumentalización de los conceptos, ha llevado a que se considere como “integral” a los procesos de participación social, por encima de los procesos de evaluación de la disponibilidad del recurso, y la gestión es considerada como el proceso de socialización de las problemáticas, no la toma de decisiones consensuadas.

Como fase propositiva es un enfoque basado en la gestión de territorios, tomando base la cuenca, para establecer los tres subsistemas descritos a) monitoreo continuo de la disponibilidad de los recursos, b) la explotación de dichos recursos a partir del balance producción-explotación, y c) la intervención de los actores, desde la unidad individual, hasta la regional, basada en información confiable. Esta construcción también contempla la integración espacial y temporal del territorio, de tal manera que permite evaluar el efecto acumulado de las intervenciones en cada subsistema, el impacto-influencia de las acciones entre subsistemas en los 3 ejes de la sustentabilidad: la conservación del medio ambiente, el bienestar humano, y la generación de riqueza de forma regional. La figura 6 presenta la estructura propuesta.



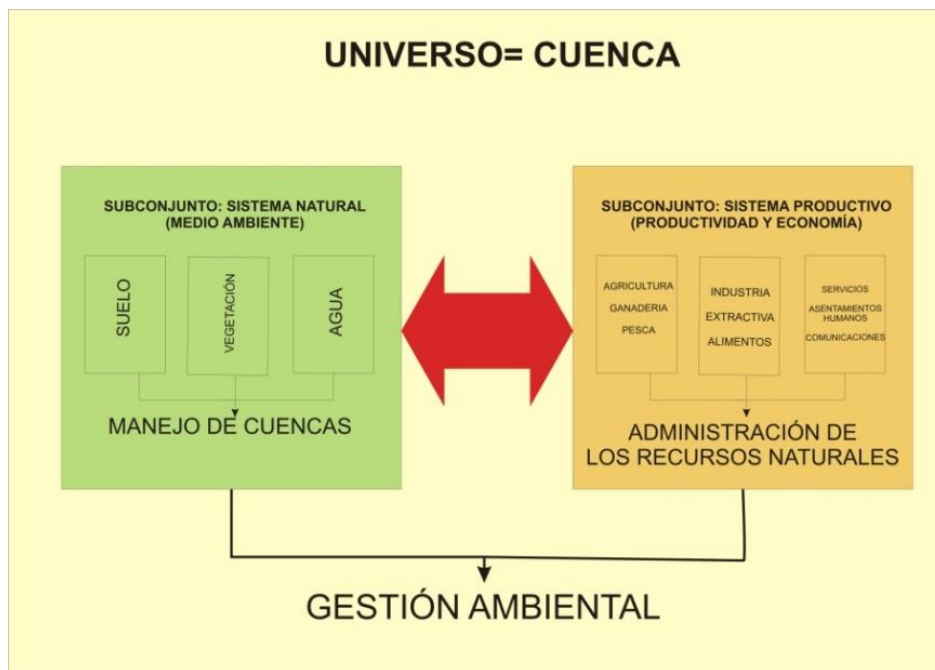
Tomado de: *Arquitectura Solar, LacombaGalván, 2012.*

Figura 6. Efecto acumulado de las intervenciones.

Este acercamiento requiere de un alto nivel de cohesión y organización social, redes sociales sólidas y bien estructuradas que incluyan la participación de los productores y la comunidad en el diseño de las políticas de intervención inmediata. Es decir, se requiere de la integración de los niveles agroecológicos y sociales para tener un plan de manejo con alto potencial de aplicación y éxito. En todos los casos, sobresale la evaluación medio ambiental (agua-suelo-vegetación). En la fase regional o superior se requiere de la comunicación efectiva y asertiva entre las unidades base (comunidad) con las entidades gestoras altamente especializadas, para permitir un flujo bidireccional de información que permite la generación de marcos normativos que regulen las políticas públicas dirigidas a atender las diferentes demandas de los diferentes grupos sociales que habitan una misma región.

La utilidad práctica de este planteamiento es la generación de indicadores que vinculan las características físicas con la productividad, impactos ambientales, impactos a la salud y sustentabilidad, cuya valoración inicial permite la construcción de planes de manejo (administración de los recursos), para desembocar en la gestión integral (decisiones consensuadas).

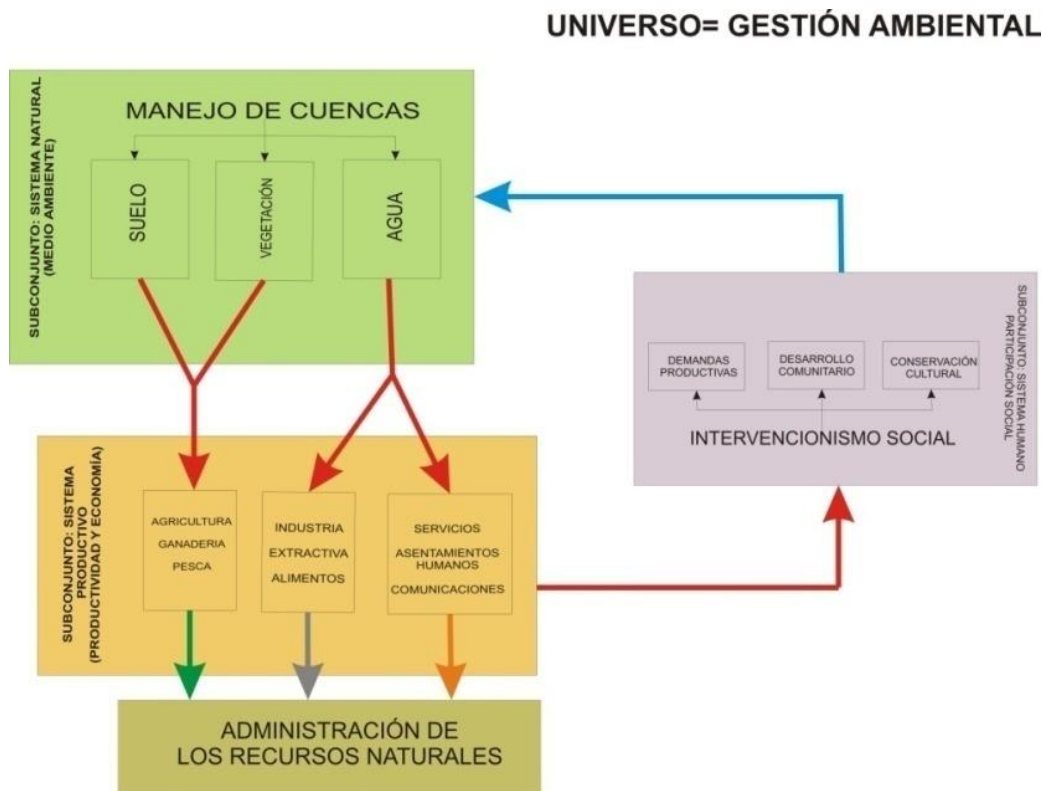
La gestión de los recursos naturales entonces será la forma en que se relacionan el medio ambiente y el hombre a través de las relaciones de a) subsistencia y b) económicas. Es decir, se establecen los límites de explotación a partir de la dinámica ambiental. Para lograr esto se requiere de medir aspectos medio ambientales como cantidad de agua, calidad del agua, erosión de suelos, productividad agropecuaria; en la fase de explotación se miden productividad, calidad de la producción, destino, mercado real y potencial. El concepto propuesto es que la función no es unívoca y direccionada, sino bidireccional entre ambos subconjuntos, y que la función de salida, en cualesquiera de las direcciones es la gestión ambiental. De forma sintetizada: la gestión del medio ambiente depende de la disponibilidad de los recursos naturales, y su respectiva demanda por parte de los sistemas productivos o de sostenimiento del ser humano (figura 7).



Construcción propia.

Figura 7. Relación entre el medio ambiente y las actividades económicas.

En este contexto, la gestión de la cuenca debe generar información, en primer lugar, para mostrar una línea de base del estado del recurso y, en segundo, en qué medida la ejecución de los planes están modificando ese estado como también las condiciones socioeconómicas de la misma y en qué medida se puede retroalimentar el plan de acción. Este planteamiento modifica la estructura de intervención en las cuencas, para pasar de un sistema dicotómico direccionado (figura anterior) a uno multidireccional recursivo, donde el monitoreo permanente de las variables que componen al sistema, dejan de ser de orden “prospectivo” o "evaluatorio" para pasar a ser determinantes y vinculatorias de las políticas públicas, a través de la participación social informada (figura 8).



Construcción propia.

Figura 8. Gestión de cuenca. Estructura propuesta

Es decir, que el enfoque propuesto es un proceso concatenado (análisis de sistemas), donde en cada paso diferenciado existe un elemento central de evaluación (ambiental-económico-social) y diferentes funciones que los vinculan. Entonces, el espacio social de la gestión integrada de cuencas (figura 9), se reestructura de la siguiente forma:

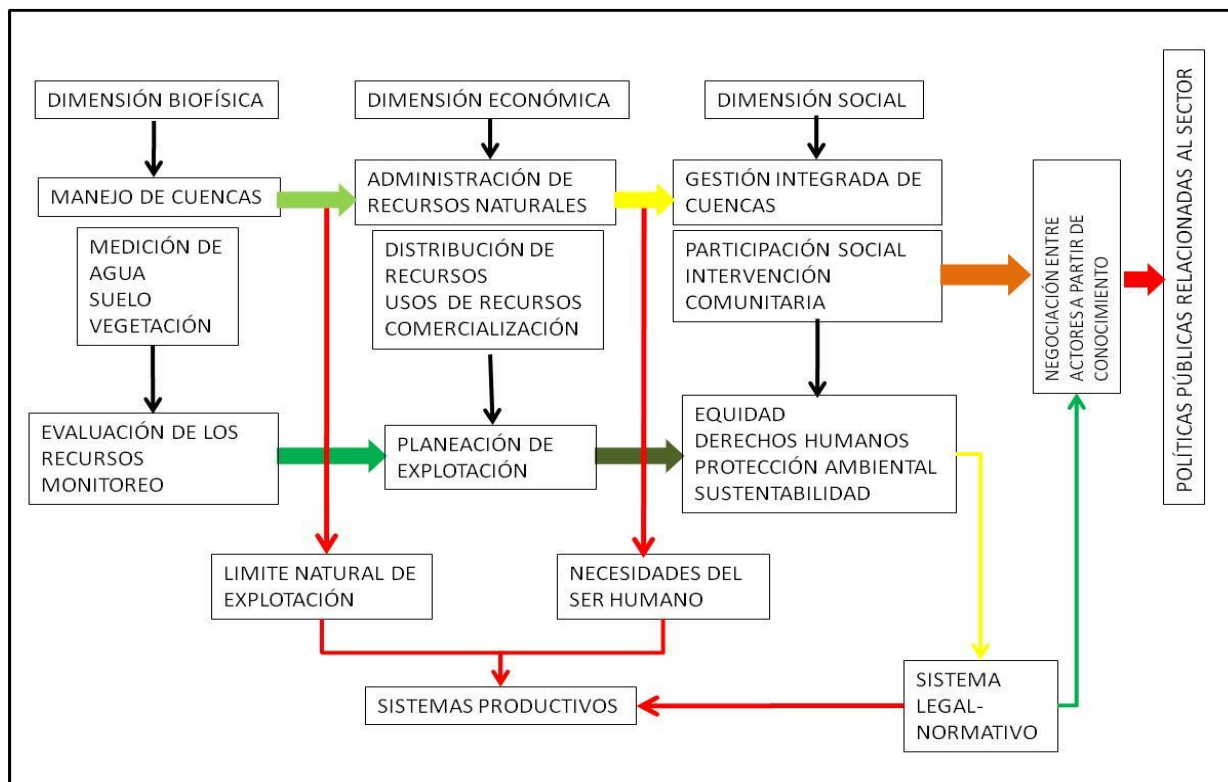


Figura 9. Espacio social de la gestión integrada de cuencas.

Discusión

El concepto de Manejo Integral de Cuencas es un concepto en construcción; derivado de la forma en que el ser humano como sociedad se relaciona con su entorno. Estas relaciones de por sí complejas al interior de cada comunidad, se complican más cuando diferentes grupos humanos se relacionan a su vez, entre sí. Es decir, se confrontan entre sociedades por la forma de acceso, uso y conservación de sus recursos: lo local frente a lo global.

Es por esta complejidad que el término ha sido abordado por diferentes áreas de conocimiento, disciplinas técnicas, y hasta saberes empíricos, sin llegar a satisfacer cabalmente ninguno de los espacios en los que se ha tratado de asentar el término. Sumado a lo anterior, tenemos que la evolución de las relaciones de las sociedades con sus ambientes tan diversos, a lo largo del tiempo, tampoco ha permitido que el concepto ensaye sus propuestas, el tiempo es la variable dominante en el manejo integral de cuencas. Sin embargo y a pesar de la naturaleza compleja, el desarrollo un tanto lento de conceptos y métodos, acoplados a tecnologías que van a una

velocidad mucho mayor, han permitido lograr un desarrollo en diversas direcciones, de elementos, conceptos y herramientas suficientes para plantear una base mínima de conceptos y métodos que interrelacionen todas estas propuestas y avances en un marco metodológico-conceptual común.

Conclusiones

Las actuales tensiones ecológicas obligan a ampliar la reflexión moral del proyecto moderno de desarrollo, al concebir que la razón y la libertad en el proyecto de autodeterminación de desarrollo humano no puede escapar al determinismo de las leyes naturales y a los contextos de la interacción humana con el medio físico. La trascendencia de nuestras ideas abstractas de igualdad, justicia y autonomía, y los acuerdos formales de libertad y ciudadanía, pueden comportar también peligrosos actos de omnipotencia si no se valoran las consecuencias físico-prácticas que significa la creciente carrera contra la naturaleza.

Cada vez son más numerosas las evidencias empíricas aportadas por la ciencia sobre el creciente desajuste entre el mundo natural y el humano, así como es evidente la desvinculación entre los conceptos de manejo de cuencas, administración de cuencas, gestión de cuencas, y gestión integrada de cuencas; esta desvinculación entre temáticas ha provocado que cada concepto se vuelva central de un espacio de conocimiento, llevándolo a la hiperespecialización, es decir, a la eliminación de su conectividad con los otros temas, y por tanto, a una instrumentalización sesgada del concepto.

Bibliografía

Borlaug N.E.; Rupert J.A.; Ortega B.; Marino A.; Cavazos C.G. (1950). El trigo como cultivo de verano en valles altos de México. Oficina de estudios especiales. Secretaría de Agricultura y ganadería, México. Folleto de divulgación No. 10. 23 pp.

Borlaug N.E.; 1949. Report of the Office of Special Studies, S.A.G Mex., 1 September 1949-31 August 1950, Record Group 1.1, series 323, box 6, folder 38, RFA. These varieties

included Supremo Kenya Rojo, Roca mex 481, Yaqui, Roca mex485, Kentana, Roca mex 483, and Roca mex 484. In a separate report, date don or after 1 October 1950. See Report of J. G. Harrar to the Natural Sciences Division and to the Advisory Committee on Agricultura, folder 61, RFA.

Banco Mundial (1993). Informe sobre el desarrollo mundial 1993: Invertir en salud.

Bossel H. (1999). IndicatorsforSustainableDevelopment: Theory, Method, Applications. A Report to theBalatonGroup. IISDINTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. ISBN 1-895536-13-8.

Cotler A. H, Pineda L. R. (2008). Manejo integral de cuencas en México ¿hacia dónde vamos? Boletín del Archivo Histórico del agua.

Dourojeanni Axel (2005). Gestión de Cuencas Hidrográficas y Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Hídricos.

Hazell Peter B. R. (1985). The Impact of the Green Revolution and Prospects for the Future. Vol. 1, No.1, 26 pp.

Instituto Latinoamericano y del Caribe de planificación económica y social Limitada, 2003. Los indicadores de evaluación del desempeño: una herramienta para la gestión por resultados en América Latina. En: Boletín 13.

Lacomba R., Galván F. A. (2012). Arquitectura solar y sustentabilidad. México. ISBN 9786071712370. pp 399-427.

Lira M. A., Robles V. R. (2012). Estrategia Regional de Desarrollo. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, 118 pp.

- Land use, land-use change, and forestry (LULUCF) (2009). Glossary of climate change acronyms, UNFCCC website.
- Molard E., Vargas S. (2005). Problemas socio-ambientales y experiencias organizativas en las cuencas de México, IMTA-IRD, México.
- Naciones Unidas (1999). Asamblea General. Distr. General A/RES/53/202 12 de febrero de 1999 Resolución Aprobada por la Asamblea General.
- Naciones Unidas (2003). Hacia el Objetivo del Milenio de Reducir la Pobreza en América Latina y el Caribe Release Date: July, ISBN 13: 9789213221235 Sales Number: 02.II.G.12588 page(s), United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean.
- Naciones Unidas (2010). Objetivos del Milenio, Informe 2010. Declaratoria sobre el Cambio Climático. MDG Report 2010. Es- 20100612-r9.indd 1.
- Ortega, R. & I. Rodríguez (1994). Manual de gestión del medio ambiente. Fundación MAPFRE. Madrid.
- Oswald S. U., Galván F. A. (2011). Water Resources in México. Cuernavaca Mor., México. ISBN 18655793. pp. 351-366, 367-377.
- Pahl. W. C., Gupta P. D., Global Governance (2008). Governance and the Global Water System: A Teorical Exploration. vol. 14, no. 4.
- Pérez H. E. (2013). Prospectiva de la agricultura en el desarrollo de México. El Cotidiano, núm. 177, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco Distrito Federal, México, enero-febrero, 2013, pp. 47-60.

- Pérez H. E. (2010). Solo no se produce lo que no se siembra; Posted on nov 19, 2010. Diario del Sur, Guerrero.
- Pieri C. (1997). "Planning sustainable land management: the hierarchy of user needs". ITC Journal A 3, vol 4, pp. 223-228.
- Provencio Enrique (2003). "Política económica Alternativa y sustentabilidad del desarrollo" Economía Informa, 316, abril-mayo, UNAM.
- SAGARPA (2005). Uso, Manejo y Conservación del Suelo, Agua y Vegetación.
- Solís M. L. (1976). Economía Ciencia e Ideología. Conferencia inaugural leída en el Colegio Nacional el día 1 de noviembre de 1976. (Publicación en línea, disponible en internet en el sitio: <https://forointernacional.colmex.mx/index.php/fi/article/download/739/729>).
- Stiglitz J.; Sen A.; Fitoussi J.P. (2008). Mismeasuring Our Lives: Why GDP Doesn't Add Up. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. French Republic and Comunidad Económica Europea (CEE).
- Williams, J. R. (1990). "EPIC - Erosion Productivity Impact Calculator". Volume 1, Model Documentation. Volume 2, User Manual. Submitted as USDA-ARS Technical Bulletin Number 1768.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith (1978). "Predicting Rainfall Erosion Losses-A Guide to Conservation Planning". USDA Agric. Handbook No. 537. 58 pp.
- Wilson E. M. (1974). Engineering Hidrology. ISBN 0333174437, Hong Kong. 232 pp.
- Ven Ten Chow (1964). Handbook of applied hydrology: a compendium of water-resources technology, Volume 1. McGraw-Hill, 1964 - Science - 1495 pp.

Vich, Alberto (2010). En entrevista realizada por Graciela Fasciolo en septiembre 2010.

CAPÍTULO II.

ANALYSIS MODEL OF REGIONAL DEVELOPMENT IMPACT INDICATORS AND ITS IMPACT ON BUILDING SYSTEMS PROTOCOL

MODELO DE ANÁLISIS DE INDICADORES DE IMPACTO REGIONAL Y SU IMPACTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOCOTEMAS

MODÈLE D' ANALYSE DES INDICATEURS D' IMPACT DU DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL ET SON IMPACT SUR LE PROTOCOLE DES SYSTÈMES DE CONSTRUCTION

Antonina Galván Fernández¹, Angel Bustamante González², Juan de Dios Guerrero Rodríguez², José Luis Jaramillo Villanueva²

¹ Profesor Investigador. Universidad Autónoma Metropolitana (México).

² Profesor Investigador. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Campus Puebla (México)

Publicado en: Recherches en Sciences De Gestion 2017/6 (Nº 123), pp. 63-99.

Abstract

Sustainable development does not only refer to environmental issues. Development policy concerns all issues related to human well-being, including both economic, social and environmental aspects. Some United Nations publications, such as the 2005 World Summit Outcome Document, recognize these three important points as “mutually reinforcing interdependent pillars”, and underlie the declaration of Human Rights all over the world.

However, even in this globalization era, the different environmental disciplines generate their own paradigm according to the region and culture, without considering that sustainable development is a cross-cutting issue to all disciplines. Based on these perspectives, methodological proposals have been set up to assess what is sustainable or not sustainable.

Cultural contradictions have made visible expressions of these new socioeconomic scenarios, which generating deep changes in the way societies approach the question of exhaustion of development patterns, without being able to define a new one. It is clear that the difference between what is and is not sustainable depends on physical and biological aspects, nevertheless the final concept is determined by socioeconomic variables.

The debate on how interpreting and addressing social problems caused by migration, environmental pollution and depletion of natural resources is a topic of interest to all governments. They strive to encourage social and economic agents to carry out more environmentally friendly activities and behaviors. This involves how to promote the capacity to provide material and economic factors, without depleting the natural resources base and always emphasizing the critical points that any community needs to survive, such as maintaining the natural resource base that provides basic water and food services benefits to the society. However, the way each community has focused on this issue has changed over time depending on how each one understands its reality, its environment and how people are connected to them. Since the industrial revolution, the interest of each society has changed historically. This means a change in the perception of reality, which is a determining factor in how society interacts with the environment.

This article presents an analysis of different development models from the perspective of natural resources, the integrated watershed management and the concept of sustainability. The first two themes have been essential to many development proposals, while the concept of sustainability is a part of the agenda of international organizations, such as the United Nations, and is the conceptual framework that determines some of the discourse and public policies in Mexico.

Key-words: Natural Resources – Basin - Sustainable Development.

Résumé

Le développement durable n'est pas uniquement associé aux sujets environnementaux. La politique de développement porte sur toutes les questions liées au bien être humain, incluant l'aspect économique, social et environnemental. Certaines publications des Nations Unies, telles que le document final du Sommet Mondial de 2005, reconnaissent ces trois points importants comme « piliers interdépendants qui se renforcent mutuellement » et sont à la base de la déclaration des Droits de l'Homme dans le monde entier.

Cependant, même à l'ère de la mondialisation, les différentes disciplines environnementales génèrent leur propre paradigme selon la région et la culture, sans considérer que le développement durable est une question transversale dans toutes les disciplines. Selon ces perspectives, des propositions méthodologiques ont été mises en place afin d'évaluer, ce qui est durable et ce qui est non durable.

Les contradictions culturelles ont fait des expressions visibles de ces nouveaux scénarios socio-économiques, générant des changements profonds dans la façon dont les sociétés abordent la question de l'épuisement des modèles de développement sans pouvoir en définir une nouvelle. Il est clair que la différence entre ce qui est et n'est pas durable dépend des aspects physiques et biologiques, mais ce qui détermine le concept final sont des variables socio-économiques.

Le débat sur la manière d'interpréter et d'aborder les problèmes sociaux causés par la migration, la pollution de l'environnement et l'épuisement des ressources naturelles est un sujet d'intérêt pour tous les gouvernements. Ils s'efforcent d'inciter les agents sociaux et économiques à mener des activités et des comportements qui favorisent la conservation de l'environnement. Cela implique comment promouvoir la capacité à fournir des facteurs matériels et économiques sans épuisement de la base des ressources naturelles et mettant toujours l'accent sur les aspects critiques que toutes communautés a besoin pour sa survie, comme le maintien de la base de ressources naturelles qui fournit à la société de l'eau de base et de la nourriture prestations de service. Cependant, la façon dont chaque communauté s'est concentrée sur cette question a

changé au fil du temps, selon la façon dont chacun d'entre eux comprend sa réalité, son environnement et la façon dont les gens s'y rattachent. Depuis la révolution industrielle, l'intérêt de chaque société a changé historiquement. Cela représente un changement dans la perception de la réalité, qui est déterminante pour la manière dont la société interagit avec l'environnement.

Cet article présente une analyse des différents modèles de développement sous l'angle des ressources naturelles, de la gestion intégrée des bassins hydrographiques et de la notion de durabilité. Les deux premiers thèmes ont été essentiels à de nombreuses propositions de développement, tandis que le concept de durabilité fait partie de l'agenda des organisations internationales, comme les Nations Unies, et est le cadre conceptuel qui détermine une partie du discours et des politiques publiques au Mexique.

Mots-clés: Bassin hydrographique - Développement durable - Ressources naturelles.

Resumen

El desarrollo sostenible no tiene que ver solamente con el tema ambiental. Una política de desarrollo se relaciona con todas las cuestiones relacionadas con el bienestar humano, tanto económicas, sociales como ambientales. Publicaciones de las Naciones Unidas, tales como el Documento Final de la Cumbre Mundial 2005, reconocen estos tres temas importantes como “pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente”, y son la base de la declaración de los Derechos Humanos en todo el mundo. Sin embargo, aún en la era de la globalización, las diferentes disciplinas ambientales generan su propio paradigma según la región y cultura, sin considerar que el desarrollo sostenible es un tema transversal a todas las disciplinas. De acuerdo a estas perspectivas, se han desarrollado as propuestas metodológicas para evaluar lo que es sostenible y lo que no es sostenible.

Las contradicciones culturales han hecho visibles expresiones de estos escenarios socioeconómicos nuevos, lo que genera cambios profundos en la forma en que las sociedades abordan el tema del agotamiento de los patrones de desarrollo, sin ser capaces de definir uno

nuevo. Es evidente que la diferencia entre lo que es y no es sostenible depende de aspectos físicos y biológicos, pero lo que determina el concepto final son variables socioeconómicas.

El debate sobre cómo interpretar y abordar los problemas sociales causados por la migración, la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales es tema de interés de todos los gobiernos. Ellos hacen un esfuerzo para inducir a los agentes sociales y económicos hacia actividades y conductas que promuevan la conservación del ambiente. Esto involucra el cómo promover la capacidad de abastecimiento de los factores materiales y económicos, sin agotar la base de los recursos naturales y siempre poniendo énfasis en los aspectos críticos que cualquier comunidad necesita para su supervivencia, tales como el mantenimiento de la base de recursos naturales que provee a la sociedad de los servicios básicos de agua y alimentos. Sin embargo, la forma en que cada comunidad ha enfocado este tema ha cambiado a través del tiempo, dependiendo de cómo cada una de ellas entiende su realidad, de su ambiente y de cómo la gente se relaciona con él. Desde la revolución industrial, el interés de cada sociedad ha cambiado históricamente. Esto representa un cambio en la percepción de la realidad, lo que es determinante para la forma en que la sociedad interactúa con el ambiente.

En este documento se presente un análisis de los diferentes modelos de desarrollo desde la perspectiva de los recursos naturales, del manejo integrado de cuencas y del concepto de sostenibilidad. Los dos primeros temas han sido centrales en muchas propuestas de desarrollo, mientras que el concepto de sostenibilidad es parte de la agenda de organizaciones internacionales, tales como las Naciones Unidas, y es la referencial conceptual que determina parte del discurso y las políticas públicas en México.

Palabras clave: Cuenca hidrográfica - Desarrollo sostenible - Recursos naturales

Introduction

The management of the environment involves a group of necessary actions and dispositions to sustain enough environmental capital to increase as much as possible the natural heritage and people's quality of life, within the complex system of economic and social relationships that condition that objective (Ortega and Rodriguez, 1994).

The current ecological tension leads to widen the reflection about the modern development project due to the idea that the reason and the freedom in the human self-determination can escape from the natural laws and from the context of the human interaction with the physical environment. The importance of our abstract ideas, such as equality, justice and autonomy, and the formal memories of freedom and citizenship, can also be dangerous acts of omnipotence if the physical-practical consequences are not taken into account in the growing race against nature. Very often, there is more and more empirical evidence given by science about the growing problems in adjusting between the natural and human world. Nowadays, there are a lot of symptoms of the deep lack of efficiency on how culture and human actions have to meet the fragility and the biophysical limits of the planet (Eswaran et al., 2000).

We are currently facing a fundamental contradiction because we want to nourish the 30 million of species we share the planet with, but at the same time, our culture and its development and consumption models insist on the idea that the world is made for serving exclusively human interests.

To most people around the world, the differences in security are not only focused on the geopolitical limits or external threatens such as terrorism, but also on the internal factors created by poverty, social exclusion, the situation of the dispossessed and marginalization, besides the economic instability, and in a very particular way concerning our country, the struggle for the possession of natural resources such as water and land.

The paradigm of sustainability

Today the capability to recover the natural areas has been outgrown by the charge from cities: we have important hydraulic systems which are polluted because of the waste from urban areas, large dumps, and deposits of toxic material, smog and green-house gases. Because of this, new policies on how to deal with them must be implemented; and they should not be based on uncontrolled supply of services, but they should take into account the characteristics and demands of the communities, the natural limits of regeneration and the conservation of the natural capital we have, and the strengthening of the economic-productive chains.

An integral management involves a group of basic and indispensable actions to recover, improve and support the three basic elements all societies have: social, economic and environmental, so that the natural heritage and well-being of people can be increased as much as possible, within the complex system of economic and social relationships that condition the exploitation of the natural resources (Ortega and Rodriguez, 1994).

Under all these considerations, the definition of sustainable development can be adjusted to the new paradigm based on the combination of “environmental sustainability”, “economic sustainability” and “social sustainability”, where the social aspect is made up by the relationship between human well-being with the environment and wealth. The triple result is a combination of performance indicators in the three areas (Image 1).



Image 1. Group of signs of performance in the three areas (Taken: www.worldbank.org).

Under this concept, the expected result of the sustainable development is to define the viability of the projects in which the economic, social and environmental aspects of the human activities are taken into account, so as:

- Economic area: the financial performance is taken into consideration, which can be the “classic” order or not, but it must have the capability to contribute to the economic development of the region or to the government-social structure.
- Social area: the social consequences of the activity of the community are taken into account; how individuals are affected on their quality of life, culture and access to wealth, etc., how the social structure of the community is modified and how the economy and the system of the government are affected.
- Environmental area: it is tried to get the compatibility between the production of goods and wealth and the preservation of the natural resources as the first impact, and the ecosystem that house to the community as the second impact. It includes an analysis of the use of slow-renewable resources, as well as the generation and restructuring of wastes and emissions.

The current paradigm of sustainability, under these considerations, states that the human activities required to cover the basic and supplementary needs, considered within the concept of “quality of life”, should incorporate elements such as minimal emissions, good practice of production and operation, correct use and the good use of subproducts and wastes, and a decrease in the consumption of consumables. The inclusion of structural elements in the definition of sustainable development shows that this is not a technologic, economic or sociologic element by itself, but it is a complex system in which all these elements interact; therefore, they are part of the cultural structure of the communities, in which the production, the economy, the well-being and the environment play different roles, but strongly attached and equally important.

The indicators in the development models

There are two types of criteria about the environmental deterioration: indicators that quantify (physical measurement) the impact of development on the environment, and with qualitative attitudes and opinions (social measurement). However, this criteria takes into account elements according to the sector, and determine the comfort of the communities, as a representative element of the reality in the social area. Some texts by the United Nations (UN), including the Outcome of the World Summit in 2005 (ONU, 2005) and the Millennium Development Goals (ONU, 2005) are the base of the declaration of Human Rights around the world; but in addition to this, they determine the group of indicators used in the valuation in the social, economic and environmental aspects, which allow the international organizations to follow the actions taken by local governments, to get these indicators.

Therefore, the current approach says that the sustainable development obliges development to be according to the three aspects of development mentioned before, and that this growth should be evaluated through the specified indicators. As a consequence, when in a process of economic development there is a poor or null development of any of the other two aspects the viability and the success of the plan will be under risk in an integral way. Under this new proposal, the definition to Sustainable Development is as follows:

“...a development able to satisfy the present needs without putting in risk the capability of the new generations to satisfy their own needs and without diminish the environmental and social patrimony (UN World Commission for the Environment, 2003)”.

With this redefinition, it is intended to relate the sustainable development with a group of indicators of impact (axis of development) and to advance in the future; these group of valuations is aimed represent the efficiency of the development model proposed for each region/country, in order to guarantee an equitable well-being. If it is not possible to give this to all the inhabitants on this planet, at least to most them. As a consequence, the definition to the variables for the construction of these indicators depends on the variability of the areas of knowledge and specialist. On the other hand, the quest of equity for the most inhabitants on the planet leads these indicators to be homogeneous, so that they can be comparable between nations/regions or they can be turned into economic valuations, so the effectiveness of the interventions of the government offices in the social spaces can be evaluated. Nevertheless, and in spite of the worldwide efforts and the development of methodology-strategies of measurement designed by the UN, moving from one field to another has not been easy nor clear; first, because the development model is not homogeneous in a global way, and clear relationships cause-effect have not been established between the social and environmental aspect or the environmental and economic one, for example, the relationships between the regional market (pluto-centric model) and the rotation of the traditional farming systems (homo-centric system), or subsidies (homo-centric system) and the environmental protection policies (eco-centric system).

Definition of model: Pluto-centric Model

The current conflicts between communities and nature can be dated with the mechanization of the agricultural production systems after World War I, whose main objective was to feed a growing population and moving towards industrialization. The demand of production raw materials and energy were seen as an element with little scientific interest compared to the importance of producing more and better.

Between 1910 and 1920, it is the American continent which establishes a first frame of development because it is a geographical alternative to Europe which was in war. In order to meet the demand of clothes, weapons and food, countries like Mexico are forced to get involved into the rhythm of industrialization and mechanization in the field of agricultural production. The objective in that moment was to produce more and faster: research is focused on the first genetic manipulation on a large scale of the species and varieties, particularly with cereals (Borlaug, 1950). About the use of the land, large extensions of leveled soil where different types of wood and creepers were used, and finally intensive agricultural systems are implemented. To face the use of large extensions with limited labor led to an intensive mechanization and to the research originated from the military industry about the chemical products in two ways: the control of plagues with pesticides and the fertilizers to enhance the productivity. Referring to the types of energy, the internal combustion engines, which were the base during the Second World War, required an amount of fuels, where fossil fuels play an important role.

When individual cars came to town, antibiotics, electricity, electrical appliances and multipurpose stores, the perception of human being changed definitely: from depending on the cycles of nature, to being able to control it, with availability of food, energy and health in an unlimited way.

Another important aspect in this stage is social order: a short time before, Europe kept a monarchic order that ruled out most individuals from the decision making in politics; moreover, they are marginalized from the field of politics, they are also marginalized from economy. On the other hand, the exclusion of these groups from politics also implies that they were also excluded from health services, education and food. The social movements aimed to include these groups are still fresh in the collective memory, so it is understood as a civilizing status the access of every individual into a status minimal comfort, that is to say, that any individual that is a member of a nation has the right to health services, a guaranteed basic diet and education, regardless his or her class or social status. This scenario is the base of the large fortunes in the American continent: the massive and indiscriminate sale of goods, particularly clothes, electrical appliances and transport, which are considered symbolic of comfort; that is to say, social

inclusion. Referring to services there is access to the systems of public health, education and tap water and cleaning up and energy, represented by electricity and gasoline.

This development model focused on the exploitation of natural resources, with the objective of giving comfort to human beings, defining comfort as the access to goods and services they had been excluded historically. What is important to remark during this period is that the relationship between societies and environment was based on economic views, in which the most important element to value the development is the economic growth, in which the Gross National Product (GNP) is the parameter most representative. This concept takes into account the accumulation of capitals as the objective of development, pluto-centric model, with a contradiction about human development; on the one hand, there is the notion of comfort as the access to health elements, education, food and energy is in a continuing basis and based on the unrestricted exploitation of natural resources because its availability is considered as unlimited in terms of volume and appropriation; on the other hand, there are the social groups related to the production goods and services, to which the access to the same elements is conditioned, under the concept of maximum profit, and to get this it is elemental to have low-cost labor; therefore, they are not supposed to have the same level of comfort. This contradiction is the base to the definition to inequality. Image 2 shows a summary of this model.

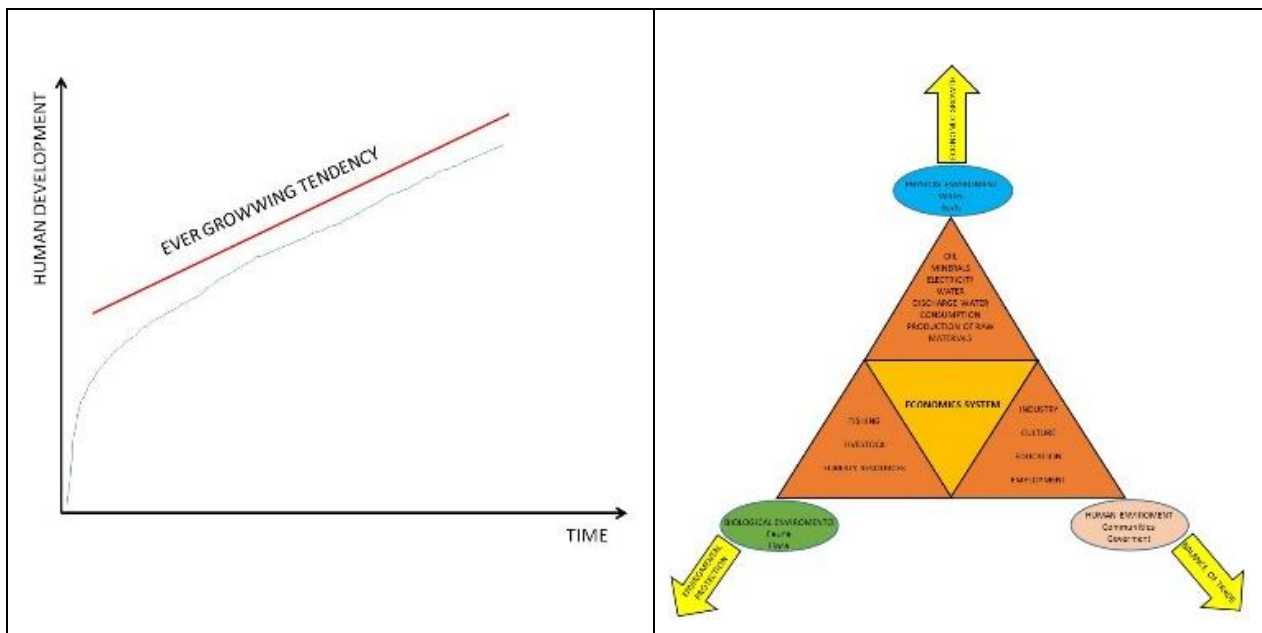


Image 2. Summary of the development model centered on economy

In this model, the human scope lacks of representation in terms of society, but it is expressed with the inequality, marginalization and poverty. In the environmental scope, in this model the obvious exit is the environmental degradation, a contradictory process too: spaces of high conservation for the use and enjoyment of the high consumption groups are presented, whereas on the other extreme the spaces of production, highly impoverished/polluted and under control of the social groups in charge of the production.

However, this model will not work on the long term, every 20 years, and most mechanized countries face a reality that during its gestation it can be seen, but it is considered as not reachable, at least for the expectations of a generation: the exhaustion of the natural resources due to over exploitation. The large extensions of agricultural lands turn into dead system because of soil erosion, the washing up nutrients, saltpeter or flooding due to over irrigation; in the opposite cases, there are soils spoiled with agrochemicals and insecticides which do not permit to continue with the commercial farming systems, under the schemes of traditional economic exploitation, that is to say, the minimal necessary performances are not reached so the activity can be profitable.

New terms are created such as desertification, which expresses the incapability of the land to produce. However, scientists like Bennet introduce a new perspective when he mentions the loss of the land, like a natural phenomenon of the geological type; that is to say, erosion is a natural process of aging of the basins, so it has to be seen as a controllable starting from limiting the external factors which affect this process, having the intention of keeping the production levels according to the levels of profitability, and for the longest periods of time (Bennet, 1934).

However, and despite the loss of the land, the economic-expansionist tendencies keep pushing towards fast production of goods and food due to the growth population. The new geo-politic limits state their own rules of trade exchange (North America Free Trade Agreement, European Common Market) that impose a new order about the products to promote in mass production and how to operate the risky districts. The commercial balance which was natural, because of the loss of harvests due to floods and droughts, the diversification of crops and small owners, added to the commercial limits in each country, have no chance before the large risky districts and the

new agricultural techniques of mass production as a result of the new markets; on the other hand, when the factors that had sustained the booming markets are lost, the relations cause-effect between the food production and the wealth generation should be reanalyzed. Under this perspective of production and the risky districts of monoculture, the concepts of saturation of market, fall of prices, threshold price, prices of guarantee, the small producers are now representative of the inefficiency and retrograde thought, doomed to disappearing; on the other hand, the administrative tools of the planning and the economic ones, with the cost-benefit balances, generate the efficiency signs used up to now in the exploitation of any natural or human resource.

Starting from these considerations and the economic structural loss that the countries are facing due to the neglecting of the land and the infrastructure such as picking-out roads, irrigation systems, wells and watering damming, the investment on productive infrastructure must be thought twice, given the high probability of losing the inversions in economic terms, if the natural systems were not capable of keeping their levels of production for a minimal period of time, which amortize the debts.

Homo-Centric Model

In the 1970s, some precursor countries of the Industrial Revolution and its pluto-centric development model assume that the prosperity of some regions is based on the intensive exploitation of their natural resources and that these are finite, as a consequence, they will be used up eventually and along with this, their economic growth. This development model was not attractive anymore at the end of the 1980s because it jeopardized the conservation of the natural resources in some regions in Europe, Asia and North America, and the regions that still had a high rate of generation, were located in Africa, Latin America, Oceania and, in general, in poor areas of the planet.

The industrial, agricultural and urban development under the pluto-centric model has immediate and long term effects, which modify the environmental health conditions of the ecosystems, provoking the destruction and the fragmentation of the ecosystems, and the loss of

biological diversity, which reduces the capability of production in the biological communities in the short and in the long term. Moreover, the human being receives direct impacts when the level of comfort is affected by the accumulation of waste and the negative effects of pollution and overcrowding; in addition to this, the exhaustion of the natural resources leads to migration among the people who are on the productive stage, towards geographic spaces that still have natural resources or economic growth, generating a social and cultural imbalance among the abandoned communities as well as the communities that receive these population. The recipient countries live this cultural imbalance because they receive a population with low levels of education and technical skills; therefore, they have to absorb the responsibility of education, public health, housing and social security (notion of comfort); talking about the environment, they have to give food, water and energy. Under this pressure, the recipient countries wonder if the generation of wealth under such conditions is real, or the unexpected expenses resulting from assisting these population is the same as or superior to the generated wealth, and, as consequence, the economic growth created in that way is unreal (phenomenon of migration to the United States).

The social factor faces these problems through social revolutions so that it can balance the unstoppable exploitation of human and natural resources, and in response to the new form of marginalization: the exclusion of the regional and international markets. Within this scenario of confrontation, a new development model is rising, in which it is stated that the human being must be the center of well-being, and that this concept, in contrast to the comfort, has to integrate the concepts of equity, inclusion and environmental health as a counterpart to marginalization, exclusion and poverty.

It is on this conceptual basis that the world regulating organizations such as UN, at the first instance, define “sustainable development”, as the capability to supply the necessary elements to satisfy economically and give the necessary materials to the current societies, but without using up the natural resources. This definition makes emphasis on the problem of the using up the natural resources, being based on the extraction of raw materials and fossil fuels, and environmental health (ONU, 1999; Objectives of the Millennium, 2000); Image 3 presents this model.

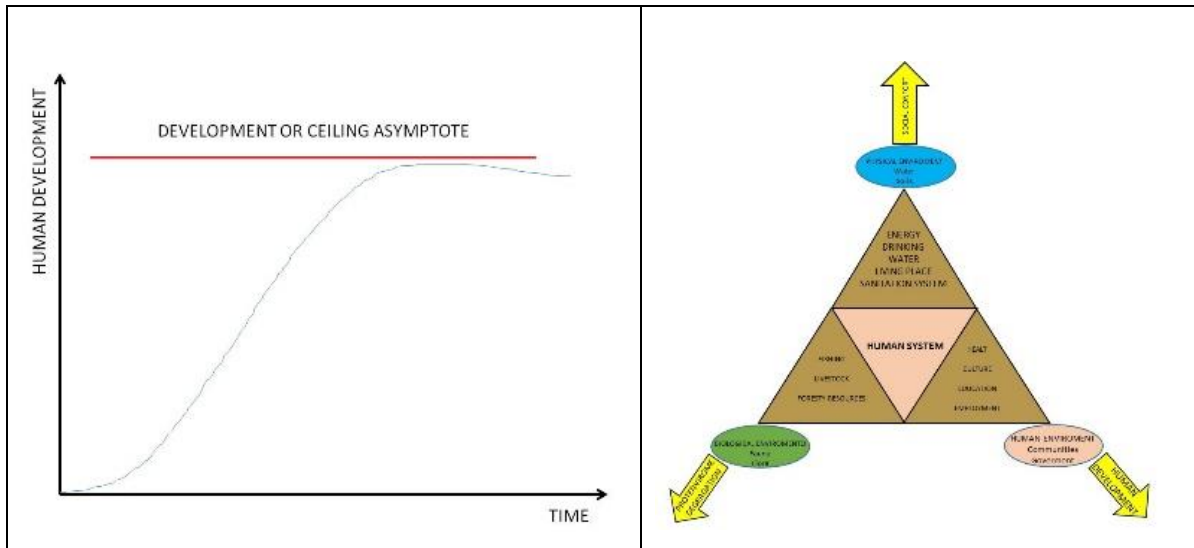


Image 3. Summary of the Human System centered development model

In this model, it is easy to identify that the human field has well defined exits and signs in favor of human beings, but in the economic field, the main exit is the confrontation between urban and industrial groups for the use and exploitation of the water-land resources.

This new development model, put human being in the center (homo-centric) and it does not take into consideration that the economic-social frames that regulate most states around the world are not well prepared to respond correctly to the requirements established by the ecological collapse; in addition to these, the conventional moral frames existing in the communities and social groups that have the same problem: the struggle between local and global. Facing the socio-ecologic consequences resulting from the civilizing urban-industrial movement, it is evident that it is necessary to create a new common and worldwide structure for the surviving of human beings, in integral terms: as the biologic- ecologic entity, as social-community being, and as economic-financial entity (Objectives of the Millennium). From this perspective, any action taken by man in any of his developments fields, will have an impact, in the long term, on any of the other fields and as a consequence, the relationships between societies and the environment are constantly modified; in the short term, by direct interventions, in the long term, by the impacts resulting from the interrelations between areas.

In most societies, the conventional moral limits the human relations and in the center of the social relations it is important to regulate the differences between the structural frames (entities of government) and the adjustment of the social actions and roles (social entities) (Ayers, 1989); but under the new civilizing movement, and taking human beings as the core of development and as consequence, recipient of all types of action on their benefit, these existing moral frames do not respond to the new structure of social interaction, in terms of governability, whose main objective is to be able to give answers that allow to face successfully the current civilizing moments of humanity. It is considered that the inclusion of each individual in the urban groups is guarantee of equity, inclusion and well-being.

The current concepts about over-consumerism, expansion and building of urban areas cannot be used to refer to the total of communities that populate the planet, to avoid a collapse of the natural systems (Ehrenfeld, Gertler, 1997). The consumption of materials and energy show the wastes produced by these activities, which generates a growing environmental pressure. It called “malfunction” when an element that is part of the system or productive chain, its activity generates higher expenses than benefits; that is to say, the activity demands materials and/or generates wastes whose cost is much higher than the obtained benefits, and which were not expected within the productive process or are attached to some of the elements of the system; the costs can be economic, social or environmental. If these costs are considered among the rates the system can handle –social or environmental- that generates them, they are absorbed and modify the balance cost-benefit, but if they are higher, they are considered as loss; that is the case with the trash, sewage, the migratory processes, and the impoverishment of communities. The malfunctions are assimilated somewhere within the system, which is not generally the one that creates it; when this happens, the result is confrontations between constructing entities of the chain due to: a) the assimilation of the cost that this charge represents, b) the indemnity for the loss that it represents.

On the other hand, differences and conflicts that are the result of conventional morals turn out to be determining in the micro ethic relations between small groups and their communities of reference, even though these will never understand why an exterior regulation is necessary, which in a lot of cases it is antagonist to their interests; the confrontation between the local and

the global again. Under this scheme, the global regulations do not establish the adapting mechanisms of the government institutions, according to the demands of the social groups, and not even the understanding of the reproductive needs of the natural systems, which necessarily take human societies into account. The conventional macro and meso ethic-aesthetic frames established by the states turn out to be anachronistic and antagonist before the intrinsic characteristics of continuity and regeneration of the natural systems (Stiglitz, Sen, 2008).

As a result of the lack of ethic-regulating frames that represent reality in the best possible way, the way in which the forms of participating in a community is defined is based on aspects like the opportunity to allocate funds, meet the demands of specific sectors and population groups, and in situations of crisis, to solve risky situations for the people. The problems are tackled according to high technical approaches, without considering social and environmental areas, and in general, it is expected the actions to be “definite” as a “solution”. However, this technocratic approach has not meet the demands of the population, avoid the presence of the human being as an individual and as a community, becoming important elements that trigger the breaking between communities, division of ecological environmental, and confrontation between the people and the decision makers.

Particularly, the confrontation between the inhabitant and the government system for having and controlling the natural resources, besides the current tendencies about the deterioration of the environment, has caused big environmental catastrophes with consequences on the social life: the owners of energetic resources in the Middle East face endless wars for controlling the business of oil; Mexico gets in trouble with the United States because of the use of water on the boarder and in some communities in Oaxaca and in Chiapas, social conflicts due to the exploitation of the forests and the owning of the lands blow up; and most recently, the approving of the Energy Reform that favors the use of resources such as water and land by the government, in conflict with the communities that own the resource.

The main problem in this development model is that each human group values its needs based on their own perception, understanding and availability of information, on how the resources are used, and where it is going to on development terms. Consequently, it identifies the different

problems and includes the perception of the human group to rank its needs and establish possible resolutions. This random ranking is what supports the negotiations among the different groups interested in the exploitation of the natural resources.

Eco-centric Model

The lack of agreements between government officials and social groups, in addition to the reduction of availability of the natural resources –specifically water and oil resources- created a new development model; in other words, human needs such as food, clothes, housing and work, as first objective, under schemes that keep the balance of the environment –as frame objective– due to the economic development and social well-being, are limited because of the availability of natural resources and the capability of the environment to absorb the effects of human activity. That is, if the natural resources are finite, the basic productivity is limited for the capability they have to supply raw materials and absorb the remaining of the activities of the ecosystems, under these three basic rules:

- a) No renewable resources must be used at a higher rhythm than its generation.
- b) No pollutants must be produced at a higher rhythm than it can be recycled, neutralized or absorbed by the environment.
- c) No non-renewable resource must be used until its extinction, if there is not any other possibility to be substituted by a renewable resource.

According to this new paradigm, a new collection of new strategies oriented to the preservation of the environment is defined; the most remarkable: the improvement of technology to exploit the natural resources, the improvement on the efficiency of consumption, the reduction of consumption, the recycling of materials and the reintroduction of residual subproducts in the productive chains; in the social area the reorganization of the communities stands out in two important issues: its continuance as responsible for the resources, and its inclusion in the fields of decision making related to their exploitation. In the economic subspace the cultural aspects of the native communities are revalued, those that state a sustainable way of exploitation, which gives support to the way they are perceived, taking into account the relations between man and the

environment. The objective is an exploitation that allows the natural resources recovery, at the same rate as it is affected by human activity, resulting on a new development model, the eco-centric.

To determine the rate of production of an ecosystem, this has to be understood according to its cause-effect relations. An ecosystem is the space made up by biotic and abiotic components that interact with one another to carry out vital function of production and balance. They are open to the external environment to capture energy and materials and also, once their functions are performed, they are a sink of processed materials and energy (Odum, 1992). The natural ecosystems contained within the biosphere are sustained from solar energy, which once has gotten into and been used by the system flows out in the way of heat, just as pollutants and other organic products are eliminated. In the environment the chemical elements are used several times without losing its utility; the biogeochemical cycles are closed for the materials, but are kept open to receive and release energy, where the biochemical decomposition of such materials generate subproducts, which really supply other material at the end for reuse by other elements of the ecosystem.

However, closed cycles are absent from the human systems because they are based on the idea of availability of energy and resources in a limited way, generating a limited volume of wastes. In the human cycles, energy mainly comes from fossil hydrocarbons (82.7%), in a lower scale of hydroelectric systems (14.9%), while the energy from clean systems like solar or wind energy (1.3%) is little significant, as well as that obtained from of biofuels (1.1%). Most of this energy is used in the production of goods and services, which once is used, a small amount is incorporated to the goods, but the greater part flows out in the form of wastes (atmospheric pollutants resulting from the use of hydrocarbons), and heat. In this case, the residuals are absorbed by other chains of the system, and wastes not used as subproducts have to be taken out of the system as trash.

The rate is then the time it takes the ecosystem to get energy, transfer it and generate biomass, and the latter is then transferred to several elements of the system, until it gets to a point of total dissipation, or reintroduction of the system, which can be defined as (Galvan et al., in process):

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{I - O}{\Delta t}$$

Where:

ΔS = Change of storage

I = Input of Mass

O = Output of Mass

Δt = Interval of time

In terms of energy- mass, the rate of storage, rate of production of the resource

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \Delta(I - O)$$

$\Delta(I - O)$ = rate of transfer energy-mass, mass-mass, energy-mass and mass-energy.

The transfer takes place due to the subspaces of the system, and it is considered that is not conservative, therefore, in each step there is a differential of loss, which results in decreasing rates during the transmission. Under this concept, the rate of transfer could be:

$$\frac{\Delta(I-O)}{\Delta t} \left| \begin{array}{l} > \text{Consumption rate} \\ = \text{Consumption rate} \\ < \text{Consumption rate} \end{array} \right.$$

This development model proposes a way of performance that involves the principles of ecological economy, trying to place it within the traditional scheme of market, under the concept of rate of consumption, when it is compared with the rate of production. It is based on the analogy between the industrial systems and the natural ecosystems. Companies and consumers follow the same line of flow of material and energy to get products and-or subproducts, whose consumption meets their own needs and those of others which makes possible the surviving of the system as if it were closed, in a real imitation of the natural behavior. The objective is the

proper use of the subproducts generated during the same industrial processes as raw material in other processes, which implies the reuse and recirculation of materials. The other objective is the preservation and regeneration of the natural resources within the system itself to optimize the cycles of the materials, from the raw material to the final material by component, by product, or residual product so that the externalization of wastes goes to zero (Jelinski et al., 1992).

This model of production of goods and services intends to redesign the current productive systems to imitate the structure and performance of the natural systems and integrate them within the dynamic of the biosphere, as another element of the ecosystem. Rational management dictates not to exceed the rates of production of nature, during the energetic phase as well as materials and food, coordinating the processes of human life to the rate of environmental regeneration. The other approach considers that the necessary elements for the production can be completely framed in the performance of the biological receptor ecosystem, and it is required to use only the necessary natural resources at the same rhythm as its rate of generation, and substitute the finite resources with the consumption of alternative and renewable resources. Image 4 presents this development model.

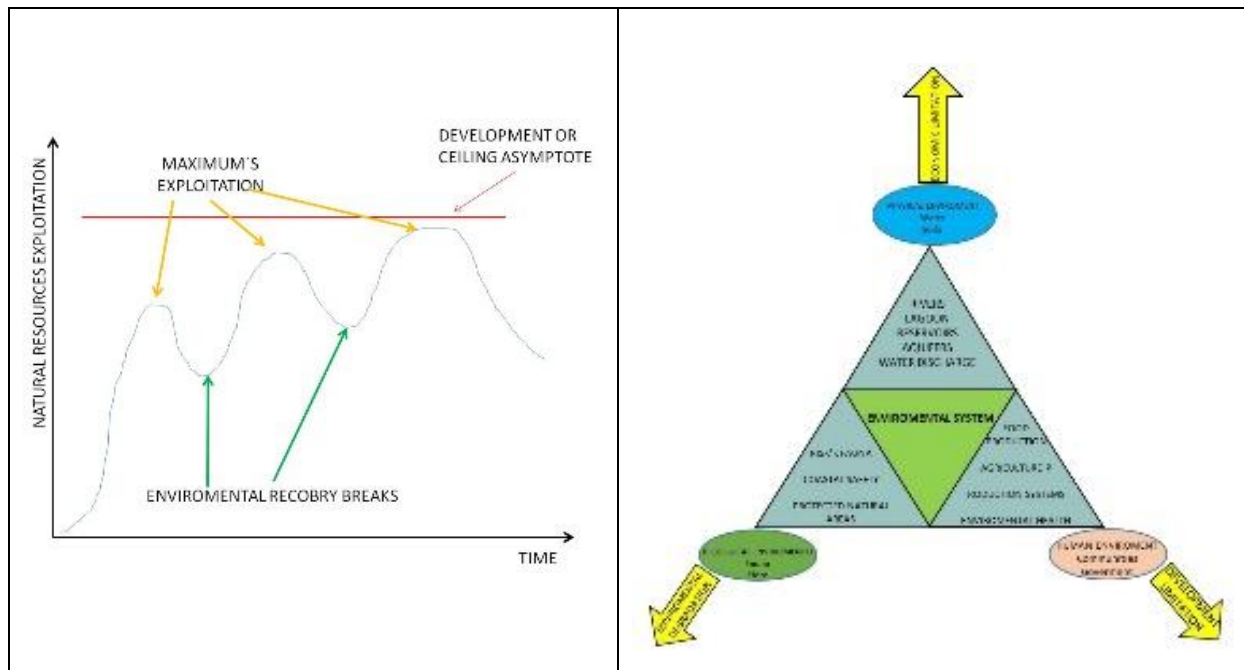


Image 4. Summary of the System development model eco-centric.

In this model, the exit in the economic field is the limitation of growth. Under traditional terms the logic of the productive economy generates a situation of unsustainability, looking for that the volumes of production are always increasing to ensure the increase of the GNP in a constant way within time (mandatory positive rates). In the environmental field, the exit is a regulatory frame of restrictive-imposing order in favor of the protection of the environment. Therefore, in the human area, the restriction of the human-economic development depends on the rate of regeneration of the environmental cycles. The weak element in this model is that it implies that global societies modify their lifestyles and patterns of consumption so that, a) their need can be met due to the use of recycled products, b) the rates of consumption of energy and biomass can be lower and, c) the emission and wastes can go to zero. In this model it is supposed that the industrial and service systems can assume a different attitude about the volumes of profit (theory of the economic decrease), an efficient technologic use of the extraction of raw materials, subproducts and wastes, and an adaptation of the technology and processes used in the production of goods and services; in the phase of management, it is expected every industry to be modify in an operative and structural way towards performances that permit a feed-back effect with other companies and branches to build up product-chains. The final objective is to establish a dynamic system of management based on the evaluation of the rates of production and transfer of energy and mass through the subsystems, which tries to minimize the use of materials and energy of the recipient ecosystem, and at the same time to assure the quality of life of the population, minimize the ecologic impact of the human activity, preserve and to restore the ecosystems and to keep the economic viability of the ecosystems for the industry and commerce. In another way, it is expected that the interactions between the corporations and within the environment of a region reproduce relations of cooperation –social systems– because of the exchange of materials and energy in an equitable way.

This conceptual trait has come to magnify the historic processes of appropriation of the resources, putting in first place the marginalized groups, but without giving possible solutions, which has led to a lot of spaces of basin management and of violent confrontations. Nowadays, there is a wide group of instruments of interventions in the environment. They are usually based on regulating measures (sanctions) within the regulations, which is supported by the evaluating system of the use of the basins. In the non-regulating measures, there is the promotion of the

organization of the users of the basins, the improvement of the university programs that support the programs of intervention, the use of the economic instruments such as environmental services. However, there is a huge gap between the scenarios of management and the generation of public policies (Image 5); this lack of communication between social elements is the base of the current conflict, between local and global.

The government entities have tried to fill the gap between the real management of the resources and the historic processes of appropriation through public policies. Up to now, the integration of policies has advanced a long way referring to the conceptualization, instruments, and techniques of evaluation of specific elements of the ecosystem like water, land and vegetation. These policies were completely created by the government entities, where the regulating schemes have few formal dispositions (legal) that force the economic entities to be in charge of the environmental conditions, its conservation and, in other cases, its regeneration. However, the government has full control and the operating entities make the decisions, whereas the people's participation is completely omitted. These three factors generate tensions that condition the economic decisions (Provencio, 2003).

The Bio politics

In the decade of the 1920s, Kjellén proposed to integrate in a single complex system a series of new ideas and concepts that were the result of the technology developed during the war. He proposes the notion of a State that works like a living organism. This concept was applied in social life, in the struggle of ideas and interests between the groups and classes that exist in society: The Bio politics. Michael Foucault applies it to a specific way of government that looks for the management of the biologic processes of the population. He bases on the group of strategies of knowing and relations of power that rules the surviving of living things inside the ecosystems. The innovation of the concept is that it tries to “tackle the political reality of the State putting on second place the legal categories to make the reality of the State a living form” (Castro 2011).

The biological disciplines and the natural population regulations are the concepts which the mechanisms of power are displayed over, with the intention of controlling the life mechanisms, and with this, the human development. The human body is thought to be a multidimensional machine, in which education, aptitudes and strength are the base of its capability of producing well-being. On the other hand, to generate a growing of its docility and its integration in efficient control systems and economic, it is a synonym of its utility for the system of power. For all this, the “integral development” of the human being must be assured. In addition to this, it has to guarantee the well-being through the characteristic procedures of the medical, biologic and diet disciplines, attached to the educational aspects of inclusion, fighting back poverty and equity: a “bio politic of the human body” (Foucault, 1996).

Under this paradigm, the individual emerges like a unit where interests of economic order, human, biologic, politic, and environmental are together to form an integral and complex system whose function is to totally control life, as a manageable object. Technology is redefined as a thing able to individualize power, and that thanks to the analysis of the individuals, from their bodies to their behavior, must produce manageable individuals and easily isolated to be administrated. To do so, administrative tools are developed such as surveillance, control and the account of performance or the constant evaluation of the capabilities. But, in order to keep an adequate level of economic growth, it is not only required the exploitation of natural resources, and their subsequent transformation, the workforce is essential, and it depends on biological and medical aspects related to individuals, and on their conditions of existence: habitat, food, natality and mortality. The “social body” stops being just a simple legal-political metaphor and becomes a biological and medical reality (Foucault, 1994).

Opposite to this, the social body demands new ways of direction, and the administration of human resources does not meet the demands of social groups so diverse like the ones that can be found in big cities and small communities (global versus local). Therefore, the Bio politics represents a new way of management, like a series of mechanisms and techniques directed to the social entities which look for the care of life like a well-handled, which for the average citizen mean public generated politics starting from the biological processes of man-species, and assure a little bit more their regulation through the access to water, food, medicine, education (Foucault,

1996). This means that nowadays, society is not regulated by the classic economic mechanisms, that is to say, the exchange of goods is less important than competitiveness, and this is the current conception, it is the existence of efficient, healthy, productive, qualified and cheap workforce. The homo economicus that was defined in the 19th century based on the exchange and consumption, made a new definition possible: the man of the enterprise y the production, the services intangible goods, versus the goods of production.

In this new esthetic construction, the concepts of governance-governability are outgrown, and even though the natural evolution of the assembly of a system of management based on the flow of information and the dialog between both societal areas, it is necessary to create a new ethic-esthetic system that sustain a new way of governing. Several authors refer to these new proposals as governability.

In 2000, the FAO and the UNEP, trying to understand this new ethic-esthetic frame, define the group of economic, environmental and technological variables that currently make the basic information for the generation of the indicators to implement a plan of sustainable integral management, and which are summarized on chapter 10, Agenda 21 UNCED. They are 4 types or groups of data that are taken as critic, which define the base platform of evaluation for the sustainable integral management (Pieri, 1997):

- Natural resources: which includes the biophysical aspects of the ground, climate, flora and fauna.
- Productive systems: includes the productive demands (agricultural, woods, industrial, water production, mining, and construction), management policies, agrarian policies.
- Economy: the institutional, economic and social structures with which the exploitation of the resources has to be negotiated.
- Technology: extraction-management systems of environment-friendly resources, technologies of recycling and transmission of subproducts between the elements within the productive chain, construction of knowledge networks, use of Technology of the information and communication (TICS).

This first approach towards a logic frame, lacks of social space which is not shown, and this gap is filled by the confrontation between governmental entities and social groups. The current structure of the management process of basin-administration of the resources-management of a basin can be summarized with the following diagram:

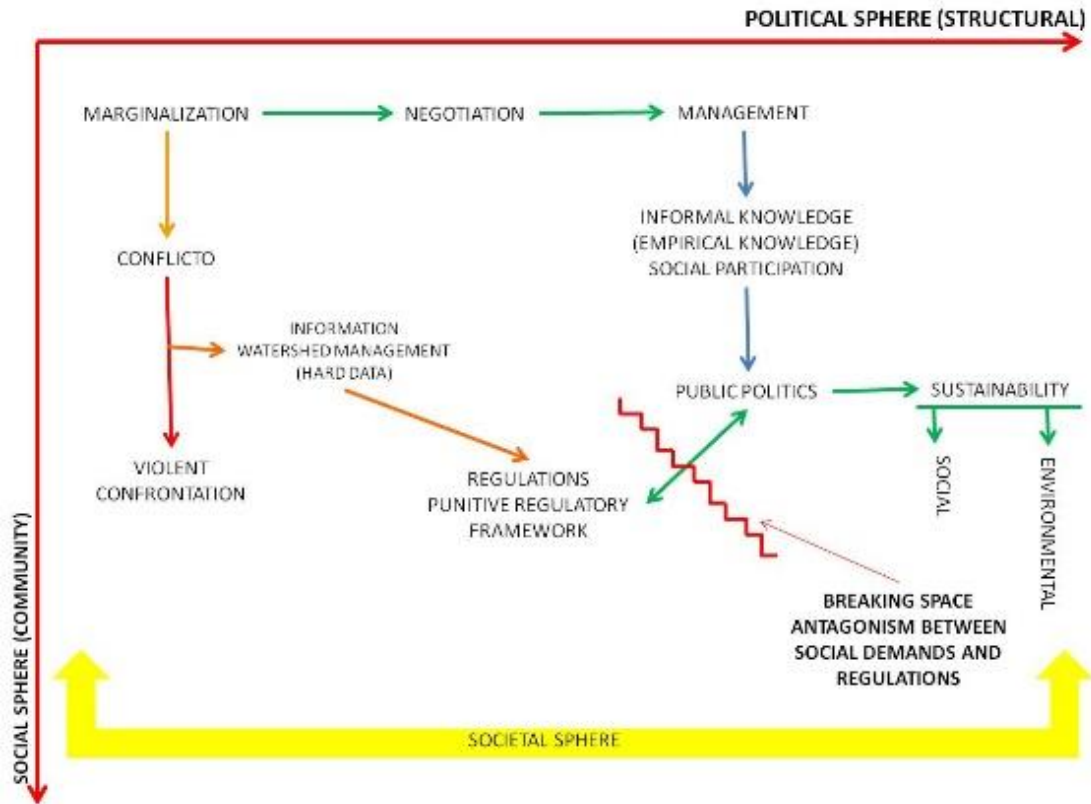


Image 5. Societal relation of the natural resources management (Self construction).

Under this scenario, the exclusion of rural communities from making-decision processes leads them to negotiation-confrontation as the only way to be taken into account. The technical information (knowledge, wisdom and technology) on the environment is an element of conflict between the social area and the political area, given that who has the information, has the power. The solution for the confrontation is the normative area in a restrictive phase. This is a formal exclusion of the social groups from the decision making about guardianship and way of exploration.

The governmentality

According to Lemn (2010), the governmentality is the group of “the new power mechanisms”. These new mechanisms are by definition far from the traditional economic mechanisms, and from the regulations expressed in the normative systems, and they are based on the appropriation of the concepts generated by fields different from politics and state, aimed to the construction of a management system that includes each individual’s base elements –and it is here that the biological phase is inserted - with the notion of well-being, which is originated from the frames of production, security and social development –all of them not connected to the state- to result in an upper level, in which the well-being and individual development are combined, to generate the notion of individual comfort. The aspects intrinsically related to the obligation the state has about economy, politics and the system of right become highly flexible to be able to rule the plurality of men that make a population with quite different status (Lemn, 2010).

Under this new ethic-esthetic frame, the state has the responsibility of its central concepts such as food security, justice, or inclusion of social entities capable of organizing themselves in a more efficient way, to supply these notions of comfort to specific groups of the population, taking away the state the responsibility of creating public policies capable of having a transverse and vertical impact. This loss of capabilities in favor of non-governmental groups, are visualized as a weakness in the short term; in the long term, they are taken as empty spaces, susceptible to be taken by any entity, but the most important is that the individual has a more active role in the generation of public policies, and his inclusion justifies the governmentality.

But the development of the international experiences about the management of water, basins and the environment in general, because it is a permanent confrontation, has promoted that the international organisms take part in this dynamic as referees in the negotiations between the communities and the governmental entities. Trying to fill in the gap that is caused by this difficulty, and to generate a real societal area, starting from the global space, there is a clear tendency to reinforce the capabilities of governability over the territories limited by natural reasons, like a general compromise among the states on the environmental issue. This tendency is based on the implementation of the areas of governability and governance, as the

responsibility with the environment, shared with the other participants. It is mandatory to act in a logical way to generate a healthy environment and a sustainable production, which has been called social participation, sharing the knowledge and designing of social public policies. But this approach is more based on the creation of capabilities of governability and public policies, in which the generation of real agreements that rule and organize the ethic, fair and equitable access, to the different users of the natural resources of the basin.

As a result of the latter, it can be inferred that governance and the governability are two related concepts, and that without any of them it is not possible to have a participatory and including, and in order to be in charge of the responsibility of the environmental health, we have to start from technical-scientific information that establishes the health condition of the basin (base scenario); the demands of the extraction of the resources of the social groups; the conditions of the access and equity for the exploitation of the resources (scenario of exploitation); and the real-compromise capability of each social actor to handle and absorb the malfunctions in all its social, economic and environmental dimensions (scenarios of environmental regeneration). However, the modeling of the scenarios (technical phase) is not enough undo the breakup in the societal space; there are four minimal aspects that require analysis and integration in the public policies to reach the coupling governance-governability, and they are, a) The legitimacy-efficiency dilemma, b) The pressure and demands of the governmental context, c) The corporate restructuring of the civil society, and d) The expansion and technological change. The breakup starts with the way these concepts are related; it basically depends on how each community articulates its productive paradigm before the global entities, but in general terms, a structure as the following is kept (Image 6):

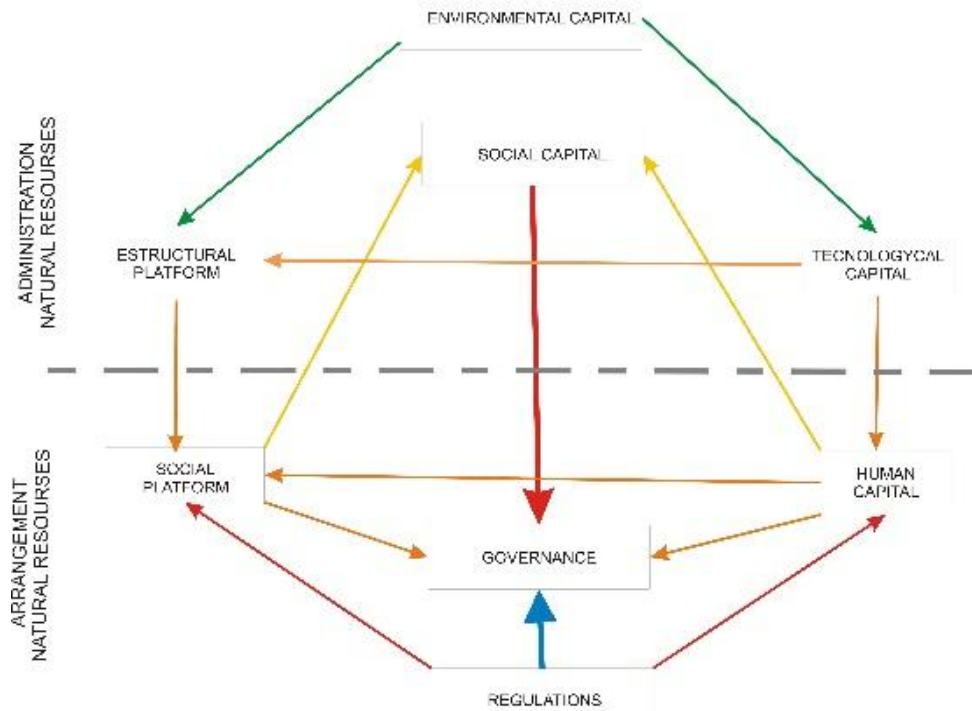


Image 6. Elements of the environmental governability. Current strategy (Self construction).

The main characteristic of this structure is the deep division between the social area and the government, and they are mutually antagonistic. The element of the environment belongs to the social sphere, whereas the normative element belongs to the gubernamental sphere; therefore, the environmental space and the normative space are antagonistic. Moreover, each space focus on one task: the social one is in charge of the administration, while the gubernamental space is in charge of the gestion.

The right to use and exploit the natural resources is related to the level of participation of each individual and community that require them, but the increase of the participation in the political sphere can lead to a greater polarization of the social and gubernamental spheres. The increase of this polarization causes distrust of the people towards the institutions that rule-protect them and generates the feeling among the individuals of a growing political inefficacy; and this sentation leads to a low participation, and consequently, low access to the use and benefit of the resources. In order to breake this circle of lack of communication, it is needed that both spheres eliminate

the base conditions of the confrontation. The proposal is to generate a space of concentric gestion, whose center is shared not only by the governed, but also by the government – governance-governability coupling. In a second circle, we can find the platforms of technical information, the technological platform, the structural platform so as to develop social capital for the sphere of the government, and human capital for the social sphere. Finally, the containment circle is the flow of information between the normative sphere and the environmental sphere, to set in the same space and level the administration and gestion of the resources.

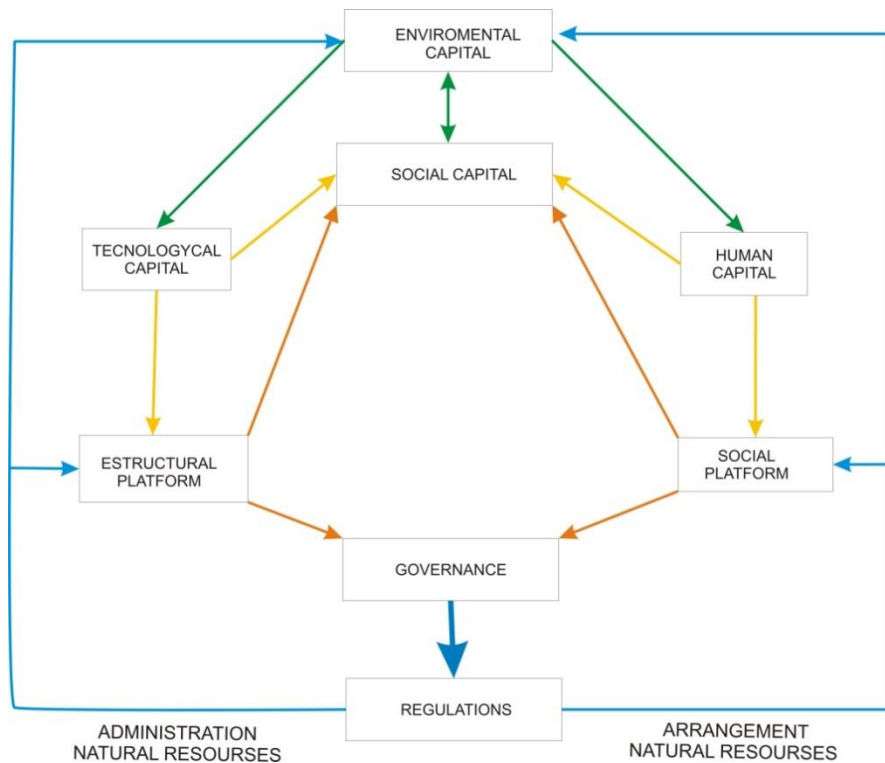


Image 7. Elements of the environmental governability. Logic frame proposed.

This organizing scheme garantees a) that when sharing the same sphere, there is not antagonism between the governed and the government; b) starting from the previous premise, the spaces of administration-gestion have the same importance in the structure, so there is not any struggle between the participants because of the appropriation of the function; and c) the technical-technological information gets out of the spheres, making the premise that information is power disappear, and it becomes a flow of generation of capitals. It means that the political

mutual support, instead of being antagonistic. Under this approach, the production of goods and services is considered as the final objective of the public policies (governmentality), which makes that the phase of monitoring considered in the management of the basins allows to improve in a continuing way the quantifiable results of the environmental interventions. That is to say, the accumulated effect of the interventions must be monitored and known (not only of each project in an isolated way) and take permanent action to correct and control the undesired effects that can appear, as well as check that agreements reached on the levels of intervention can be accomplished.

Discussion

The adoption of different development models responds to specific historical moments, whose objectives have had different approaches, and as a consequence, the indicators of development have been constructed in a specific way to demonstrate the achievements of the model. In the economic model, the objective is to have a continuing growth of the Gross National Product and commercial balance indicators. This forces to use only macroeconomic variables, sidestepping microeconomic variables.

In the homo-centric approach, the objective is to reach an agreement and work out conflicts between the users of the resources (two social groups of the same level) or the control of these (civil society versus government entities). In this case, the indicators of the model are based on the group of factors associated to the development of the community: access to education, public health, culture; the information is qualitative or semi quantitative and of subjective character. In the case of the eco-centric model, the objective is the environmental health as the base of the human well-being, and the elements to evaluate are lost natural habitats, fragmentation of habitats, extinct species per habitat, and loss of biodiversity, which makes them completely incompatible with the economic system or human needs (access to education, access to health services).

The common element in all of them is that it requires the collection of data in a dense way for each region, systematized and revaluated to make it comparable and compatible among

geographical spaces. In the field of technologies, the collecting of data is centered on databases, simulation systems and systems of geographical information systems, as well as the platforms of administration of information; this field has aspects that have not been solved yet: the difference between the biophysical and political limits, the expenses to keep the information databases updated and free access for all the users and the construction of networks of knowledge that support and validate the information.

The other aspect, the development model adopted by the upper sphere of the government, is not necessarily convergent with the development model of the local-regional communities, resulting in discrepancies and confrontation due to the definition of the objectives of development, and consequently, of the indicators of advance. A lot of examples of evaluation of development models are centered on clarifying the relation between the scientific diagnosis of the biophysical frame and the analysis of the systems to define the relations cause-effect between the social aspects (socio-productive survey), and/or productive, with the environment. The intention is to address the actions, understood as public participative politics, towards the factors that join them. However, the platform to evaluate the human dimension is left out; the most important unsolved element in this space is the analysis of the ethic-moral frame of the governed with regard to the government, in order to develop effective problem solving techniques.

In the phase of gestion, the plans of management are designed under administrative-regional frames, whereas the communities move within natural frames (basin), where the collecting of data requires not only different disciplines sources (biological, physical, economic and geographical), but also different escales, in particular because the extentions of the productive units are variable from one country to another and from region to region. Finally, and as a factor to reinforce, the environmental policy must be integrated within the platforms of information according to the regulations and sustainability, and agricultural policies such as land ownership.

Conclusions

The answer to why more and more people suffer from famine and malnutrition can be that the crisis in agriculture around the world because some harvest are privileged to increase the GNP

and the commercial balance among the countries (pluto-centric model), in contraposition of the ancient systems, which are by self definition sustainable food systems (eco-centric model). The logic of the productive economy struggles for the volumes of production can be always growing ones, surpassing the limits allowed by nature, while the sustainability of the systems is not merely a technical question; it implies to reveal the ways of how societies interact with their surroundings and the political wills of the people and states: governmentality.

According to the last world meeting on environment, most rural communities are able to meet the internal demands of food. However, the advantages promoted by the global economic policies about mass production and selfconsumption generates prejudices of both. The urgency to supply basic food to the large urban areas, justifies the dismantling of the domestic production to buy them “cheaper” from the countries that produce them massively, trying to readdress the management of the local resources towards systems which are “more productive economically speaking”, in the search of higher “added value” and to support the industrialization of the large producers. When it is stated that the volume of economic resurces that the rural population absorbs is excessive in comparison to its contribution to the GNP, it really tries to reorient its use of the natural resources, towards systems that can contribute to the great economic global system. In this context, the concept of the “sustainability” is manipulated to make it into the platform of persuasion so that the marginalized populations allow the reorientation of their natural resources, causing their migration, and with it, the increase of cheap workforce, and in that way, increase the competitiveness among the countries, the sense of non belonging exclude sistematically from the real participation of the rural population in the design, decision, execution and control of the public policies and as a consequence, from the decision making processes, generating a confrontation between the local and the regional.

The policies addressed towards the country that subsidize the agriculture of exportation, disregard the small and medium producers. However, they are the ones who support the domestic market and they have a strong experience on ancient managements. Many of them have a high profile of sustainability, organic managements and diversification of the natural spaces through the empirical knowledge of the local environmental processes. This knowledge takes for granted the revaluation of the economic, social and environmental advantages of low scale agriculture,

and the acknowledgment of the control of its territories and natural resources and local organizing forms, but it implies to generate a mechanism of social inclusion and policies that guarantee the equitable access to the natural resources and the means of production, the technology and the techniques to guarantee the individual and collective rights, which is against the strategies of regional planning and centralized decision making.

The systematic monitoring and the generation of indicators to determine the level of advance of the local development models still has not been stated definitely in any country because all of them are in the phase to determine their specific conditions and forms of collecting data throughout the nation (social-local sphere). There are some institutional efforts from the researching agencies that still have not been able to propose methodologies, variables and specific models of application. The advances have reached the management of the latest technology up to now (SIG and remote sensors) to monitor and map in real time the management information, and the biophysical models for the projection of events (weather, water, performance). However, these systems have not been able to successfully integrate the economical and social dimension. In this last term, it must be included the empirical knowledge of the people, the socio cultural aspects of customs and habits, but also the conflicts of interests, corruption and local and regional economic policies, concepts whose conceptualization and measurement is highly risky since it is not possible to offer a unique and heterogeneous of the perception of the phenomenon. Therefore, it is required to develop effective procedures that collect, analyze and summarize all of the information, and in different scales that support the decision making from the level of the producer, local and regional. The last two steps are definite in the performance of the communities; it is what should be defined as the integral gestion of the basins, whose final objective is the integral human development, enmarked in the paradigm of sustainability. Based on a long series of tests and errors in both developed and underdeveloped countries, now there is the conclusion that the planning and the integral management is not only a technical or social problem, but also the integration of both dimensions, the physical and the human throughout an ethic frame that clarifies the so complex flow of cause-effect relations between the environmental-social-economic dimensions to permit the establishment of a development model, which is impossible to be unique for all the communities, but it is possible

that contains a minimal common platform of information, that allows in the base of comparison among the different scales in one region, as well as among the different regions in the world.

References

AYERS R. U., *Industrial Metabolism in Technology and Environment*, in J. H. Ausubel & H. E. Sladovich (eds.), National Academy Press, Washington, 1989.

BENNETT, H. H., Soil erosion - A national menace. *The Scientific Monthly* 39(5):385-404. 1934.

BORLAUG N. E., Report of the Office of Special Studies, S. A. G Mex., 1 September 1949-31 August 1950, Record Group 1.1, series 323, box 6, folder 38, RFA. These varieties included Supremo Kenya Rojo, Roca mex 481, Yaqui, Roca mex485, Kentana, Roca mex 483, and Roca mex 484. In a separate report, date don or after 1 October 1950. See Report of J. G. Harrar to the Natural Sciences Division and to the Advisory Committee on Agriculture, folder 61, RFA.

CASTRO, E., Biopolítica: orígenes y derivas de un concepto. Publicado en Cuaderno de Trabajo #1 Biopolítica, gubernamentalidad, educación, seguridad. III Coloquio Latinoamericano de Biopolítica, Unipe, Buenos Aires, septiembre de 2011.

Documento Final de la Cumbre Mundial, 2005.

EHRENFELD J. & GERTLER N., *Industrial Ecology in Practice: The evolution of interdependence at Kalundborg*, *Journal of Industrial Ecology*, 1 (1), (1997).

ESWARAN H., BEINROTH F. H. & SURENDER M. V., "Resource management domains: a biophysical unit for assessing and monitoring land quality". *Agriculture ecosystems and environment*, Elsevier UK. 81, Vol 152, T 162. pp 155-162, 2000.

FOUCAULT, M., Ética, estética y hermenéutica, Traducción de Ángel Gabilondo, Editorial Gallimard, Pág. 209, París, 1994.

FOUCAULT M., Historia de la Sexualidad, Vol. I La voluntad de saber, Siglo XXI Editores, Vigésimo cuarta edición, Pág. 168, 1996.

GALVÁN F. A., BUSTAMANTE A., AMBRIZ G. J. J. & MARTÍNEZ M. M., Propuesta de Estructura para la Generación de un Marco Lógico para la Gestión Integral de Cuencas, (Generación de Indicadores para la Toma de Decisión en el Manejo Integral de Cuencas, Parte I) En proceso de publicación.

JELINSKI L. W., GRAEDEL T. E., LAUDISE R. A., MCCALL D. W., & PATEL, C. K. N., Industrial ecology: Concepts and approaches (Ecología industrial: Conceptos y enfoques), Proceedings of the National Academy of Science, 89, 793-797, 1992.

LEMM V., (Editora), MICHEL Foucault, Neoliberalismo y biopolítica. Santiago de Chile: Universidad Diego Portales, 459 pp, 2010.

Naciones Unidas Asamblea General Distr. General Quincuagésimo octavo período de sesiones Tema 61 del programa provisional*, Seguimiento de los resultados de la Cumbre del Milenio, Aplicación de la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas, 2 de septiembre de 2003.

ODUM, E.P. 1992. Ecología: bases científicas para un nuevo paradigma. Cap.3. Ed. Vedral. Barcelona < http://html.rincondelvago.com/ecologia_3.html >

ONU, 1999; Informe sobre el estado del Medio Ambiente.

Objetivos del Milenio, 2000; Declaratoria final.

ORTEGA, R. & I. RODRÍGUEZ. 1994. Manual de gestión del medio ambiente. Fundación MAPFRE. Madrid.

PIERI C. 1997. "Planning sustainable land management: the hierarchy of user needs". ITC Journal A 3, vol. 4, pp 223-228.

PROVENCIO Enrique. (2003). "Política económica Alternativa y sustentabilidad del desarrollo" Economía Informa, 316, abril-mayo, UNAN.

STIGLIZ J.; SEN A.; FITOUSSI J.P.; 2008. Mismeasuring Our Lives: Why GDP Doesn't Add Up. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. French Republic and Comunidad Económica Europea (CEE).

CAPÍTULO III.

CONSTRUCCIÓN DE UN INDICADOR PARA LA VALORACIÓN DE PROGRAMAS AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO: APLICACIÓN DE METODOLOGÍA

Antonina Galván Fernández¹, Angel Bustamante González², Juan José Ambriz García³

¹ Profesor Investigador, Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana (México).

² Profesor Investigador, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla (México).

³ Profesor, Unidad Iztapalapa, Universidad Autónoma Metropolitana (México).

Publicado en: Recherches en Sciences De Gestion 2015/6 (Nº 111), pp. 161-188.

Resumen

Las agencias directrices del país que toman decisiones sobre la explotación y conservación de los recursos naturales están en crisis debido a la confrontación entre intereses de los espacios económicos, humano, y ambiental.

El impacto de las acciones tomadas es calificado por órganos globales a través de indicadores de impacto. Sin embargo, el grueso de los Programas dirigidos a detonar desarrollo sustentable no impactan, la pregunta es porque no lo están logrando.

Aquí se evalúan 5 Programas aplicados en el D.F., México. Se revisan los indicadores de los propios programas, para contrastarlos con una propuesta, donde el espacio ambiental es explícito.

Palabras claves: indicadores ambientales, desarrollo sustentable, manejo recursos naturales.

Abstract

The national guideline agencies that make decisions about exploitation and conservation of natural resources are in crisis, these days due to the confrontation between economic interests, human interests, and environmental spaces.

The impact of these actions is qualified by global bodies through impact indicators. However, the bulk of the programs aimed at detonating sustainable development have no impact, the question is why they are not succeeding.

There are five programs applied in the evaluation of Mexico City. The program indicators are reviewed, in order to contrast with a proposal, where the environmental space is explicit.

Keywords: Environmental indicators, Sustainable development, Natural resource management.

Résumé

Les agences nationales qui prennent des décisions quant la conservation des ressources naturelles est en crise, en raison de la confrontation entre les intérêts économiques, humains et environnementaux. L'impact des actions est qualifié par le biais des indicateurs d'impact. Cependant, les programmes visant à déclencher le développement durable n'ont pas d'impact. La question est de savoir pourquoi ils n'y parviennent pas. Cinq programmes appliqués dans l'évaluation de la ville de Mexico sont évalués. Les indicateurs des programmes sont examinés, en regard d'une proposition, où l'espace environnemental est explicite.

Mots-clés: Indicateurs d'environnement, développement durable, gestion ressources naturelles.

La eficacia del desempeño de los sistemas administrativos es un asunto que importa a los gobiernos ya sean regionales o locales, siendo básico de resolver, a fin de dar fluidez a los procesos de toma de decisión. Esta discusión en México, es producto de la crisis ideológica, el agotamiento de la fórmula de desarrollo económico surgida del modelo del Estado benefactor que rigió al país durante 75 años, y el reacomodo de la sociedad a nuevos roles. Los esfuerzos de las autoridades por mejorar el nivel de vida de pobladores en alta y muy alta marginación, se ven

frenados por la falta de sistemas de evaluación rápida y eficiente de los impactos que logran las estrategias de desarrollo; adicionalmente, el proceso de planeación se ve entorpecido debido a que la forma en que se definen las intervenciones en una comunidad se basan en la oportunidad de acceder fondos, atender demandas de sectores poblacionales específicos, y para resolver situaciones de riesgo; los problemas son abordados desde perspectivas tecnificadas sin dar valor a espacios sociales y ambientales. Sin embargo, esto no ha satisfecho fehacientemente las demandas de la población, ya que soslayan la presencia del ser humano, pasando a ser elementos de ruptura social, fragmentación ecológica, y confrontación entre pobladores y tomadores de decisión.

En este estudio se presenta una herramienta que permite caracterizar, evaluar programas de intervención comunitaria, con la finalidad de que el personal encargado de su ejecución cuente con una herramienta de seguimiento y evaluación del programa, y la comunidad receptora tenga una vía de calificación en cuanto a la eficiencia e impacto del programa, para que ambas calificaciones redunden en un proceso de planeación más eficiente, de mayor cobertura y mayor impacto a lo largo de la ejecución del plan.

Introducción

Una política de desarrollo debiera considerar todas las áreas que interfieren con el bienestar humano, y que son la económica, la ambiental y la social. Sin embargo, y a pesar del mundo globalizado, las diferentes disciplinas relacionadas con la evaluación y manejo del medio ambiente, aún están generando su propio paradigma, sin lograr que el desarrollo sustentable sea un tema transversal, mucho menos global. Bajo esta visión tan fragmentada subyace la falta de propuestas metodológicas que acoten los discursos, para dar elementos de evaluación concretos (Galván et al., 2014).

Nos encontramos ante la contradicción fundamental de nutrir a las treinta millones de especies con las que compartimos el planeta, pero al mismo tiempo, nuestra cultura y su modelo de producción y consumo insisten en que el mundo está hecho para el servicio exclusivo de los intereses humanos.

Las ciudades en México tienen la característica de crecer de forma horizontal, tal que van absorbiendo las zonas naturales que les circundan a través de urbanizaciones no planificadas, a la vez que se externalizan los productos del desbalance medio ambiental, en forma de aguas residuales y basura, mientras que en el ámbito social tenemos a las personas en pobreza, pobreza extrema y situación de calle. Dadas las características de la cuenca del Valle de México, la franja territorial entre los lechos lagunares y la serranía cumple la doble función de amortiguar los procesos medio ambientales en ambos sentidos: por un lado de la sierra hacía las zonas planas, como de las zonas planas hacía la sierra, por otro, es la zona con mayor potencial productivo agrícola y como remanente de vegetación. Sin embargo, es la que actualmente presenta las más altas tasas de incremento de la urbanización, a pesar de su importancia estratégica por su papel en la regulación de escurrimientos, reabsorción de aguas residuales, estabilización y absorción de residuos sólidos en actividades agrícolas. En contraparte, tenemos la pérdida de importancia de la actividad agrícola como alternativa de desarrollo económico, la competencia por el agua entre la fase agrícola y la urbana, la falta de mano de obra y la depredación de los sistemas agrícolas.

La responsabilidad de dotar de servicios a la población y regular las actividades de explotación del medio ambiente recae sobre las entidades gubernamentales, que sufren la presión constante de regularizar las acciones que ya han emprendido los pobladores, antes de poder planear. Adicionalmente, el desconocimiento de las características del medio y la falta de una herramienta, que permita estimar los impactos que se producirían cada vez que se toma una acción, provocan que éstas sean rebasadas al momento de su ejecución, que no generen los impactos económicos y productivos esperados y, que en algunos casos impacten, negativamente al ambiente.

Antecedentes

En el área rural del D.F. inciden una serie de Programas federales y locales que apoyan el desarrollo de actividades agropecuarias, conservación de suelo y agua, y conservación del bosque y de las Áreas Naturales Protegidas (ANP's); en el año 2012 se erogaron 75.4 miles de millones de pesos (mmdp), que representa el 25.1 % del Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Sustentable (PEC), 7.9% del Gasto Programable de los Ramos Administrativos, 2.5%

del Gasto del Sector Público Presupuestario y 1.9% del Gasto Neto Total Devengado, que se designaron a las siete delegaciones rurales, con el objetivo de promover el desarrollo social, económico, grupos vulnerables y protección al medio ambiente, sin embargo, ninguno de éstos programas cuenta con datos suficientes para hacer una evaluación del impacto al medio ambiente, que generan las acciones implementadas en estos programas (SHCP, 2013).

En cuanto a los marcos externos al país, tenemos una serie de calificaciones e indicadores relacionados con aspectos como son los derechos humanos, el bienestar, hasta llegar al desarrollo humano, que son generados a partir de visiones globales de lo que debiera ser el devenir de todas las sociedades (Objetivos del Milenio, ONU 2010); aporta un elemento de forzamiento a las relaciones económicas y sociales locales. Dicho de otra forma, pertenecer a la aldea global nos obliga a acatar las reglas “globales”, independientemente de los procesos sociales en que este inmerso el país, y estas reglas básicamente están dirigidas a incluir a grupos poblacionales vulnerables, marginados o en pobreza extrema.

El estado que guarda el sector agrícola mexicano es tema prominente de la política social y económica de los últimos gobiernos; el debate se inicia con el anuncio de que bajo el TLCAN eliminaría la mayoría de los aranceles de los productos agrícolas que llegan de Estados Unidos, y con ello la preocupación de diferentes sectores agrícolas mexicanos al verse afectados negativamente al incrementarse la importaciones desde ese país y Canadá. México está encarando el reto estructural de la transformación del campo; el hecho de que más de la mitad de los productores poseen unidades menores a 5 has., de ellos alrededor del 80.5% producen oleaginosas y leguminosas que son los cultivos menos rentables, y de que el 10% de la población total del país vive y/o depende de la agricultura, determinan una muy baja productividad ha generado un sector altamente vulnerable. El 15% de las unidades productivas a nivel nacional se consideran competitivas, 35% apenas logran la rentabilidad y el 50% restante son de subsistencia o no rentables. Sin embargo, México ha invertido el 8.6% de su presupuesto nacional al sistema agropecuario, pero esta inversión ha sido dirigida a los productores más pequeños y menos rentables. Todo lo anterior ha provocado una pérdida de la actividad. En el D.F. existe una enajenación promedio de los terrenos agrícolas de 2000 a 2010 del 21%, mientras que los pequeños productores han disminuido la captación de ingresos en un 33% para el mismo periodo

y solo se ha dado un incremento del 2.54% de incremento en otras actividades relacionadas con el sector (Galván, 2007).

El Distrito Federal concentra uno de los núcleos de población más grandes del planeta, y hace pensar en su carácter exclusivamente urbano; sin embargo, el 59% del territorio es suelo de conservación, en el que se produce maíz, avena forrajera, nopal, frijol, amaranto, alfalfa, hongos seta, hortalizas y flores. De la superficie del Suelo de Conservación, 62,000 ha., son de propiedad social con más de 30 mil hectáreas en cultivos y 7,000 en actividades pecuarias. Existen problemas en la producción, el acceso al crédito, a los insumos, sólo se comercializa el 43% de la producción. Además, parte de las tierras ejidales y comunales se encuentran en litigio entre las comunidades del Distrito Federal y los núcleos agrarios del Estado de México. Como resultado el sector enfrenta una producción agropecuaria no rentable y la tierra se encuentra sujeta a presiones como la invasión y la venta ilegal. En este contexto, se han generado un cumulo de programas tendientes a paliar esta situaciones, que sin embargo no han generado el capital humano y económico que permitan el desarrollo de los espacios rurales que mejoren la calidad de vida.

La zona de estudio

La ciudad de México tiene una extensión de 1,495 km² que representa el 0.1% del territorio nacional, tiene una población de 8,850,080 habitantes, que representan el 7.9% de la población total del país que se distribuye en 16 delegaciones políticas. El 99.5% se distribuye en el área urbana y el 0.5% en el área rural, el nivel de escolaridad es de 10.5 años o sea el primer año de educación media superior, con un promedio de 8.6 a nivel nacional, la población hablante indígena es de 1%, la actividad comercial es la que más aporta al PIB estatal y nacional que es de 17.7% (INEGI, 2001). Hacia la parte sur y sureste se encuentran zonas agrícolas de temporal, siendo las más importantes las hortalizas y la floricultura.

Dentro del área rural del D.F inciden una serie de Programas federales y locales que apoyan el desarrollo de actividades agropecuarias, de servicios, conservación de suelo y agua, conservación del bosque y de la ANP's (Áreas Naturales Protegidas), todas orientadas hacia el desarrollo

social, económico y en menor medida hacia la prevención del daño ambiental que convergen en las siete delegaciones rurales: Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta, Tláhuac, Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras y Coyoacán, pero no se cuenta con datos suficientes para hacer una evaluación del impacto de los programas. Para 2013-2014 se tenían programas del ámbito federal: FAPPA y PROMUSAG de la SEDATU (Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano), de la SAGARPA existen los siguientes Programas con sus diferentes componentes:

- I. Programa de Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura.
- II. Programa PROCAMPO Productivo.
- III. Programa de Prevención y Manejo de Riesgos.
- IV. Programa de Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural.
- V. Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales.
- VI. Programa de Acciones en Concurrencia con las Entidades Federativas en Materia de Inversión, Sustentabilidad y Desarrollo de Capacidades.
- VII. Proyectos Estratégicos.

Todos estos programas y sus componentes tienen el objetivo de generar la base transversal del Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable, con el fin de incrementar el ingreso permanente de los pobladores y la producción de alimentos. Su ejecución depende del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y, en el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2013-2018, así como en los acuerdos del Consejo Mexicano para el Desarrollo Rural Sustentable y de la Comisión para el Desarrollo Rural Sustentable (SAGARPA, 2013). A nivel local, SEDEREC reporta que la aportación de recursos 2007 y 2008 se dirigió al 95% de los pequeños productores en sistemas de subsistencia (milpa, frutales y granos básicos) o fondos de no retorno.

Por otro lado, el desarrollo económico del sector, tiene desde 2003 un crecimiento dentro del PIB, del 0.3% en promedio nacional, sin embargo este dato no refleja de forma exacta el desempeño. Para el Distrito Federal es del 17.51%, y se mantiene constante respecto al nacional. Pero, de forma local la variación de crecimiento va a la baja, con valores son mucho más bajos

de la media nacional, y para el año 2009 son valores negativos. La tabla 1 muestra el PIB del PIB para el D.F. y su variación anual, respecto a la nacional.

Cuadro 1. PIB del Distrito Federal, valores base de la actividad económica total y Variación anual de PIB, tomando como referencia al año 2003.

Año	Relacion % D.F.	Variacion % Anual	
		País	D.F.
2005	18.00	3.27	2.66
2006	17.58	5.06	4.82
2007	17.36	3.36	3.03
2008	16.95	1.22	0.46
2009	17.65	-6.16	-5.43

FUENTE: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.
Producto Interno Bruto por Entidad Federativa 2001-2009.

Esto representa el balance entre la inversión por parte de los gobiernos federal y local, y la aportación al PIB. Desglosando aún más la información, la distribución de la generación del PIB, para el año 2009 el sector generó el 0.06% del PIB del Distrito Federal, un orden 10 veces menor que el promedio nacional. Lo importante de señalar, es que la actividad mantiene una baja constante desde el año 2007 del 2.8% anual, mientras que la inversión en el sector a través de los programas señalados, mantiene un crecimiento sostenido de 3.2%/anual (Pérez, 2013), 0.5% más que la tasa de pérdida.

Por lo anterior, tenemos que el grueso de los programas dirigidos al sector se ha mantenido como asistenciales, y por ende, los sistemas productivos son altamente vulnerables a cualquier contingencia, ya sea en el marco económico, social o ambiental. Una vez que el sistema entra en crisis, los gobiernos en sus diferentes niveles implementan acciones de remediación, lo que ha les ha llevado a un círculo vicioso donde el impacto es nulo al desarrollo en el mejor de los casos, sin embargo, existe la necesidad de implementar nuevos programas que permitan la ruptura de este círculo, y coadyuven a un verdadero desarrollo de la región. Para lograr esto, se requiere de tener una base de evaluación del impacto de dichos programas, en tres tiempos: arranque del programa, impacto-mejora de la población objetivo y permanencia en el tiempo.

Por todo lo anterior, aquí se realiza la propuesta de un sistema de evaluación a través de la construcción de indicadores, que sea más asertivo y que concatene las 3 fases: arranque, medio tiempo y cierre, para Programas de desarrollo rural en el DF, de manera transversal.

Metodología

Muchos indicadores han sido propuestos a partir de la identificación subjetiva de variables por paneles de expertos, con un análisis posterior que justifica la selección. Consecuentemente, existe una alta posibilidad de que el indicador presente sesgos hacía un tema específico y el producto final es una variable, más que un indicador, que no es entendido fuera del ámbito de quienes lo diseñaron. La experiencia hasta ahora tenida, ha mostrado que un indicador debe desarrollarse a partir del análisis y comprensión de los sistemas que va a describir, (Thacker W.C., 1995; Charlene et al., 1996.), para ser una síntesis numérica de la información colectada. Para el caso de los programas que impactan en el medio ambiente, el indicador debe responder a preguntas de cómo integrar: a) la información socioeconómica, b) la información biofísica en bases de datos, y c) las escalas espaciales a nivel local y regional, así como el tiempo; igualmente importante es el hecho de que debe estar basado en datos que sean fácilmente ensamblables a un análisis numérico y que sobre todo, estén disponibles.

El concepto de sustentabilidad

La humanidad tiene ante sí un reto al cual nunca antes se había enfrentado: lograr que sus acciones mantengan el nivel de desarrollo necesario para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, pero también las futuras, esto ha sido abordado a escala global, como “sustentabilidad del planeta”, y como depende de las acciones implementadas en niveles de menor agregación, cada acción del ser humano aporta al concepto, de ahí la importancia de evaluar todas las actividades del ser humano. Por lo tanto, la problemática de la sustentabilidad debe abordar aspectos biológicos, ecológicos, y otros que dan forma al ambiente global; sumado a la investigación social, económica y psicológica para determinar cuáles de los instrumentos económicos y políticos que obtendrán los resultados deseados con el máximo de economía de medios y con el mínimo de efectos adversos en otros objetivos. Es decir, el análisis socio-

económico es tan esencial como la evaluación técnica de los recursos naturales, a fin de fundamentar el proceso de toma de decisiones, para que éstas sean técnica, económica y socialmente viables y éticas.

Bajo estas consideraciones, la definición de desarrollo sustentable se ajusta al nuevo paradigma, como la combinación de los términos "sostenibilidad ambiental", "sostenibilidad económica" y "sostenibilidad social. El aspecto social se integra por la relación entre el bienestar humano con el medio ambiente y la bonanza económica. El resultado es un conjunto de indicadores de desempeño en las tres áreas: deben satisfacerse las necesidades humanas de alimentación, ropa, vivienda y trabajo, bajo esquemas de equilibrio del medio ambiente dado que el desarrollo económico y el bienestar social están limitados por la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana. Entonces el objetivo es definir proyectos que concilien los 3 aspectos, tal que:

1. Aspecto económico: se refiere al funcionamiento financiero, que debe tener la capacidad de contribuir al desarrollo económico regional o de la estructura de gobierno-social.
2. Ámbito social: se toman en cuenta las consecuencias sociales de la actividad de la comunidad, como se afectan los individuos en su calidad de vida, cultura, acceso a la riqueza, etc., como se modifica la estructura social de la comunidad y como afecta la economía y el sistema de gobierno.
3. Ámbito ambiental: lograr la compatibilidad entre producción de bienes y riquezas y la preservación de los recursos naturales como primer impacto y del ecosistema que alberga a la comunidad como segundo impacto. Incluye un análisis del consumo de recursos lentamente renovables, así como de la generación y reconversión de residuos y emisiones.

Hay dos tipos de valoraciones sobre el deterioro ambiental: mediante indicadores que cuantifican (medición física) el impacto del desarrollo en el medio ambiente, y mediante opiniones cualitativas (medición sociológica). Sin embargo, estas valoraciones se realizan sobre elementos que determinan el confort de las comunidades. Varios textos, uno de ellos Los Objetivos del Milenio, se refieren a estos componentes como el conjunto de indicadores de valoración en cada eje, para poder dar seguimiento a las acciones (Figura 1). De tal forma que el planteamiento

actual dice que el desarrollo sustentable OBLIGA a que el crecimiento sea en los tres ejes de desarrollo, y que éste crecimiento deberá ser evaluado a través de los indicadores definidos. Un indicador es una medida de resumen, referida a la magnitud de un conjunto de parámetros. Permite clasificar las unidades de análisis con respecto al concepto que se está analizando.

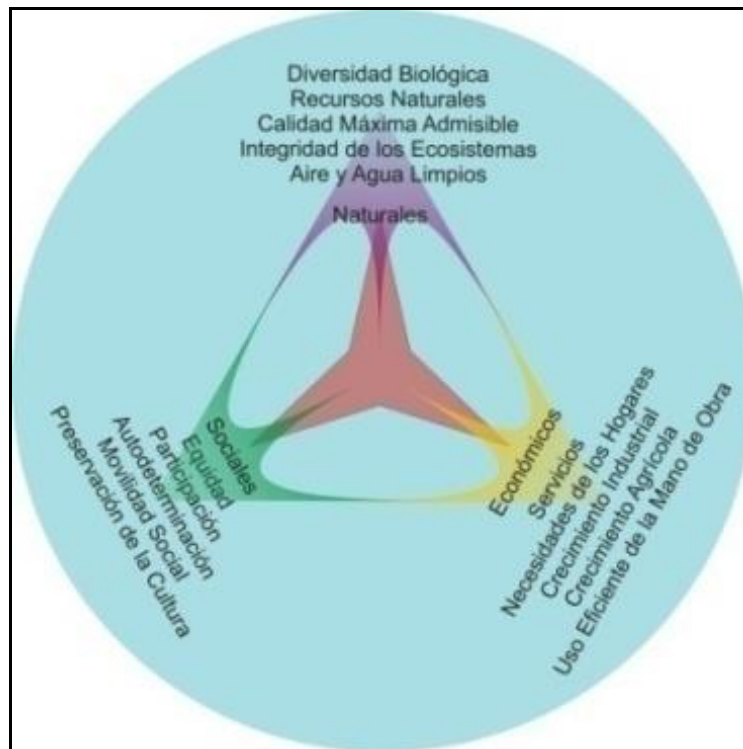


Figura 1. Conjunto de indicadores de valoración, según los Objetivos del Milenio
Modificado de: www.worldbank.org

En la composición de indicadores se debe tener conceptualmente claro lo que se busca y en función de esto se establece el desarrollo matemático o estadístico a utilizar, con la única condición de que los indicadores sean homogéneos.

La construcción de un indicador

Una vez que el sistema ha sido analizado e identificados los sub componentes, se debe establecer un modelo numérico que permita llevar la evaluación a índices cuantitativos para obtener una valoración numérica. La generación de indicadores se refiere a la generación de valores numéricos referenciales que permiten la jerarquización entre sí (de menos deseable a óptimo), de

tal forma que personas ajenas al analista son capaces de elegir la mejor opción sin requerir de la información base.

Los modelos de toma de decisión se dividen en varios tipos, donde sobresalen los de tipo rígido (modelación numérica) que se basan en la elección de una variable como eje, y un valor umbral de esta variable (límite) para considerar positiva o negativa alguna acción y que van desde las series de tiempo y regresiones, hasta sistemas expertos o redes neuronales. El otro tipo son los modelos subjetivos, donde se establecen variables y jerarquías de acuerdo a un experto, y que van de los modelos multidimensionales, hasta los modelos de jerarquización. Estos modelos dependen de la experiencia y conocimiento específico del problema por parte del experto; se basan en la definición de variables relevantes para el fenómeno, a las que se les asigna un lugar relativo dentro del fenómeno (posición dentro del sistema) para generar matrices de relevancia respecto al resto de las variables. Cuando no se cuenta con el experto en el tema, o bien se desconoce el funcionamiento interno del sistema, o que el caso a estudiar sea atípico, el modelo de jerarquización no es representativo del fenómeno.

Básicamente se correlacionan datos distribuidos espacialmente con funciones conocidas; se requiere de un análisis previo que define el “peso” que cada variable observada tiene dentro del modelo, de la forma:

$$T = A_1X_1+A_2X_2+\dots+A_nX_n \text{ _____ [1]}$$

Donde:

X_i = Variable observada

A_i = Peso de la variable dentro del modelo

$$\sum_{i=1}^n A_i = 1 \text{ _____ [2]}$$

Esta función genera un espacio de coeficientes (espacio base), donde las variables se ubican por peso dentro de las relaciones funcionales del modelo, y señala las de nula incidencia. Entonces, el conjunto de coeficientes es la base numérica de jerarquización de los factores de peso, por

tanto el objetivo es identificar los “pesos” (A_i) de los vectores. Para determinar los A_i se recurre a un análisis preliminar del sistema, a través de instrumentos de campo, que una vez sistematizados se transforman en un sistema homogéneo (normalización); un vez que se establecen los límites del sistema, la valoración de cada individuo está enmarcada por los intervalos definidos. Los datos de campo establecen la relación entre la base numérica y la realidad.

Una vez que se tiene el espacio base, para relacionar correctamente las variables involucradas en un plan de atención a la población con el espacio base, se requiere del conocimiento de relaciones causa-efecto entre la demanda que se atiende y los elementos del individuo a impactar, en segunda instancia se deben conocer los requerimientos de supervivencia de la población, como la demanda mínima de agua, alimentos, educación, salud pública, comunicaciones, etc., para realizar una jerarquización que determine si se ha modificado el estado de bienestar –mejorando o empeorando- del individuo. Al tener dos dimensiones de análisis, el relacionado con las características del espacio biofísico y las de la demanda de producción de bienes y servicios, la intersección de ambos genera un espacio base única, que se distribuye homogéneamente, de tal forma que:

$$X_1 = \text{Percepción} = F(\text{características ambientales}) \quad \text{--- [3]}$$

$$X_2 = \text{Estado de salud} = F(\text{demanda de bienes y servicios}) \quad \text{--- [4]}$$

Entonces:

$$C_{\text{base}} = \text{Intersección de } X_1 \text{ y } X_2 \quad \text{--- [5]}$$

De tal forma que la intersección de ambos espacios tiene las características de:

- Eliminar la “variabilidad” de condiciones, al establecer funciones semi analíticas.
- Establecer funciones que permitan la evaluación sistemática del parámetro a través de variables directas.
- Establecer una metodología de extrapolación para la evaluación de X_1 y X_2 , bajo cualquier condición a través de variables de fácil medición.

Finalmente, el resultado de la combinación de estos dos universos (indicador) se jerarquiza en espacio equivalentes, normalizados, sesgados o como el analista lo considera adecuado, siempre y cuando represente fehacientemente la realidad. Con la evaluación del sistema en dos tiempos diferentes (línea base contra intervención del programa) se determina la eficacia de la intervención: como estaba el sistema y como ha sido modificado. En otra interpretación, esta diferencia representa la eficiencia en dos sentidos: por el lado de las instancias de gobierno el indicador permite evaluar la eficiencia institucional en cuanto a la atención y manejo del programa, mientras que por el lado de la población se evalúa la incidencia y mejora en el bienestar del individuo.

Herramientas de soporte: encuesta

La caracterización de la población permite identificar 3 aspectos de la investigación, el primero está relacionado con las actividades productivas de los pobladores, el segundo con las necesidades económicas de desarrollo que demandan los pobladores y la tercera permite establecer las variables X_i a para generar indicadores de seguimiento y evaluación. Para lo anterior, se requiere identificar una población objetivo y una muestra representativa. Estas actividades se realizan través de un diseño de muestreo dirigido (no aleatorio), bajo una estructura de definición de familias (unidades productivas tipo), y de las actividades que desarrollan las direcciones delegacionales de desarrollo urbano y agropecuario. El instrumento es una encuesta sobre las actividades productivas que incluye de hábitos de trabajo, alimentación y condiciones de salud; se integrarán rubros relacionados con actividades periféricas, relación con otros grupos productivos, acceso a ayudas de gobierno y mercado. Se integran variables sobre la vivienda y hábitos en la casa; en el caso de medio ambiente, se incluirán preguntas acerca del consumo de agua y alimentos así como las condicionantes socio-económicas que modifican el consumo. Como parte finalmente manejo del traspatio y residuos (basura y descarga de agua); en un proceso aparte se sondeará el grado de aceptación que manifiestan los pobladores a un estudio de esta naturaleza.

Los tres componentes del actual Manejo de Cuencas son la evaluación del marco físico que engloba el suelo, agua y clima (Figura 2) el marco biológico que abarca a la vegetación principalmente, y en los últimos tiempos con vertientes dedicadas a la fauna y el componente socio-económico, donde se evalúan la interferencia del ser humano (Alier et al., 1994). Esta estructura, a su vez, es congruente con la definición de sustentabilidad. A partir de esta definición se diseña la encuesta.



Figura 2. Definición de la estructura de cuenca. Análisis sistémico (Galván, 2007)

El concepto de jerarquización desarrollado por Maslow (1970), se define como las conductas y motivaciones individuales que permiten alcanzar objetivos de sobrevivencia y confort. Bajo este esquema, se tiene que la jerarquización instintiva del ser humano es desde las necesidades básicas, en segundo nivel está la pertenencia a núcleos sociales; en tercer nivel está la trascendencia social. Winsemius (2007) lleva este concepto a la necesidad de jerarquizar la explotación de los recursos, para su uso y sostenimiento como sociedad, reconociendo un cuarto nivel, que se relaciona con el incremento de satisfactores, el reconocimiento de responsabilidades colectivas y el derecho como grupo a obtener satisfactores. Por tanto, cada grupo humano valora sus necesidades con base en su propia percepción, entendimiento y disponibilidad de información de cómo se usan los recursos. Consecuentemente, la identificación de la información “de interés” depende de la percepción del grupo humano dando una jerarquización sesgada. Dos tipos de acercamiento puede ser usados para identificar y priorizar las necesidades humanas, la primera está centrada en la información y tecnologías. El segundo acercamiento se

centra en la actividad económica-productiva y requiere que las comunidades identifiquen sus actividades y las prioricen en relación a como se vinculan con el resto del entorno.

Una encuesta es la técnica de recolección de información más utilizada al momento de hacer una investigación debido a las diferentes ventajas que presenta ante otras técnicas como la entrevista. Se interroga de manera verbal o escrita a un grupo de personas con el fin de obtener información necesaria para una investigación. La encuesta verbal se apoya en una entrevista donde la persona encargada de realizarla (encuestador) formula a la persona a encuestar (encuestado) preguntas que permiten obtener la información requerida, siguiendo un cuestionario que se aplica a todos por igual (encuesta estructurada), o modificando las preguntas en base a las respuestas que vaya dando el encuestado (encuesta no estructurada).

La población de una encuesta es el conjunto total de personas con características similares de las cuales se desea obtener información. Una población suele estar conformada por un gran número de individuos, por lo que para no tener que encuestar a todas estas (censo), se suele encuestar solamente a un número representativo de la población (muestra), el que se obtiene a través de estadística.

Reporte de resultados

El impacto en el medio ambiente en el D.F., es causado por la convergencia de los Programas de gobierno de los que “7” son de tipo asistencial, “6” son de tipo conservacionista y “6” son de tipo productivos; estos programas, de acuerdo con su definición base, podrían ser catalogados dentro de los ejes de desarrollo sustentable de la siguiente forma (Figura 3).

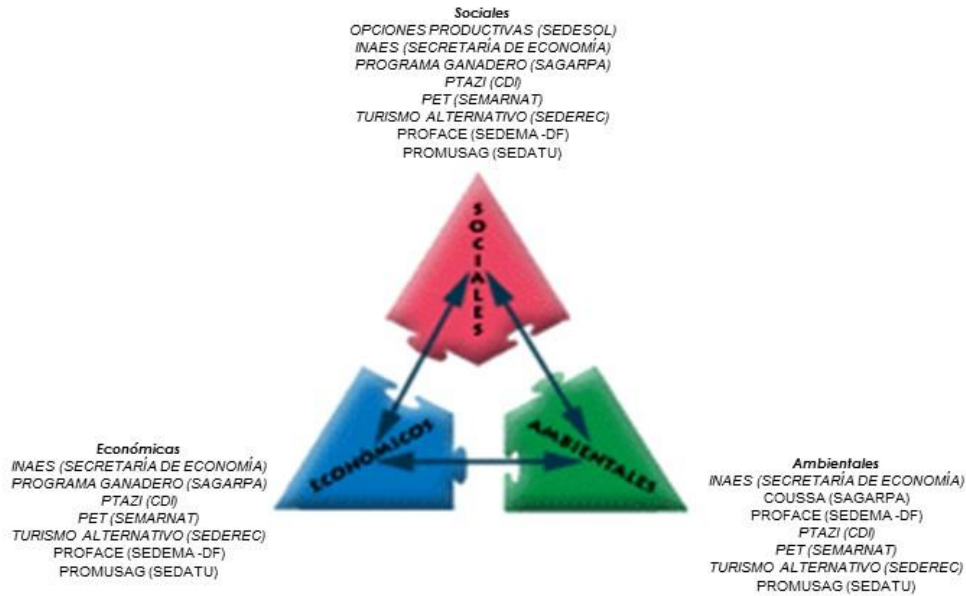


Figura 3. Definición del Desarrollo Sustentable y ubicación de los diferentes programas en los ejes.

Como se observa, algunos se contraponen en sus objetivos primarios, es decir fomentan el ingreso económico con menoscabo del medio ambiente, otros fomentan el crecimiento de la mancha urbana contra la conservación del medio ambiente, etc. Por otro lado, una política pública en su definición debe contener 3 tiempos: planeación, ejecución y cierre, para el caso de obras; y para el caso de programas la fase de cierre se sustituye por una fase de “viabilidad temporal”, esto es, determinar si el programa genera los impactos suficientes respecto a la inversión que requiere, para darle continuidad de forma indefinida. Este modelo de definición de política pública considera en su elaboración la definición, evaluación y análisis de indicadores, a fin de determinar los aspectos de a) población-universo objetivo, b) impacto-mejora de la población universo, y c) incidencia-viabilidad y se espera que se fomente los tres ejes del desarrollo sustentable, de acuerdo con:

Ingreso económico: Programas que apoyan actividades agropecuarias, forestales y de pesca con orientación productiva (ingreso a cadenas productivas y/o mercados).

Desarrollo de capital social: Programas que se orientan a la subsistencia de unidades a) familiares y b) productivas, con énfasis en la conservación de usos y costumbres, patrimonio cultural y algunos elementos medio ambientales.

Conservación del medio ambiente: Programas dirigidos a la explotación racional de espacios ambientales con énfasis al amortiguamiento de las actividades productivas, absorción de las actividades humanas (reconversión productiva) y protección de ecosistemas amenazados (UMAS)

Como parte de las reglas operativas de cada programa, se debe de contar con un sistema de evaluación que a su vez, debe de contar con una batería de variables económicas, sociales y ambientales a evaluar. En el marco del Sistema de Evaluación del Desempeño, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deben dar seguimiento, con base a estos indicadores, a los resultados de sus acciones de acuerdo con la Ley de Planeación. (PND, 2013). Sin embargo, la realidad es diferente; no existen los indicadores para evaluar la asignación del recurso (arranque o línea cero), la implementación del programa a nivel productor (medio tiempo) y el cierre (impacto final del programa) y su eventual permanencia (impacto a largo plazo). La figura 4 presenta la continuidad de los procesos evaluatorios.

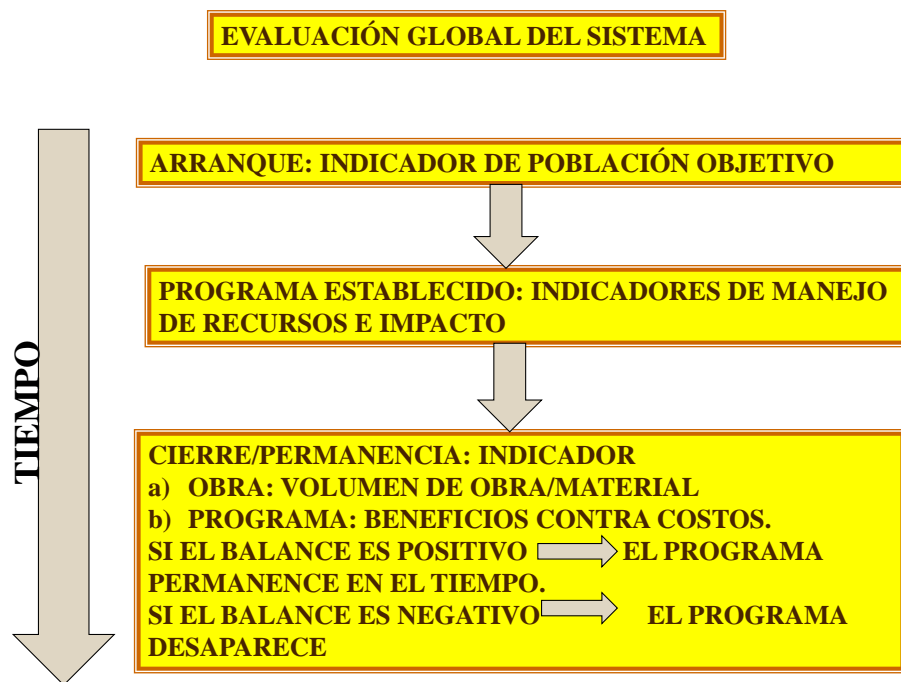


Figura 4. Diagrama de flujo. Proceso de evaluación de programas.

Derivado de lo anterior, tenemos programas repetitivos en población objetivo, que se contraponen, dado que uno fomenta aspectos sociales y otros aspectos de conservación

ambiental, pero se implementan para un mismo espacio físico, o bien programas cuyos indicadores no reflejan el impacto real tanto en la población objetivo como en el espacio físico. Los indicadores que actualmente se usan en los programas son muy elementales para evaluar, dar seguimiento y valorar el desempeño institucional, y no son exclusivos de una acción específica; se basan en la valoración numérica de algunas acciones, y cuyos índices de avance se reducen a número de "paquetes" entregados, número de capacitaciones, hectáreas beneficiadas, etc., pero no se toma en cuenta la profundidad y permanencia de las obras, ni se evalúa si existe mejora en las condiciones de bienestar del ser humano y del medio ambiente.

De la gama de Programas de apoyo implementadas por el gobierno local y federal, se realizó un análisis de los más significativos en donde hay una mayor participación de beneficiarios, es así que de un total de 41 Programas federales, se escogieron 5, y del total de programas locales, que suman en promedio 35 se escogió un Programa local que a su vez se subdivide en 2 Programas. Se procedió a realizar un análisis y desagregación de cada uno de sus elementos en lo referente a población objetivo, tipos o líneas de apoyo, lineamientos y requisitos de participación; posterior se realizó el análisis de cada variable de las reglas operativas, para caracterizarlas (que tipo de variable es), y parametrizarlas (rango de valores que puede tomar), y clasificarlas dentro del sistema de valores (peso) para dar una calificación al proyecto. Sobre el conjunto de valores de los programas se jerarquizan en rangos equivalentes.

Las variables evaluadas son requerimientos del programa para obtener el apoyo, población objetivo, tipos de apoyo y condiciones específicas para participar; todos presentan un bloque de condicionantes restrictivas en lo referente a condiciones específicas que se deben de cumplir para la obtención del apoyo y un último de variables excluyentes. A partir de la disgregación de las variables, se compararon las variables para los 3 tiempos de ejecución de un programa (arranque, medio tiempo, cierre), para verificar si existe relación entre las máscaras de valoración en cada caso. Los resultados muestran que ningún programa mantiene las mismas variables en las 3 etapas (discontinuidad), que el 63% de las variables de valoración son del conjunto económico, 32% de tipo social, y el resto se refieren a datos generales. Es decir, el espacio ambiental es totalmente ausente en la evaluación de los programas.

Es así que se propone una nueva batería de indicadores a partir de las variables definidas por los mismos programas pero solo en la parte inicial, complementada con variables directamente asociadas con el estado del medio ambiente, las prácticas de producción y las practicas asociadas a manejos sustentables. Posteriormente, con esta información se realiza la generación del indicador bajo la metodología propuesta. Este paso nos permitirá identificar:

- a)* Las variables significativas (aquellas que si aportan al sistema de evaluación)
- b)* Las variables nulas (aquellas que sin importar su valor, no aportan a la calificación)
- c)* Variables restrictivas (aquellas que condicionan el sistema de valoración)

Para obtener la información, se realizó una encuesta dirigida a una muestra de 63 productores pecuarios, con actividad agrícola secundaria distribuidos en 5 de las 6 delegaciones rurales, Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Tláhuac, Tlalpan, Xochimilco y Milpa alta. La encuesta se estructuro en 4 componentes, 13 apartados y 280 variables. La Tabla 2 muestra la estructura.

Cuadro 2. Estructura de la encuesta.

Sistema económico		Sistema ambiental		Sistema social	
Componente	Apartado	Componente	Apartado	Componente	Apartado
Datos generales	Único	Manejo de Cultivos	Tipo	Salud	Frecuencia de enfermedad
Unidad Productiva	Certeza jurídica		Dedicación		Tipo de atención
	Parametros de propiedad		Manejos en parcela		Egresos x atención
Combustibles	Tipo		Manejos comercialización	Servicios	Sanidad
	Uso/ consumo	Tipo	Confort		
Economía	Ingresos (directos)	Ganadería	Dedicación	Alimentación	Comunicación
	Ingresos (indirectos)		Manejos producción		Ingesta (tipo)
	Egresos (progrmados)		Manejos comercialización		Ingesta (frecuencia)
	Egresos (extraordinarios)		Capacitacion		Origen
Productividad	Activida principal	Sustentabilidad	Perifericos		
	Actividad secundaria		Tipo		
	Dedicación		Dedicación		
	Destino de producto		Manejos producción		
	Capacitacion		Manejos en parcela		
	Perifericos		Destino residuales		
Manejo de Cultivos	Tipo		Capacitacion		
	Dedicación		Perifericos		
	Manejos en parcela				
	Manejos comercialización				
Ganadería	Tipo				
	Dedicación				
	Manejos producción				
	Manejos comercialización				
	Capacitacion				
	Perifericos				

La información se sistematiza, y se agrupa en bloques de variables por componente definido; en un segundo proceso de agregación, la base de trabajo es espacial, tomando como base la delegación donde se asienta el productor. Cabe señalar, que algunos componentes se utilizan en más de un sistema. Una vez agrupados, se normalizan los valores, para tener un sistema homogéneo. Como se muestra en la Tabla 3.

A este conjunto de datos se aplica el sistema numérico, para obtener los vectores base, o indicadores de cada componente. Se obtiene la Tabla 4.

Finalmente, al ser elementos adimensionales derivados de un espacio numérico homogéneo (Ecuación 1), es posible realizar la suma de éstos, para obtener una gráfica de ejes múltiples, a fin de tener una comparación entre delegaciones. La Figura 5 muestra la gráfica, por cada condición (arranque-operación-cierre).

Cuadro 3. Datos de encuesta. Sistema agregado y normalizados

RANGO DEL INDICADOR	Delegación	ECONOMÍA (NORMALIZADO)				AMBIENTE (NORMALIZADO)				SOCIAL (NORMALIZADO)	
		Características propiedad	Unidad productiva	Economía	Productividad	Manejo de cultivos	Ganadería	Sustentabilidad	Combustibles	Salud	Alimentación
MÍNIMOS	Cuajimalpa	4,50	6,02	4,98	-1,91	-1,86	2,25	-1,79	-1,19	2,43	19,24
	Álvaro Obregón	2,50	6,02	2,88	-1,91	-1,86	-0,27	-2,99	-0,19	2,30	16,12
	Tlalpan	0,98	5,04	1,00	-1,91	-1,86	-0,02	-3,07	-2,19	3,41	17,97
	Milpa alta	1,98	4,01	2,07	-1,91	-1,86	-0,27	-2,99	-0,19	2,30	16,12
	Tláhuac	3,98	5,00	5,32	-1,91	-1,86	2,08	-2,48	-1,69	5,38	20,76
MEDIOS	Cuajimalpa	4,77	6,03	6,50	-1,91	-1,86	3,00	0,26	2,31	4,40	20,00
	Álvaro Obregón	3,81	8,03	6,25	1,04	5,71	3,06	0,52	2,03	5,87	19,91
	Tlalpan	4,95	7,81	5,77	1,86	2,56	2,51	0,16	1,90	6,15	21,61
	Milpa alta	3,71	7,43	4,13	1,67	2,62	2,37	-0,25	4,68	4,91	19,44
	Tláhuac	4,00	5,04	5,49	-1,91	-1,86	3,61	-1,78	0,76	5,71	20,94
MÁXIMOS	Cuajimalpa	5,03	6,04	7,46	-1,91	-1,86	4,81	7,68	3,70	6,40	21,20
	Álvaro Obregón	4,50	13,00	14,70	4,76	22,56	5,00	5,10	10,76	8,22	23,40
	Tlalpan	9,26	16,03	9,65	8,81	12,78	3,08	7,71	5,09	10,30	24,17
	Milpa alta	5,09	13,04	7,91	14,78	2,62	2,37	-0,25	4,68	13,11	23,64
	Tláhuac	4,03	5,08	5,66	-1,91	-1,86	5,13	-1,60	2,70	6,03	21,12

Cuadro 4. Indicadores resultantes, por componente, por espacio geográfico y por condición de programa.

INDICADOR	Delegación	VECTOR ECONOMÍA			VECTOR AMBIENTE			VECTOR SOCIAL		
		MÍNIMOS	MEDIOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MEDIOS	MÁXIMOS	MÍNIMOS	MEDIOS	MÁXIMOS
CONDICIÓN 1	Cuajimalpa	22,04	31,30	48,08	-9,15	10,64	27,88	50,13	66,04	88,54
	Álvaro Obregón	0,71	2,17	9,92	-0,99	-5,73	-13,41	-2,67	-3,19	-6,96
	Tlalpan	-0,38	0,00	-4,06	0,81	2,24	-0,54	-0,07	1,38	-6,96
	Milpa alta	-0,38	-0,31	1,39	0,00	-0,38	0,01	-0,07	-0,01	0,01
	Tláhuac	0,01	-0,31	0,00	0,00	0,00	5,95	-0,01	-1,25	-1,60
CONDICIÓN 2	Cuajimalpa	22,04	31,30	48,08	-9,15	10,64	27,88	35,89	49,21	64,23
	Álvaro Obregón	0,71	2,17	9,92	-0,99	-5,73	-13,41	-1,00	-1,41	-8,80
	Tlalpan	0,71	0,00	-4,06	-0,99	2,24	-0,54	-1,00	1,22	0,01
	Milpa alta	-0,38	-0,31	1,39	0,00	-0,38	0,01	0,00	-0,07	1,45
	Tláhuac	0,01	-0,31	0,00	0,00	0,00	5,95	0,00	-0,07	5,12
CONDICIÓN 3	Cuajimalpa	22,04	31,30	48,08	-9,15	10,64	27,88	58,50	71,59	86,13
	Álvaro Obregón	0,71	2,17	9,92	-0,99	-5,73	-13,41	-1,93	0,02	-1,85
	Tlalpan	-0,38	0,00	-4,06	0,81	2,24	-0,54	-0,01	-0,25	-1,85
	Milpa alta	-0,38	-0,31	1,39	0,00	-0,38	0,01	-0,01	-0,25	0,01
	Tláhuac	0,01	-0,31	0,00	0,00	0,00	5,95	-0,02	-1,31	3,13

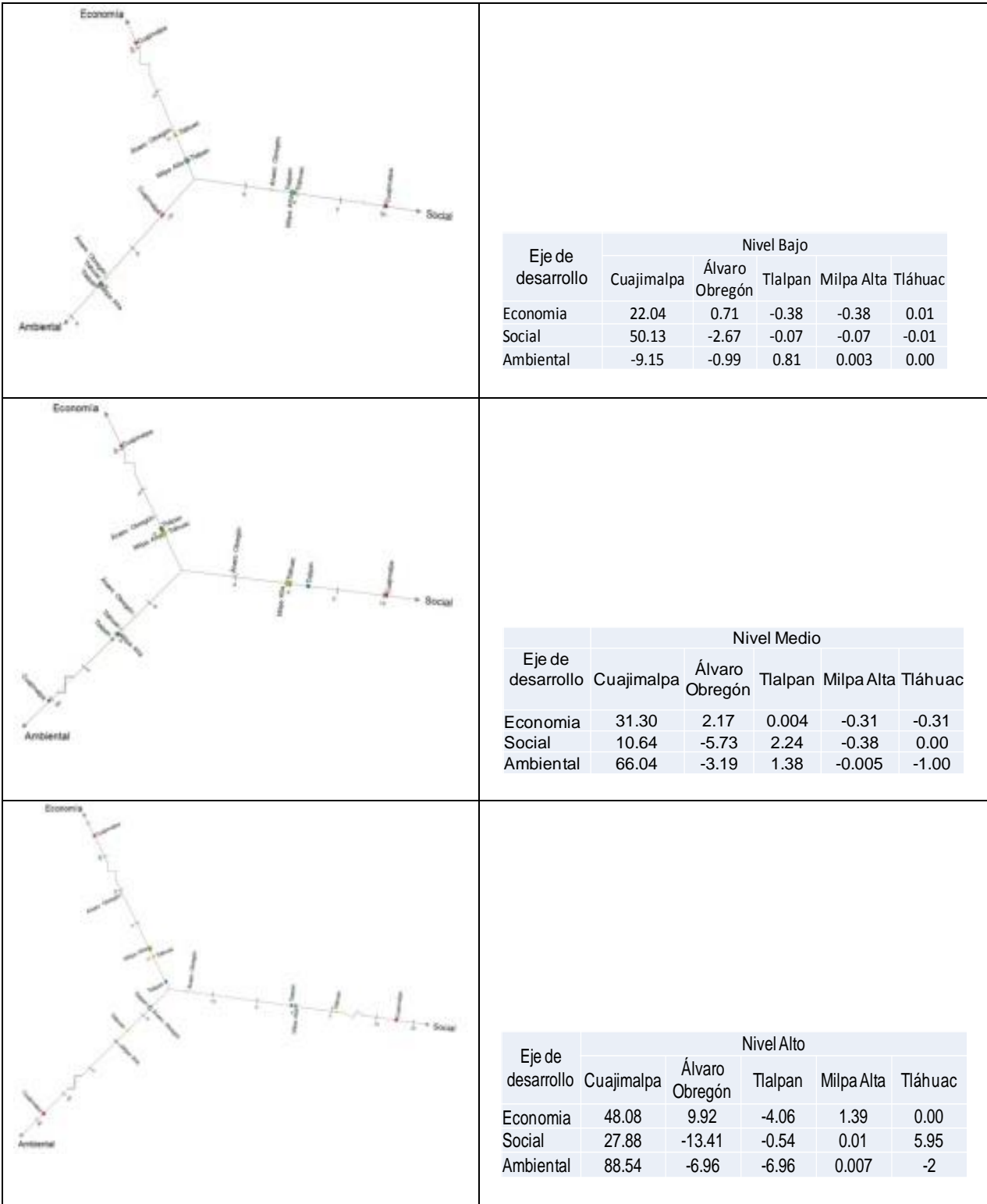


Figura 5. Comparación de indicadores de desempeño para arranque, operación y cierre.

Discusión

De acuerdo al análisis preliminar de los programas, no existe un apartado de evaluación de las condiciones ambientales, ni variables de medición de impactos ambientales. Asimismo, no cuentan con apartado de medición de impacto-mejoras a los sistemas sociales, por ejemplo, mejora a la salud, mejora en nutrición, etc., en contraparte, todos se centran en el espacio económico, pero no como desarrollo de capitales, sino como oferta de volumen de recurso por asignación, ya sea individual o grupal. Respecto a establecer continuidad entre los diferentes tiempos de ejecución, tampoco existen variables de valoración. El caso más crítico está en la etapa de cierre, donde las variables de verificación son fotografías que muestren la actividad realizada.

Respecto al sistema de indicadores propuesto, la Tabla 3 muestra los valores homogenizados de la salida de encuestas, por espacio geográfico. Se nota que en un primer acercamiento a analizar los datos se clasifica la muestra en 5 rangos desde el rojo hasta verde brillante, el espacio puede ser catalogado como “pobre” en los 3 sistemas, donde 1 nivel más bajo y en todas las delegaciones lo tiene el sistema ambiental, mientras que el mejor es el sistema social. No hay un patrón geográfico (distribución por delegaciones) ni por niveles de continuidad (condición de mínima-media-máxima). Este primer acercamiento no produce una imagen clara del sistema.

En la Tabla 4, una vez que se determinan los indicadores (vectores base), bajo la misma clasificación de 5 rangos, donde el más pobre es rojo brillante, hasta verde brillante, encontramos un patrón mejor definido: en primer lugar, solo la delegación Cuajimalpa presenta algún grado de desarrollo en los 3 sistemas; el resto de las delegaciones muestran un patrón uniforme, en los 3 sistemas y para los 3 tiempos: rojo brillante que significa nulo desarrollo. Este comportamiento es ratificado bajo la gráfica de ejes múltiples: en todos los casos y para todas las delegaciones – excepto Cuajimalpa- la totalidad de los indicadores se concentran en el centro de la figura, es decir, es nulo el impacto de los programas.

Como puede verse, bajo este esquema es más sencillo evaluar, aunque en este caso el ejemplo no permite un rango amplio de opciones.

Conclusiones

El sistema planteado permite definir escenarios de trabajo, es decir, un conjunto de combinaciones de las variables, siempre que se mantenga una base fija que dé continuidad entre los escenarios. Esta construcción permite generar diferentes salidas numéricas, que son asociadas a los diferentes tiempos de ejecución.

La evaluación para cada tiempo de ejecución mantiene una información base (base fija-continua), pero es complementada con otras variables que son específicas del escenario a evaluar (base volátil). El conjunto de escenarios al ser jerarquizados –en este caso bajo un sistema homogéneo- permite visualizar el comportamiento integral del sistema: en el caso de que no fuese homogéneo, permite acotar el escenario de mayor impacto. Cabe hacer notar que no es un problema de optimización.

En cuanto a la correlación de los datos numéricos con la realidad, podemos decir que la presión urbanizadora sobre los espacios naturales remanentes de la ciudad de México es creciente, sin embargo, tanto el ciudadano común como las agencias gubernamentales han cobrado conciencia sobre la necesidad de rescatar y proteger las áreas endémicas y agrícolas que representen un potencial real de reintegrarse como zonas productoras y cinturones verdes, así como por el importante papel que pueden desarrollar como reservorios naturales que coadyuven en la limpieza del medio ambiente, permitiendo de esta manera mejorar la calidad de vida de los habitantes.

En este contexto, se han generado un cúmulo de programas tendientes a paliar esta situaciones, que sin embargo no han generado el capital humano y económico que permitan el desarrollo de los espacios rurales que mejoren la calidad de vida.

Es así que la herramienta aquí desarrollada permite llevar un eje de evaluación de programas de manejo integral de cuencas, desde el proceso de planeación, implementación, valoración y continuidad-cierre de dichos programas, a través de indicadores multidimensionales, con la finalidad de que, por un lado el personal encargado de su ejecución cuente con una herramienta

de seguimiento y evaluación del programa, y por el otro, que la comunidad receptora tenga una vía de calificación en cuanto a la eficiencia e impacto del programa, todo con la finalidad de que ambas calificaciones redunden en un proceso de planeación más eficiente, de mayor cobertura y mayor impacto a lo largo de la ejecución del plan.

Referencias

ALIER M.; ROCA J. (1994), "El valor de la naturaleza"; en Revista Medio Ambiente, Tecnología y Cultura; julio; Edit. Generalitat de Catalunya.

BELL D., 2006. Contradicciones Culturales de capitalismo. Alianza Editorial. ISBN 978-84-206-8.

CHARLENE A. H., MICHAEL D.M.; 1996. "Effects of sampling parameters en principal components analysis of raman line images". Society for applied spectroscopy, Vol. 50, Number 6.

Documento Final de la Cumbre Mundial de 2005.

GALVÁN F.A; BUSTAMANTE G. A.; AMBRIZ G. J. J.; Martínez M. M. R., 2014. Propuesta de estructura para la generación de un marco lógico para la gestión integral de cuencas. Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración. Vol. 4, Núm. 8. RICEA.

GALVÁN F.A. "Evaluaciones biofísicas para la producción de hortalizas..." Fundación Produce D.F., Unión de Pequeños Productores (UNOPO). UAM, diciembre 2007.

INEGI, 2001. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa.

MASLOW ABRAHAM, 1970. "Maslow's Hierarchy of Needs". Richmond, Ca: Maurice Bassett Publishing, USA.

MOHAN M., SHEARER W. (1995). "An Introduction to the Definition and Measurement of Biogeophysical Sustainability" in Mohan Munasinghe and Walter Shearer (Editores); Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations; United Nations University, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C., USA.

ONU, 2010. Objetivos del Milenio, Informe 2010. Declaratoria sobre el Cambio Climático. MDG Report 2010. Es- 20100612-r9.indd 1

PÉREZ H. E. 2013. Prospectiva de la agricultura en el desarrollo de México. El Cotidiano, núm. 177, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco Distrito Federal, México enero-febrero, pp. 47-60

Plan Nacional de Desarrollo. 2013, México Próspero, Presidencia de la República.

SHCP 2013. Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación 2013, elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados, con base en SHCP.

THACKER W.C.; 1995. "Metric-based principal components: data uncertainties". Atlantic oceanographic and meteorological laboratory, Miami Fl USA.

WINSEMIUS P., 2007. "La gestión del Desarrollo sostenible." Universidad de Tilburg
www.worldbank.org

CAPÍTULO IV.

PROPUESTA METODOLÓGICA DE APLICACIÓN DE LOS ESPACIOS DE HILBERT AL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS*

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE APPLICATION OF HILBERT'S SPACES TO INTEGRATED WATERSHED MANAGEMENT

María Antonina Galván Fernández¹, Angel Bustamante González^{2*}, Juan José Ambriz García³,
Mario Roberto Martínez Menes⁴

1 Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional.

2 Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. * Autor de correspondencia: angelb@colpos.mx

3 Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

4 Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

* Manuscrito en proceso de evaluación para su posible publicación en la Revista de Geografía

Agrícola

Resumen

El concepto de manejo de cuencas actual es ambivalente. Por un lado, se generó como una propuesta de visión sistémica de un territorio, la cuenca, y aborda temas de desarrollo de ese territorio que son complejos. Por otro lado, la aplicación más generalizada del concepto ha sido de carácter reduccionista, ya que centra su atención en un aspecto u algunos aspectos de los componentes y relaciones de la cuenca. Recientemente, se ha adicionado al término manejo de cuencas el adjetivo integral, lo que refleja la preocupación de aplicar una visión holista y sistémica en las intervenciones de los subsistemas físicos, biológicos, sociales y económicos de la cuenca. Sin embargo, el uso del adjetivo ha sido más conceptual que pragmático, y se ha adolecido de una reflexión sobre sus implicaciones y los retos asociados a su operacionalización. En la presente propuesta metodológica se propone la aplicación de los espacios de Hilbert, que

han sido utilizados en otras disciplinas, como una alternativa metodológica que soporte la planificación y seguimiento de propuestas de intervención de manejo de cuencas. Se considera que los espacios de Hilbert son una opción para fundamentar el análisis y la gestión de la cuenca como un sistema complejo.

Palabras clave: complejo, cuenca, gestión, sistema

Abstract

The current watershed management concept is ambivalent. On the one hand, it was a proposal for a systemic vision of a territory, the basin, and addresses issues of development of this complex territory. On the other hand, the most widespread application of the concept has been of a reductionist nature, since it focuses on one aspect or some aspects of the watershed components and relationships. Recently, the adjective integral was added to the term watershed management, which reflects the concern to apply a holistic and systemic vision in the interventions of the physical, biological, social and economic subsystems of the basin. However, the use of the adjective has been more theoretical than pragmatic, and there has been a lack of discussion about its implications and the challenges associated with its operationalization. In the present methodological proposal, the application of the Hilbert spaces, used in other disciplines, is proposed as a methodological alternative that supports the planning and monitoring of intervention enterprises for watershed management. It is considered that the Hilbert spaces are an option to support the analysis and management of the watershed as a complex system.

Keywords: complex, watershed, management, system

Introducción

El manejo de cuencas es una disciplina cuyo objetivo inicial fue generar propuestas de intervención integral de los territorios, mediante un complejo sistema de desarrollo capaz de coordinar todos los aspectos de la gestión pública. Consideró acciones específicas como el control de las inundaciones, navegación fluvial para el transporte de mercancías, distribución de

la energía eléctrica, desarrollo forestal y agrícola, y la recuperación de suelos para la masificación de la producción agrícola. Si bien se tuvieron resultados económicos y sociales exitosos, se generaron problemas ambientales derivados de esas acciones, como el azolvamiento en presas y la compactación y salinización de suelos (Corominas y Franquesa, 2015).

El desarrollo del manejo de cuenca ha transitado por diferentes etapas. Se inicia con la producción agrícola y la investigación sobre pérdida de suelos y evaluación de escurrimientos (modelos conceptuales-empíricos del fenómeno). Una vez superada la comprensión del fenómeno, se orientó al modelaje de la respuesta del suelo (fertilidad) ante los procesos de producción (nivel parcela) y, en un segundo tiempo, a estimar la respuesta a nivel ecosistema de los cambios del uso del suelo. Posteriormente, se incorporan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de cómputo avanzado, y los modelos hidrométricos de lluvia y de arrastre de suelos validados con datos observacionales. Estas etapas se caracterizan por estar cargadas de tecnología y aplicaciones matemáticas. En los últimos tiempos, en un proceso de equilibrio con las ciencias duras, se da paso a una fase más humanística: la fase administrativa. Esta se centra en la producción masificada de alimentos e insumos para industrias, y vislumbra por primera vez la necesidad de integrar los aspectos económicos y sociales de la explotación de los recursos naturales, aunque en su momento se consideran conceptos poco aplicables, dada la alta variabilidad de las respuestas del medio ambiente. Esto a su vez gesta la fase de gestión, a través de la llamada Escuela Sistémica de la Administración. Finalmente, la planeación estratégica vino a ser la herramienta que permitió abordar la administración de los recursos naturales, definida como:

"La determinación de los objetivos básicos (de explotación de un recurso) a largo plazo de una organización (comunidad, o entidad de gobierno), con el fin de identificar cursos de acción y asignar los recursos (económicos, estructurales y humanos) necesarios para su concreción" (Solís, 1976).

A pesar de que el manejo de cuencas se ha adaptado a diferentes paradigmas, con la intención de responder a cuestionamientos específicos (desde la comprensión del problema, monitoreo, modelación, administración y gestión), los impactos negativos derivados de la explotación de los

recursos naturales continúan. Para encarar el reto del desarrollo sustentable es necesario replantear el manejo de cuencas. Munasinghe y Shearer (1995) mencionan que las herramientas analíticas actuales deben ser modificadas para ser útiles frente al nuevo paradigma del desarrollo.

Por otro lado, la problemática en el Manejo Integral de Cuencas se aborda por más de un área de conocimiento, dándole una naturaleza compleja, que requiere de un cambio significativo en la forma en que los problemas son percibidos, definidos y resueltos. Este cambio debe alejarse de la perspectiva de sistemas cerrados, donde se plantea una definición simple, conceptos fijos y soluciones últimas, para reenfocarse en sistemas abiertos, donde los problemas y las soluciones sean multidimensionales, dinámicos y evolutivos en tiempo (Radcliffe y Stubbs, 1996).

Para lograr lo anterior, se requiere de la integración de información de un rango amplio de disciplinas que permita comprender, analizar, sintetizar y proponer soluciones a cada uno de los factores que componen la cuenca, tanto en complejidad como extensión. La tarea del actual manejo de cuencas es encontrar la forma de integrar todas las dimensiones y análisis aportados por las disciplinas, para producir la información esencial necesaria en lo científico, socio-económico y filosófico que permitan desarrollar estrategias y políticas prácticas y efectivas. Como elemento final de forzamiento se tiene la evaluación de dichas estrategias, donde el desempeño en términos de sustentabilidad se está convirtiendo en un parámetro crítico de competitividad, supervivencia y convivencia entre las sociedades. Es así que cada vez más se recurre a la construcción de indicadores que reflejen la eficiencia de las intervenciones.

En el presente escrito se presenta el desarrollo de una propuesta metodológica para fundamentar una perspectiva teórica-conceptual y operativa del manejo de una cuenca como un sistema complejo. La propuesta es de carácter lógico-matemático y se basa en la aplicación de los espacios de Hilbert, los cuales se han aplicado en otras disciplinas, pero no a temas de desarrollo o de manejo de recursos naturales.

Marco contextual

El cambio del uso del suelo se ha incrementado a partir de los años 70, aparejado al incremento de la población, y con ello, el incremento de la demanda de alimentos, vivienda e industria para la producción de satisfactores. Sin embargo, la humanidad tiene ante sí un reto al cual nunca antes se había enfrentado: hacer sustentables las acciones que mantengan el nivel de vida y de desarrollo de las comunidades actuales, pero que sean capaces de satisfacer también las necesidades de las generaciones futuras. Hasta hoy esta pregunta ha sido abordada a escala global como la sustentabilidad del planeta Tierra, que sin embargo depende de las acciones implementadas en niveles de menor agregación. Bajo este nuevo paradigma, los objetivos de bienestar deben incluir a los sistemas productivos locales, promoviendo su articulación con las iniciativas de producción y consumos, pero también la asimilación de los productos residuales de dichas acciones.

El aumento de eventos hidrológicos extremos, como las avenidas de gran magnitud, y sus daños en cultivos, infraestructura y pérdida de vidas humanas se ha asociado en gran parte al cambio del uso del suelo (LULUCF, 2009). Debido a que los poblados de zonas montañosas se han ido emplazando cada vez más a sitios con mayor riesgo, como las vegas de ríos, lechos lagunares y zonas costeras, prácticamente ya no existen zonas del mundo donde no existan poblaciones humanas que no sean afectadas eventualmente.

El manejo integral de los recursos tiene la finalidad de determinar las vocaciones naturales de cada entorno que componen a los ecosistemas y, basado en ello, establecer planes dirigidos a) la explotación adecuada de los recursos, b) el amortiguamiento de los procesos de urbanización (fragmentación del espacio-vegetación, absorción de residuos) y c) la recuperación eventual del capital natural y social. El manejo de cuencas ha establecido relaciones entre el terreno, la vegetación y el clima; ha planteado el modelado y la predicción de los escurrimientos. Esto le ha permitido definir planes de manejo. Pero estos planes se orientan a intervenciones a mediano-largo plazo. La modelación numérica, una de las herramientas más utilizadas en el desarrollo de planes de manejo, se ha estancado en la prospección estática, derivado principalmente de que todos estos acercamientos se han hecho a partir de análisis disciplinarios y reduccionistas. El

enfoque reduccionista lleva a soluciones particulares, que dependen del paradigma que prevalece en el momento histórico de la toma de decisión.

Sin embargo, a pesar de que el manejo de cuencas se ha adaptado a diferentes paradigmas históricos, con la intención de responder a cuestionamientos específicos, los impactos negativos derivados de la explotación de los recursos naturales continúan. En este documento se considera que el enfoque reduccionista ha sido rebasado por la problemática ambiental, siendo el enfoque sistémico un paradigma más adecuado, aunque lo sistémico ha sido hasta ahora más descriptivo que aplicado, debido a que requiere de conocimientos y herramientas provenientes de áreas de conocimiento externos al manejo de cuencas tradicional. La propuesta fundamental es transitar de un sistema reduccionista, a un enfoque holístico en el manejo de cuencas, a través de la aplicación de los conceptos teóricos de los espacios de Hilbert. A diferencia de propuestas que han abordado el tema desde una perspectiva más conceptual que operacional, como la de Garcés (2011), la propuesta metodológica presentada considera como fundamental su aplicación como herramienta de planeación y toma de decisiones.

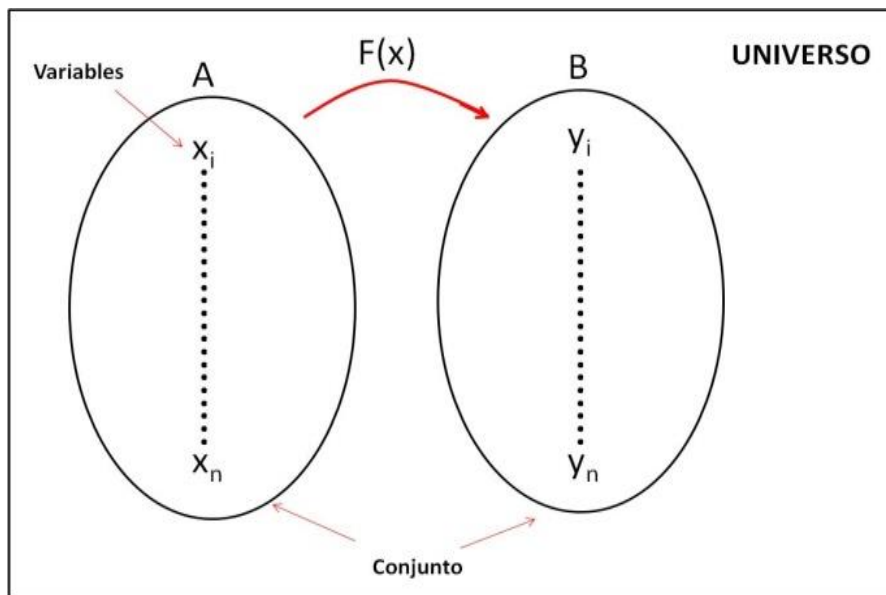
Marco teórico

Sistema reduccionista

Hay una gran diversidad de enfoques para abordar la relación entre la realidad y las ciencias que la caracterizan, normalizan y explican. Cualquier abordaje a estas relaciones se basa en presupuestos filosóficos. La base filosófica de cualquier ciencia establece las características del campo de conocimiento, desarrollado a partir de un proceso de investigación definido como relaciones de primer orden. En cambio, la metafísica (meta, grande o superior) establece el análisis de las características más generales de la realidad como relaciones de segundo orden.

Se define a la ciencia como el estudio empírico del orden que regula las relaciones entre los subsistemas naturales; filosóficamente es definido como materialismo científico. Se busca generar conocimiento a partir de bases comprobables en el espacio material-físico perfectamente limitado (Universo), definido como datos empíricos sensoriales (variables) que están contenidos

en sistemas homogéneos (conjuntos), y relacionados a través de estructuras lógico-reduccionistas que explican los fenómenos de forma simplista (funciones). La Figura 1 muestra la estructura reduccionista de la realidad (Russell et al., 2004; Luna, 2012).



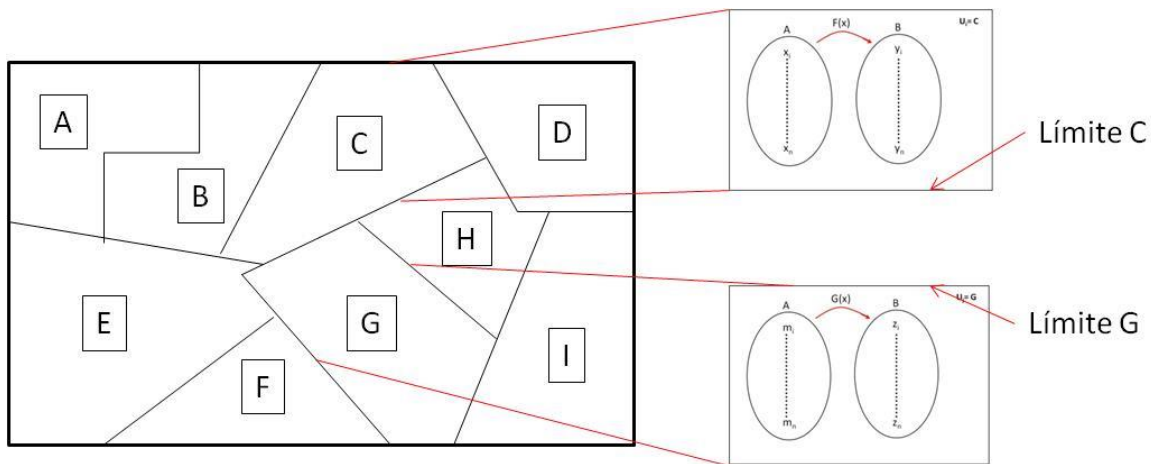
Fuente: Construcción propia

Figura 1. Definición de Universo

La condicionante de esta estructura que da base al planteamiento axiomático reduccionista es que el conjunto es continuo y por lo tanto la relación entre conjuntos, definida como relación causa-efecto, también es continua, y consecuentemente derivable. Otra característica es que la relación entre el conjunto A y B solo es desde un elemento de A hasta un elemento del conjunto B, es decir, unívoca y direccionada. Este sistema de análisis presenta la limitante de que sólo se identifican las variables controlables dentro de un campo de especialización (Ackoff, 1997).

El materialismo científico es un proceso reduccionista. El reduccionismo epistemológico establece que las leyes y las teorías científicas son totalmente reductibles a procesos simplificados del mundo físico y químico (Calabrese, 1999). Entonces, espera explicar a la realidad a través de las relaciones entre sus componentes materiales básicos, definidos como relaciones de transferencia entre masa y energía, que serían las únicas causas verificables en este mundo, conocidas como variables (Uribarri, 2014; Luna, 2012).

Una limitante del planteamiento es que las explicaciones dadas de la realidad (relación causa-efecto) no se adaptan a la totalidad del universo, sino a pequeños elementos espacio-temporales, de tal forma que se pueden construir subespacios donde cada relación establecida es completamente válida (Hilbert 1904). La Figura 2 muestra esta construcción.



Fuente: Construcción propia

Figura 2. Relación causa-efecto

Pero esta construcción presenta una debilidad importante: las relaciones causa-efecto de cada subespacio no necesariamente son iguales entre ellas ($C(x) \neq G(x)$), pero en el límite entre ambos subespacios debiera ser numéricamente igual ($\text{Lim}(C(x \Rightarrow v_j)) = \text{Lim}(G(x \Rightarrow k_j))$), lo que no siempre se cumple, presentando una paradoja al modelo explicativo. Esta paradoja del materialismo científico no es suficiente para anularlo, debido a que tiene dos asertos que le dan solidez: a) el método científico, como único camino confiable y verificable del conocimiento y, b) el binomio materia-energía como base de la realidad del universo material. El primero es un aserto epistemológico sobre el conocimiento, asentado en una realidad estática (axioma); el segundo es un aserto metafísico, que trata sobre las características de las realidades superiores respecto a la totalidad del mundo, siendo el mundo la esfera a mesoescala que abarca la realidad física del mundo y las relaciones que norman las transferencias de masa-energía de forma intangible. Estos dos elementos se relacionan bajo un supuesto muy endeble desde el punto de vista filosófico: solo las entidades y causas que son científicamente verificables, y que pertenecen al mundo real a través de variables medibles, pueden ser definidas, estudiadas y verificadas en la naturaleza,

para establecer su rango de realidad y su entorno de vigencia (Uribarri, 2014). Bajo este paradigma los espacios históricos, antropológicos, psicológicos y toda la gama de saberes asociados al tiempo no son considerados como ciencia, al ser no verificables, analizables, repetibles y susceptibles de ser sintetizados.

Sistemas complejos

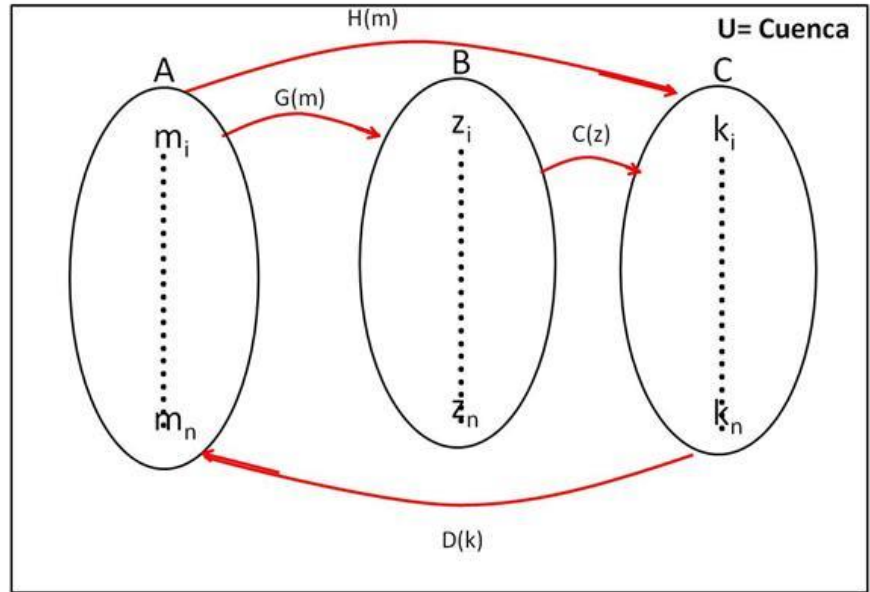
El análisis por separado de las partes de un sistema es útil para caracterizar la realidad estática del mundo, pero excluye las relaciones entre sus componentes y las estructuras de organización de los niveles superiores del propio sistema, así como las relaciones que se establecen entre el sistema complejo, con conjuntos más amplios del mundo material y del mundo intangible (Velásquez, 2007). Algunas corrientes de naturalismo han intentado abordar el siguiente nivel organizativo de la realidad. Postulan que el sistema reduccionista no es aplicable a niveles superiores de organización, debido a que no necesariamente replican la estructura base (sistema verificable), y a que también se van a dar relaciones en los niveles inferiores que no existen en los niveles superiores. Este concepto es definido como una propiedad emergente de la realidad y establece que van a existir características diferentes entre los niveles de agregación inferiores y los niveles superiores de un mismo fenómeno. Bajo este paradigma los espacios sociológicos, con su gama de cambios asociados al tiempo, son integrables al análisis, y aún más, establece relaciones de orden superior con los niveles básicos (Coleman, 2001).

Una base epistemológica es la estructura de lenguaje significativo que fundamenta ciencias y saberes. Básicamente son sentencias lógico-abstractas que relacionan los elementos del nivel base, con los elementos de los niveles superiores, a través de presupuestos empíricos y verificables por los sentidos. De forma contraria, los enunciados derivados de los fenómenos sociales no son ni falsos ni verdaderos, dado que no existe un punto de referencia que permita su verificación. En este sentido, las aseveraciones sociológicas son enunciados carentes de dirección (positiva-negativa a partir de un punto referencial), son expresiones de emociones, preferencias humanas, percepciones individuales, o interpretaciones socio-psicológicas carentes de significado cognitivo, es decir, que no generan conocimiento universal, conocido como positivismo. La crítica principal al positivismo se basa en que los datos empíricos presuponen

una relación causa-efecto incuestionable (axiomática). Entonces, los elementos que constituyen al sistema están conceptualmente organizados y se desprecian los procesos organizativos de los niveles superiores (metafísica). Esto significa que las interacciones entre las intervenciones humanas y sus consecuencias en el mundo material no son medibles por ser subjetivas y direccionadas por las condiciones temporales circundantes, eliminando la naturaleza inmutable y repetible de los conceptos científicos, y cuestionando la aplicación del método científico (Uribarri, 2014; Russell, 2004; Villalpando, 2009; Coleman, 2001).

La alternativa al positivismo es el análisis complejo. Reconoce que la realidad se compone de diferentes niveles organizativos, donde se combinan los aspectos reduccionistas con los abiertos, a través de presupuestos metafísicos, para generar espacios no homogéneos. Así mismo, al ser sistemas donde se integran aspectos sociales no medibles, existirán subespacios que no serán parametrizables, pero si caracterizables, lo que garantiza un cambio gradual del sistema, expresado por: $\frac{\partial C}{\partial Fr} \cong \frac{\partial G}{\partial Fr} \sim 0$, que en términos numéricos es un forzamiento que garantiza la conexión (continuidad), con cambios graduales (derivable) (Muñoz, 2014).

Asimismo, García (2006) establece que el reduccionismo no debe ser contrario a la construcción compleja, al postular que la respuesta de un sistema es más que una relación causa-efecto (función), y tampoco es la suma de las partes, sino la combinación de ellas. Dicho de otra forma, la construcción compleja, de acuerdo con García, se fundamenta en una discretización del universo en subsistemas homogéneos que permite su manejo desde la perspectiva reduccionista, pero establece relaciones metafísicas a través del forzamiento numérico que garantiza la continuidad entre los subsistemas, a partir de $\frac{\partial C}{\partial Fr} = \frac{\partial C}{\partial x} \frac{\partial C}{\partial y} \frac{\partial C}{\partial z} \neq 0$, esta construcción va a presentar un comportamiento y una tendencia que relaciona subespacios que no son vecinos (Muñoz, 2014). La Figura 3 muestra esta construcción.



Fuente: Construcción propia

Figura 3. Discretización del universo en subsistemas homogéneos

Las bondades de la construcción de un sistema complejo es que solo se establecen las relaciones que se consideran significativas. Solo se integran las variables y los conjuntos requeridos, por lo que el sistema definido determina la parametrización (intensidad, densidad) de las variables elegidas, que en términos conceptuales es un indicador.

Indicadores

Muchos indicadores han sido propuestos a partir de la identificación subjetiva de variables por paneles de expertos, con un análisis posterior que justifica la selección. Consecuentemente, existe una alta posibilidad de que el indicador presente sesgos y el producto final sea una abstracción que no se entiende fuera del ámbito de su diseño. La experiencia ha mostrado que un indicador debe desarrollarse a partir del análisis y comprensión del sistema que va a describir, y en su caso, monitorear. Deben ser sensibles a los cambios, demostrables, y los datos base fáciles de obtener.

Conceptualmente, un indicador es un punto de referencia que da información cualitativa o cuantitativa, construido a partir de uno o varios datos puntuales. Los datos pueden ser

percepciones, números, hechos/opiniones, medidas, o cualquier cosa que permita seguir la evolución de un fenómeno o proceso. Son una medida resumen que permite a través de un solo número tener una idea de que está pasando; es la combinación de un conjunto de variables, relacionadas a través de una relación de segundo orden de la forma $I = f(v_1, v_2 \dots v_n)$ (Rojas et al., 2013).

Existen otras definiciones de indicadores, dependiendo del área de conocimiento y necesidades. Los indicadores de cumplimiento son de tipo dicotómico (0,1), y reflejan si se alcanzó el objetivo o no. Los indicadores de desempeño son del tipo distribuido, y evalúan el desarrollo el fenómeno a través del monitoreo de variables distribuidas (metas parciales). Los indicadores de efecto miden si se cumplieron los objetivos específicos a través de una variable lógica. Los indicadores de impacto, también llamados de evaluación, comparan el estadio inicial con el estadio final del sistema o después de una intervención; tienen la forma $I = F(t=\text{final}) - F(t=\text{inicial})$, y se representan por la derivada de una función (Pacheco y Contreras, 2008).

Es importante señalar que variables numéricas, función numérica ($F(x)$), función probabilística ($P(x)$), modelos de proyección ($F(x, t)$) y modelos complejos (económicos, producción, comercialización) no son indicadores, pero la combinación de todos ellos si puede ser un indicador, si retomamos el concepto de sistema complejo que se construye con espacios reduccionistas ($F(x), P(x), V_i$). Esta base conceptual permite mezclar las respuestas de los subsistemas a través de la construcción de vectores independientes de la forma: $I = F(V_i, P(x), F(x), \dots)$. Otra bondad de esta construcción es que la base conceptual determina el conjunto de variables a utilizar (base ortogonal) y el grado de influencia o significancia sobre el proceso.

Construcción Axiomática

La topología es la rama de las matemáticas dedicada al estudio de las propiedades de cuerpos y sistemas en general que permanecen inalterados por transformaciones continuas y sucesivas, expresadas como funciones. Se usa la topología en dos sentidos: para analizar conceptos como proximidad, número de agujeros, consistencia y completos que presenta un sistema, que en esencia es comparar objetos y clasificarlos a partir de sus atributos donde destacan conectividad,

compacidad y mesurabilidad. La segunda forma se refieren a la construcción de familias de subconjuntos a partir de un conjunto dado, conocido y parametrizado; la familia resultante cumple las reglas que rigen al conjunto marco. Esta construcción es base para demostraciones formales, consistentes en axiomas y teoremas que rigen los modelos y reglas de inferencia. En general, lo que le interesa a la persona común es el aspecto de las inferencias, dado que este paso de las matemáticas son los modelos de predicción (Poincaré y Hilbert, 2016).

Un sistema formal es un sistema lógico-deductivo constituido por un lenguaje y una gramática que restringe a las expresiones de dicho lenguaje y el conjunto de axiomas a un número mínimo de postulados, y que forman la frontera de las reglas de inferencia (predicción). Esto es el conjunto de postulados axiomáticamente fundamentados que dan marco lógico y numérico a un modelo, y permiten explicar una parte de la realidad o fenómeno. Lo importante de esta construcción es que el conjunto de postulados dan fundamento teórico y confiabilidad al modelo, tal que las inferencias que se obtienen de él cuentan con un alto nivel de certeza, es decir, los pronósticos son confiables (Villalpando, 2009).

Los sistemas formales han encontrado aplicación principalmente dentro de la teoría matemática. Sin embargo, por su naturaleza se ha extendido a muchas más disciplinas como la biología, la geografía, la informática, la estadística, ya que involucran una colección de saberes de otras ciencias. Esta construcción permite generar una definición rigurosa del concepto de demostración de postulados como los geográficos, que incluyen metadatos del desarrollo humano, bienestar, economía, educación y salud pública, por dar un ejemplo (Villalpando, 2009; Rusell, 2004).

Llamamos formalización al acto de crear un sistema formal, con la que pretendemos capturar y abstraer la esencia de determinadas características del mundo real, en un modelo conceptual expresado en un determinado lenguaje formal. A partir de la formalización de un modelo se construyen los teoremas. David Hilbert creó la disciplina denominada metamatemática dedicada al estudio de los sistemas formales, con la función de generar el marco teórico que formalice sistemas axiomáticos de modelos complejos como metateoría. Se refiere a la evaluación de sistemas que involucran saberes de disciplinas diversas, a partir de la epistemología y a la

matemática, para relacionar los aspectos de definición de conceptos, con argumentaciones y reglas numéricas de sustentación.

Espacios de Hilbert

El concepto se remonta a la filosofía del siglo XX, como resultado de los trabajos de David Hilbert, quien publicó en 1904 una propuesta de la consistencia de las matemáticas para crear campos axiomáticos para casi cualquier disciplina. Sin embargo, el éxito de su propuesta fue acotado por los trabajos de Kurt Gödel (Gödel, 1986) quien tomó este esquema y lo probó en una serie de sistemas axiomáticos formalizados, encontrando que las conclusiones de Hilbert si bien eran parciales, podían extenderse al infinito para cubrir cualquier espacio con base en la recursividad. A lo que Hilbert (1904) llamó inconsistencia de los teoremas, Gödel (1986) lo llamó sistema formalizado parcial (ecuación diferencial parcial), y postuló su teorema de completos, que requería la formalización de sistemas metavariados y recursivos. Estos conceptos se han aplicado en los campos de la astrofísica, física, química molecular, biología molecular, biotecnología y nanotecnología. En esta propuesta se desarrolla su aplicación en el manejo de cuencas y en la evaluación de los recursos naturales.

Un sistema lógico tiene la propiedad de ser consistente cuando no es posible deducir una contradicción dentro del sistema. Es decir, dado un lenguaje formal y un aparato deductivo (axiomas y reglas de inferencia), no es posible deducir una fórmula y su negación. La existencia de un modelo implica que una teoría lógica es consistente (Pacheco y Contreras, 2008).

Se dice de un sistema lógico que es decidible cuando, para cualquier fórmula dada en el lenguaje de un sistema con axiomas y reglas de inferencia, existe un método efectivo para determinar si esa fórmula pertenece o no al conjunto de los teoremas del sistema. Cuando una fórmula no puede ser probada como teorema, pero tampoco se puede negar, se dice que la fórmula es independiente, y por lo tanto el sistema es no decidible. La única manera de incorporar una fórmula independiente a los teoremas del sistema es postulándola como axioma (Hilbert, 1904; Hilbert, 1927; Payá, 2008).

Se habla de completos en varios sentidos, pero quizás los dos más importantes sean los de completitud semántica y completitud sintáctica. Un sistema S en un lenguaje L es semánticamente completo cuando todas las verdades lógicas de L son teoremas de S (Payá 2008). En cambio, un sistema S es sintácticamente completo si, para toda fórmula A del lenguaje del sistema, A es un teorema de S o A es un teorema de S . Esto es, existe una prueba para cada fórmula o para su negación. La lógica proposicional y la lógica de primer orden son ambas semánticamente completas, pero no sintácticamente completas. Por ejemplo, nótese que en la lógica proposicional, la fórmula p no es un teorema, y tampoco lo es su negación, de modo que eso basta para mostrar que no es sintácticamente completa. No obstante, como ninguna de esas dos fórmulas es una verdad lógica, no afectan a la completitud semántica del sistema (Hilbert, 1904). El segundo teorema de incompletitud de Gödel demuestra que ningún sistema (definido recursivamente) con cierto poder expresivo puede ser a la vez consistente y semánticamente completo.

La lógica proposicional como la lógica de primer orden satisface el teorema de compacidad. Es decir, si de un conjunto de proposiciones se sigue una consecuencia, entonces existe un subconjunto finito de proposiciones de las cuales se sigue la misma conclusión. Análogamente si cada conjunto finito de proposiciones de un conjunto admite un modelo, entonces el conjunto completo admite un modelo. Si bien la lógica de primer orden tiene compacidad en el sentido previamente explicado otras lógicas más potentes como la lógica de segundo orden no tienen la propiedad de compacidad (Payá, 2008).

Aplicación de los espacios de Hilbert al manejo de cuencas

Para el ser humano es imperiosa la necesidad de controlar su entorno. Le da seguridad de sobrevivir como individuo y como sociedad. En términos sociales y económicos se reconocen al menos tres conceptos de seguridad: hídrica, que se refiere a contar con volúmenes de agua disponibles y seguros para su subsistencia y desarrollo de comunidades; alimentaria que se refiere a contar con inventarios de alimentos que garanticen la alimentación en época de estiaje o poca producción agrícola, y habitacional, que es la certeza de que los eventos naturales no amenazan la integridad física de los individuos. En el siguiente nivel esta la generación de

riqueza: bienes y servicios que hacen confortable su existencia. El manejo de cuenca es parte de las estrategias desarrolladas por el hombre para manejar y controlar su entorno, a fin de tener seguridad (ONU, 2014).

La gestión de los recursos recae en las entidades gubernamentales, quienes deben evaluar, planificar, implementar y evaluar las acciones y estrategias asociadas a la explotación. La totalidad de una estrategia se enmarca en las políticas públicas de los gobiernos, quienes para legitimar sus acciones establecen protocolos de evaluación, como indicadores. Estos indicadores evalúan los avances, impactos, cumplimiento de las estrategia, dependiendo de la etapa de la estrategia que se están evaluando: arranque del programa, desarrollo-avance del programa y cierre del programa; esta última fase es en la que se implementa el mayor número de evaluaciones, para identificar el impacto, el avance, los alcances del programa, (Figura 4).

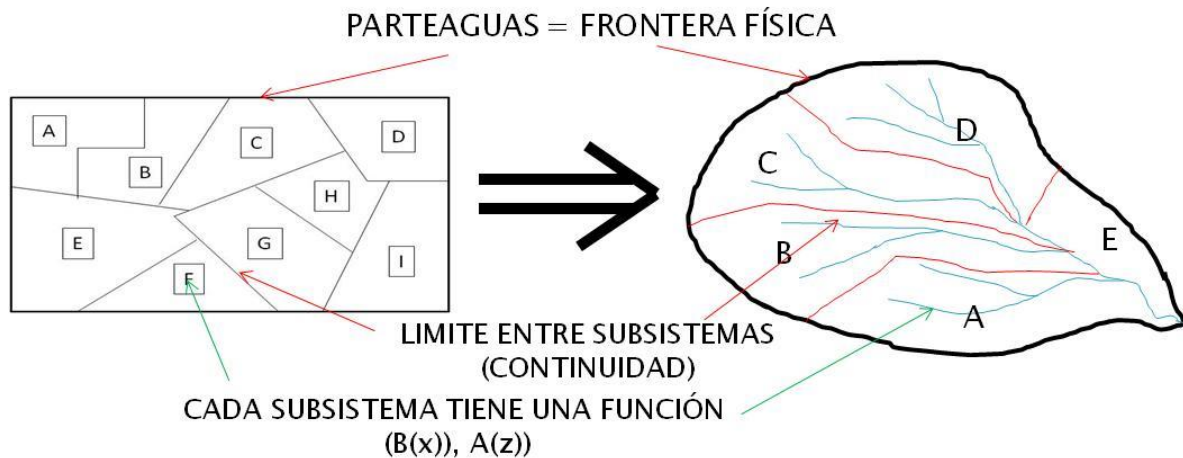


Fuente (Galván et al., 2015)

Figura 4. Desarrollo de un plan y los procesos de evaluación.

El principal problema que presentan los esquemas de evaluación es que los indicadores de cada etapa son absolutos y no están relacionados con los indicadores de las etapas antecedente y subsecuente, dando un esquema fracturado que no refleja realmente los impactos de los programas. En el caso del manejo de cuencas es más marcada la desconexión entre fases, dada la complejidad de las estrategias. Entonces, es un reto el proponer esquemas de evaluación que reflejen las intervenciones en una cuenca y mantengan conexión entre las fases (Galván et al., 2015).

La cuenca es una estructura física, biológica y humana cumple con todas las condiciones de un sistema complejo. De acuerdo con la Figura 2, la cuenca presenta: a) una frontera físico-conceptual que limita los procesos de transferencia de masa-energía a su interior (parteaguas); b) está compuesta por subsistemas (subcuencas) que mantienen cierto grado de homogeneidad que puede ser expresada por una relación causa-efecto (función), y c) las subcuencas mantienen continuidad física y funcional entre sus fronteras a través de relaciones de segunda orden. La Figura 5 presenta esta estructura.



Fuente: Construcción propia

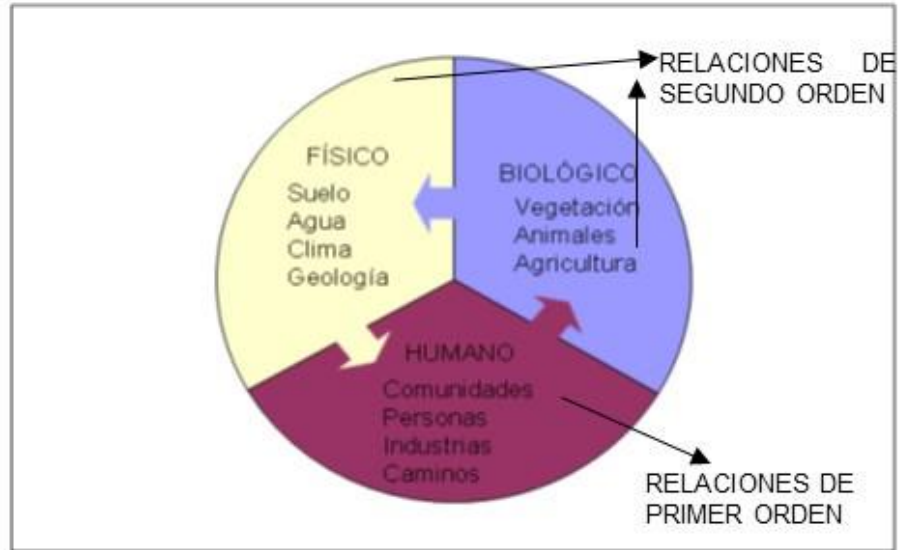
Figura 5. Estructura de la cuenca asociada a análisis complejo.

Los límites a los que se puede llevar un sistema productivo están marcados por la capacidad física y biológica de la cuenca, combinado con la capacidad tecnológica y social de las comunidades que la habitan. La parte física se constituye por los procesos de transferencia de

masa como escurrimientos, arrastre de sedimentos, etc., definidos por funciones numéricas; en el ámbito biológico se encuentran los procesos de transferencia que involucran entes biológicos que dependen del tiempo y presentan algún grado de aleatoriedad. Por último, los procesos humanos no son evaluables, no hay transferencia de masa-energía, y tienen una fuerte dependencia del tiempo y las condiciones sociales, por lo que son procesos multidimensionales que no pueden ser representados por una función. El manejo de la potencialidad de una cuenca se refiere a la capacidad de producción, expresada por: a) la proximidad de los recursos a explotar (agua y suelo); b) la existencia de caminos, fuentes de energía eléctrica, topografía y relieve, y vegetación, y c) las habilidades técnico-tecnológicas de los individuos para la explotación de los recursos (Corominas y Franquesa, 2015).

La generación de indicadores –que no es el manejo de variables- es la síntesis de toda esta información, a través de la aplicación de construcciones numéricas que relacionan a los diferentes universos que componen la cuenca. Como un elemento implícito de todo este concepto está la temporalidad de los análisis y soluciones propuestas, lo que determina la validez y viabilidad de dichas soluciones, de tal forma que lo propuesto para determinado espacio y tiempo deberá ser reevaluado para cada caso específico (subcuenca) en que se pretendan aplicar, a través de la similitud entre los factores de definición. Es un sistema de análisis abierto en espacio y tiempo.

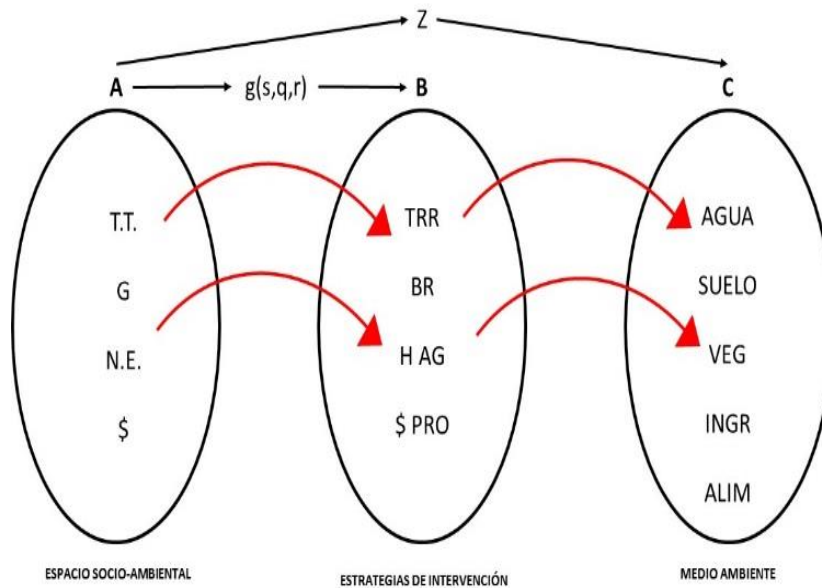
El enfoque de sistemas plantea que las relaciones entre los componentes de segundo orden sean de gran escala y/o con una componente aleatoria, que son asociables a los procesos biológicos; mientras que para las relaciones internas del subsistema definidas como relaciones de primer orden (funciones) se requiere que los fenómenos sean bien definidos y unidireccionales en espacio y tiempo, que son asociables a modelos lluvia-escurrimiento, por ejemplo. La Figura 6 presenta esta estructura.



Fuente (Galván et al., 2015)

Figura 6. Relación entre los componentes del sistema.

Se define a esta estructura por $Z = H(g(s, q, r))$, donde Z es la relación de segundo orden, mientras g es la relación de primer orden, y s, q y r son variables medibles del sistema. Respecto a la estructura conceptual se representa en la Figura 7.



Fuente: Construcción propia

Figura 7. Estructura conceptual.

La construcción del indicador es un pretexto matemático para generar una base teórica: asociarlo a los espacios de Hilbert. Dar base axiomática se refiere a “teorizar” o establecer nexos entre un marco teórico existente con las observaciones hechas (generalización). El objetivo de una generalización es dar plataforma de aplicación más extensa a un modelo empírico.

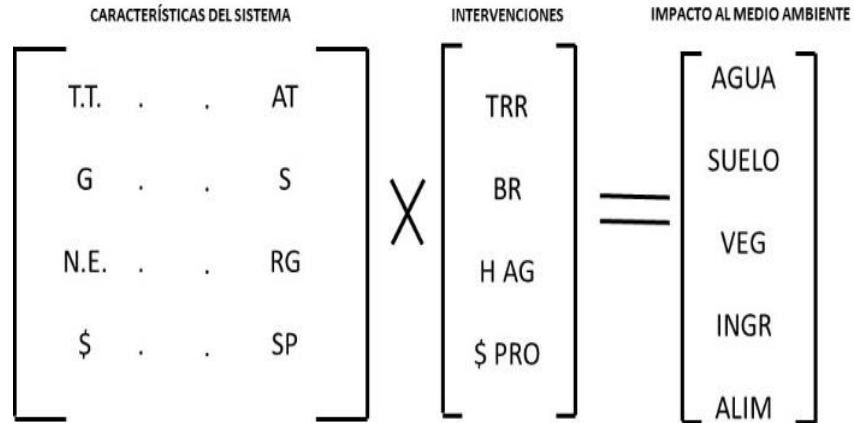
Un espacio de Hilbert es definido como un espacio vectorial infinitamente grande. La necesidad de postular un espacio vectorial infinitamente grande es para integrar todo un sistema de variables sobre una base matemática rigurosamente formal. Propone que los componentes vectoriales no se limiten a números reales (contempla complejos e imaginarios), redefiniendo a la vez el concepto del producto interno de dos vectores ($V_1 \times V_2$) fuera del mundo de los reales, para que dicho producto pueda tener un significado físico (Payá, 2008), tal que:

$$\begin{bmatrix} \text{IF} \\ \text{Ibio} \\ \text{Ihum} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{21} X_{21} + A_{22} X_{22} + \dots + A_{2n} X_{2n} \\ A_{31} X_{31} + A_{32} X_{32} + \dots + A_{3n} X_{3n} \\ A_{41} X_{41} + A_{42} X_{42} + \dots + A_{4n} X_{4n} \end{bmatrix} \quad \begin{array}{c} \text{ESPACIO VECTORIAL} \\ \text{INFINITAMENTE} \\ \text{GRANDE} \end{array}$$

Fuente: Construcción propia

Figura 8. Espacio vectorial.

Posteriormente, se aplica un proceso de ortogonalización Gram-Schmidt, el cual toma un conjunto de vectores de base (linealmente independientes, lo cual implica que no se puede obtener uno de los vectores mediante una combinación lineal de los demás) para construir un conjunto ortonormal de vectores de base, que aplicado a la cuenca queda (Figura 9).



Fuente: Construcción propia

Figura 9. Conjunto ortonormal de vectores.

Esto significa, en el caso de la cuenca, que cada sistema (heterogéneo) tendrá su propio conjunto de variables, definidas en densidad e intensidad, agrupadas en conjuntos homogéneos, distribuidas espacial y temporalmente (vector), que generan respuestas heterogéneas. La fortaleza de estos postulados radica en que el espacio vectorial:

- a) Puede incluir variables diversas
- b) Es infinitamente grande (Una matriz de vectores)
- c) Por ser un espacio vectorial definido en el dominio de los número reales, es posible aplicar el problema inverso

Los postulados aplicables al problema de cuencas son la Completes, que dice que todo fenómeno (espacio vectorial) cabe en el sistema, pero si no cumple alguna condición (axioma), se puede construir un nuevo subsistema (axioma) que le dé marco, haciendo crecer o completando el sistema inicial; la Continuidad dice que el paso entre subsistemas existe, tiene un valor real y es mesurable, es decir no hay vacíos de información.

A partir de estas aseveraciones se define a un sistema como la colección de conjuntos de elementos diversos, que están interrelacionados y que cumple con las siguientes propiedades:

1. Las propiedades o comportamiento de cada parte del conjunto tienen un efecto en las propiedades o comportamiento sobre el conjunto como un todo.
2. Las propiedades y el comportamiento de cada parte, y la forma en que este afecta el todo, dependen de las propiedades y comportamiento de al menos, otra parte del conjunto. Por lo tanto, ninguna parte tiene un efecto independiente sobre el todo.
3. Todo posible subgrupo de elementos en el conjunto presenta las dos propiedades anteriores.

Retomando el concepto del problema inverso, se pueden plantear la salida del sistema que se requiere (forzamiento), y teniendo las características del sistema, se deduce numéricamente las intervenciones que debieran realizarse para lograr el forzamiento planteado, tal que:

$$\begin{array}{c}
 \text{INTERVENCIONES} \\
 \left[\begin{array}{c} \text{TRR} \\ \text{BR} \\ \text{H AG} \\ \$ \text{ PRO} \end{array} \right] \\
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \text{IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE} \\
 \left[\begin{array}{c} \text{AGUA}_{ij} \\ \text{SUELO}_{ij} \\ \text{VEG}_{ij} \\ \text{INGR}_{ij} \\ \text{ALIM}_{ij} \end{array} \right]
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 \text{CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA} \\
 \left[\begin{array}{cccc}
 \text{T.T.} & \cdot & \cdot & \text{AT} \\
 \text{G} & \cdot & \cdot & \text{S} \\
 \text{N.E.} & \cdot & \cdot & \text{RG} \\
 \$ & \cdot & \cdot & \text{SP}
 \end{array} \right]^{-1}
 \end{array}$$

Fuente: Construcción propia

Figura 10. Salida del sistema (conjunto ortonormal de vectores).

El sistema planteado permite definir escenarios de trabajo, es decir, un conjunto de combinaciones de las intervenciones que son asociadas a los diferentes impactos solicitados; pero lo más importante es que los sistemas vectoriales mantienen su diversidad, mantienen su significado físico y por tanto, es recuperable el sistema de información base.

Conclusiones

El manejo de cuencas ha sido diversificado tanto en los marcos conceptuales como productos de su aplicación. Este devenir histórico ha generado un cúmulo de conceptos y conocimientos que se han centrado en la caracterización de espacios específicos de la cuenca en un alto grado de especialización. Aunque existen esfuerzos de síntesis de todo este conocimiento a través de modelos numéricos multidimensionales, no se han logrado un planteamiento aplicable a la generalidad de las cuencas.

Por otro lado, cada cuenca es única en virtud de las combinaciones resultantes de sus características físicas, biológicas y sociales, por lo que la generalización de un modelo, cualesquiera que sean su base conceptual, se antoja imposible. Sin embargo una metodología si puede ser generalizable, dado que un método involucra los procesos lógicos (axiomáticos), y la medición de variables (funciones). El objetivo de una generalización es dar plataforma de aplicación más extensa de un conocimiento, que puede ser difícil en términos reduccionistas, pero que en términos de método si puede ser generalizable.

Se considera adecuado el planteamiento de los espacios de Hilbert para construir un sistema metodológico más holístico que permita abordar el manejo de cuencas en toda su complejidad. El concepto de indicador permite establecer una relación entre la base teórica de los espacios de Hilbert con los diferentes enfoques del Manejo de cuencas que han sido desarrollados, en un solo sistema integrador.

No significa que los aspectos desarrollados por el manejo de cuencas sean erróneos, o que no existan esfuerzos de integración. El manejo de cuencas ha sido diversificado debido a que cada cuenca es única. La generalización de modelos específicos se ha visto limitada por la aplicabilidad (disponibilidad de información, calidad de ésta, capacidades tecnológicas, capacitación de los encargados, etc.), así que un planteamiento metodológico de generalización, como es la propuesta de los espacios de Hilbert, es parte de la evolución natural del saber.

Literatura citada

- Ackoff, R. L. 1997. El arte de resolver problemas. XII reimpresión. Ed. LIMUSA, Noriega Editores, México, D. F.
- Calabrese, J.L. 1999. Ampliación de las fronteras del reduccionismo. Deducción y sistemas no lineales. *Psicoanálisis APdeBA* 21(3):431-453.
- Coleman J. S. 2001. Metateoría: La explicación en la Ciencia Social. *Revista Colombiana de Sociología* 6(2):193-218.
- Corominas, M. y J. Franquesa. 2015. Tennessee Valley Authority: una experiencia de planificación territorial modélica. *Ciudad y Entorno* 10(28):11-32.
- Galván, F. A., A. Bustamante y J.J. Ambriz. 2015. Construcción de un indicador para la valoración de programas ambientales en la cuenca del valle de México: Aplicación de metodología. *Revue Recherches en Sciences de Gestion-Management Sciences-Ciencias de Gestión* 111:161-188.
- Garcés, J.A. 2011. Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. *Revista virtual REDESMA* 5(1):29-41.
- García, R. 2006. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Ed. Barcelona. 87 pp.
- Gödel, K. 1986. Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. En: Kurt Gödel: *Collected Works*. Feferman, S. (ed.), volume 1. Oxford University Press. German text, parallel English translation. pp. 144–195.
- Hilbert, D. 1904. On the foundations of logic and arithmetic Harvard Univ. 129-38.

Hilbert, D. 1927 The Foundations of Mathematics in van Heijenoort 1967:475

LULUCF. 2009. Information and Data on Land Use, Land-Use Change and Forestry (Septiembre de 2009). Canada.

Luna, E. 2012 Metateoría: IR y los criterios científicos para elegir una teoría. Revista Vacío. Costa Rica Primer semestre. Ética de la gestión.

Munasinghe, M. y W. Shearer. 1995. Defining and Measuring Sustainability-The Biogeophysical Foundations. Washington, DC, The United Nations University and The World Bank, ISBN 0-8213-3134-5

ONU. 2014. Indicators to Assess Watershed Health in British Columbia. Draft Discussion Paper. Discussion Paper Prepared by the Fraser Basin Council.

Pacheco, J. F. y E. Contreras. 2008 Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Santiago de Chile, julio de 2008.

Payá, R. A. 2008. Estructura y Topología del Espacio Euclídeo. Universidad de Granada. Departamento de Análisis Matemático Facultad de Ciencias. Cap. 10 Espacios de Hilbert.

Poincaré, H. y D. Hilbert. 2016. Henri Poincaré y David Hilbert y los fundamentos de la física matemática moderna. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Primera edición. ISBN COLLECCIÓN: 978-607-477-998-1. Impreso y hecho en México

Ratcliffe, J. y M. Stubbs. 1996. Urban planning and real estate development. University College London Gower Street. ISBN 0-203-2146-3 Master e-book

- Rojas, J. H., y M.A. Pérez, T.F. Malheiros, C.A. Madera, M. Guimarães y R. Dos Santos. 2013. Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada del recurso hídrico en Suramérica: los casos de Brasil y Colombia. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 8(1):73-91.
- Rusell, R. J., W.R. Stoeger y G.V. Coyne. 2004. Física, filosofía y teología, una búsqueda en común. EDAMEX. 464 p.
- Solís, M. L. 1976. Economía Ciencia e Ideología. Conferencia inaugural leída en el Colegio Nacional el día 1 de noviembre de 1976. (Publicación en línea, disponible en internet en el sitio: <https://forointernacional.colmex.mx/index.php/fi/article/download/739/729>.
- http://codex.colmex.mx:8991/exlibris/aleph/a18_1/apache_media/4BRPV9CV5DEM5YDU6X89GB18M4P2V4.pdf [con acceso el 1-5-2017]).
- Uribarri, I. Z. 2014. Crítica de la razón pura" de Immanuel Kant, en la traducción de José del Perojo (1883). Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Biblioteca de Traducciones Españolas. (Publicación en línea, disponible en internet en el sitio <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcbe5t5> [con acceso el 12-3-2017]).
- Velásquez, A. 2007. La organización, el sistema y su dinámica: una versión desde Niklas Luhmann. *Revista Escuela de Administración de Negocios* 61:129-156.
- Muñoz, J.M. 2014. Totalidad y complejidad. Crítica de la ciencia reduccionista. UNAM. Centro de Investigación interdisciplinario en Ciencias y humanidades. 630 pp.
- Villalpando, J.M. 2008. Manual moderno de lógica. Editorial Porrúa, México, D.F. 416 p.

CONCLUSIONES GENERALES

El Manejo Integral de Cuencas es una ciencia aún en construcción tal como lo establece la generación del conocimiento formal, derivado de la forma en que las sociedades se relacionan con su entorno. La realidad en la que se mueve el ser humano es un gran marco ambiental-económico que determina el potencial de desarrollo, a partir de la disponibilidad de recursos, y la forma en que el ser humano los percibe: la construcción de las dimensiones ético-estéticas del conocimiento. Estas relaciones sociedad-ambiente son complejas al interior de las comunidades, y se complican más cuando diferentes grupos humanos bajo su particular cultura se relacionan a su vez, entre sí.

La adopción de diversos modelos de desarrollo responde a momentos históricos específicos, cuyos objetivos han tenido orientaciones divergentes, y por tanto, las *políticas de desarrollo* obedecen a dichos intereses. En consecuencia, los indicadores de desarrollo se han construido de forma expresa para evidenciar los logros del modelo en cuestión y con ello lograr la legitimización de los gobiernos en turno. Es así que de forma histórica los objetivos de los planes de manejo de cuencas, se han orientado a resolver conflictos entre usuarios de un mismo recurso dentro de espacio geográfico, por quien tiene la tutela del recurso (sociedad civil contra entidades de gobierno), tener un crecimiento sostenido de la economía, o la salud ambiental como base del bienestar humano. Los elementos de evaluación han sido acceso a educación, a la salud pública, a la cultura, Producto Interno bruto y balanza comercial, hábitats naturales perdidos, fragmentación de hábitats, especies perdidas por hábitat, pérdida de biodiversidad de especies de cultivos y pérdida de biodiversidad dentro de las especies.

En todos los casos la construcción de los indicadores de evaluación se basan en información cualitativa (variables, $F(x)$), semi cuantitativa ($P(x)$), y de carácter subjetivo (0,1) como el conjunto de factores asociados al desarrollo de la comunidad. En todos los casos tienen en común que se requiere de la colecta de datos de forma densificada por cada región, sistematizada y revalorizada para hacerla comparable y compatible entre espacios geográficos. El aspecto más importante no resuelto es existencia de diferencias entre los límites biofísicos y los políticos, los

costos de mantener bancos de información actualizada y de acceso libre a todos los usuarios y la construcción de redes de conocimiento que sustente y valide la información.

Bajo esta construcción las evaluaciones en que se han apoyados los gobiernos, adolecen de no ser continuas en tiempo, no son integrales dado que no estiman los impactos en todos los ejes de desarrollo, y no son transversales, ya que no transitan a través de dos o más aéreas de incidencia. Pero lo más grave es que no existe un apartado de evaluación de las condiciones ambientales, ni variables de medición de impactos ambientales, tampoco cuentan con apartado de medición del impacto sobre los sistemas sociales, como mejora a la salud, mejora en nutrición, educación y cultura. En contraparte, todos se centran en el espacio económico, para lograr sobreoferta de volúmenes de explotación de recursos naturales, ya sea a nivel individual o comunitario. Respecto a establecer continuidad entre los diferentes tiempos de ejecución, el aspecto más crítico está en la etapa de cierre; esta forma de evaluar no produce una imagen clara del sistema, ni de las mejoras, ni de hacia que dirección modificar las acciones para alcanzar plenamente los objetivos.

En otro aspecto, un modelo de desarrollo adoptado por un gobierno, no necesariamente es convergente con la visión que tienen las comunidades de sí mismas, lo que desean y hacia donde se dirigen como sociedad, generando discrepancias hasta llegar a la confrontación provocando que la legitimidad de los gobiernos sea fuertemente cuestionada. Por lo anterior, muchos indicadores de evaluación de planes de desarrollo se centran en evaluar la relación entre un diagnóstico del marco biofísico y el análisis de los sistemas para definir las relaciones causa-efecto entre los aspectos sociales (encuesta socio-productiva), y/o productivos, con el medio ambiente. La intención de este tipo de encuestas es validar las acciones realizadas, definiéndolas como política pública participativa. El elemento no resuelto de esta problemática es el que análisis del marco ético-moral del binomio gobernado-gobernante es ausente, por lo que no se han desarrollado técnicas efectivas de resolución de conflictos que en la actualidad deslegitimizan a las entidades de gobierno.

A partir de la *complejidad* ambiente-sociedad, el Manejo Integral de Cuencas ha construido modelos, abordando por diferentes áreas de conocimiento, disciplinas técnicas, y hasta saberes

empíricos. Sumado a lo anterior, tenemos que la evolución económico-productiva de las sociedades es mucho más rápida que la relación entre ciencia-medio ambiente, lo que no ha permitido que esta ensaye de forma suficiente sus propuestas, provocando que *el tiempo* sea la variable dominante en el Manejo Integral de Cuencas. En la fase de gestión, los planes de manejo se diseñan bajo marcos administrativos-regionales (municipios, distritos), mientras que las comunidades se mueven en marcos naturales (cuenca), donde la integración de datos requiere no solamente de diferentes disciplinas y fuentes (biológico, físico, económico y geográfico), sino además de diferentes escalas geográficas, debido a las extensiones de las unidades productivas varían desde metros hasta decenas de hectáreas.

Esta aparente contradicción, entre el desarrollo un tanto lento de conceptos y métodos, y las demandas de soluciones de sociedad y gobiernos que van a una velocidad mucho mayor, han generado un desarrollo un empírico de técnicas de intervención que son aceptables, y en diversas direcciones de conocimiento, cuyos productos visibles son conceptos y herramientas tecnológicas, suficientes para plantear una base mínima de conceptos y métodos que interrelacionen todas estas propuestas en un marco metodológico-conceptual.

Para construir un marco lógico-conceptual se requiere de planteamientos epistemológicos, derivados de la relación sujeto-objeto enmarcada en un sistema de creencias que dirija el área de conocimiento por el que se abordará el problema. Bajo esta construcción, el análisis empírico presupone que el objeto de estudio es *estable en espacio y tiempo*, por lo tanto una modificación aunque sea mínima del concepto, lleva intrínseca la destrucción del espacio de conocimiento previo. Esto se considera un problema filosófico, dado que se desprende de la percepción de la realidad que construye en individuo, por encima de que lo que pueda corresponder a los objetos mismos, por tanto, para poder salvarlo se requiere de la metalógica; es esto lo que se llama *construcción epistemológica*. Esta construcción incluye cada vez en mayor número a los objetos o realidades complejos.

Cada cuenca es única, en virtud de todas las posibles combinaciones resultantes de sus características físicas, biológicas y sociales, por lo que la generalización de un modelo, cualesquiera que sean su base conceptual, se antoja imposible, más aún si se integra la variable

tiempo. Bajo estas consideraciones no se puede hablar de modelos, sino de *métodos de acercamiento a una realidad cambiante a lo largo del tiempo*.

El planteamiento de los espacios de Hilbert se relacionan con el análisis de una cuenca, a partir de que se definen los siguientes axiomas o postulados:

- La cuenca es un sistema complejo. Se compone de subsistemas, físico, biológico y humano, los que a su vez se componen de elementos; entre cada elemento hay relaciones de transferencia de masa-energía, que a su vez determinan las relaciones de transferencia entre subsistemas
- Es recursivo. Los subsistemas se pueden repetir al interior de la cuenca, con variantes mínimas, provocando que los procesos de transferencia se mantengan dentro de un espacio-tiempo, de tal forma que el balance general puede tender al equilibrio.
- Es autocontenido. La combinación de los subsistemas no es conmutativa, por lo tanto los resultados de cada combinación son únicos e irrepetibles en espacio y tiempo.

El resultado más importante de estos postulados es que el análisis de una cuenca debe tener al menos 2 tiempos, un inicial donde se establece la condición de la cuenca (línea base, evaluación inicial) y una posterior al proceso de intervención o manejo de cuenca, para comparar ambos estadios.

El análisis sistémico es un conjunto de herramientas matemáticas y de computación, que se combinan bajo la lógica formal para generar modelos. Los axiomas fundamentales son:

- Todo sistema tiende a alcanzar un estado en el que todos sus componentes permanecen estables o con pequeñas fluctuaciones dentro de un rango conocido y predecible.
- A cualquier perturbación externa, el sistema responde restableciendo el estado inicial de equilibrio.
- Los elementos de un sistema están relacionados entre sí, de forma directa o indirecta y se influyen mutuamente.

Esto significa que una vez identificados los subsistemas que lo componen, las relaciones causa-efecto, las variables cuantificables, se ensambla la información en un sistema vectorial base, para pronosticar los impactos de los planes de manejo con que se va a intervenir el espacio geográfico y como esto impactará a los elementos sociales. Esta primera construcción, además es la base para pronosticar otras acciones o planes de manejo, de tal forma que cada combinación de variables genera un escenario de acción-reacción. El sistema planteado permite definir estos escenarios de trabajo, como el conjunto de combinaciones de las variables, con la ganancia de que esta base permite dar continuidad entre los diferentes tiempos de ejecución del plan (planeación-implementación-cierre) al tener siempre un punto inicial de comparación. Esto se define como *autoanálisis*; son *marcos de referencia internos* que permiten identificar avances o retrocesos de forma puntual. Esta recursividad es fundamental para no perder de vista el punto de referencia y según el caso, para poder regresar a él, es decir, toda cuenca siempre tendera a un equilibrio interno.

Por lo tanto, establecer las relaciones causa-efecto entre variables primero, y después entre subsistemas equivale a establecer sistemas de flujo de masa-energía de forma jerarquizada y direccionada, que a su vez se integran a bucles numéricos que contienen los elementos mínimos para una evaluación eficiente de la intervención, en todos los subsistemas.

Los indicadores se construyen expreso para cada fenómeno o sistema a evaluar; cada tipo de ciencia desarrolla su propio sistema de valoración con el objetivo de dar directrices al análisis de los fenómenos propios de esa ciencia. Los indicadores con los que pueden contar las ciencias empíricas, naturales y exactas son mucho más regulables y mensurables, dado que involucran aspectos de la materia y la energía; en contraparte, las ciencias sociales son más difusos, dado que lo que se pretende medir son los procesos sociales, que no involucran transferencias de masa y energía. El concepto de indicador permite establecer una relación entre la base teórica de los espacios de Hilbert con los diferentes enfoques del Manejo de cuencas que han sido desarrollados, en un solo sistema integrador.

Actualmente, y con la integración de los elementos de *a)* la relación lluvia-escurrimiento, *b)* monitoreo en tiempo real y percepción remota, *c)* modelos numéricos en fase física y económica

y *d*) planeación estratégica, se considera que el manejo integral de cuencas es un aspecto fundamental para determinar el uso racional de los recursos naturales, que es a su vez la base del desarrollo integral sustentable.

Este enfoque plantea una forma holista de evaluar las acciones del hombre sobre la naturaleza, abordando los problemas desde la relación hombre-naturaleza, por tanto el análisis y la síntesis son de tipo holístico también. En otro aspecto, la generación de nuevo conocimiento que permita al ser humano un desarrollo integral, pero en este particular caso, el desarrollo integral sustentable no es un problema simple con solución única. Aún no tenemos una comprensión plena de la relación entre la naturaleza, la intervención humana y la magnitud de los fenómenos naturales; entre el manejo de los recursos naturales y la generación de riqueza; y entre la distribución de la riqueza y el bienestar humano; estos procesos son parte de una realidad compleja que ha sido explicada por una serie de teorías que se basan en observaciones empíricas. Lo importante es establecer los modelos de correspondencia entre lo teórico y lo empírico para dar sustento a lo observado, que nos permita determinar principios aplicables a otros ambientes, así que un planteamiento metodológico de generalización, como es la propuesta de los espacios de Hilbert, es parte de la evolución natural del saber.

El manejo de cuencas ha sido diversificado en áreas de conocimiento, la vertiente más importante es la relacionada con la explotación racional de los recursos naturales; se basa en la evaluación de unidades fisiográficas llamadas cuenca, la generalización de modelos específicos es imposible en términos de funciones matemáticas, sin embargo en términos de método si puede ser generalizable: la aplicación del enfoque sistémico. Otra bondad del método es que permite abordar problemas tanto a nivel micro como macro.

Establecer una ruta de operabilidad al enfoque sistémico en el manejo de los recursos naturales es un elemento innovador, que requiere de conocimientos y herramientas provenientes de áreas de conocimiento externos al manejo de cuencas tradicional, lo que se traduce en la generación de conocimiento.

De manera resumida:

No existe un consenso general sobre el concepto de manejo de cuencas, a excepción de que la cuenca es la unidad de análisis, de gestión o de intervención para diferentes fines, principalmente para el agua. Esto condiciona su formulación, ejecución, seguimiento y evaluación, y por lo tanto el tipo de indicadores para más adecuados. En este estudio se considera que la integración de elementos del manejo de cuencas tradicional, del concepto de desarrollo sustentable y del manejo de ecosistemas, desde una perspectiva sistémica, es la vía más adecuada para desarrollar un concepto moderno de Manejo Integral de Cuencas. Esto tiene como consecuencia que para evaluar el éxito de un programa o de un proyecto de cuencas deben generarse indicadores en los tres componentes o ejes definidos en el concepto de desarrollo sustentable: económico, social y ambiental. Los indicadores deben ser programa-específicos o proyecto-específicos, de acuerdo a los objetivos y metas establecidos para ellos, pero que en un concepto de manejo integral de cuencas debe integrar los tres componentes mencionados.

El estudio de caso presentado, mostró que los indicadores generados desde una perspectiva de estado del sistema (características del espacio biofísico o cuenca) y de la demanda de producción de bienes y servicios, así como la interacción de ambos, permite establecer funciones para la evaluación sistemática de parámetros a través de variables directas. Las variables se agruparon en programas que generan ingreso a cadenas productivas y/o mercado (componente de ingreso económico); programas orientados a la subsistencia de las unidades familiares-productivas y para la conservación del capital social, y programas orientados al aprovechamiento y conservación de espacios ambientales. La aplicación de los indicadores a los datos obtenidos en la encuesta permite concluir que los programas federales y locales evaluados en las áreas rurales de las delegaciones del antiguo Distrito Federal, dentro de la Cuenca de México, no tuvieron un apartado de evaluación de las condiciones ambientales ni de medición de impactos ambientales, por lo que no están orientados hacia una perspectiva de desarrollo sustentable de las comunidades y de la cuenca. Esto responde a una visión de modelo de desarrollo homo-céntrico y la falta de un modelo eco-céntrico.

La aplicación de los espacios de Hilbert para es una propuesta novedosa y retadora para establecer una metodología con base matemática y teórica que permita establecer indicadores para la evaluación del manejo integral de cuencas, desde una perspectiva sistémica y holista.

LITERATURA GENERAL CITADA

- Barkin, D. y T. King. (1970). *Regional Economic Development, The River Basin Approach in Mexico*. Cambridge, Cambridge University Press. 262 p.
- Bertalanffy L.W. (1989). *Teoría general de los sistemas*. México, Ed. Fondo de Cultura Económica. 311 p.
- Bell, Daniel. (2006) *Las contradicciones culturales del Capitalismo*. Madrid, España. Alianza Editorial.
- García, R. 2006. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Ed. Barcelona. 87 pp.
- DAFP. (2012). *Guía para la construcción de indicadores de gestión*. Departamento Administrativo de la Función Pública, Bogotá, Colombia. 52 p.
- Delgado, J.A. (2005). *El análisis sistémico y su proyección multidisciplinar*. Encuentros multidisciplinares 7(20): 40 - 50.
- FAO. (2007). *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas*. Estudio FAO Montes 150. Rona, Italia. 139 p.
- Indij, D., G. Donin y A. Leone. (2011). *Gestión de los recursos hídricos en América Latina: análisis de los actores y sus necesidades de desarrollo de capacidades*. JCR European Comission. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 69 p.
- Mestre, E. (2001). *The design of river basin organizations in Mexico, The example of Lerma-Chapala*. Fifth workshop on River Basin Management Institutions. Washington, D.C., August 28, 2001. Disponible en: <http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/918599-1112612618774/20431908/RiverBasinOrganizationsMexicoLermaChapala.pdf>

Seeber, L. (1974). History and accomplishments of the TVA. En: H. Knop (Ed.), The Tennessee Valley Authority experience. Proceedings of the First Conference on Case Studies of Large Scale Planning Projects. October 28 – November 1, 1974, Laxenburg, Austria. Pp. 1-3.

Solís, M. L. 1976. Economía Ciencia e Ideología. Conferencia inaugural leída en el Colegio Nacional el día 1 de noviembre de 1976. (Publicación en línea, disponible en internet en el sitio: <https://forointernacional.colmex.mx/index.php/fi/article/download/739/729>).

Wester, P. (2008). Shedding the waters: Institutional change and water control in the Lerma-Chapala basin. Mexico. Wageningen University. 293 p.