

LOS SISTEMAS COMPLEJOS Y LA GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA: UN ANÁLISIS INTRODUCTORIO PARA MÉXICO.

Miguel Angel Cruz Vicente¹

Universidad Autónoma de Guerrero

miguelcruz_vicente@hotmail.com

Resumen.

El objetivo principal de presente documento es plantear la gestión del recurso hídrico en México a partir de dos enfoques fundamentales: 1) los sistemas complejos y 2) la Nueva Cultura del Agua (NCA). Bajo este contexto, el análisis tiene el propósito de mostrar que en este tipo de esquemas se pueden aplicar e identificar diferentes instrumentos de gestión que permitan el uso eficiente del recurso hídrico.

Palabras claves: demanda, gestión, nueva cultura del agua, sistemas complejos.

Summary.

The main objective of this paper is to raise the management of water resources in Mexico from two fundamental approaches: 1) complex systems and 2) the new water culture (NWC). Under this context, the analysis intends to show that this kind of schemes is they can implement and identify different management tools that allow the efficient use of water resources.

Key words: demand, management, new culture of the water, complex systems.

Introducción: los sistemas complejos.

En los sistemas complejos lo que está en juego es la relación entre el objeto de estudio y las disciplinas a partir de las cuales se realizan diferentes estudios. En dicha relación, la complejidad se asocia con la imposibilidad de considerar aspectos particulares de un fenómeno, proceso o situación a partir de una disciplina específica; en ese sentido, un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado

¹ Docente en la Unidad Académica de Turismo de la Universidad Autónoma de Guerrero.

como una totalidad organizada en la cual los elementos no son separables y no pueden ser estudiados aisladamente.

Los sistemas complejos están contruidos por elementos heterogéneos en interacción, y sus subsistemas pertenecen a los dominios materiales de diversas disciplinas. La interdisciplinar supone la integración de diferentes disciplinas, para lo cual es necesario que cada uno de los miembros de un equipo de investigación sea experto en su disciplina. El equipo de investigación es multidisciplinario. La diferencia entre una investigación interdisciplinaria y la llamadas investigaciones multi (o trans) disciplinarias está en el modo de concebir una problemática y en el común denominador que comparten los miembros del equipo.

La delimitación de un sistema complejo no solo requiere de una concepción común entre los miembros del equipo de investigación sobre la problemática general a estudiar, sino también de una base conceptual común y de una concepción compartida de la investigación científica y de sus relaciones con la sociedad.

En el estudio de un sistema complejo es indispensable que dicha conciencia este constantemente en acción, puesto que se trata de problemáticas globales donde los factores sociales juegan un rol fundamental. Lo que integra a un equipo interdisciplinario para el estudio de un sistema complejo es un marco conceptual y metodológico común, derivado de una concepción compartida de la relación ciencia-sociedad, que permita definir la problemática a estudiar bajo un mismo enfoque resultado de especialización de los miembros del equipo de investigación.

Consideraciones generales del sector hidráulico

El agua es un recurso natural, escaso, renovable, finito y vulnerable; necesario para realizar actividades socioeconómicas y es un bien no privado; además, su ciclo es cerrado y es parte del patrimonio de las naciones; presenta una distribución heterogénea y temporalidad variable; considerada culturalmente como un recurso infinito y gratuito. Sus formas diversas de abastecimiento permiten conocer las condiciones de salubridad y facilita información sobre la calidad de vida de la población.

Dos son las fuentes de agua: 1) el escurrimiento superficial y 2) la del subsuelo. El agua del subsuelo se integra por la recarga natural y la inducida en zonas de riego.

México recibe alrededor de 1,489 miles de millones de m³ de agua en forma de precipitación. Se estima que el 73.2 por ciento se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 22.1 por ciento escurre por los ríos o arroyos y el 4.7 por ciento se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Anualmente el país cuenta con 459 mil millones de m³ de agua dulce renovable, lo que se denomina disponibilidad (CONAGUA, 2010: 21). En 2010, la disponibilidad natural media de agua per cápita en el país fue de 4,210 m³ (www.presidencia.gob, 09/04/2010).

Además, el 37 por ciento (29.5 miles de millones de m³/año al 2008) del volumen concesionado para usos consuntivos es de origen subterráneo. El país se divide en 653 acuíferos. Para diciembre de 2009 se tenían 282 acuíferos con disponibilidad publicada. Sin embargo, se presenta el problema de la sobreexplotación, a diciembre de 2008 existían 101 acuíferos sobreexplotados, de los cuales se extrae el 58 por ciento del agua subterránea (CONAGUA, 2010: 43); y se distinguen dos tipos de usos del agua: 1) usos consuntivos² y 2) usos no-consuntivos³. También, el consumo de agua se clasifica según el tipo de usuario.

El Artículo 27 Constitucional señala que “son propiedad de la nación las aguas...” “las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce... hasta su desembocadura en el mar,...., son propiedad nacional”. Todas las aguas constituyen patrimonio de la nación y son bienes de dominio público. El Artículo 4 de la Ley de Aguas Nacionales señala que “la autoridad y administración de las aguas nacionales corresponden al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de La Comisión⁴”. El Director General dirigirá y representará al organismo. En el Artículo 7, de

² El agua es transportada a su lugar de uso y la totalidad o parte de ella no regresa al cuerpo de origen.

³ El agua se utiliza en el mismo cuerpo de agua con una afectación mínima, como es el caso de las plantas hidroeléctricas [en el año 2008, las plantas hidroeléctricas emplearon un volumen de agua de 150.7 miles de millones de m³, (CONAGUA, 2010: 71)].

⁴ En 1989 Carlos Salinas de Gortari crea la Comisión Nacional del Agua, otorgándole la figura de organismo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con la función de definir la política nacional para el uso y manejo de los recursos hídricos, (Vargas, *et. al.*, 2006: 93).

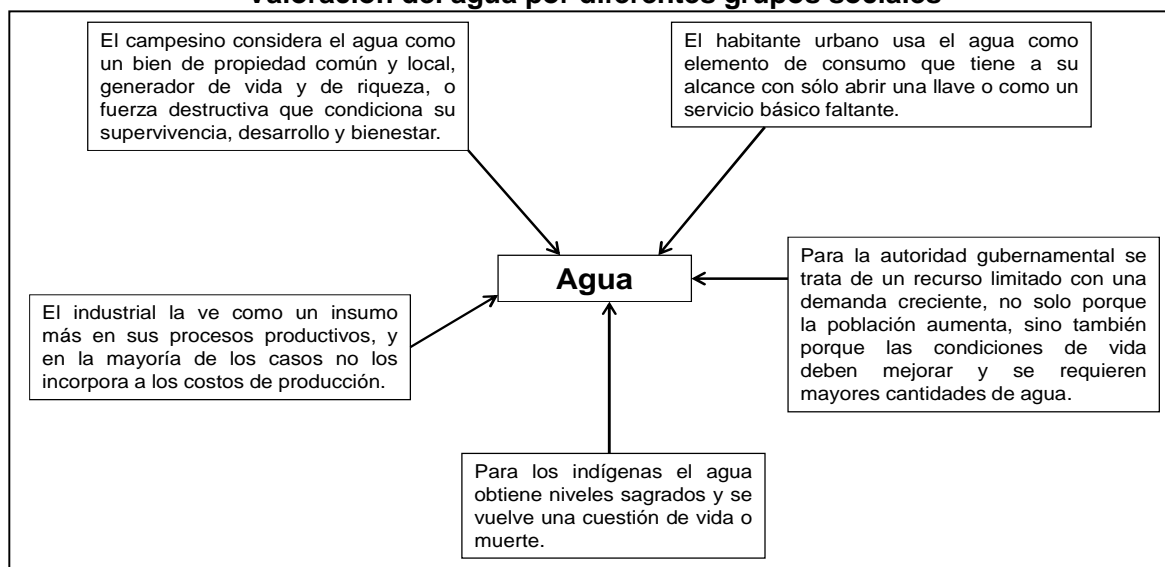
esta Ley, se declara de utilidad pública “la protección, mejoramiento y conservación de cuencas, acuíferos, cauces, vasos y demás depósitos de propiedad nacional”.

Rodríguez (2006) identifica tres elementos que provocan que el agua sea considerada como una mercancía: 1) es un recurso vital para el ser humano, 2) existe una creciente escasez relativa por su sobreexplotación y contaminación, y 3) su distribución entre el campo y la ciudad, y entre regiones y clases sociales. Además, es un insumo en el proceso productivo y debe ser tratada como tal.

El agua ha estado en el centro de discusión política, académica, empresarial y social; debido a las propuestas de organismos multinacionales para su privatización; además, su rápido deterioro y agotamiento han llevado al desarrollo de una conciencia de que es un derecho humano, un bien escaso, estratégico y de seguridad nacional.

Para Oswald (1999) cuando se habla de agua como derecho humano es necesario identificar el valor que cada grupo social le otorga.

Ilustración 1
Valoración del agua por diferentes grupos sociales



Fuente: elaboración propia a partir de Oswald (1999).

La teoría convencional de la demanda.

En los textos de microeconomía, la teoría convencional de la demanda⁵ se relaciona inversamente con el precio. Para Marshall (1931) la demanda se expresa de la forma siguiente: *cuanto mayor es la cantidad que ha de venderse, tanto menor debe ser el precio a que se ofrece para que pueda encontrar compradores*; es decir, la demanda aumenta cuando el precio baja y disminuye cuando el precio sube.

Para Hicks (1974) la teoría de la demanda es la teoría de la utilidad y la elección de los consumidores. Koutsoyiannis (1985) señala que la teoría tradicional de la demanda parte de suponer que el consumidor es un ser racional (maximización de la utilidad⁶).

De acuerdo a Montesillo (2002) la teoría económica no estipula ninguna forma funcional específica de la demanda, pero se puede representar. Salvatore (1994) añade que la demanda como función⁷ se representa:

$$Cd_x = f(P_x, M, P_o, T)$$

Donde Cd_x es la cantidad del artículo X demandado en un periodo determinado, $f(...)$ función de o depende de, P_x el precio del artículo x , M es el ingreso monetario del individuo, P_o el precio de otros artículos y T los gustos de los individuos.

La representación funcional de la demanda señala que, *la cantidad de un bien que un individuo desea comprar en un periodo determinado, es una función o depende del precio del bien, del ingreso monetario del consumidor, de los precios de otros bienes y de sus gustos, entre otros*. Al variar el precio del bien y manteniendo constantes las otras variables (*ceteris paribus*) que afectan a la demanda, se obtiene la función de demanda:

$$Qd_x = f(P_x) \text{ ceteris paribus}$$

La cual indica que *un incremento en el precio relativo del bien disminuirá la cantidad consumida de ese bien*; se presenta un cambio a lo largo de la curva de demanda

⁵ En el análisis microeconómico dos son las funciones de demanda del consumidor: 1) la demanda hicksiana y 2) la demanda marshalliana (walrasiana). La función de demanda hicksiana, denominada función de demanda compensada, se construye alterando los precios y la renta con el fin de mantener fijo el nivel de utilidad del consumidor. Se realizan alteraciones en la renta de tal manera que compensen las variaciones de los precios; no son directamente observables. La función de demanda marshalliana se expresa en función de los precios y de la renta, son observables, y no es más que la función de demanda de mercado (Kreps, 1995: 48-55).

⁶ El cual señala: *dados sus ingresos y los precios de mercado de las diversas mercancías, el consumidor planifica su gasto de manera tal que alcanza la máxima satisfacción o utilidad posible*.

⁷ La noción de función implica la relación entre los valores de dos variables y de dependencia entre ellas.⁸ La econometría es la forma más perfeccionada de la investigación económica (Hicks, 19974: 15).

(cambio en la cantidad demandada). Cuando cambian las condiciones *ceteris paribus*, la curva de demanda cambia (cambios en la demanda).

La demanda es básica en la microeconomía y es relevante para el consumidor individual como para el mercado; *es un componente del modelo microeconómico y es esencial en las aplicaciones de la econometría a las unidades familiares* (Intriligator, 1990: 19).

Microeconomía, paradoja del valor y fundamentación de la teoría neoclásica.

Para Pasinetti (2007) la teoría neoclásica presenta un cuerpo teórico elegante y una instrumentación matemática científica. Con una aplicación econométrica⁸, según Hicks (1974), de magnificas simplificaciones y enunciados hermosos.

La teoría neoclásica es el sustento teórico de la microeconomía. La microeconomía es una de las divisiones de la teoría económica, la otra es la macroeconomía.

La microeconomía es el estudio de la economía en relación con acciones individuales de un comprador, un fabricante, una empresa y la relación que existe entre ambos en un sistema económico de libre mercado. Para su análisis la dividen en: 1) el comportamiento del consumidor, 2) la teoría de la empresa, 3) el mercado y 4) la teoría de las externalidades.

La microeconomía analiza los procesos en la asignación de los recursos escasos y su utilización bajo formas alternativas⁹ e investiga la economía positiva⁹; su método de estudio se denomina estática comparativa (puede ser cuantitativo o cualitativo), la cual trata de comparar los diferentes estados de equilibrio que están asociados con diferentes conjuntos de valores de los parámetros y de las variables exógenas, es decir, en estática comparativa se confronta el estado de equilibrio inicial con su situación final. El problema a considerar es encontrar la tasa de cambio del valor de equilibrio de una variable endógena con respecto al cambio en un parámetro particular y la resolución del

⁸ La econometría es la forma más perfeccionada de la investigación económica (Hicks, 19974: 15).

⁹ La economía positiva, la cual busca explicaciones objetivas o científicas del funcionamiento de la economía; se ocupa de lo que es o podría ser. La segunda se refiere a la economía normativa, la cual ofrece prescripciones para la acción basadas en juicios de valor personales; se ocupa de lo que debería ser (Fischer, *et. al.*, 1996: 5).

problema viene dado por la optimización; su enfoque tradicional toma como elementos cuantitativamente importante a los precios.

La paradoja del valor.

La paradoja del valor (paradoja del diamante y el agua) es una singularidad dentro de la economía clásica¹⁰. Adam Smith menciona la paradoja en su obra *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones* (1776), la cual se resume:

*Nada es más útil que el agua; pero difícilmente ésta podrá comprar algo; poco puede ser intercambiado por ella. Un diamante, al contrario, tiene escaso valor de uso; pero una gran cantidad de otros bienes pueden ser intercambiados por este*¹¹.

La teoría de la utilidad marginal¹² realizó un esfuerzo por resolver esta paradoja. Según Marshall, el término de utilidad marginal fue usado por el austriaco Wieser, adoptado por Wicksteed y Jevons acuñó el término final; esta teoría sostiene que no es la demanda de un bien lo que determina su precio¹³ sino su utilidad marginal¹⁴.

La réplica de los teóricos de la utilidad marginal a la paradoja de Adam Smith fue:

La situación del hombre en un desierto con un saco de diamantes, encuentra a otro hombre con botellas de agua; con gusto cambiaría cualquier cantidad de diamantes por el agua; a partir de lo anterior, los marginalistas sostuvieron que el valor económico de un bien depende de las circunstancias y no de las propiedades intrínsecas del artículo. La escasez es la clave para determinar el valor. Se supone que el agua tiene menos valor que los diamantes porque es más disponible.

¹⁰ Los economistas clásicos fue una denominación inventada por Marx para referirse a Ricardo, James Mill y sus antecesores, es decir, para los fundadores de la teoría que culminó en Ricardo (Keynes, 1984: 15).

¹¹ Toda cosa útil ha de considerarse desde un punto de vista doble: su cualidad y su cantidad. La utilidad de una cosa hace de ella un valor de uso. El valor de uso se efectiviza únicamente en el uso o en el consumo. El valor de cambio se presenta como relación cuantitativa, proporción en que se intercambian valores de uso de una clase por valores de uso de otra clase, una relación que se modifica constantemente según el tiempo y el lugar (Marx, 1982: 43-45).

¹² Para la escuela de la utilidad marginal, el valor de un bien no está determinado por la cantidad de trabajo que se ejerció en su producción, como en la teoría del valor trabajo, ni en la utilidad total; su precio se determina por su utilidad marginal. La utilidad marginal decrece al incrementar la disponibilidad (y viceversa).

¹³ El precio de un bien se define a través de su utilidad marginal, no a través de la utilidad objetiva.

¹⁴ La utilidad es la propiedad de un artículo para satisfacer un deseo o una necesidad; y la utilidad marginal es el cambio en la utilidad marginal total por un cambio unitario en la cantidad de un artículo consumida por unidad de tiempo (Salvatore, 1994: 86).

De esta forma sencilla, clara y puntual; la utilidad marginal explica porque el agua en el desierto es más valiosa. Lo anterior aclara que el incremento en la oferta de un bien – por ejemplo el agua -- conduce a una caída de su precio.

La teoría neoclásica.

La ruptura que existió con la economía política se denominó revolución marginalista¹⁵. La corriente marginalista fue integrada por tres escuelas de pensamiento: la austriaca, la inglesa, y de Lausana.

La escuela austriaca centró su análisis en el concepto de utilidad como determinante del valor de los bienes, contrario al pensamiento de los economistas clásicos. Eugen Von Böhm-Bawerk aplicó estas ideas para determinar los tipos de interés, con lo que marcó la teoría del capital.

La escuela inglesa quería conciliar las nuevas ideas con las de los economistas clásicos. Para Marshall los autores clásicos se habían concentrado en analizar la oferta. La teoría de la utilidad marginal se centraba en la demanda, pero los precios eran determinados por la interacción oferta-demanda. Marshall, en sus *Principios de Economía*, aplicó su análisis de equilibrio parcial a determinados mercados e industrias.

En la escuela de Lausana, León Walras profundizó en el análisis del equilibrio estudiando el sistema económico en términos matemáticos. Para Roll (2003) en cada producto existe una función de demanda que muestra las cantidades de productos que reclaman los consumidores en función de los distintos precios de ese bien, de los demás bienes, de los ingresos de los consumidores y de sus gustos. Cada producto tiene una función de oferta que muestra la cantidad de productos que los fabricantes están

¹⁵ Hermann H. Gossen, es el antecesor de la escuela marginalista. El análisis que hace Gossen de las leyes de la conducta humana se caracterizan por: 1) el utilitarismo decidido, 2) el punto de vista del consumo y 3) el método matemático. Gossen formula leyes del goce humano; dos de las cuales son: 1) formula el principio de la utilidad decreciente “la cantidad de uno y el mismo goce disminuye constantemente a medida que experimentamos dicho goce sin interrupción hasta la saciedad”, y 2) plantea la maximización de los goces “para obtener la cantidad máxima de goce, un individuo puede elegir entre muchos pero no disponer de tiempo suficiente para utilizarlos plenamente, está obligado a procurárselos todos parcialmente, aun antes de que haya terminado el más grande de ellos. La relación entre ellos tiene que ser tal que, en el momento en que son discontinuados, las cantidades de todos los goces son iguales” (Roll, 2003: 341-342),

dispuestos a ofrecer en función de los costos de producción, de los precios de los servicios productivos y del nivel de conocimientos tecnológicos. En el mercado existirá un punto de equilibrio para cada producto.

Al marginalismo le interesaba conocer las condiciones que determinan la asignación eficiente de recursos en distintas actividades, con el fin de lograr la maximización de la utilidad o satisfacción de los consumidores. Su aportación principal fue sustituir la teoría del valor trabajo por la teoría del valor basado en la utilidad marginal.

Posteriormente, las tres escuelas se fusionaron y crearon una corriente principal: la teoría neoclásica.

Martínez y Roca (2003) presentan a la teoría neoclásica como un sistema cerrado¹⁶ que no interactúa con la naturaleza (proveedora de recursos y receptora de residuos), además, afirman que es fundamentalmente *crematística*¹⁷ y tiene una concepción metafísica de la realidad económica que funciona como un *perpetuum mobile* lubricado por el dinero.

Uno de los señalamientos que se le hace a la teoría neoclásica¹⁸ es la omisión sobre la dimensión ambiental y la sostenibilidad del desarrollo. Como dice Daly (*apud*, Moncayo, 2002), la economía neoclásica se construyó sobre el supuesto de que la economía está lejos de dos límites (biofísico y ético social), que es siempre biofísicamente posible y ético socialmente deseable.

Para Saldívar (1998) la teoría neoclásica ofrece diversas herramientas analíticas para estudiar la economía y el medio ambiente, e identifica: 1) la teoría de las externalidades, 2) la teoría de la existencia, 3) el óptimo de Pareto, y 4) el análisis costo-beneficio.

¹⁶ En un sistema cerrado cierta magnitud debe aumentar hasta el máximo, y el proceso acabará por detenerse en un estado de equilibrio que fue determinado por las condiciones iniciales (Bertalanffy, 1998: 39-40).

¹⁷ La crematística estudia la formación de los precios en los mercados (Martínez y Schlüpmann, 1993: 11).

¹⁸ Moncayo (2002) señala tres aspectos a los cuales el modelo de crecimiento económico neoclásico no da la importancia debida: 1) al aspecto espacial y geográfico, 2) la omisión sobre la dimensión ambiental y la sostenibilidad del desarrollo, y 3) el cambio tecnológico.

Para Gamarra (2002) el sistema economía-ecología es una entidad muy compleja, caótica, multidimensional e indeterminada. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado teorías alternativas que buscan internalizar la temática ambiental, siendo la más destacada la denominada economía ecológica.

Martínez y Roca (2003) señalan que la economía ecológica ve al planeta Tierra como un sistema abierto¹⁹ que necesita energía y materiales. Su objeto de estudio es la sustentabilidad ecológica de la economía, abarca a la economía neoclásica y la trasciende al incluir la evaluación de los impactos ambientales de la economía humana.

La conexión económico-ecología se plasma en la Declaración de Dublín sobre Agua y Desarrollo Sustentable (1992). El Principio 4 señala que: *el agua tiene un valor económico en todos sus usos [], y debería reconocérsele como un bien económico. Es esencial reconocer el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso a agua pura y al saneamiento por un precio asequible. La ignorancia en el pasado [], ha conducido al derroche y a la utilización de este recurso con efectos perjudiciales para el ambiente. La gestión del agua [], es importante [], para favorecer la conservación y protección de los recursos hídricos (apud, Méndez, 2005: 423).*

Si bien es cierto que la teoría económica neoclásica no fue desarrollada para tratar temas ambientales, y que no es la mejor opción para incorporar esta dimensión, vía economía ambiental, sin embargo, sigue siendo por ahora, como dice Soderbaum (apud, CEPAL, 1994), la opción más utilizada por su dominio en todas las decisiones, tal es la proposición de la teoría neoclásica de crecimiento que, según Gundlach (2001), es el camino para salir de la trampa de la pobreza.

Economía neoclásica y la física.

Mirowski (1997) señala que entre 1870 y 1880 diversos individuos europeos proponían matematizar la economía mediante un modelo básico tomado de la física, cambiando los nombres de las variables relevantes: la energía potencial por el de “utilidad”; la energía

¹⁹ Un sistema es abierto cuando intercambia materia con el medio circundante que exhibe importación y exportación, constitución y degradación de sus componentes (Bertalanffy, 1998: 146).

cinética (posteriormente conocida como la “ley de un solo precio”) por el de “presupuesto”; el espacio se transformó en “espacio de mercancías”; las fuerzas se transformaron en “precios”; comenzaron con un campo vectorial irracional conservador:

$$\int F ds = 0$$

Al cual se le asociaba un campo potencial escalar U :

$$F = \text{grad } U = \left(\frac{\partial U}{\partial x}, \frac{\partial U}{\partial y}, \frac{\partial U}{\partial z} \right)$$

Donde $\text{grad } U$ es el gradiente de la función de utilidad total. El vector de las derivadas parciales (∂) de U con respecto a cada uno de sus argumentos (x, y, z). Según las condiciones de primer orden, por ejemplo en x , $\partial U / \partial x = 0$, (utilidad marginal del argumento x), señala el “cambio en la utilidad total U por un cambio unitario en la cantidad de un artículo (x) consumido por unidad de tiempo”.

La ecuación anterior fue la primera inspiración de la teoría neoclásica que establece: los precios son proporcionales a las utilidades marginales en equilibrio; y que permiten intercambios de cualquier mercancía (x, y, z) a precios diferentes por una misma mercancía, idea que los primeros neoclásicos no conciliaban con sus nociones de competencia; de aquí que propusieran que cada unidad de cualquier mercancía debe intercambiarse por un precio idéntico en equilibrio:

$$\sum F_x dx + F_y dy + F_z dz + \dots$$

La ecuación anterior es la restricción presupuestal, la cual muestra las diversas combinaciones (Σ) de artículos (F_x, F_y, F_z) que un consumidor puede comprar, sujeto a un ingreso monetario dado y a los precios de los diversos artículos.

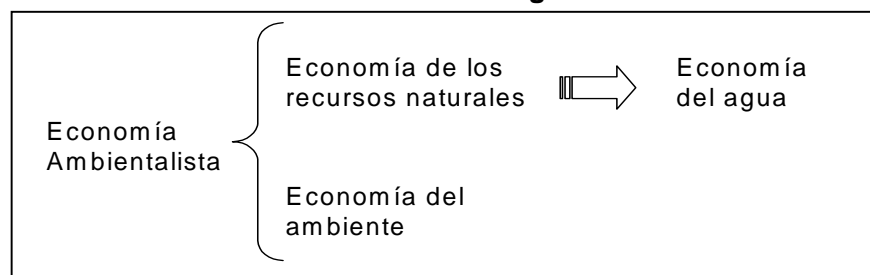
Con los neoclásicos la teoría de la utilidad se redujo a un sistema matemático, que podía aplicarse al análisis del comportamiento del consumidor para estudiar diversos escenarios en función de los cambios en los ingresos o en los precios.

La economía del agua.

El surgimiento del estudio de la economía del agua parte de la evolución de la posición teórica de diferentes corrientes del pensamiento económico que tratan de internalizar el tema ambiental en la relación economía-ecología orientada al desarrollo sustentable.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 1994) señala que la evolución de las teorías económicas tienden a lo que se llama la economía ambientalista y la subdivide en: 1) economía de los recursos naturales y 2) economía del ambiente; ambas aplican conceptos de la teoría neoclásica e incorporan cuestiones ambientales.

Ilustración 2
Economía del agua



Fuente: elaboración propia.

La economía de los recursos naturales se define como: *el estudio de cómo la sociedad asigna recursos naturales escasos (reservas pesqueras, plantaciones de árboles, agua dulce, etc.).* En la economía del ambiente su objeto de estudio es la forma en que son dispuestos los residuos y la calidad resultante del agua, aire y suelo como receptores de residuos y del estudio de la conservación de los ambientes naturales y la biodiversidad.

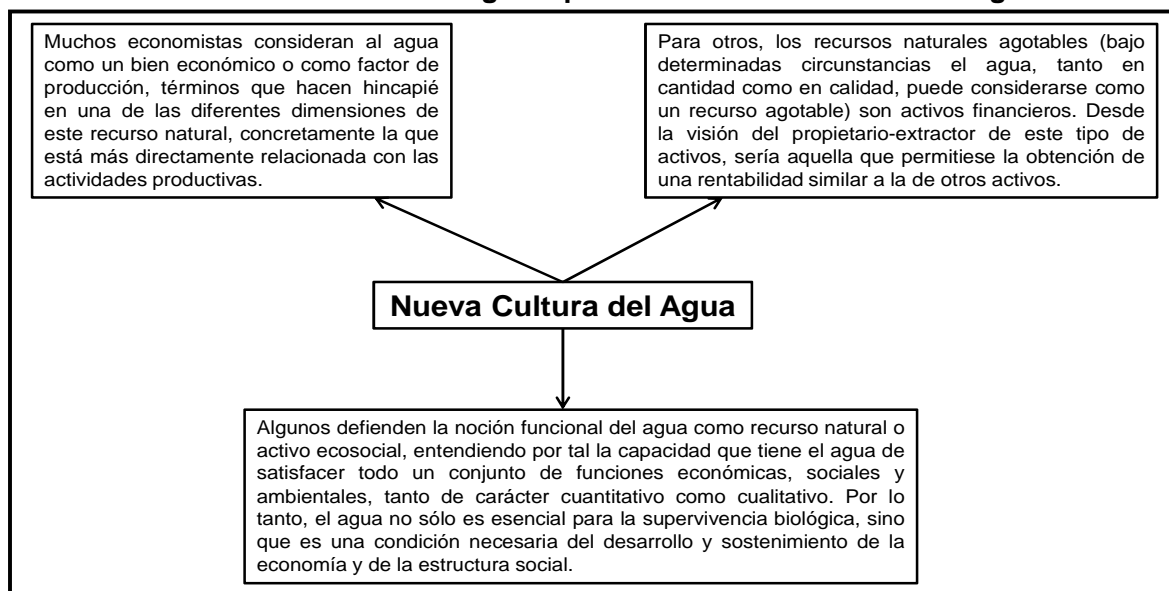
La economía del agua se está convirtiendo en un sistema complejo que puede provocar serios conflictos. Para Martínez y Roca (2003) en la economía del agua se analiza:

1. Cómo gestionar la oferta, que escapa a los mecanismos de mercado por la inclusión de los instrumentos de gestión del agua en la cuenca hidrológica.
2. Cómo gestionar la demanda, que es el enfoque preferido por la inclusión de nuevas instituciones y precios.

A la gestión de la oferta se le conoce como la economía expansionista del agua, la cual consiste en la construcción de obras hidráulicas para fines diferentes. Dos son los rasgos fundamentales de la oferta: 1) la desigual distribución del recurso hídrico en función de las diferencias entre regiones y las recurrentes sequías y 2) los eventos hidrometeorológicos extraordinarios (inundaciones).

Actualmente se prefiere el enfoque de cómo gestionar la demanda, conocida como la Nueva Cultura del Agua (NCA). La NCA surge de la identificación e integración de las diferentes funcionalidades del agua.

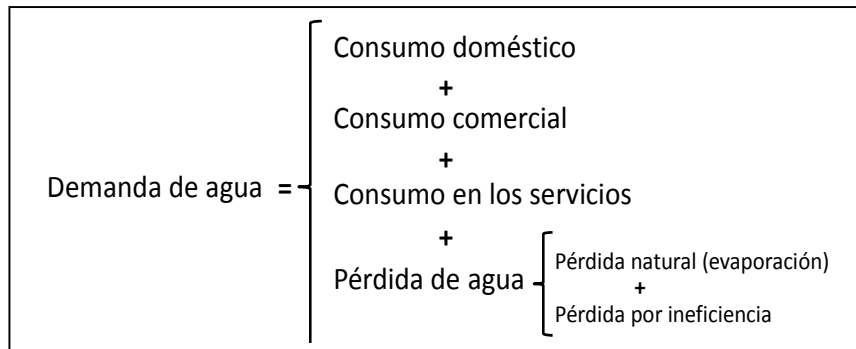
Ilustración 3 Funcionalidades del agua a partir de la Nueva Cultura del Agua



Fuente: elaboración propia a partir de Aguilera (s/e).

La demanda de agua se divide en corto (fase de transición) y largo plazo (fase madura). En el corto plazo la demanda de agua es para el desarrollo humano (gestión de la demanda de agua) y el largo plazo se refiere a la protección y conservación de los hábitats y la biodiversidad (gestión integral de los recursos hidráulicos); además, responde a distintas finalidades productivas y de consumo; y depende de diversos factores que influyen sobre las decisiones de los demandantes.

Ilustración 4 Componentes de la demanda de agua



Fuente: elaboración propia.

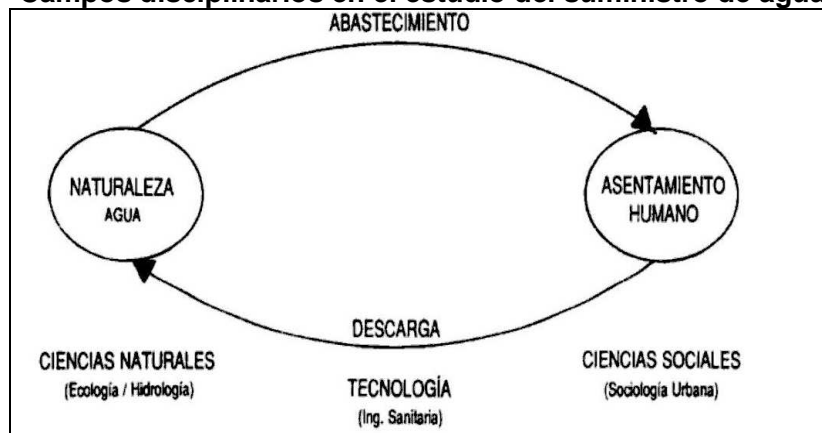
La gestión de la demanda de agua se incluye dentro del concepto global de la gestión integral de los recursos hidráulicos que extiende su campo hacia las raíces técnicas y socioculturales de la generación de la demanda (corto plazo), como hacia la protección de los ecosistemas acuáticos naturales que proporcionan el suministro (largo plazo).

Sistemas complejos y gestión de la demanda de agua.

Para Cordera (2007) la fundación de la economía política como la concibió Adam Smith, la vida económica estaba entrelazada con la vida política y la intelectual. Según Fischer *et. al* (1996), la economía se llamaba economía política porque los economistas analizaban los efectos de las medidas gubernamentales reales y propuestas. Además, señala que el pensamiento económico se vinculaba con la reflexión política y religiosa; y que la interdisciplina era vista como un ejercicio integral de conocimiento de lo social, y que todavía faltaban muchos años para que se desprendiera la economía del resto del pensamiento político y moral para dar lugar a la ciencia económica tal como lo imaginaron y desarrollaron los economistas neoclásicos.

En la visión disciplinaria existen los topes intelectuales. Cada disciplina o paradigma teórico impone sus propios límites de razón y conocimiento, y fuera de esos horizontes de visión es imposible discutir y reflexionar. Las distintas disciplinas se muestran aisladas y excluyentes una con otra. Con esta forma de pensar y analizar los fenómenos, es imposible llegar a consensos claros y definidos.

Figura 1
Campos disciplinarios en el estudio del suministro de agua



Fuente: Ávila García (1996).

En la visión multidisciplinaria las ciencias y disciplinas se extienden, vinculan y empiezan a llenar vacíos donde el tope intelectual tenía huecos. De esta forma se comienza un mayor consenso con conocimiento y empiezan a interactuar unas disciplinas con otras.

En el mismo sentido, Wong-González (2004) propone la noción de desarrollo regional sustentable para abordar de manera integral la problemática del agua, aunque debe ser integrada. El estudio del agua desde la visión del desarrollo regional sustentable se realiza con la finalidad de conocer sus propiedades (económicas, sociales y ambientales) y optimizar su gestión y uso. El conocimiento de los recursos naturales y el dominio del medio ambiente tienen incidencia no sólo sobre la sustentabilidad ambiental y la calidad de vida de la población, sino también sobre los niveles de competitividad regional.

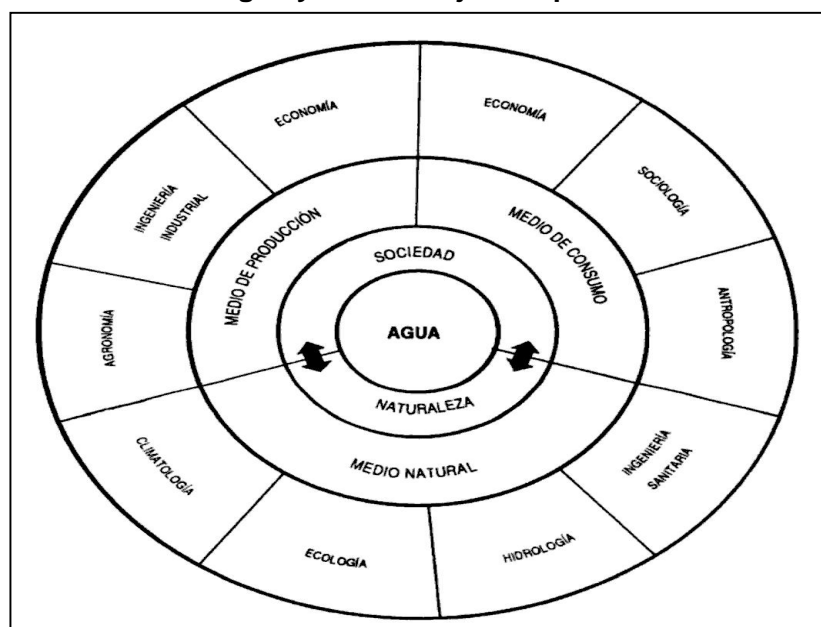
Figura 2
Perspectiva socioambiental del agua



Fuente: Ávila García (1996).

Saldívar (2007) plantea el enfoque transdisciplinario que permita abordar los problemas ambientales desde enfoques y puntos de vista distintos a los tradicionales para llegar a un análisis y solución óptimos. Al adoptar un enfoque transdisciplinario, el problema se considera como un todo, las ciencias y disciplinas se mezclan para analizar el asunto en cuestión de manera amplia, siendo su interacción básica para la solución del mismo, son incluyentes y abiertas. Bajo este enfoque holístico se abre una diversidad de posibilidades para el conocimiento.

Figura 3
El agua y su abordaje disciplinario



Fuente: Ávila García (1996).

Además, señala que tanto la interdisciplina como la transdisciplina exigen incorporar múltiples visiones sobre problemas concretos. Ello permite el pluralismo teórico, justo sin eliminar o reprimir la especialización, el rigor o el método, donde la economía y por ende su racionalidad se engloba y arroja en un sistema superior: la ecosfera²⁰.

De lo expresado se desprende que la multidisciplinaria, la interdisciplina y la transdisciplina son en realidad esfuerzos indagatorios que se complementan.

²⁰ La ecosfera se refiere a la biosfera, junto con todos los factores ecológicos que operan sobre los organismos (<http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=734>).

El problema metodológico aparece cuando se pretende estudiar la gestión del agua, es el cómo identificar una realidad compleja, en la que existen un sinnúmero de articulaciones que traspasan las fronteras disciplinarias. Ávila García (1996) propone la teoría de los sistemas complejos²¹ de Rolando García, lo anterior a partir del surgimiento de diversas cuestiones de como estudiar la relaciones sociales productivas con el agua (de tipo estructural e histórica) y que permite abordar los problemas socioambientales bajo un enfoque global e interdisciplinario, y que incorpora el análisis histórico y cultural dentro del análisis estructural.

El marco epistémico de la gestión de la demanda de agua.

El eje central del documento es presentar un programa de gestión de la demanda de agua; reconociendo que el recurso hídrico es un factor clave para el crecimiento económico mediante una buena gestión.

La Asociación Mundial para el Agua [*Global Water Partnership (GWP)*] define la gestión del agua como un proceso que promueve el aprovechamiento coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

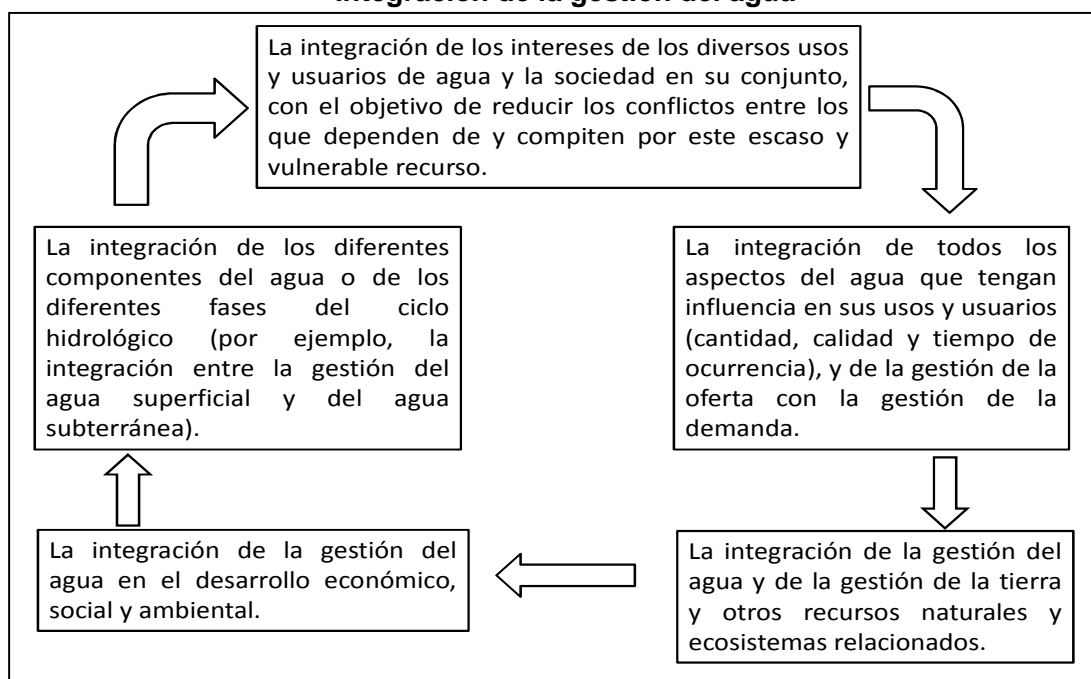
Un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) dice que la gestión integrada del agua implica tomar decisiones y manejar los recursos hídricos para varios usos de forma tal que consideren las necesidades y deseos de diferentes usuarios. Según el estudio, la gestión integrada del agua comprende el agua superficial y subterránea en un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades y requerimientos de la sociedad en materia de agua.

A partir de lo anterior, surgen varios aspectos que se deben de considerar en la problemática de la gestión del agua y que a continuación se enuncian: biofísico, cultural, social, político, económico, tecnológico y ambiental.

²¹ Un sistema complejo es un sistema para el que es difícil, si no imposible, limitar su descripción a un número limitado de parámetros o variables que lo caracterizan, sin perder sus propiedades funcionales, y según la definición de sistemas, está compuesto por varias partes interconectadas cuyos vínculos contienen información adicional y comunicación entre ellas que puede estar oculta al observador (Pavard y Dugdale, 2000).

Un programa de gestión de la demanda de agua es una iniciativa que persigue las actividades coordinadas de un amplio conjunto de actuaciones orientadas a reducir el consumo de agua y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos disponibles.

Ilustración 5
Integración de la gestión del agua



Fuente: elaboración propia a partir de Dourojeanni, Jouravlev y Chávez (2002).

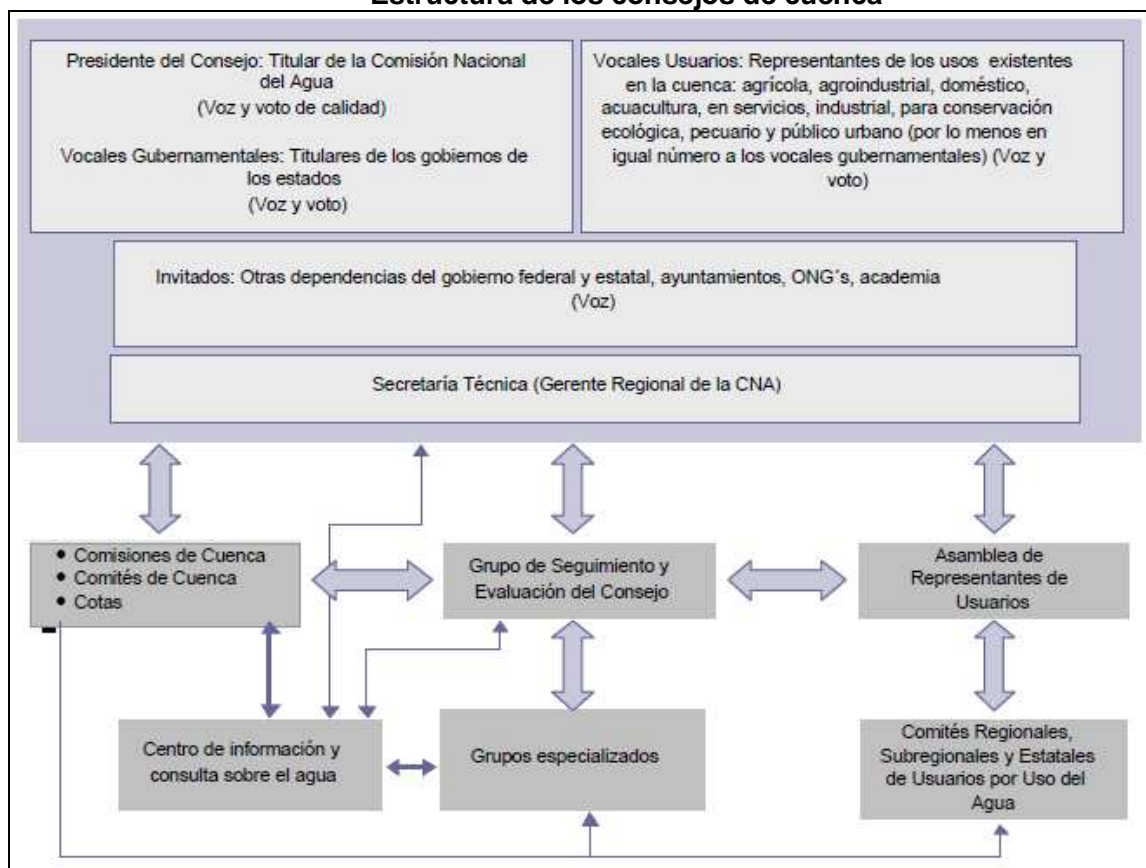
Uno de los instrumentos dentro de la gestión del agua en México son los mecanismos de participación ciudadana con finalidades precisas y escalas diferentes.

Cuadro 1
Mecanismos de participación ciudadana

Mecanismo de participación	Escala
Consejos de cuenca	Cuenca hidrológica
Comisiones de cuenca	Subcuenca
Comité de cuenca	Microcuenca
Comités técnicos de aguas subterráneas	Acuíferos
Comités de playas limpias	Zonas costeras
Consejo consultivo del agua	Organismo operador de agua

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 6
Estructura de los consejos de cuenca



Fuente: Diario Oficial de la Federación, Miércoles 13 de febrero de 2002, (Tercera Sección), p. 13

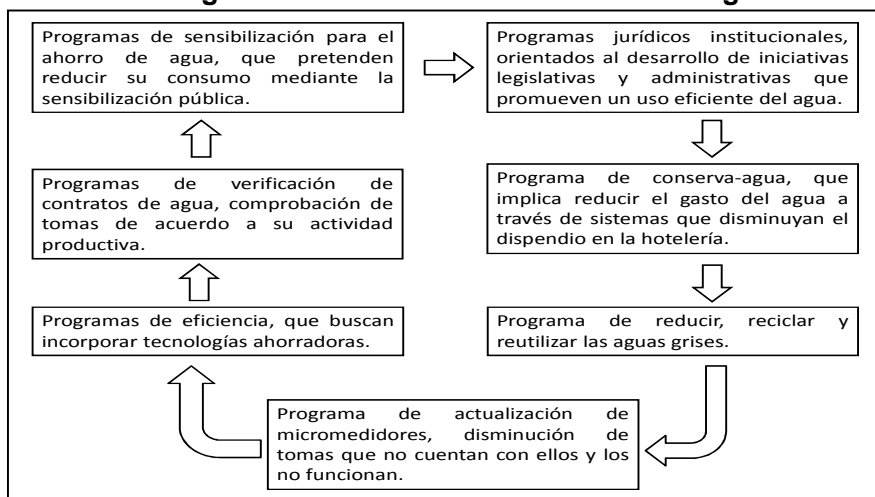
El problema empírico: Programa de Gestión de la Demanda de Agua.

Un Programa de Gestión de la Demanda de Agua (PGDA) debe ser un ejercicio de planificación social para la gestión hidrológica, donde el objetivo general debe tender al aseguramiento del abastecimiento de agua a corto, mediano y largo plazo, enmarcado en la optimización de la utilización final del recurso hídrico mediante actuaciones muy diversas y a diferentes escalas.

Un PGDA se puede realizar para cualquier ámbito sectorial de demanda de agua, ya sea: agraria, urbana, industrial o de servicios, y a escalas territoriales diversas. Para asegurar la viabilidad del PGDA es importante que exista un organismo responsable de la gestión del suministro del área cubierta por el plan, y que, o bien sea este mismo organismo el que redacte su propio plan o asuma los objetivos y programas de actuación, en el caso de que el plan sea redactado por una instancia superior.

Un PGDA que debe ir encaminado a: *mejorar la eficiencia en el uso del agua, fomentar la sensibilización y promocionar la utilización de sistemas ahorradores.*

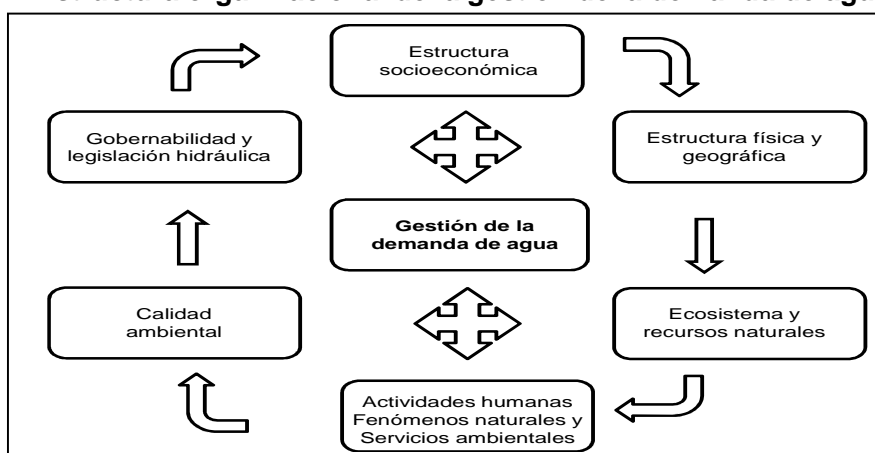
Ilustración 7
Programa de Gestión de la Demanda de Agua



Fuente: elaboración propia.

Los programas que derivan de este plan tratan de satisfacer la demanda del recurso hídrico mejorando la eficiencia para reducir el consumo. También promueven la utilización de agua de menor calidad para otros usos distintos del consumo humano, y la reutilización del agua gris. El otro puntal de este proyecto es el aumento de la sensibilización sobre el ahorro del agua, para reducir la demanda.

Ilustración 8
Estructura organizacional de la gestión de la demanda de agua



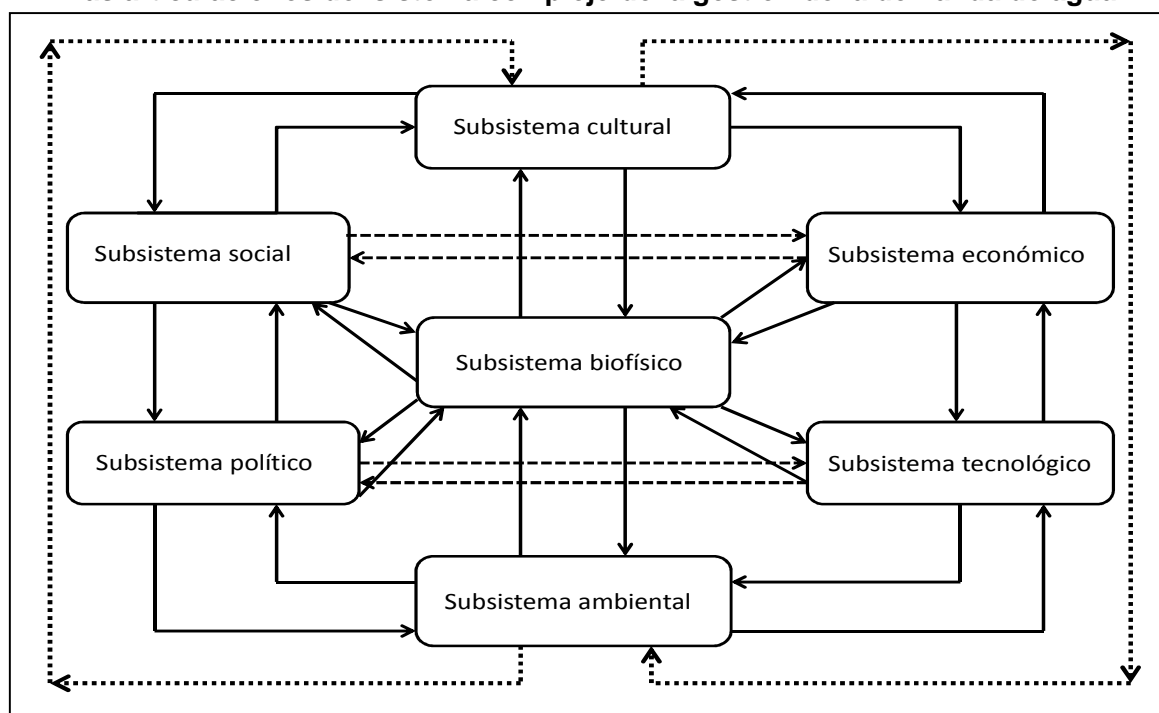
Fuente: elaboración propia a partir de Padrón y Cantú (2009).

La construcción del sistema complejo sobre la gestión de la demanda de agua.

Una vez definido el problema empírico sobre la gestión de la demanda de agua y de la identificación de los aspectos a considerar en el sistema complejo (biofísico, cultural, social, político, económico, tecnológico y ambiental), con el objeto de mejorar la eficiencia en el uso del agua, fomentar la sensibilización y promocionar la utilización de sistemas ahorradores, se debe integrar el sistema complejo.

El sistema complejo sobre la gestión de la demanda de agua se integró por siete subsistemas: 1) el subsistema biofísico (B), 2) el subsistema cultural (C), 3) el subsistema social (S), 4) el subsistema político (P), 5) el subsistema económico (E), 6) el subsistema tecnológico (T) y 7) el subsistema ambiental (A).

Ilustración 9
Las articulaciones del sistema complejo de la gestión de la demanda de agua



Simbología: las flechas completas son relaciones interna y las flechas entrecortadas son relaciones de contorno.
Fuente: elaboración propia a partir de Ávila García (1996).

Las relaciones internas entre los subsistemas (elementos del sistema), así como las condiciones de contorno (relacion con otros sistemas) trataron de ser lo más significativas posible para la problemática de la gestión de la demanda de agua.

Algunas de las condiciones de contorno son:

1. Subsistema político: movilizaciones políticas y planeación hidráulica (local, municipal, regional y/o estatal).
2. Subsistema cultural: diversidad cultural y cambios en la percepción sobre la naturaleza.
3. Subsistema social: pobreza y diferenciación social de la población.
4. Subsistema biofísico: deterioro de las zonas de recarga y variaciones climáticas.
5. Subsistema tecnológico: tecnologías ahorradoras de agua.
6. Subsistema económico: identificación de procesos productivos consumidores de agua.
7. Subsistema ambiental: cambios en los usos del suelo y periurbanización.

El estudio de la dinámica del sistema complejo de la gestión de la demanda de agua permitió comparar el problema del agua sobre su administración y control en dos momentos: 1) la escasez relativa que se asocia a los procesos biofísicos y 2) demográficos (incremento de la demanda), aunado a lo anterior, se identificaron las redes ligadas a los procesos políticos, sociales, culturales, económicos, ambientales y culturales.

Es decir, se pasó de una situación inestructurada donde los mecanismos de control de la demanda (precio, instituciones de participación ciudadana) deben de jugar un papel preponderante en la gestión de la demanda de agua.

A manera de conclusión.

A partir del desarrollo de la temática en estudio se pueden identificar diez características de los sistemas complejos aplicados a la gestión de la demanda de agua:

1. Poseen un buen número de elementos (subsistemas) para poder predecir su comportamiento, los mecanismos analíticos creados son insuficientes para explicar (en el largo plazo), el comportamiento del modelo creado.
2. Los elementos (subsistemas) interactúan en forma dinámica. Las interacciones no son necesariamente físicas, sino también son para el intercambio de información entre los elementos (subsistemas).

3. Las interacciones no son entre elementos (subsistemas). Las interacciones se dan entre diferentes tipos de usuarios (jugadores), y son influenciados por otros usuarios; donde cada elemento (subsistema) se ve influenciado por otros.
4. Las interacciones que existen no son lineales entre los elementos (subsistemas). La duplicación de los estímulos recibidos por los diversos subsistemas no necesariamente duplica la respuesta, pues pequeñas modificaciones en un subsistema pueden ocasionar grandes cambios en el sistema.
5. Las interacciones son de corto alcance y entre subsistemas, por lo tanto, la información que se recibe es inmediata para los grandes consumidores (usuarios). Esto no significa que exista una apropiación de la información.
6. Las interacciones entre los elementos (subsistemas) se retroalimentan, además, reciben estímulos internos (pueden ser directos o indirectos), debido a los ajustes que existen al interior de los elementos (subsistemas) que forman el sistema.
7. El sistema complejo de la gestión de la demanda de agua es abierto, esto porque interactúa con su entorno (se desenvuelven en un marco regulatorio, institucional y/o de competencia).
8. Los subsistemas que conforman al sistema complejo de la gestión de la demanda de agua opera en condiciones lejanas al equilibrio. Si están en estado estable, es una estabilidad dinámica, y pueden cambiar rápidamente (convergen). Por ello, existe un constante movimiento para mantener la organización y supervivencia del sistema. El equilibrio total en un sistema complejo, en el largo plazo, no existe.
9. El sistema complejo de la gestión de la demanda de agua evoluciona en el tiempo, y por ende empieza a generar su historia, y esta historia influye en su conducta presente. Cualquier análisis sistémico que ignore la variable temporal es por lo tanto incompleto.
10. Cada elemento (subsistema) del sistema complejo de gestión de la demanda de agua es ignorante de la conducta del sistema como un todo, y responde primeramente a los estímulos de su entorno cercano. Si cada elemento (subsistema) tuviera toda la información del sistema, eso significaría que toda la complejidad del sistema estaría condensada en cada una de las partes del mismo y tendería a una fragmentación del sistema.

Bibliografía.

- Aguilera Klink, Federico, (s/e). Hacia una nueva economía del agua: cuestiones fundamentales.
grupo.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaraponenaguilerak.pdf
- Ávila García, Patricia, (1996). Escasez de agua en una región indígena de Michoacán: el caso de la Meseta Purépecha. El Colegio de Michoacán. México.
- Bertalanffy, Ludwing Von, (1998). Teoría general de los sistemas, trad. Juan Almela. Editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (1994). Economía y Ecología: dos ciencias y una responsabilidad frente a la naturaleza. ONU/CEPAL. Chile.
- Comisión Nacional del Agua, (2010). Estadísticas del agua en México. Pdf
- Comisión Nacional del Agua, (2010). Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Pdf
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (1997). Anaya editores.
- Cordera Campos, Rolando, (2007). "Interdisciplina, economía política y sociedad: el caso de la economía del desarrollo". En Julio Muñoz Rubio (coordinador), La interdisciplina y las grandes teorías del mundo moderno. Centro de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias y Humanidades/UNAM. México, p. 183-199
- Diario Oficial de la Federación, Miércoles 13 de febrero de 2002.
- Dourojeanni, Axel, Andrei Jouravlev y Guillermo Chávez, (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. ONU/CEPAL/ECLAC. Santiago de Chile.
- Fischer, Stanley, et. al., (1996). Economía, trad. Luis Toharía y Esther Rabasco. Editorial McGraw-Hill, México.
- Gamarra G., Armando, (2002). "Fundamentalismo económico y destrucción de la naturaleza", en Comercio Exterior, vol. 52, núm. 3, marzo, México, p. 233-244
- García, Rolando, (s/e). Interdisciplinaria y sistemas complejos.
www.ambiente.gov.ar/infoteca/ea/descargas/garcia01.pdf
- García, Rolando, (s/e). Génesis de la teoría de sistemas complejos, material fotocopiado.
- Gundlach, Erich, (2001). "El capital humano como motor del desarrollo (un nuevo enfoque de la teoría neoclásica del crecimiento)", trad. Amparo Alcocer. En Reinold

E. Thiel (editor), Teoría del desarrollo (nuevos enfoques y problema), editorial Nueva Sociedad, Venezuela, p. 83-100

- Herrerías, Armando, (1985). Fundamentos para la historia del pensamiento económico, editorial LIMUSA, México.
- Hicks, J.R., (1974). Revisión de la teoría de la demanda, editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Intriligator, Michael, (1990). Modelos econométrico, técnicas y aplicaciones, trad. Rafael Núñez Z. Editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Keynes, John Maynard, (1984). Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero, trad. Eduardo Hornedo. Editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Koutsoyiannis, A., (1985). Microeconomía moderna. Amorrortu editores, Buenos Aires.
- Kreps, David M., (1995). Curso de teoría microeconómica, trad. Eduard Berenguer. Editorial McGraw-Hill, España.
- La complejidad y el diálogo transdisciplinario de saberes.
bibliotecavirtual.clacso.org.ar/libros/campus/.../Capitulo%20IV.pdf
- Marshall, Alfredo, (1931). Principios de economía: Introducción al estudio de esta ciencia, trad. Evenor Hazera. Editorial El Consultor Bibliográfico, España.
- Martínez Alier, Joan y Jordi Roca Jusment, (2003). Economía ecológica y política ambiental, editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Martínez Alier, Joan y Klaus Sclüpmann, (1993). La ecología y la economía, editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Méndez Mungaray, Elizabeth, (2005). “El valor del agua: un bien ecológico, económico y social. El caso de Baja California”, en Rosalío Wences Reza, et. al. (coordinadores), Problemática territorial y ambiental en el desarrollo regional (colección: La región hoy), AMECIDER/UAG/UCDR-UAGRO, México, p. 420-437
- Mirowski, Philip, (1997). “¿Sufren los economistas de envidia a la física?”, trad. Juan Cristián Gutiérrez. En Economía Informa, Facultad de Economía/UNAM, núm. 263, diciembre 1997-enero 1998, México, p. 21-28
- Moncayo Jiménez, Edgard, (2002), Nuevos enfoques teóricos: evolución de las políticas regionales e impacto territorial de la globalización. Documento de trabajo del

Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, ILPES/CEPAL/Naciones Unidas, Serie Gestión pública N. 27, Santiago de Chile.

- Montesillo Cedillo, José Luis, (2002). El suministro de agua potable en México: una alternativa para financiarlo y optimizar el uso del recurso. Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM, México.
- Olmedo Fernández, Elena, Juan Manuel Valderas y Ruth Mateos de Cabo, (s/e). La economía en el marco de la ciencia compleja
www.encuentros-multidisciplinares.org/.../Elena%20Olmedo%20-...
- Oswald Spring, Úrsula, (1999). Fuenteovejuna o caos ecológico, Universidad Nacional Autónoma de México/Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Cuernavaca.
- Padrón Cruz, Ana Cecilia y Pedro César cantú Martínez, (s/e). El recurso agua en el entorno de las ciudades sustentables.
www2.uacj.mx/IIT/.../5%20Art_Sustentabilidad%20Rev_31.pdf
- Pasinetti, Luigi, (2007). Crítica de la teoría neoclásica, del crecimiento y la distribución, Trad. Yésica Bianco y Gustavo A. Murgai. Versión electrónica. Pdf
- Rodríguez Wallenius, Carlos A., (2006). Agua, municipio sustentabilidad (el debate entre los derechos humanos y la privatización de los servicios de agua potable), Centro de Servicios Municipales “Heriberto Jara” A.C./Fundación Rosa Luxemburgo, México.
- Roll, Eric, (2003). Historia de las doctrinas económicas, trad. Florentino M. Torner y Odet Chávez Ferreiro. Editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- Saldívar V., Américo, (2007). Las aguas de la ira: economía y cultura del agua en México ¿sustentabilidad o gratuidad? Facultad de Economía/UNAM.
- Saldívar V., Américo y Alfonso Vargas López, (1998). “Teoría neoclásica: el precio de los bienes ambientales”. En Américo Saldívar (coordinador), De la economía ambiental al desarrollo sustentable, Programa Universitarios de Medio Ambiente/Facultad de Economía, México, p. 63-87
- Salvatore, Dominick, (1994). Microeconomía, trad. Julio Coro Pando. Editorial McGraw-Hill, México.

- Vargas Velásquez, Sergio, (2006). Después del IV Foro Mundial del Agua: Transición Institucional y las Alternativas de Política del Agua. 11° Encuentro Nacional sobre desarrollo regional en México. Versión electrónica. Pdf
- Waissbluthi, Mario, (2008). Sistemas complejos y gestión pública.
www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/99%20ceges%20MW.pdf
- Wong González, Pablo, (2004). “Agua y desarrollo regional sustentable: una aproximación metodológica”, en Marco Antonio Jacobo Villa y Elsa Saborio Fernández (coordinadores), La gestión del agua en México (los retos para el desarrollo sustentable), Universidad Autónoma Metropolitana/Porrúa, México, p. 283-299
- Zurek, Eduardo, José Gabriel Ramírez y Shirley Arango, (2009). Sistemas complejos: sistemas urbanos. Encuentro ambiental ciudades sostenibles.
- (<http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=734>).
- (Pavard y Dugdale, 2000).
www.uninorte.edu.co/.../File/2Presentacion_Zurek_Shirley_Jose.pdf
- www.presidencia.gob (09/04/2010).