

**GENERACIÓN DE ESCENARIOS INTERACTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL  
RECURSO HÍDRICO EN UNA CUENCA**

**CLAUDIA JULIANA LUCENA LIZARAZO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2005**

**GENERACIÓN DE ESCENARIOS INTERACTIVOS PARA LA CONCESIÓN DEL  
RECURSO HÍDRICO EN UNA CUENCA**

**CLAUDIA JULIANA LUCENA LIZARAZO**

**Proyecto de investigación para optar al título de Magíster en Informática**

**Director  
Hernán Porras Díaz  
Ingeniero Civil, M.Sc., Ph. D.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
MAESTRÍA EN INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2005**

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. NOCIONES GENERALES.....</b>	<b>16</b>
1.1 TOMA DE DECISIONES.....	16
1.1.1 Etapas del proceso.....	18
1.1.1.1 Etapa de razonamiento.....	18
1.1.1.2 Etapa de modelos.....	20
1.1.1.3 Etapa de preferencias.....	20
1.1.1.4 Etapa de ejecución.....	22
1.1.2 Tipología de decisiones.....	22
1.1.3 Desaciertos.....	24
1.1.4 El tomador.....	25
1.1.4.1 Individual.....	26
1.1.4.2 Múltiple.....	26
1.2 SISTEMAS DE SOPORTE DE DECISIONES.....	28
1.2.1 Exposición de la idea.....	28
1.2.2 El concepto.....	29
1.2.3 Génesis y transformación histórica.....	32
1.2.3.1 Orígenes.....	33
1.2.3.2 Los conquistadores.....	33
1.2.3.3 La catequización.....	35
1.2.3.4 La expansión de creencias.....	37
1.2.3.5 Trueque tecnológico.....	38
1.2.4 ¿Cómo están organizados?.....	39
1.2.4.1 Ingredientes.....	40
1.2.4.2 Taxonomías – Clasificación de los DSS.....	43
1.2.5 Rasgos distintivos.....	51
1.2.6 Lo positivo y lo negativo.....	53
1.2.6.1 Lo positivo.....	53
1.2.6.2 Lo negativo.....	54
1.2.7 La futura especie.....	54
1.3 ESTADO DEL FUTURO.....	56
1.3.1 Origen y evolución de los estudios del futuro.....	57
1.3.1.1 Lo que se consideró.....	57

1.3.1.2	La conversión .....	58
1.3.1.3	Un pronóstico del futuro .....	59
1.3.2	El papel de los escenarios .....	60
<b>2.</b>	<b>OBJETO DE CONOCIMIENTO .....</b>	<b>63</b>
2.1	AGUA: FUENTE DE VIDA .....	63
2.2	JURICIDAD DEL RECURSO HÍDRICO .....	65
2.2.1	A nivel mundial .....	65
2.2.2	A nivel nacional .....	69
2.3	CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA .....	72
2.3.1	Usos extractivos o consuntivos .....	73
2.3.1.1	Servicio público domiciliario de acueducto .....	73
2.3.1.2	Agricultura y riego.....	74
2.3.1.3	Industrial .....	75
2.3.2	Usos no extractivos, in situ o no consuntivos .....	76
2.3.2.1	Generación de energía eléctrica y transporte .....	76
2.3.2.2	Recreación, estética y ecología .....	76
2.4	LA CONCESIÓN DEL AGUA .....	77
2.5	EL CICLO NATURAL DEL AGUA .....	79
2.5.1	Definición .....	81
2.5.2	Concepto de sistema.....	82
2.5.3	Importancia .....	83
2.5.4	Componentes .....	83
2.5.4.1	La precipitación .....	84
2.5.4.2	La interceptación .....	84
2.5.4.3	El agua del suelo .....	85
2.5.4.4	La evaporación .....	86
2.5.4.5	La transpiración .....	86
2.5.4.6	La evapotranspiración .....	87
2.5.4.7	La escorrentía.....	87
2.6	LA CUENCA .....	88
2.6.1	Definición .....	88
2.6.2	Componentes .....	89
2.6.2.1	Sistema físico .....	90
2.6.2.2	Sistema biológico .....	91
2.6.2.3	Sistema humano.....	91

<b>3.</b>	<b>CONCEPTUALIZACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>93</b>
3.1	ENTORNO MATERIAL – MUNDO REAL .....	94
3.2	ENTORNO INTERPRETATIVO – MODELO CONCEPTUAL.....	94
3.2.1	Oferta hídrica.....	94
3.2.1.1	Balance hídrico.....	95
3.2.1.2	Caudal mínimo par sostenimiento de los ecosistemas .....	101
3.2.1.3	Restricciones por calidad del agua .....	101
3.2.1.4	Cuantificación .....	102
3.2.2	Demanda hídrica .....	102
3.2.2.1	Elementos.....	102
3.2.2.2	Cuantificación .....	103
3.2.3	Índice de escasez.....	105
3.2.4	Modelo de toma de decisiones.....	107
3.2.5	Modelo interpretativo .....	109
3.3	ENTORNO REPRESENTATIVO – MODELO LÓGICO .....	113
3.3.1	Modelo digital de variables hidrológicas.....	113
3.3.2	Tipo de formato utilizado .....	118
3.3.3	Diseño modular orientado a objetos y componentes .....	119
3.3.4	Modelo Entidad – Relación .....	120
3.4	ENTORNO CONSTRUCTIVO – MODELO FÍSICO .....	121
3.4.1	Diagrama de casos de uso.....	121
3.4.2	Diagrama de clases.....	127
3.4.2.1	Interface Almacenable.....	127
3.4.2.2	Clase DatosAlmacenables .....	127
3.4.2.3	Clase BaseDatosRol: .....	127
3.4.2.4	Clase DialogoConcesionTotal: .....	128
3.4.3	Diagrama de secuencia.....	130
3.4.3.1	Secuencia 1 .....	130
3.4.3.2	Secuencia 2.....	130
3.4.3.3	Secuencia 3.....	131
	<b>APORTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>134</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>135</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>137</b>
	<b>ANEXO 1 FACTOR DE CONSUMO SEGÚN SECTOR ECONÓMICO .....</b>	<b>146</b>

<b>ANEXO 2 COEFICIENTE DE USO DE AGUA DEL CULTIVO <math>K_c</math> .....</b>	<b>150</b>
<b>ANEXO 3 FACTOR DE CONSUMO SEGÚN PRODUCCIÓN ANIMAL .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO 4 MODELO ENTIDAD - RELACIÓN.....</b>	<b>154</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Marco de referencia. ....	30
Tabla 2 Ingredientes de un DSS. ....	43
Tabla 3 Expansión de marco de referencia. ....	49
Tabla 4 Distribución del agua dulce dentro de la biosfera. ....	64
Tabla 5 Clasificación del índice de escasez. ....	105
Tabla 6 Descripción de funciones del módulo Concesiones. ....	122
Tabla 7 Descripción diagrama caso de uso consultar mapas temáticos. ....	124
Tabla 8 Descripción diagrama caso de uso Ingresar datos. ....	125
Tabla 9 Descripción diagrama caso de uso Ingresar datos demandas. ....	126

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modelo del proceso de toma de decisiones. ....	17
Figura 2 Clasificación de los tomadores de decisiones. ....	26
Figura 3 Componentes de un DSS. ....	46
Figura 4 Rasgos distintivos de un DSS.....	53
Figura 5 Relación entre la disponibilidad de agua y la población. ....	80
Figura 6 Ciclo hidrológico del agua. ....	82
Figura 7 Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global.....	83
Figura 8 Esquema general de una cuenca. ....	89
Figura 9 Componentes de una cuenca. ....	90
Figura 10 Conservación de la masa de agua en la columna del sistema suelo – atmósfera.....	97
Figura 11 Oferta hídrica. ....	106
Figura 12 Demanda hídrica.....	106
Figura 13 Balance de agua. ....	107
Figura 14 Diagrama general del módulo Concesiones.....	110
Figura 15 Diagrama caso de uso Consultar mapas temáticos. ....	111
Figura 16 Diagrama caso de uso Ingresar datos.....	112
Figura 17 Diagrama caso de uso Ingresar datos demandas. ....	112
Figura 18 Modelo de contornos.....	115
Figura 19 Modelo de red de triángulos irregulares TIN. ....	115
Figura 20 Modelo de matrices regulares.....	116
Figura 21 Modelo raster quadtrees. ....	117
Figura 22 Archivo ASCII Grid. (Datos y visualización gráfica, respectivamente). ....	119
Figura 23 Diagrama general del módulo Concesiones.....	121
Figura 24 Diagrama caso de uso Consultar mapas temáticos. ....	123
Figura 25 Diagrama caso de uso Ingresar datos.....	124

Figura 26 Diagrama caso de uso Ingresar datos demandas ..... 126

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Factor de consumo según sector económico	141
ANEXO 2. Coeficiente de uso de agua del cultivo $k_c$	145
ANEXO 3. Factor de consumo según producción animal	147
ANEXO 4. Modelo Entidad – Relación	149

## RESUMEN

### TÍTULO

Generación de escenarios interactivos para la concesión del recurso hídrico en una cuenca<sup>1</sup>.

### AUTOR

Claudia Juliana Lucena Lizarazo<sup>2</sup>.

### PALABRAS CLAVES

Toma de decisiones, sistema de soporte de decisiones, cuenca, ciclo hidrológico, balance hídrico, generación de escenarios.

### DESCRIPCIÓN

El agua ha sido siempre un elemento decisivo en el desarrollo de las civilizaciones, al obligar a los hombres a agruparse, originándose un intercambio de ideas que sin duda ha permitido el desarrollo cultural y económico, razón por la cual los asentamientos humanos y el comercio surgieron primordialmente allí, donde el agua era más accesible y abundante. Este importante elemento interviene en la actividad humana a través de sus múltiples usos en todas las etapas del desarrollo socioeconómico de las comunidades. En amplias regiones de la tierra se constituye en un factor crítico, restringiendo severamente las posibilidades de vida del hombre y en otras, no menos importantes, su abundancia, su uso indiscriminado o anormales contingencias climáticas originan irreversibles procesos cuya corrección es altamente costosa y demanda largos periodos de tiempo.

A menudo la calidad de la toma de decisiones para prevenir o solventar este tipo de situaciones se ve influenciada por la disponibilidad de la información, de modo que muchas veces no se toma una decisión acertada por carecer de los datos necesarios, o porque aún contando con ellos, no son útiles por ser demasiado complejos haciendo difícil las labores de exploración e interpretación o porque no se dispone de tiempo suficiente para analizarlos.

El modelo propone la evaluación del recurso hídrico determinado por la oferta natural y las demandas requeridas por los diferentes usos con el propósito de asignar los caudales necesarios para el desarrollo social y económico de las regiones teniendo en cuenta los ecosistemas presentes en la zona y la calidad del agua de la corriente. Así mismo, la oferta natural se estimada usando la metodología del balance hídrico a largo plazo a partir de los datos de precipitación y evapotranspiración real; y las demandas para las diferentes actividades se estima empleando la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El manejo de todo este tipo de información hace necesaria la creación de un sistema que permita manejar el conjunto de variables implicadas, para así determinar la oferta hídrica real y facilitar la gestión y toma de decisiones sobre el recurso hídrico de una cuenca.

---

<sup>1</sup> Tesis de maestría.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Programa de Maestría en Informática. Director Hernán Porras Díaz.

## ABSTRAC

### HEADER

Generation of interactive scenes for the concession of the hydric resource in a river basin<sup>3</sup>

### AUTHOR

Claudia Juliana Lucena Lizarazo<sup>4</sup>

### KEY WORDS

Decision making, system of support of decisions, river basin, hydrologic cycle, hydric balance, generation of scenes

### DESCRIPTION

The water has been always a decisive element in the development of the civilizations, when forcing to the men to group itself, originating an interchange of ideas that without a doubt has allowed the cultural and economic development, reason for which the slumses and the commerce arose fundamentally there, where the water was more accessible and abundant. This important element takes part in the human activity through its multiple uses in all the stages of the socioeconomic development of the communities. In ample Earth regions it is constituted in a critical factor, severely restricting the possibilities of life of the man and in others, not less important, their abundance, its indiscriminate use or abnormal climatic contingencies originate irreversible processes whose correction is highly expensive and demands long periods of time.

Often the quality of the decision making to prevent or to resolve this type of situations is influenced by the availability of the information, so that often a guessed right decision is not taken to lack the necessary data, or because still having them, they are not useful being too complex making the workings difficult of exploration and interpretation or because it is not had time sufficient to analyze them.

Often the quality of the decision making to prevent or to resolve this type of situations is influenced by the availability of the information, so that often a guessed right decision is not taken to lack the necessary data, or because still having them, they are not useful being too complex making the workings difficult of exploration and interpretation or because it is not had time sufficient to analyze them. The model proposes the evaluation of the hydric resource determined by the natural supply and the demands required by the different uses in order to assign to the necessary volumes for the social and economic development of the regions considering the present ecosystems in the zone and the quality of the water of the current. Also, the natural supply considered using the methodology of the hydric balance in the long term from the data of precipitation and real evapotranspiración; and the demands for the different activities are considered using the propose methodology by the Atmosphere

---

<sup>3</sup> Thesis of masters

<sup>4</sup> Faculty of physical-mechanical Engineerings, School of Systems and Computer Science, Program of Masters in Informatics. Director Hernán Porras Diaz.

Ministry, House and Territorial Development. The handling of all this type of information makes the creation necessary of a system that allows to handle the set of implied variables, thus to determine real the hydric supply and to facilitate the management and decision making on the hydric resource of a river basin.

## INTRODUCCIÓN

Es indudable que dentro de la completa y difícil problemática del mundo moderno, la de los recursos naturales y entre ellos la del agua, ocupa un lugar relevante.

El crecimiento demográfico excesivo asociado a demandas crecientes de agua con tasas superiores a las del propio incremento poblacional frente a una oferta natural de agua prácticamente constante, genera como consecuencia la proliferación de situaciones con problemas físicos, técnicos y económicos para satisfacer aquellas solicitudes tanto para las generaciones actuales como para las que se suceden.

La intensificación de los servicios de agua potable y alcantarillado, la incorporación de nuevas áreas de regadío, la creciente industrialización y otros usos esenciales para el desarrollo y bienestar social y económico de las regiones, generan nuevos y mayores requerimientos de agua en términos de calidad, cantidad y oportunidad, difíciles de resolver en muchos casos, dada la extrema variabilidad espacial y temporal del recurso hídrico.

El territorio colombiano se caracteriza por su variada topografía y su régimen climático, lo cual determina en él una de las mayores ofertas hídricas del mundo. Sin embargo esto no es totalmente cierto, pues el agua no se encuentra distribuida uniformemente en las diferentes regiones del país, razón por la cual en Colombia existen desde zonas con déficit hasta aquellas con grandes excedentes de agua, que someten áreas importantes a inundaciones periódicas de considerable duración.

Las técnicas para cuantificar los recursos hídricos constituyen uno de los medios más prácticos para evaluar espacial y temporalmente este recurso. Entre los procedimientos de mayor aplicabilidad al territorio colombiano se encuentra el método del balance hídrico superficial a largo plazo. La comprensión del balance hídrico es importante para los estudios del ciclo hidrológico; puesto que a partir de los datos de esta ecuación es posible comparar los recursos aislados de agua en un sistema con el propósito de establecer las graduaciones de sus efectos sobre las variaciones del régimen hidrológico.

El modelo planteado en la presente investigación propone la evaluación del recurso hídrico determinado por la oferta natural y las demandas requeridas por los diferentes usos con el propósito de asignar los caudales necesarios para el desarrollo social y económico de las regiones teniendo en cuenta los ecosistemas presentes en la zona y la calidad del agua de la corriente. Así mismo, la oferta natural se estimada usando la metodología del balance hídrico a largo plazo a partir de los datos de precipitación y evapotranspiración real; y las demandas para las diferentes actividades se estiman empleando la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial<sup>5</sup>. Para el manejo de todo este tipo de información se creó e implementó un sistema de información que permite el manejo del conjunto de variables implicadas, para así determinar la oferta hídrica real y facilitar la gestión y toma de decisiones sobre la asignación del recurso hídrico de una cuenca.

---

<sup>5</sup> Resolución 0865 de 2004 – por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia.  
[http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/Res865\\_22072004.pdf](http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/Res865_22072004.pdf)

## 1. NOCIONES GENERALES

El agua ha sido siempre un elemento decisivo en el desarrollo de las civilizaciones, al obligar a los hombres a agruparse, originándose un intercambio de ideas que sin duda ha permitido el desarrollo cultural y económico, razón por la cual los asentamientos humanos y el comercio surgieron primordialmente allí, donde el agua era más accesible y abundante. Este importante elemento interviene en la actividad humana a través de sus múltiples usos en todas las etapas del desarrollo socioeconómico de las comunidades. En amplias regiones de la tierra se constituye en un factor crítico, restringiendo severamente las posibilidades de vida del hombre y en otras, no menos importantes, su abundancia, su uso indiscriminado o anormales contingencias climáticas originan irreversibles procesos cuya corrección es altamente costosa y demanda largos periodos de tiempo.

A menudo la calidad de la toma de decisiones para prevenir o solventar este tipo de situaciones se ve influenciada por la disponibilidad de la información, de modo que muchas veces no se toma una decisión acertada por carecer de los datos necesarios, o porque aún contando con ellos, no son útiles por ser demasiado complejos haciendo difícil las labores de exploración e interpretación o porque no se dispone de tiempo suficiente para analizarlos.

### 1.1 TOMA DE DECISIONES

Las decisiones se toman generalmente para solucionar problemas, reducir los efectos negativos de una situación en particular o para aprovechar oportunidades. El proceso de toma de decisiones es una de las actividades que con mayor frecuencia se lleva a cabo en el mundo de la administración, en todos los niveles organizacionales, es decir, incluye desde asistentes, auxiliares hasta los directores generales de las empresas. Además, de acuerdo al nivel gerencial en el cual se tomen las decisiones así mismo será el impacto de éstas dentro de la organización.

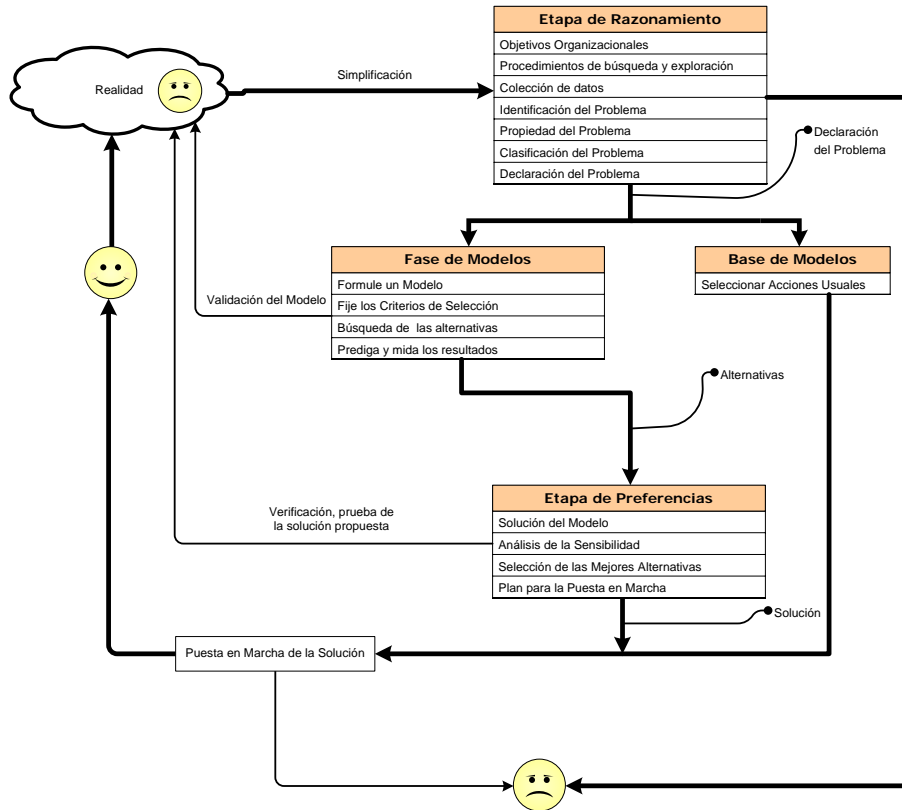
Dentro de este proceso se pueden diferenciar varias etapas, iniciando por el reconocimiento de la existencia del problema, la generación de las alternativas de solución, la evaluación y selección de una de ellas y finalmente, la ejecución y seguimiento de la alternativa seleccionada. En el modelo de Herbert A. Simon<sup>6</sup>, estudioso de la administración de la Carnegie-Mellon University y ganador del Premio Nobel, se identifican tres ciclos en la solución de un problema: inteligencia, diseño y selección. El ciclo de implementación fue adicionado después e incluso un quinto ciclo<sup>7</sup>, monitoreo, puede ser añadido dentro del modelo. Es un modelo simple pero conciso que, a pesar del tiempo, continúa vigente y sirve de base para la mayoría de los modelos de toma de decisiones administrativas. En la Figura 1 se muestra el modelo.

---

<sup>6</sup> SIMON, H. A. The new science of management decision. New York: Harper & Row, 1960.

<sup>7</sup> TURBAN, E. y ARONSON J. E. Decision support systems and intelligent systems. 6<sup>th</sup> ed. Prentice Hall. New Jersey, 2001. p. 41.

Figura 1 Modelo del proceso de toma de decisiones.



Fuente: Modificado de Turban (2001, p. 42).

Se observa que el modelo representa el proceso de toma de decisiones como un flujo de eventos que pueden continuar dentro de cualquiera de las etapas, de manera lineal o iterativa. De acuerdo con el criterio del tomador de decisiones, la solución del problema puede requerir el regreso a pasos anteriores para mejorar la calidad de la decisión. La toma de decisiones se realiza de manera efectiva en la etapa de selección de la alternativa a implementar y el proceso en general se considera como la solución al problema. Para la presente investigación los términos, toma de decisiones y solución del problema, se considerarán de manera indistinta.

Muchos modelos han sido descritos para representar el proceso de toma de decisiones (Simon<sup>8</sup>, Kepner-Tregoe<sup>9</sup>, Dearden<sup>10</sup>, Pokras<sup>11</sup>, Cougar<sup>12,13</sup>, Van de Hoven<sup>14</sup>, Hammond et al.<sup>15</sup>, Bazerman<sup>16</sup>,

<sup>8</sup> SIMON, Op. cit.

<sup>9</sup> KEPNER, C. y TREGOE, B. The rational manager. New York: Mc Graw Hill, 1965.

<sup>10</sup> DEARDEN, J. SMR Forum: Will the computer change the job of top management?. En: Sloan Management Review. Vol. 25, no. 1 (fall, 1983).

<sup>11</sup> POKRAS, S. Systematic problem solving and decision-making: rational methods for problem-solving and decision-making. Los Altos, CA: Crisp Publications, 1989.

<sup>12</sup> COUGAR, J. D. Creative problem solving and opportunity finding. Danvers, MA: body & fraser, 1995.

Marakas<sup>17</sup>), algunos adicionan o integran variantes dentro de las fases, sin embargo cada uno de ellos se puede decir que está basado en el modelo de Simon, razón por la cual dentro de la presente investigación se hará referencia a las fases de este modelo.

### 1.1.1 Etapas del proceso

#### 1.1.1.1 Etapa de razonamiento

Es la fase inicial del proceso y en ella se reconoce y se define la existencia de un problema u oportunidad para la cual se requiere tomar una decisión. Involucra la exploración del mundo real, periódico o continuo; la cual se lleva a cabo en varias actividades<sup>18</sup> cuyo objetivo es identificar las situaciones de problemas u oportunidades. Durante este periodo el tomador de decisiones se encuentra atento a toda la información o conocimiento que pueda ayudarlo al descubrimiento y descripción del problema. Esta etapa incluye algunas actividades que se describen a continuación.

##### ★ Descubrimiento y definición del problema u oportunidad

Para realizar esta actividad se requiere primero del conocimiento de los objetivos de la organización y los objetivos relacionados con un problema en particular. Generalmente los problemas se presentan gracias a una insatisfacción entre el estado actual y el esperado. En esta actividad se intenta determinar la o las razones del estado de descontento, lo cual caracteriza la existencia de un problema, identificar sus síntomas, determinar su magnitud y definirlo con exactitud.

Algunas veces, diferenciar entre los síntomas de un problema y su existencia en el mundo real es una tarea complicada ya que esto involucra una cantidad considerable de factores que se encuentran interrelacionados. Ejemplo de ello podría ser la presencia de coliformes totales en el agua potable (síntoma – medida) cuyo problema real sería la necesidad de un tratamiento más efectivo en el proceso de potabilización.

La existencia de un problema puede ser determinada mediante la exploración y análisis de la productividad en los niveles de la organización. La medida de la productividad y la construcción de un modelo están basadas en datos reales. La recolección de datos y la estimación de éstos a futuro se encuentran dentro de las etapas más laboriosas dentro del análisis. Algunos problemas asociados a esta actividad se resumen a continuación.

- Disponibilidad de los datos.
- Altos costos en la obtención de los datos.
- Estimación subjetiva de los datos.
- Existencia de datos cualitativos que intervienen en los resultados.

---

<sup>13</sup> COUGAR, J. D. Creative & innovation in information systems organizations. Danvers, MA: body & fraser, 1996.

<sup>14</sup> VAN DE HOVEN, J. Executive support system & decision making. En: Journal of Systems Management. (Mar-Apr, 1996).

<sup>15</sup> HAMMOND, J. S., KENNEY R. L. y RAIFFA, H. Smart choice: a practical guide to making better decisions. Boston: Harvard Business School, 1998.

<sup>16</sup> BAZERMAN, M. Judgment in managerial decision making. 4<sup>th</sup> Ed. New York, Wiley, 1998.

<sup>17</sup> MARAKAS, G. M. Decision support systems: in the 21<sup>st</sup> century. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

<sup>18</sup> TURBAN, Op. cit., p. 42 – 44.

- Sobrecarga de datos.
- Algunos resultados podrían darse en un periodo considerable de tiempo, lo cual dificulta la validación de la alternativa seleccionada. Un valor aproximado, si la alternativa es cuantificable, debería ser utilizado en estos casos.
- Los datos a futuro podrían tomarse de las series históricas de datos, en caso contrario sería necesario pronosticar la naturaleza del cambio e incluirlo dentro del análisis.

Finalizada esta actividad se puede argumentar la existencia real de un problema, su naturaleza, en qué lugar está localizado y demás características propias de su determinación.

#### \* Clasificación del problema

Existen muchos métodos para clasificar los problemas presentes en una organización. Una clasificación posible sería por el tipo de nivel dentro de la organización: operacional, administrativo y gerencial; otra podría ser de acuerdo al objetivo de la decisión: estratégica o administrativa; una más podría corresponder al tipo de estrategia utilizada para tomar la decisión: usando la computadora o el simple juicio humano. En fin, un sinnúmero de maneras de ordenar los problemas son factibles, sin embargo este no es el objetivo del presente trabajo, por lo cual la clasificación se referirá a las existentes. En el numeral 1.1.2 Tipología de problemas – se dará una presentación más amplia de las clasificaciones más utilizadas.

#### \* Descomposición del problema

"*Divide et vinces*", frase célebre de Julio César que significa "divide y vencerás", proporciona una buena estrategia recursiva para resolver problemas que se puedan dividir en subproblemas más sencillos. El término en su acepción más amplia suele ser considerado una filosofía general para resolver problemas y de aquí que su nombre no sólo forme parte del vocabulario informático, sino que también se utiliza en muchos otros aspectos.

Se considera una técnica para el diseño de algoritmos la cual consiste en resolver un problema a partir de la solución de subproblemas del mismo tipo pero de menor tamaño. Si los subproblemas aún continúan siendo relativamente grandes se aplicará de nuevo el proceso hasta alcanzar subproblemas lo suficientemente pequeños para ser resueltos directamente.

La resolución de un problema mediante esta técnica de descomposición consta fundamentalmente de los siguientes pasos:

- Se plantea el problema de manera que pueda ser descompuesto en  $k$  subproblemas del mismo tipo pero de menor tamaño. Es decir, si el tamaño de la entrada es  $n$ , se dividirá el problema en  $k$  subproblemas (donde  $1 \leq k \leq n$ ), cada uno con una entrada de tamaño  $n_k$  y donde  $0 \leq n_k \leq n$ . Esto se conoce como *división*.
- Se resolverán independientemente todos los subproblemas, bien sea directamente o de forma recursiva. El hecho de que el tamaño de los subproblemas sea estrictamente menor que el tamaño original del problema garantiza la convergencia hacia los casos elementales, denominados *base*.
- Se combinan las soluciones obtenidas en el paso anterior para construir la solución del problema original.

## ★ Responsabilidad del problema

De vital importancia resulta establecer la responsabilidad del problema, es decir asignar a una persona o un grupo de personas la obligación de solucionar el problema. De la misma forma es indispensable que la organización posea la facultad y la capacidad para resolverlo.

Luego de completar las anteriores actividades se puede decir que la etapa de razonamiento concluye y que su producto final es el establecimiento formal del problema.

### 1.1.1.2 Etapa de modelos

Posterior a la identificación y definición del problema, continúan las actividades relacionadas con el análisis, construcción, prueba y validación de los posibles cursos de acción que pueden dar solución al problema planteado. Esta es una de las etapas más críticas del proceso de toma de decisiones debido a la innumerable cantidad de alternativas que se presentan y que a su vez, es indispensable reducirlas teniendo en cuenta los diferentes factores que las influyen, como por ejemplo, costos, tiempos, disponibilidad de recursos, personal, logística, capacidad de adaptación, entre otras más que son propias de cada organización.

Estos factores le proporcionan al tomador de decisiones cierto grado de riesgo e incertidumbre que debe asumir de acuerdo a su experiencia o intuición, razón por la cual, puede considerar la necesidad de más información y así retornar a la etapa de razonamiento en un intento por satisfacer sus requerimientos, antes de retornar a esta fase y finalmente continuar con las siguientes dentro del proceso.

Los cursos de acción son sintetizados en modelos, los cuales involucran la conceptualización del problema y sus abstracciones de manera cualitativa o cuantitativa. Las variables y relaciones entre estos modelos se deben establecer. El proceso de modelado es una combinación de arte y ciencia; arte porque requiere de un nivel de creatividad y detalle para determinar las suposiciones con las cuales se puede trabajar, cómo combinarlas y cómo integrarlas para obtener un modelo que proporcione una solución válida. Ciencia, ya que el tomador de decisiones debe explorar los diferentes modelos y herramientas analíticas disponibles en el mercado para comprobar la integridad del modelo seleccionado y sus posibles resultados y así determinar cuál de ellos es aplicable a la situación presentada o en caso contrario, si se hace necesario la construcción de uno en particular.

Concluidas las actividades de esta etapa, análisis, construcción, prueba y validación, se puede argumentar la existencia de posibles cursos de acción que pueden dar solución al problema expuesto en la primera etapa del proceso.

### 1.1.1.3 Etapa de preferencias

Al ingresar a esta etapa se considera que el modelo de solución de problemas ha llegado al punto crítico dentro del proceso de toma de decisiones. Simon sugirió que “la decisión en sí misma es la culminación del proceso”<sup>19</sup>; más sin embargo solucionar el modelo no es lo mismo que solucionar el problema ya que la solución del modelo produce una decisión recomendada al problema. Es por esto que la etapa de ejecución se hace indispensable para la validación y seguimiento de la estrategia

---

<sup>19</sup> SIMON, Op. cit., p. 1.

seleccionada. Finalmente se considera el problema resuelto si la solución se implementa de manera exitosa concluyendo realmente así el proceso.

El proceso de toma de decisiones se debe considerar como un todo, en el cual es importante identificar claramente el problema antes de intentar solucionarlo, es decir no se deben gastar esfuerzos durante este período sin antes definir la situación a resolver ya que lo más probable es que resulten innecesarios y no se logre tomar una buena decisión.

En esta etapa, el tomador de decisiones se encuentra realmente enfrentado con la selección de una alternativa para dar respuesta al problema planteado, es aquí donde se conjugan todos los elementos, datos, información, modelos y especialmente el conocimiento y la experiencia humana, características únicas del tomador de decisiones y que son esenciales dentro del proceso. Algunos modelos matemáticos (cuantitativos, análisis ¿qué pasa si?, técnicas de análisis, prueba y error, análisis de susceptibilidad, múltiples objetivos) se pueden utilizar para comparar y evaluar alternativas y reducir así el nivel de incertidumbre, más sin embargo éste estará siempre presente en la decisión, puesto que de no existir una incertidumbre no existiría realmente una decisión.

Aunque muchas decisiones se pueden desarrollar en ambientes razonablemente estables y esperados, en algunos casos la dinámica del ambiente de toma de decisiones es tan fluido que las preferencias no pueden ser seleccionadas basados en las condiciones existentes en el momento sino que deberían estar basadas en las condiciones esperadas o estimadas al tiempo que la solución debería ser ejecutada físicamente. Un ejemplo de ello, y haciendo referencia al tema de la investigación, sería la concesión del servicio de agua para las áreas rurales administradas por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB. En este caso, no es una decisión acertada adjudicar este caudal teniendo en cuenta los datos y la información existente en un momento dado, (tal y como se realiza en la actualidad) sino que se requiere bien sea de un análisis de la serie histórica de los valores de las variables involucradas o de un pronóstico de las condiciones esperadas y el análisis de dicha información a un futuro (ejecución de la posible solución para conocer la disponibilidad de este recurso a futuro) con el fin de determinar el curso de acción factible a ser seleccionado.

Los límites entre las etapas modelos y preferencias son frecuentemente confusos precisamente por la dicotomía entre las condiciones del ambiente (estable versus dinámico) ya que algunas actividades pueden ser ejecutadas durante cualquiera de las etapas. Es usual que dentro de esta fase se requiera retornar a las actividades de modelos para fomentar el refinamiento de la estrategia de selección y definición de un subconjunto de soluciones factibles, e incluso a la etapa de razonamiento, es decir, se pueden generar nuevas alternativas mientras se realiza la evaluación de las existentes. La etapa de preferencias incluye la búsqueda, evaluación y recomendación de una solución apropiada al modelo descrito. Una solución al modelo es un conjunto específico de valores para las variables de la decisión en la alternativa seleccionada.

Finalmente, se resalta que un tomador de decisiones debería considerar lo que constituye la calidad de una solución: ¿Qué tipo de solución se necesita para la situación: óptima, aceptable o la mejor? ¿Qué nivel de riesgo está dispuesto a asumir en la selección de una alternativa de solución? La estabilidad o la dinámica del contexto de la decisión pueden ayudar para determinar las respuestas a estos interrogantes y de esta manera seleccionar la estrategia de toma de decisiones.

#### 1.1.1.4 Etapa de ejecución

Durante este periodo se lleva a cabo la ejecución de la preferencia seleccionada en el proceso anterior. Esto implica el establecimiento de un nuevo orden de las cosas<sup>20</sup>; la organización de las existentes y la inclusión de aquellas que se requieren para que la solución el modelo seleccionado pueda funcionar correctamente. Se considera la innovación de lo habitual o la introducción a un nuevo cambio desde el enfoque dado por el tomador de decisiones a través de las diferentes etapas del proceso.

La ejecución es un proceso largo y complicado con límites ambiguos, que proporcionan algunos problemas, tales como la resistencia al cambio dentro de la organización, el grado de soporte para las actividades administrativas y el entrenamiento de los usuarios, entre otros, que se consideran importantes a la hora de desarrollar un sistema de soporte de decisiones.

#### 1.1.2 Tipología de decisiones

Los problemas u oportunidades tienden a manifestarse como una desigualdad sentida y considerable entre el estado actual y el deseado. Diferentes autores (Simon<sup>21</sup>, Delbecq<sup>22</sup>, Thompson<sup>23</sup>, Gorry y Scott Morton<sup>24</sup>, Mintzberg<sup>25</sup>, Marakas<sup>26</sup>), desarrollaron diversas propuestas para reducir el número de posibles contextos de las decisiones dentro de un conjunto de categorías. A pesar del método empleado, cualquiera que sea, si se diseña y se implementa satisfactoriamente una tecnología de soporte para un contexto de decisión dado, se debería poder clasificar las decisiones para las cuales esa tecnología resulta exitosa o no.

Para Simon, las decisiones existen en un continuo, con las decisiones *programadas* en un extremo y las *no programadas* en el otro. "Las decisiones *programadas* son repetitivas y rutinarias, en la medida en que se ha establecido un procedimiento definido para manejarlas, y así no tener que tratarlas de nuevo cada vez que ocurren"<sup>27</sup>. Este tipo de decisiones se caracterizan por ser, en cierta porción, predecibles, de manera tal que se pueden desarrollar con anterioridad algunos modelos o paquetes de programas que permitan hallar la solución al problema planteado.

El horizonte de afectación de estas decisiones se encuentra en un corto plazo, vinculado principalmente a las operaciones cotidianas de la organización. En gran cantidad de casos existe la posibilidad de predecir este tipo de eventos, ya que se presentan con cierta regularidad, algunas veces con pequeños nuevos ingredientes, pero en general con elementos de decisión semejantes.

"Las decisiones *no programadas* son novedosas, no estructuradas e inusualmente importantes. No existe un método de recetario para manejar el problema porque no ha surgido antes, o porque su

---

<sup>20</sup> Según Nicolás Maquiavelo en su obra *El Príncipe*, "no hay nada más difícil de realizar, nada más dudoso de éxito, nada más peligroso de dirigir, que el inicio de un nuevo orden de las cosas".

<sup>21</sup> SIMON, Op. cit.

<sup>22</sup> DELBECQ, A. L. The management of decision-making within the firm: three strategies for three types decision-making. *Academy of Management Journal*. 1967.

<sup>23</sup> THOMPSON, J- D. *Organizations in action*. New York: Mc Graw Hill, 1967.

<sup>24</sup> GORRY, G. A. y SCOTT MORTON, M. S. A framework for management information systems. *En*: *Sloan Management Review*. Vol. 13, no. 1; pp. 55-70.

<sup>25</sup> MINTZBERG, H. *The nature of managerial work*. New Jersey: Prentice Hall, 1973.

<sup>26</sup> MARAKAS, Op. cit.

<sup>27</sup> SIMON, Op. cit., pp. 5-6.

naturaleza y estructura precisas son elusivas o complejas, o porque es tan importante que requiere un tratamiento a la medida<sup>28</sup>. Este tipo de decisiones se presentan a menudo en los niveles más altos de la organización y se caracterizan por poseer un alto grado de incertidumbre. El elemento más importante de este tipo de decisiones es la dinámica del problema; en otras palabras, la imposibilidad de predecir el tipo y el escenario de la decisión.

Delbecq<sup>29</sup> propuso un esquema de clasificación basado en la idea del negocio, el cual se resume a continuación.

- \* Decisiones rutinarias: las metas, políticas, procedimientos y tecnologías se encuentran claramente definidos por el tomador de decisiones para el logro de los objetivos planteados. Estas decisiones se pueden considerar como una analogía de las decisiones programadas de Simon.
- \* Decisiones creativas: estas decisiones requieren de nuevos métodos para manejar su complejidad, además de la mayor cantidad de conocimiento posible para un entendimiento más completo de la situación. Estas decisiones se asemejan a las decisiones no programadas o no estructuradas<sup>30</sup>.
- \* Decisiones negociadas: los conflictos existen en cualquiera de los objetivos o métodos de decisión. Por lo tanto, cada una de las diversas diferencias se deben enfrentar con el fin de resolverlas. En estas decisiones el administrador no necesariamente es el tomador de decisiones del todo, pero sí un participante en el proceso de toma de decisiones.

El esquema de clasificación de Thompson<sup>31</sup> diferencia las decisiones con base en la estrategia utilizada para la creación de la alternativa final, a la vez que se basa en dos dimensiones fundamentales: la certeza y las preferencias de los resultados o alternativas. En este caso, el soporte necesario se determina con base en cuál estrategia podría parecer más eficiente dada la existencia de la decisión a tomar.

- \* Estrategias computacionales: existe una considerable certeza al observar los posibles resultados y las relaciones entre la causa y el efecto, además de fuertes preferencias por los primeros.
- \* Estrategias de juicio: las preferencias por los posibles resultados son totalmente fuertes más sin embargo los resultados y las relaciones causa/efecto son altamente inciertas.
- \* Estrategias de solución: poseen un alto grado de seguridad con respecto a los resultados y las relaciones causa/efecto, pero las preferencias por los posibles resultados o alternativas son débiles o confusas.
- \* Estrategias inspiradoras: las preferencias por los posibles resultados o alternativas son débiles o confusas existiendo a su vez un alto grado de incertidumbre al considerar las relaciones causa/efecto.

Gorry y Scott Morton<sup>32</sup> se basaron en la clasificación de Simon para definir la propia. Dentro de su propuesta, las decisiones programadas se denominan *estructuradas* y para estas los procedimientos para obtener la mejor solución o por lo menos una suficientemente buena son conocidos, además de que los objetivos están claramente definidos. Las decisiones no programadas, llamadas aquí *no estructuradas*, se refieren aquellas decisiones para las cuales ninguna de las fases del proceso de

---

<sup>28</sup> Ibid.

<sup>29</sup> DELBECQ, Op. cit.

<sup>30</sup> GORRY y SCOTT MORTON, Op. cit.

<sup>31</sup> THOMPSON, Op. cit.

<sup>32</sup> GORRY y SCOTT MORTON, Op. cit.

toma de decisiones (inteligencia, diseño, selección e implementación) se encuentra estructurada; la intuición humana es frecuentemente la base de la toma de decisiones. Las decisiones *semiestructuradas* se encuentran entre las no estructuradas y las estructuradas, poseen algunos elementos estructurados y algunos elementos no estructurados, es decir algunas fases del proceso se encuentran estructuradas. Este tipo de decisiones involucra una combinación tanto del juicio humano como de los métodos procedimentales para su solución.

Por otra parte, Mintzberg<sup>33</sup> definió una tipología de decisiones de acuerdo a las actividades que están más relacionadas con la decisión a tomar. La clasificación de Mintzberg tiene como fundamento la estrategia de decisión más que su estructura en sí.

- \* Actividades empresariales: este tipo de decisiones se caracteriza por los altos niveles de incertidumbre. La selección de las alternativas está motivada principalmente por las consideraciones proactivas y está habitualmente centrada en el incremento de los problemas del corto hacia el largo plazo.
- \* Actividades adaptables: caracterizadas de la misma forma por los altos niveles de incertidumbre, pero en este caso las decisiones se encuentran justificadas básicamente por las consideraciones reactivas y están centradas más hacia el término a corto plazo de los problemas.
- \* Actividades de planeación: el ambiente de decisión se caracteriza por un alto nivel de riesgo y la toma de decisiones está motivada tanto por las consideraciones proactivas como las reactivas. El objetivo es el incremento de la eficiencia a largo plazo.

Marakas<sup>34</sup> realizó una combinación de varios métodos de agrupación (Delbecq, Thompson y Mintzberg) y propuso el siguiente esquema. Dentro de este esquema las definiciones de las tipologías se conservan de la versión original.

- \* Decisiones basadas en la negociación: son aquellas denominadas por Delbecq como rutinarias, creativas y negociadas.
- \* Decisiones basadas en la estrategia: de acuerdo a la tipología de Thompson son computacionales, de juicio, de compromiso e inspiradoras.
- \* Decisiones basadas en la actividad, corresponden al modelo de Mintzberg las cuales son empresariales, adaptables y de planeación.

### 1.1.3 Desaciertos

Durante el proceso de toma de decisiones se puede llegar a cometer un número considerable de errores debidos a múltiples factores tanto internos como externos de la organización, como por ejemplo los problemas mencionados en la fase de inteligencia. Sin embargo, esta situación se presenta de manera crítica en la fase de diseño específicamente en las actividades de análisis, construcción y uso de los modelos, puesto que es el modelo el componente principal dentro del proceso general (síntesis de la realidad expresada a través de un modelo), siendo importante la validación de éstos antes de emplearlos.

---

<sup>33</sup> MINTZBERG, Op. cit.

<sup>34</sup> MARAKAS, Op. cit.

Recopilar la cantidad correcta de información, con un alto nivel de precisión y exactitud, para incorporarlo dentro del proceso es una tarea dispendiosa. Sawyer describe siete vicios mortales dentro del proceso que habitualmente están relacionados con la información o con el comportamiento de los responsables de la toma de decisiones. A continuación se resumen.

- Considerar que se poseen todas las respuestas y que no necesita buscar información externa o no se requiere la ayuda de expertos.
- Analizar situaciones equivocadas lo que lleva a una pérdida valiosa tanto de tiempo como de información, condiciones que se consideran vitales para tomar una decisión correcta y a tiempo.
- Pensar que se está en lo correcto y rehusarse a echar atrás una mala decisión.
- No solicitar información necesaria considerando ahorros en dinero para la organización, trayendo como consecuencia una decisión incorrecta para la situación.
- Copiar ideas de otras personas u organizaciones requiere del entendimiento de por qué se hicieron y cómo funcionan; esto incrementa el desarrollo e implementación de los modelos.
- Oír no es perjudicial esto facilita el descubrimiento de los consejos negativos que deben ser ignorados de acuerdo con el criterio del tomador de decisiones o experto.
- Esperar y apresurarse: se puede considerar lo mismo que no tomar decisiones o tomar malas decisiones<sup>35</sup>.

De hecho, estas consideraciones pueden generar altos e innecesarios costos para la organización. Muchas de estas *faltas* involucran claramente comportamientos característicos y carencias de información y de expertos que inducen a una menor objetividad dentro del proceso de toma de decisiones.

#### **1.1.4 El tomador**

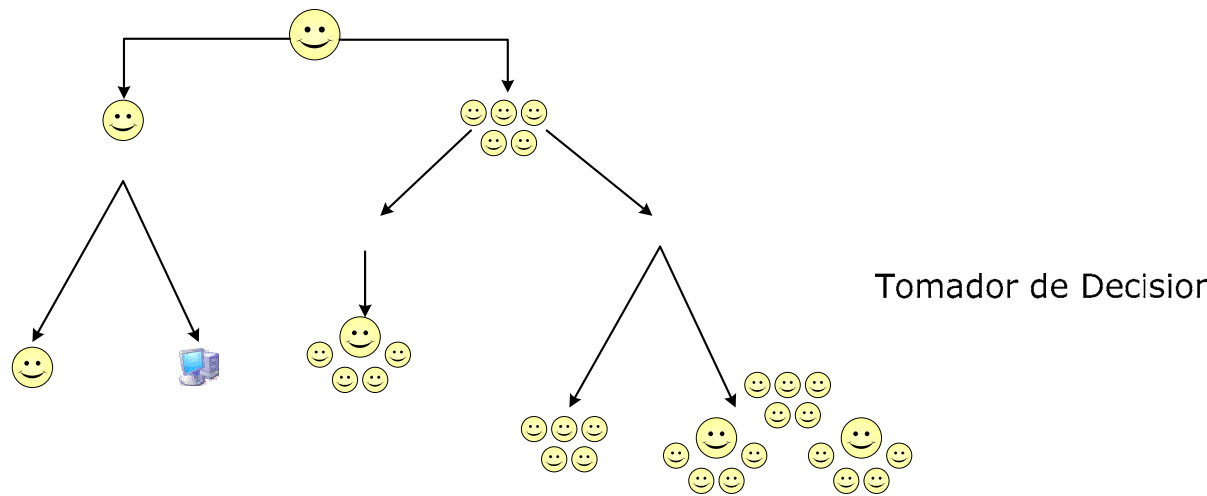
El tomador de decisiones se considera una parte esencial dentro del proceso de toma de decisiones puesto que se convierte en la *caja negra* dentro del proceso. Marakas los clasifica en dos grandes grupos<sup>36</sup>: individuales y múltiples que a su vez se subdividen como se muestra en la Figura 2.

---

<sup>35</sup> SAWYER, D.C. Getting it right: avoiding the high cost of wrong decisions. Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 1999.

<sup>36</sup> MARAKAS, Op. cit., p. 37.

Figura 2 Clasificación de los tomadores de decisiones.



Fuente: Adaptado de Marakas (2003, p. 38).

### Individual

#### 1.1.4.1 Individual

Como su nombre lo indica, es el único responsable de tomar la decisión al final del proceso. Esta clase de usuarios en esencia trabajan *solos* durante el proceso, en el sentido de que el análisis de la información y la generación de la decisión final se encuentran exclusivamente en sus manos. Las características propias de este tomador de decisiones son: el conocimiento, el conjunto de técnicas, la experiencia, la personalidad, el estilo cognitivo y las fundamentos individuales que llegan a soportar el proceso de toma de decisiones y que a la vez, directa o indirectamente, afectan el tipo de soporte que se requiere durante el proceso y la decisión final. Estos factores, entre otros, también contribuyen en la complejidad de los diseños de sistemas de soporte; tales sistemas se deben diseñar de acuerdo a las características y necesidades propias del tomador de decisiones, lo que se convierte en una actividad dispendiosa y difícil.

Unilater

#### 1.1.4.2 Múltiple

Esta clase de tomadores de decisiones la integran múltiples individuos interactuando entre sí con el fin de obtener una decisión. Poseen intereses colectivos en el resultado de una decisión en particular razón por la cual se encuentran motivados a lograr concordancia y compromisos comunes para un curso de acción. Cada miembro de esta clase puede llegar con motivaciones y objetivos únicos aproximándose al proceso de decisión desde diferentes ángulos. Además, cada uno puede usar una variedad de sistemas de soporte como parte de su contribución al proceso de toma de decisiones.

Persona

Sistema de  
Computador

Equipo

Los tomadores de decisiones múltiples rara vez poseen una equivalencia en autoridad para tomar una decisión en particular es decir, no cualquiera de ellos posee la suficiente facultad para tomar un decisión solo. Los tomadores de decisiones múltiples no necesariamente se encuentran dentro de reuniones, foros y discusiones abiertas. En su lugar, los modelos de comunicación institucionalizados y los varios niveles de autoridad dentro de la organización, estructuran la interacción entre los participantes de tal manera que logrando la decisión, comienza su implementación. En conclusión, esta clase de decisores se conforman gracias a la dinámica del contexto, y actúan para formular una decisión o solución a un problema en particular que luego será implementada.

Los decisores múltiples a su vez se subdividen en: equipo, grupo y organizaciones y metaorganizaciones.

#### ★ Equipo

Este tipo de decisores se considera como una combinación de clases individuales y de grupo. Frecuentemente, dentro de su estructura organizacional la responsabilidad de tomar la decisión reposa sobre una sola persona; más sin embargo éste se soporta por varios asistentes que trabajan hacia el o los mismos objetivos. Dentro del contexto del equipo, el soporte de decisiones puede provenir de varios individuos autorizados por el tomador de decisiones principal con el fin de reunir información y así tomar determinaciones seguras considerando una porción del resultado de la decisión propuesta. También el soporte puede provenir de los sistemas de soporte empleados por cualquier combinación de miembros del equipo. En este contexto, los equipos producen y manufacturan la decisión final, pero la formalización y la autoridad para tomar la decisión descansa sobre el tomador de decisiones individual.

#### ★ Grupo

Esta subdivisión se caracteriza por poseer una estructura más formal de trabajo, generalmente a través de reuniones regulares, organigramas determinados y agendas (centradas en porciones específicas del proceso) y plazos o tiempos establecidos dentro de los cuales la decisión debe ser tomada e implementada. El número total de miembros comparten los mismos intereses en el resultado de la decisión y poseen una opinión igual en su conformación.

La única diferencia entre las decisiones tomadas por un grupo y las tomadas por un equipo, es la manera en que se toma de la decisión. En la clase de grupo, los resultados de las decisiones son obtenidos mediante consenso entre los participantes para quienes su meta es buscar alternativas que permitan la realización de los objetivos planteados dentro del grupo a la vez que se genere un compromiso entre las partes interesadas. Dentro de la clase equipo, no obstante, las decisiones son habitualmente de naturaleza unilateral. Solamente un tomador de decisiones tiene la autoridad y la responsabilidad de tomar la decisión, aunque muchas personas pueden tener influencia sobre la forma de la decisión final.

#### ★ Organizaciones y metaorganizaciones

Los motivos que unen varias organizaciones son los propósitos y los objetivos compartidos por sus miembros; a raíz de esto se puede concebir la existencia de organizaciones dentro de organizaciones; grupos dentro de equipos que coordinan concienzudamente sus actividades con el propósito de alcanzar un objetivo o una meta en común. Los tomadores de decisiones de los altos niveles organizacionales son quienes están autorizados y poseen la responsabilidad de tomar decisiones en nombre de la organización que representan. Las características de estas decisiones y los procesos utilizados para llegar a ellas, por definición, conducen a fuertes similitudes entre las clases de tomadores de decisiones: individual, equipo y grupo.

## 1.2 SISTEMAS DE SOPORTE DE DECISIONES

Los Sistemas de Soporte a las Decisiones (DSS<sup>37</sup>) cubren una extensa variedad de sistemas, herramientas y tecnologías. Se piensa que el término DSS está pasado de moda y que se ha ido reemplazado por un “nuevo tipo” de sistema llamado Procesamiento Analítico en Línea (OLAP<sup>38</sup>). Por otra parte se hace énfasis en la creación de un DSS basado en conocimiento como el “estado del arte” de los sistemas de soporte a las decisiones. Los investigadores operacionales se centran principalmente en los modelos de simulación y optimización tomándolos como DSS *reales*.

### 1.2.1 Exposición de la idea

Existe una gran variedad de conceptos referentes al término (Little<sup>39</sup>, Gorry y Scott Morton<sup>40</sup>, Keen y Scott Morton<sup>41</sup>, Alter<sup>42</sup>, Bonczek et al<sup>43</sup>, Keen<sup>44</sup>, Moore y Chang<sup>45</sup>, Turban y Aronson<sup>46,47</sup>, Power<sup>48,49</sup>, Marakas<sup>50</sup>) cada uno de los cuales es válido dentro del contexto que cada autor maneja, coincidiendo éstos en algunas características comunes, tales como:

- Son sistemas computarizados, flexibles y adaptables según las situaciones.
- Manejan problemas.
- Soportan la solución de problemas.
- Utilizan datos y modelos.
- Asocian los recursos intelectuales del usuario.
- Mejoran la calidad de las decisiones.
- Emplean interfaces de usuario para su comunicación.
- Poseen herramientas para la recuperación y procesamiento de datos, y análisis de la información.

---

<sup>37</sup> Decision Support System.

<sup>38</sup> On-Line Analytical Processing.

<sup>39</sup> LITTLE, J. D. C. Models and managers: the concept of a decision calculus. En: Management Science. Vol. 16, no. 8; pp. B466 – B485.

<sup>40</sup> GORRY, Op. cit.

<sup>41</sup> KEEN, P. G. W. y SCOTT MORTON, M. S. Decision support systems: an organizational perspective. Reading, MA: Addison-Wesley, 1978.

<sup>42</sup> ALTER, S. L. Decision support systems: current practice and continuing challenge. Reading, MA: Addison-Wesley, 1980.

<sup>43</sup> BONCZEK, R. H., HOLSAPPLE, C. W y WHINSTON, A. B. The evolving roles of models in decision support systems. En: Decision Science. Vol. 11, no. 2, 1980.

<sup>44</sup> KEEN, P. G. W. Adaptive design for decision support systems. En: Data Base. Vol. 12, no. 1 y 2, (1980, fall).

<sup>45</sup> MOORE, J. H. Y CHANG, M. G. Design decision support systems. En: Data Base. Vol. 12, no. 1 y 2, (1980, fall).

<sup>46</sup> TURBAN, E. y ARONSON. J. E. Decision support systems and intelligent systems. 5<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

<sup>47</sup> TURBAN y ARONSON, Decision support systems and intelligent systems. 6<sup>th</sup> ed. Op. Cit.

<sup>48</sup> POWER, D. J. What is DSS?. En: The on-line executive journal for data intensive decision support. Vol. 1, no. 3, (October 21, 1997).

<sup>49</sup> POWER, What is DSS?. En: DSS News. Vol. 5, no. 1, (September 12, 2004).

<sup>50</sup> MARAKAS, Op. cit.

Las primeras definiciones de estos sistemas los identificaron como sistemas cuyo propósito era soportar a los tomadores de decisiones administrativas en situaciones semiestructuradas. Se concibieron como una ayuda para los tomadores de decisiones con el fin de ampliar sus capacidades pero no para reemplazar su juicio, es decir, para situaciones donde su juicio era requerido o en decisiones que no podrían ser totalmente soportadas por los algoritmos. En un comienzo no se determinó específicamente, pero el sistema debería estar basado en computador, operar interactivamente en línea y en algunos casos poseer las capacidades para mostrar sus resultados a través reportes y salidas gráficas.

Estas primeras definiciones desplegaron una gran variedad de interpretaciones que prontamente generaron desacuerdos considerables entre lo que realmente se considera un DSS. Más sin embargo, un sistema de soporte a las decisiones puede ser cualquier programa de software que opere sobre un computador y que a su vez pueda ayudar a los administradores, en cualquier nivel organizacional, durante el proceso de toma de decisiones facilitando la organización del conocimiento en temas semiestructurados y no estructurados. Tales programas poseen y comparten datos, información, herramientas y modelos; proporcionan una interfaz de usuario de fácil uso, requieren del conocimiento humano, soportan y mejoran el proceso de toma de decisiones y lo más importante, se diseñan para asistir al tomador de decisiones y no para reemplazarlo.

Algunos sistemas existentes son: sistemas de soporte ejecutivos, sistemas de información geográfica, agentes inteligentes, sistemas expertos, redes neuronales artificiales, sistemas de administración de conocimiento, sistemas de soporte para la planeación y la administración de empresas, sistemas de soporte híbridos, inteligencia de negocios, sistemas de soporte a las decisiones grupales, entre otros.

### 1.2.2 El concepto

Las raíces de los DSS provienen de la aplicación de modelos cuantitativos a los problemas y decisiones a las que a diario se enfrentan los administradores dentro de un ambiente organizacional. El concepto nació a principios de los años setenta y generalmente se atribuye a dos artículos escritos durante este tiempo. El primero, escrito por Little, en el cual observó que “el gran problema con los modelos científicos administrativos es que los administradores prácticamente nunca los usan”<sup>51</sup>. Así mismo definió ciertas características esenciales que debe poseer un modelo, considerando el modelo como un “conjunto de procedimientos numéricos para el procesamiento de datos y juicios que asistan al tomador de decisiones gerenciales, el cual podría ser denominado el *cálculo en la decisión*”<sup>52</sup>.

El segundo fue escrito por Gorry y Scott Morton<sup>53</sup> y titulado “Un marco de referencia para los sistemas de información administrativos”. En este artículo los autores acuñaron el término *Sistema de Soporte de Decisiones* y desarrollaron un marco de trabajo de dos dimensiones para el soporte computacional de las actividades administrativas. Cada una de estas dimensiones dentro del marco se supone continua y no conformada por componentes discretos. En la tabla 1 la dimensión vertical representa la clasificación de Simon<sup>54</sup> sobre la estructura de las decisiones y la dimensión horizontal muestra los niveles de la actividad gerencial propuestos por Anthony<sup>55</sup>. El propósito que todas las actividades gerenciales se pueden categorizar en tres clases únicas: *control operacional*, categoría en donde las

---

<sup>51</sup> LITTLE, Op. cit., p. B466.

<sup>52</sup> Ibid.

<sup>53</sup> GORRY y SCOTT MORTON, Op. cit.

<sup>54</sup> SIMON, Op. cit.

<sup>55</sup> ANTHONY, R. N. Planning and control systems: a framework for analysis. Cambridge: MA. Harvard University Graduate School Business Administration. 1965.

decisiones se vinculan con las tareas y actividades diarias dentro de la organización; *control administrativo*, cuyas decisiones se relacionan con el alcance de eficiencia y la eficacia y el despliegue de las ventajas de la organización; y *planeación estratégica*, donde se toman las decisiones correspondientes al cumplimiento de los objetivos de la organización. La combinación de estas dos propuestas produjo como resultado el marco de trabajo expuesto por Gorry y Scott Morton, el cual sigue vigente como guía para la asignación de los recursos de los sistemas de información. A partir de este marco de referencia nació el concepto de los DSS.

Tabla 1 Marco de referencia.

TIPO DE DECISIÓN	TIPO DE CONTROL		
	OPERACIONAL	ADMINISTRATIVO	PLANEACIÓN ESTRATÉGICA
<b>ESTRUCTURADA</b>	Inventario, órdenes de entrada, cuentas por cobrar	Análisis de presupuestos, reportes de personal	Localización de la planta física, inversión financiera
<b>SEMIESTRUCTURADA</b>	Valores comerciales, organigramas de producción	Distribución de la planta, preparación de presupuestos	Análisis de adquisición de bienes de capital
<b>NO ESTRUCTURADA</b>	Aprobación de préstamos	Negociaciones, contratación de ejecutivos	Determinación de la búsqueda y desarrollo de proyectos

Fuente: Gorry y Scott Morton (1971).

La evolución de los DSS desde su concepción en los años 1970's hasta el presente incluye numerosas extensiones de la noción original. Los modernos estudios sobre los DSS incluyen enfoques sobre los sistemas convencionales basados en modelos, sistemas basados en conocimiento, inteligencia artificial, sistemas expertos, sistemas de información ejecutiva, sistemas de soporte de grupo, sistemas de visualización de datos, sistemas de soporte de decisiones organizacionales, entre otros. Los conceptos de algunos autores se describen a continuación.

Gorry y Scott Morton definieron el DSS como “un sistema interactivo basado en computador, el cual ayuda a los tomadores de decisiones, utiliza datos y modelos para resolver problemas no estructurados<sup>56</sup>”. Keen y Scott Morton suministraron otra clase de definición: “los sistemas de soporte a las decisiones acoplan los recursos intelectuales de las personas con las capacidades del computador para incrementar la calidad de las decisiones. Esto es un sistema de soporte basado en computador, para los tomadores de decisiones administrativas quienes se enfrentan a problemas semiestructurados<sup>57</sup>”.

Moore y Chang argumentaron que el concepto desestructurado hace parte de las primeras definiciones de los DSS, lo que no es ampliamente significativo puesto que la determinación de la estructura del problema depende tanto de la visión del tomador de decisiones como de la situación en

<sup>56</sup> GORRY y SCOTT MORTON, Op. cit.

<sup>57</sup> KEEN y SCOTT MORTON, Op. cit.

particular. De esta manera, ellos definieron un DSS como un “sistema amplio, capaz de soportar análisis de datos ad hoc y modelar decisiones orientadas hacia la planeación del futuro, empleado durante intervalos irregulares y no planeados<sup>58</sup>”.

Bonczek et al. definieron un DSS como un sistema basado en computador que contiene tres componentes interactuando: un sistema de lenguaje (mecanismo que provee comunicación entre el usuario y los demás componentes del DSS), un sistema de conocimiento (repositorio de problemas de dominio de conocimiento incorporados en el DSS como datos y procedimientos) y un sistema de procesamiento de problemas (un vínculo entre los otros dos componentes, que contiene uno o más de las capacidades de manipulación de problemas generales requeridos para la toma de decisiones). Los conceptos suministrados por esta definición se consideran importantes para el entendimiento de las relaciones entre los DSS y el conocimiento<sup>59</sup>.

Peter Keen aplicó el término DSS a “situaciones donde un sistema *final* puede ser desarrollado solamente a través de un proceso adaptable de aprendizaje y evolución<sup>60</sup>”. Así, él definió un DSS como el producto de un proceso de desarrollo en el cual el usuario del DSS, la construcción del DSS, y el DSS en sí mismo, son capaces de influenciar otros, obteniendo como resultado el desarrollo de los modelos de uso y del sistema.

Turban y Aronson precisaron el término DSS como un “sistema de información basado en computador, interactivo, flexible y adaptable, especialmente desarrollado para soportar la solución de problemas administrativos no estructurados con el propósito de mejorar la toma de decisiones. Éste utiliza datos, proporciona una interfase de fácil uso y permite al tomador de decisiones emplear su propia intuición<sup>61</sup>”. Sin embargo en la siguiente versión de su libro<sup>62</sup>, no proponen una definición exacta del sistema argumentando que cada uno de estos sistemas trata una población específica diferente, además de que cada autor ignora colectivamente el propósito general de un DSS que es *soportar y mejorar* el proceso de toma de decisiones.

Power expuso las siguientes ideas acerca del concepto: “un DSS es un sistema interactivo de computador que intenta ayudar al tomador de decisiones. Apoya al administrador a recuperar, resumir y analizar los datos relevantes a la situación. Estos pueden ser principalmente DSS orientados a los datos y a los modelos, es decir, el puede ser un DSS empresarial que soporte a un grupo de administradores en una red de trabajo, dentro de un ambiente cliente/servidor y con un almacén de datos especializado o un DSS de escritorio, de usuario individual que opera sobre el computador de la oficina de un gerente. La construcción de un DSS comienza con la comprensión del tipo de sistema de computador que se planea diseñar y construir”<sup>63</sup>.

En el año 2004, Power actualizó su artículo y presentó la siguiente definición: “En general, los sistemas de soporte de decisiones (DSS) son una clase de sistemas de información computarizados que soportan las actividades de la toma de decisiones de negocios y organizacionales. Un DSS es un sistema interactivo basado en software que intenta ayudar al tomador de decisiones a compilar, analizar y manipular información proveniente de datos sin procesar, documentos, estructuras de conocimiento y modelos de negocios para identificar y solucionar problemas y toma de decisiones. Un

---

<sup>58</sup> MOORE Y CHANG, Op. cit.

<sup>59</sup> BONCZEK, Op. cit.

<sup>60</sup> KEEN, Op. cit.

<sup>61</sup> TURBAN y ARONSON. Decision support systems and intelligent systems. 5<sup>th</sup> ed Op. cit., p. 77.

<sup>62</sup> TURBAN y ARONSON, Decision support systems and intelligent systems. 6<sup>th</sup> ed. Op. Cit., p. 97.

<sup>63</sup> POWER, What is DSS?. Op. cit., 1997.

DSS es un sistema de software y hardware específico empleado en una situación específica como parte de un proceso de decisión<sup>64</sup>.

Otra definición se presenta en Marakas el cual consideró tres temas importantes antes de definir un DSS: la estructura del problema; la tecnología que soporta el sistema y el control administrativo. Basado en estos tres tópicos Marakas precisó que "un sistema de soporte de decisiones es un sistema que está bajo el control de uno o más tomadores de decisiones que ayudan en la actividad de toma de decisiones que suministran un conjunto organizado de herramientas con la intención de imponer estructura sobre porciones de la situación de toma de decisiones e incrementar la eficacia de los resultados de la decisión"<sup>65</sup>.

Clyde Holsapple lo define como "un sistema que suplementa, complementa o amplía las fuentes de conocimiento y las capacidades de procesamiento de conocimiento de un usuario encargado de la toma de decisiones"<sup>66</sup>. En estos tipos de sistemas siempre se piensa en la tecnología y rara vez se considera la existencia de un sistema de soporte de decisiones humano (HDSS<sup>67</sup>) esto es, que un sistema puede ser una persona o una entidad social. Dentro de su definición, reconoce que la toma de decisiones es un proceso intensivo y continuo de conocimiento, esto es, que el tomador de decisiones es visto como un procesador de conocimiento que, en el curso de un evento de toma de decisiones puede adquirir conocimiento, seleccionar conocimiento almacenado previamente, generar nuevo conocimiento, asimilar conocimiento y emitir conocimiento. Un DSS puede ayudar al tomador de decisiones en varias actividades durante el proceso.

Desafortunadamente una definición formal de DSS no se encuentra establecida aún puesto que cada uno piensa en su concepto de acuerdo a las necesidades que desea resolver, en otras palabras, cada situación en particular puede requerir el desarrollo de un sistema específico con características tanto de software como de hardware diferentes; cabe resaltar que la visión del tomador de decisiones respecto al problema y su entorno proporciona un ingrediente más ante la dificultad de organizar las ideas que permitan concretar un concepto universal.

### 1.2.3 Génesis y transformación histórica

Los computadores han sido utilizados como herramientas para el soporte del proceso de toma de decisiones administrativas por más de cuatro décadas. Una visión evolutiva de los sistemas de información basados en computador ha tenido unos fuertes fundamentos lógicos. El primero, existe una secuencia clara a través del tiempo: los sistemas de procesamiento transaccional aparecieron a mediados de los años 1950's; seguido de los sistemas de información gerencial en los años 1960's, los sistemas de automatización de oficinas fueron desarrollados principalmente en los años 1970's y los DSS fueron un producto de los años 1970's expandido en los años 1980's. Las aplicaciones comerciales tales como los sistemas expertos y los sistemas de información ejecutiva emergieron en los años 1980's. En los años 1990's surgieron los sistemas de soporte grupales y la computación neuronal, además de muchos sistemas de computador híbridos o integrados. Entrando al siglo XXI, las aplicaciones se inclinaron hacia la Web, el uso de métodos de administración de conocimiento y la incorporación de las capacidades de los sistemas de soporte dentro de la administración para la planeación de los recursos de la empresa.

---

<sup>64</sup> POWER, What is DSS?. Op. cit., 2004.

<sup>65</sup> MARAKAS, Op. cir, pp. 3-4.

<sup>66</sup> POWER, D. J. Clyde Holsapple interview: big picture about dss. En: DSS Resources. COM. February 11, 2005.

<sup>67</sup> Human Decision Support Systems.

El segundo, existe una tecnología en común asociada a los diferentes tipos de sistemas de información basados en computador, los cuales han evolucionado considerablemente a través del tiempo. Y un tercer fundamento, son los vínculos sistémicos en la forma en la cual cada sistema procesa datos dentro de la información.

Reconstruir la historia sobre los orígenes de este tipo de sistemas no es una tarea sencilla puesto que la tecnología empelada ha sido tan diversa que diferentes personas han percibido el campo desde varios puntos y ellos a su vez describen lo que sucedió y lo que consideran importante dentro de los hechos. La historia es a la vez una guía para la actividad futura en esta área y un registro de las ideas y acciones de quienes han colaborado en el avance del pensamiento y la práctica de este tema.

#### 1.2.3.1 Orígenes

El primer computador comercial estuvo disponible en el año 1951 y sus primeros usos se dieron en dos campos. El primero de ellos fue en un proyecto de milicia a cargo de la Universidad de Michigan y el Centro de Investigaciones Run Willow entre 1952 y 1955. Allí se desarrolló un sistema de asignación de armas para ser utilizado en la defensa de bombarderos. La idea fue mejorar la calidad del sistema británico de mujeres en la milicia quienes se encargaban de desplazar íconos alrededor de un mapa horizontal con base en reportes de radar y cuyo trabajo era empleado por los comandantes para tomar decisiones acerca de la asignación de interceptores para la protección contra los bombarderos. La mejora en la calidad de estas actividades involucró el uso de los computadores como fuentes de datos.

El segundo uso se dio en los negocios alrededor de 1954. La importancia de los computadores en el área de la gerencia y la administración fue algo parsimoniosa. Históricamente los sistemas para el procesamiento y creación de repositorios de datos no han sido de interés para los investigadores académicos, un ejemplo de ello fue la tarjeta perforadora la cual resultó exitosa pero no se mostró como una tecnología interesante. El cambio de pensamiento para que esta área comenzara a considerarse fue el hecho de no emplear los computadores únicamente como máquinas para el procesamiento de datos sino como máquinas con capacidades para modelar, simular, analizar y apoyar el proceso de toma de decisiones. El soporte intelectual provino de los campos de la investigación de operaciones y las ciencias de la administración, áreas que suministraron el estímulo necesario para utilizar los computadores en el soporte de las actividades gerenciales y la toma de decisiones.

Los sistemas de ayuda a la toma de decisiones se desarrollaron tempranamente en la era de la computación distribuida. La historia de tales sistemas comienza alrededor de 1965 y esto es importante para formalizar un registro de las ideas, las personas, los sistemas y las tecnologías involucradas en esta importante área de aplicación de la tecnología.

#### 1.2.3.2 Los conquistadores

Como se mencionó anteriormente, las áreas de investigación de operaciones y ciencias de la administración se convirtieron en el pilar intelectual para la utilización de los computadores en el soporte de las tareas ejecutivas. Leavitt y Whisler<sup>68</sup> en su artículo, proyectan un mundo en el cual los ejecutivos podrán ser orientados por el equipo de investigación de operaciones empleando computadores para hacer sofisticado el modelamiento, la simulación y el análisis de sus actividades.

---

<sup>68</sup> LEAVITT, H. J. y WHISLER T. L. Management in the 1980's. En: Harvard Business Review Article. (November 1°, 1958); 8p.

En otras palabras, presentaron dos fuertes tendencias en el uso de los computadores dentro de la organización, la primera fue la automatización de los procesos transaccionales y los reportes de rutina y la segunda el soporte en el análisis y la toma de decisiones. La combinación de estas preferencias fue calificada con Sistemas de Información Gerencial (MIS<sup>69</sup> por sus siglas en inglés) con énfasis en el segundo papel.

El soporte a las decisiones como una parte importante de los sistemas de información gerencial emergentes se soportó en la fuerte confianza de los trabajos de Simon<sup>70</sup> y Anthony<sup>71</sup>. El libro más citado en la literatura de los primeros MIS fue la monografía de Anthony sobre el uso de la gerencia en la información. Simon cambió el pensamiento con respecto a la toma de decisiones; Anthony suministró un marco de referencia conceptual y la ciencia de la administración proporcionó las herramientas necesarias.

Antes de 1965, era muy costoso construir sistemas de información a gran escala. Para esta época el desarrollo del Sistema 360 de IBM y otros sistemas de computador poderosos hicieron de este proceso una tarea mas práctica y rentable para desarrollar MIS en las compañías grandes (Davis<sup>72</sup>). Los primeros MIS se centraron en proporcionar a los responsables informes estructurados y periódicos; la mayoría de la información de estos informes provenía de los sistemas de contables y de transacciones.

Para finales de la década de los años 60's, se dio inicio al desarrollo de una nueva clase de sistemas de información orientados a los modelos. Dos pioneros de los DSS, Peter Keen y Charles Stabell, afirmaron que el concepto del soporte de decisiones evolucionó a partir de "los estudios teóricos de toma de decisiones en la organización que se llevaron a cabo en el Instituto Tecnológico de Carnegie a finales de la década de los 50's y principios de los años 1960's y el trabajo técnico sobre sistemas de computador interactivos desarrollados principalmente por el Instituto Tecnológico de Massachussets en los años 1960's"<sup>73</sup>.

Alrededor de los años setenta las publicaciones sobre los sistemas de decisión gerenciales, los sistemas de planeación estratégica y los sistemas de soporte a la decisión comenzaron su auge. Por ejemplo, Scott Morton junto con McCosh<sup>74</sup> y Stephens<sup>75</sup> publicaron numerosos artículos sobre la ayuda a las decisiones en 1968; Ferguson y Jones<sup>76</sup> trataron en la revista Management Science un sistema automatizado de ayuda a la decisión. El trabajo doctoral de Scott Morton<sup>77</sup> desarrollado entre 1966 y 1967, estudió cómo los computadores y los modelos analíticos podían ayudar a los administradores a tomar decisiones claves. Él dirigió un experimento en el cual los gerentes utilizaron realmente un sistema de decisión gerencial en el área de producción y ventas. Su disertación

---

<sup>69</sup> Management Information Systems.

<sup>70</sup> SIMON, Op. cit.

<sup>71</sup> ANTHONY, Op. cit.

<sup>72</sup> DAVIS, G. Management information systems: conceptual foundations, structure and development. New York: Mc Graw Hill, 1974.

<sup>73</sup> KEEN y SCOTT MORTON, Op. cit., prefacio.

<sup>74</sup> SCOTT MORTON, M. S. y Mc COSH, A. M.. Terminal costing for better decision. En: Harvard Business Review. Vol. 46, no. 3, 1968.

<sup>75</sup> SCOTT MORTON, M. S. y STEPHENS, J. A. The impact or interactive visual display system on the management planning process. En: IFIP Congress (2), pp. 1178 – 1184, 1968.

<sup>76</sup> FERGUSON, R. L. y JONES, C. H. A computer aided decision system. En: Management Science. (June, 1969), pp. B550 – B561.

<sup>77</sup> SCOTT MORTON, Computer-driven visual display devices: the impact on the management decision-making process. Doctoral Dissertation, Harvard Business School. 1967.

investigativa fue pionera en la implementación, definición y pruebas de investigación de un sistema de soporte de decisiones orientado al modelo. En 1971<sup>78</sup> publicó su libro titulado "*Management Decision Systems: Computer-based support for decision making*".

T.P. Gerrity, Jr., enfocó las características del diseño de DSS en su artículo publicado en 1970 titulado "*The Design fo Man-Machine Decision Systems: An Apllication to Portafolio Management*<sup>79</sup>". Su diseño permitió ayudar a los gerentes en la administración diaria del portafolio de clientes y ha evolucionado a grandes pasos desde que Gerrity comenzó su investigación.

En 1970, J. D. C. Little expandió las fronteras de los modelos de soporte computarizados. El DSS de Little denominado *Brandaid* fue diseñado para soportar productos, promociones, precios y publicidad. Él definió los el cálculo en la decisión como un "conjunto de procedimientos basados en modelos para el procesamiento de datos y juicios para asistir al administrador en su toma de decisión". A su vez identificó los criterios para diseñar modelos y sistemas para soportar la toma de decisiones gerenciales. Sugirió que para que tal sistema tuviera éxito, éste debería ser:

- ★ Simple, fácil de entender;
- ★ Robusto, fuerte para obtener respuestas absurdas;
- ★ Fácil de controlar, que el usuario conozca que entradas requiere para producir las respuestas deseadas;
- ★ Adaptable, que el sistema pueda ser ajustado a nueva información requerida;
- ★ Completo, que el fenómeno importante pueda ser incluido otra vez si se requiere una nueva estimación de sus efectos;
- ★ Fácil de interactuar con él, que el usuario pueda rápida y fácilmente cambiar las entradas y que obtenga y entienda las salidas<sup>80</sup>.

Estos criterios siguen siendo pertinentes en el modo de evaluar sistemas de soporte a las decisiones.

En 1974 Gordon Davis, profesor de la Universidad de Minnesota, presentó un marco de referencia donde visualizó la administración y el soporte a la decisión como el resultado natural de las bases intelectuales de los sistemas de información administrativos. En su libro define los sistemas de información gerenciales como "*un sistema integrado hombre-máquina que provee información para soportar las funciones de operación, gerencia y toma de decisiones en una organización*"<sup>81</sup>. Esta publicación proporcionó el escenario necesario para el desarrollo de unas bases amplias en la investigación y práctica de los DSS.

### 1.2.3.3 La catequización

Las publicaciones sobre la teoría y la aplicación relacionadas con los sistemas de soporte a las decisiones se discutieron inicialmente en conferencias académicas a finales de los años 1970, en las

---

<sup>78</sup> SCOTT MORTON, *Management decision systems: computer-based support for decision making*. Boston, Division Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1971.

<sup>79</sup> GERRITY, T.P. Jr. The design of man-machine decision system. *En*: Sloan Management Review. Vol. 12, no. 2, (Winter, 1971), pp. 59 – 75.

<sup>80</sup> LITTLE, Op. cit., p. B470.

<sup>81</sup> DAVIS, Op. cit., p. 5.

cuales se proporcionaron los espacios necesarios para compartir las ideas, los métodos y la información referente al tema; la primera conferencia internacional se llevo a cabo en Atlanta, Georgia en 1981. Además de estas conferencias, las reuniones del American Institute for Decision Systems y la Association of Computing Machinery – Special Interest Group on Business Data Processing (ACM SIGBDP) sirvieron de marco para la exposición y el intercambio de conocimientos. Numerosas disertaciones del Massachusetts Institute Technology a mediados y finales de 1970 trataron los problemas relacionados con el uso de los modelos para la toma de decisiones. La investigación desarrollada por Peter Keen y Scott Morton<sup>82</sup> en este instituto fue bastante influyente, la publicación de su libro en 1978 suministro una amplia orientación sobre el comportamiento en el análisis, diseño, implementación, evaluación y desarrollo de los DSS.

Steven Alter<sup>83,84</sup> amplió el marco de conocimiento respecto a los DSS gerenciales. En los casos de estudios presentados en sus documentos fundamentó la base descriptiva para los diferentes tipos de DSS a través de una taxonomía que serviría de guía para el diseño e implementación de sistemas y como un marco de referencia para la investigación y comunicación de estos sistemas. En 1980<sup>85</sup> su disertación doctoral del MIT fue publicada en un libro titulado *“Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge”*. Allí, entre otros aspectos, definió la diferencia entre los DSS y los sistemas de procesamiento de datos electrónicos tradicionales mediante el análisis de cinco dimensiones: uso, usuario, meta, horizonte de tiempo y objetivo.

En 1979, John Rockart<sup>86</sup> del Harvard Business School publicó un artículo en el cual se plantearon las pautas para el desarrollo de sistemas de información ejecutiva (EIS<sup>87</sup>) o Sistemas de Soporte Ejecutivos (ESS<sup>88</sup>). En 1981 Bonczek, Holsapple y Whinston<sup>89</sup> crearon un marco de trabajo teórico para el entendimiento de los problemas asociados con el diseño de los DSS orientados al modelo. En su libro muestran cómo las tecnologías de Inteligencia Artificial (AI<sup>90</sup>) y Sistemas Expertos (ES<sup>91</sup>) fueron relevantes para el desarrollo de DSS.

Un aporte importante al desarrollo de los DSS fue el libro de Ralph Sprague y Hugh Watson<sup>92</sup> titulado *“Building Effective Support Systems”*. En éste se presentó una expansión del marco de referencia de Sprague<sup>93</sup> propuesto en 1980, en cuanto a la base de datos, la base de modelos, la generación de diálogos y el software administrador. También suministró una descripción práctica y comprensible de cómo las organizaciones podían y deberían construir DSS. Aunque su libro generó, para algunos, expectativas poco reales, los problemas no se presentaron tanto por los límites del concepto tratado

---

<sup>82</sup> KEEN y SCOTT MORTON, Op. cit.

<sup>83</sup> ALTER, S. L. A Study of computer aided decision making in organizations. Ph. D. dissertation, M.I.T., 1975.

<sup>84</sup> ALTER, Why is man-computer interaction for decision support systems?. En: Interfaces. Vol. 7, no. 2, (1977); pp. 109 – 115.

<sup>85</sup> ALTER, Op. cit., 1980.

<sup>86</sup> ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. En: Harvard Business Review. Vol. 67, no. 2 (March-April, 1979); pp. 81 – 93.

<sup>87</sup> Executive Information Systems.

<sup>88</sup> Executive Support Systems.

<sup>89</sup> BONCZEK, HOLSAPPLE y WHINSTON, Op. cit.

<sup>90</sup> Artificial Intelligent.

<sup>91</sup> Expert Systems-

<sup>92</sup> SPRAGUE, R. H. y WATSON, H. J. Building effective decision support systems. New Jersey: Prentice-Hall, 1982.

<sup>93</sup> SPREGUE, R. H. A framework for the development of decision support systems. En: Management Information Systems Quarterly. Vol. 4, no. 4, (Dec, 1980); pp. 1 – 26.

por ellos sino debido a los límites de las tecnologías existentes para la construcción de DSS en esos momentos.

#### 1.2.3.4 La expansión de creencias

Un número considerable de investigadores y empresas, hacia finales de la década de 1970, desarrollaron la construcción de sistemas de información interactivos que utilizaban datos y modelos para apoyar a los administradores en el análisis de problemas semiestructurados. A tales sistemas se les denominó Sistemas de Soporte a las Decisiones. Desde sus orígenes se hizo evidente una característica importante y fundamental en el diseño de los DSS: la ayuda a los tomadores de decisiones en cualquier nivel de la organización.

Los DSS podían soportar toma de decisiones operacionales, de gerencia financiera y estratégica; a la vez emplear datos espaciales en un sistema como el Geodata Analysis and Display System (GADS)<sup>94</sup>, datos multidimensionales estructurados y documentos no estructurados<sup>95</sup>. Los paquetes estadísticos y los modelos de optimización y simulación también fueron empleados en la construcción de los DSS. El área de la AI comenzó a aparecer a principios de los años 1980 con el desarrollo de los sistemas expertos de negocios y administración.

Los sistemas de planeación financiera proporcionaron un lenguaje de fácil interpretación y manejo por parte de los gerentes para la creación de modelos convirtiéndose en herramientas populares dentro del área de los DSS<sup>96</sup>. Uno de estos sistemas fue el Interactive Financial Planning Systems (IFPS) desarrollado por Gerald R. Wagner y estudiantes de la Universidad de Texas a finales de los años 1970. Este software fue distribuido por la compañía Execucom Systems, propiedad de Warger, hasta mediados de los años 90's.

A comienzos de los años 1980 las hojas de cálculo comenzaron a emplearse en la construcción de DSS orientados al modelo<sup>97</sup>. Una de las principales desventajas de éstas con respecto a los lenguajes es que el modelo en el último está escrito en lenguaje natural y puede ser independiente de los datos.

Durante este mismo periodo de tiempo, los investigadores académicos desarrollaron una nueva categoría de software para la toma de decisiones en grupo (Gray<sup>98</sup>, Huber<sup>99</sup>, Turoff y Hiltz<sup>100</sup>). Dos de los primeros GDSS<sup>101</sup> fueron los sistemas: Mindsight de Execucom Systems, desarrollado por la Universidad de Arizona y SAMM desarrollado por la Universidad de Minnesota. En 1984 Brent Galluo, aspirante a Ph.D. de la Universidad de Minnesota decidió "programar su propio sistema GDSS en

---

<sup>94</sup> GRACE, B. F. Training users of a decision support systems. En: IBM Research Report RJ1970, IBM Thomas J. Watson Research Laboratory, May 31, 1976).

<sup>95</sup> SWASON, E. B. y CULNAN, M. J. Document-based systems for management planning and control: a classification, survey, and assessment. En: MIS Quarterly. Vol. 2, no. 4 (Dec, 1978); pp. 31 – 46.

<sup>96</sup> GRAY, P. Guide to IFPS (Interactive Financial Planning Systems). New York: Mc Graw Hill book Company, 1987. p. 3.

<sup>97</sup> POWER, A Brief history of Spreadsheets. En: DSS Resources.COM. URL <http://dssresources.com/history/sshistory.html>, version 3.3. March 11, 2000.

<sup>98</sup> GRAY, The SMU decision room project. En: Transactions of the 1<sup>st</sup> International Conference on Decision Support Systems (Atlanta, Ga). 1981; pp. 122 – 129.

<sup>99</sup> HUBER, G. P. Group decision support systems as aids in the use of structure group management techniques. En: Transactions of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Decision Support Systems. 1982; pp. 96 – 103.

<sup>100</sup> TUROFF, M. y HILTZ, S. R. Computer support for group versus individual decisions. En: IEEE Trans. Communications, COM-30. Vol. 1, no. 1 (1982); pp. 82 – 90.

<sup>101</sup> Group Decision Support Systems.

Basic y ponerlo a funcionar en un computador VAX de su universidad<sup>102</sup>. Con este hecho se dio inicio a las investigaciones sobre GDSS en la Universidad de Minessota.

Desde mediados de los años 1980's muchos investigadores han examinado los impactos y las consecuencias de los GDSS y los Groupware. Según Jay Nunamaker, Jr., y sus colegas, "el concepto fundamental para los sistemas de grupo tuvo sus inicios en 1965 con el desarrollo del lenguaje PSL/PSA<sup>103</sup> como parte de un proyecto del Instituto de Tecnología – ISDOS (Information System Design and Optimization System)<sup>104</sup>". Para 1984 la Universidad de Arizona construyó el sistema PLEXSYS el cual proporcionó ayuda en las reuniones de grupo a través de la asistencia del computador.

Los EIS iniciales evolucionaron hacia los DSS orientados al modelo de usuario individual mejorando los productos de la base de datos relacional. El primer EIS utilizó información predefinida en pantalla y fue administrado por analistas para los altos ejecutivos. Diferentes categorías de DSS se definieron, cada una de ellas provino de características especiales, por ejemplo, en 1978 se desarrolló un EIS denominado Management Information and Decision Support System<sup>105</sup>. A comienzos de la década de 1990, con los sistemas datawarehouse (almacén de datos) y el procesamiento analítico en línea – OLAP se expandieron los EIS dando origen a otra categoría llamada DSS orientado a los datos<sup>106</sup>.

#### 1.2.3.5 Trueque tecnológico

Durante la década de 1990, las tecnologías de bases de datos relacionales fueron utilizadas en la construcción de DSS orientados a los datos, Oracle y DB2<sup>107</sup> eran las más comunes<sup>108,109</sup>. Los DSS orientados a los modelos se encontraban bajo el dominio de la investigación de operaciones y éstos no hacían parte de los sistemas de información. Ralph Kimball y Bill Inmon se centraron en la construcción de DSS orientados a los datos, el primero de ellos es llamado el "doctor de los DSS"; Bill Inmon el "padre de los datawarehouse". Éste último definió un DSS como "un sistema utilizado para el soporte de las decisiones gerenciales. Usualmente el DSS involucra el análisis de muchas unidades de datos de manera heurística. Como una regla, el procesamiento de DSS no involucra actualización de datos<sup>110</sup>".

A principios de los años 1990's, el principal cambio tecnológico se dio sobre la plataforma de desarrollo de los DSS, la cual pasó del computador personal a una arquitectura Cliente/Servidor. Entre 1992 y 1993 se comenzó a recomendar la tecnología orientada a objetos para la construcción *reusable* de las capacidades de soporte de decisiones. En 1994, gran cantidad de empresas

---

<sup>102</sup> DICKSON, G. w., POOLE, M. S. y DeSANTICS. G. an overview of the gdss research project and the samm system. En: Bosttrom, R. P, Watson, R. T. y Kinner S. T. Computer augmented teamwork: a guide tour. New York: Van Nostrand Reinhold. (1992); pp. 163 – 179.

<sup>103</sup> Problem Statement Language/Problem Statement Analyzer.

<sup>104</sup> NUNAMAKER, J. H. et al. Groupsystems. En: Bosttrom, R. P, Watson, R. T. y Kinner S. T. Computer augmented teamwork: a guide tour. New York: Van Nostrand Reinhold. (1992); p.144.

<sup>105</sup>.HOUDESH, G. y WATSON, H. The management information and decision support (mids) system at Lockheed-Georgia. En: MIS Quarterly. Vol. 11, no. 1 (March, 1987).

<sup>106</sup> DHAR, V. y STEIN, R. Intelligent decision support methods: the science of knowledge. New Jersey: Prentice – Hall, 1997.

<sup>107</sup> Universal Database – Sistema administrador de base de datos relacionales de IBM.

<sup>108</sup> IMMON W. H. Using oracle to build decision support systems. QED. Press, 1990.

<sup>109</sup> KIMBALL, R. W. et al. The data warehouse lifecycle toolkit. New York: John Wiley and Sons, 1998. URL <http://www.ralphkimball.com>

<sup>110</sup> URL <http://www.billinmon.com>

incrementaron la calidad de la infraestructura en las redes de trabajo; a la vez que los proveedores de sistemas administradores de bases de datos – DBMS<sup>111</sup> “reconocieron que el soporte a la decisión era diferente de OLTP<sup>112</sup> y comenzaron a implementar las capacidades reales de OLAP dentro de sus bases de datos”<sup>113</sup>. Alrededor de 1993 dos nichos tecnológicos comenzaban a converger: los datawarehouse y los EIS. Para 1995, los datawarehouse y la World Wide Web comenzaron a impactar a los profesionales y académicos interesados en las tecnologías de soporte de decisiones especialmente con los DSS orientados a la Web, otra categoría más de estos sistemas<sup>114,115</sup>.

Los orígenes y el desarrollo de los DSS tienen relativamente un corto periodo de vida lo que hace aún posible su reconstrucción histórica sin perder detalles importantes. Sin embargo la recopilación del material publicado e inédito que existe sobre el tema es dispendiosa ya que mucho se ha escrito relacionado con el tema considerando además que pasados casi 40 años aún no se ha podido dar una definición formal del concepto DSS. Algunos de los pioneros de los DSS ya han desaparecido pero sus ideas y acciones se pueden capturar para guiar la futura innovación en este campo. Los conceptos y las tecnologías evolucionan constantemente, como el caso de la Internet y la Web las cuales tienen desarrollos de alta velocidad, suministrando apoyo en diversas áreas, no solo administrativas, también en la preservación de los recursos naturales, atención a desastres, inundaciones, entre otros, proporcionando nuevas formas de capturar y documentar el desarrollo del conocimiento en esta área de la investigación.

Los primeros científicos en este campo incluyen académicos de los programas del MIT, Universidad de Arizona, Universidad de Hawaii, Universidad de Minnesota y Universidad de Purdue. Los conquistadores de DSS crearon particulares y diferentes corrientes tecnológicas de desarrollo e investigación que son la base del trabajo actual en DSS.

#### 1.2.4 ¿Cómo están organizados?

Frecuentemente los términos taxonomía, tipología, marco de trabajo y modelo conceptual tienden a tratarse indistintamente en la literatura. Sin embargo se considera importante realizar una aclaración de estos vocablos antes de comenzar a tratarlos.

Aplicando los conceptos presentados en el diccionario de la Real Academia Española (<http://rae.es>) al área en particular, se puede decir que la taxonomía trata los principios, métodos y fines de la clasificación cuyo resultado es la ordenación jerarquizada y sistemática de los objetos. Por tipología se entiende la clasificación de los objetos por tipos los cuales se excluyen de las cosas a las cuales están relacionadas. Un marco de referencia presenta una propuesta de organización de estos objetos y un modelo conceptual muestra cómo se relacionan las ideas. El objetivo general es proporcionar un conjunto de etiquetas que faciliten la organización y la categorización de la información. A continuación se presentan algunas de las ideas más importantes referentes a estos términos.

---

<sup>111</sup> Data Base Management Systems.

<sup>112</sup> On-Line Transactional Processing.

<sup>113</sup> POWELL, R. DM Review: A 10 year journey. En: DM Review. URL <http://www.dmreview.com>

<sup>114</sup> POWER, Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. Prepared for ACMIS 2000, Americas Conference on Information Systems, Long Beach, CA. August 10<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup>, 2000.

<sup>115</sup> BHARGAVA, H. y POWER, D. J. Decision Support systems and web technologies: a status reports. Proceedings of the 2001 Americas Conference on Information Systems, Boston, MA, August 3 – 5, 2001.

#### 1.2.4.1 Ingredientes

Para obtener una definición formal de lo que es un DSS se debe tener en cuenta un sinnúmero de factores lo cuales a su vez pueden incluir otros como por ejemplo lo objetivos a alcanzar, el contexto de la situación, los participantes, los resultados esperados, etc. De la misma forma, definir o clasificar estos sistemas en términos de sus componentes comprende un gran número de elementos que convierten esta labor en una tarea dispendiosa. Diferentes autores han propuesto diversas formas de clasificar estos sistemas por sus partes componentes, algunos modelos se describen a continuación.

Sprague y Watson<sup>116</sup> presentaron las partes componentes de un DSS y las relaciones existentes entre las partes como el *Paradigma DDM* – Diálogo, Datos y Modelos. En esta conceptualización, el diálogo se sucede entre el usuario y el sistema; los datos soportan el sistema y los modelos proporcionan las capacidades para el análisis. Además consideraron que a pesar de que estos componentes difieren entre aplicaciones, estos siempre existen dentro de estos sistemas.

- ★ *Componente de diálogo*; dentro del cual es importante reconocer quién o quiénes serán los potenciales usuarios del sistema; el usuario debe contemplar la pertinencia de utilizar el sistema, las opciones para dirigir las acciones del sistema y las alternativas de presentación de las respuestas del sistema. Este componente a su vez está conformado por una base de conocimiento en la cual el usuario conoce acerca de la decisión y de cómo usar el sistema; un lenguaje de acción que corresponde a las opciones que posee el usuario para operar el DSS, por ejemplo métodos de pregunta y respuesta, menús orientados y lenguajes de comando; finalmente un lenguaje de presentación el cual contiene las formas de visualizar los resultados del análisis, por ejemplo impresión de reportes, salidas gráficas, animaciones y reportes de voz.
- ★ *Componente de datos*; este componente juega un papel importante dentro de la aplicación DSS. El usuario puede acceder directamente a los datos o éstos pueden ser la entrada dentro de un modelo a procesar. Algunos datos pueden provenir de sistemas de procesamiento transaccional, bases de datos a través de DBMS, información interna y externa, y datos basados en documentos de la organización, como cartas, memorandos y contratos, almacenados en distintos formatos.
- ★ *Componente de modelos*; suministra las capacidades para el análisis dentro del sistema. Representaciones matemáticas y procesos algorítmicos se pueden emplear par generar información que soporte la toma de decisiones. La base de modelos es el elemento importante dentro de este componente. Algunos modelos pueden ser: estratégicos, tácticos, operacionales, además de la construcción de bloques y subrutinas de modelos.

Otra manera de definir las partes que conforman un DSS se propone en Turban<sup>117</sup>. Las configuraciones para el soporte a las decisiones pueden ser variadas y dependen de la naturaleza de la situación de decisión y de las tecnologías específicas empleadas para el soporte. Turban reúne estas tecnologías en cuatro subsistemas básicos: *datos*, *modelos*, *conocimiento* e *interfase de usuario*, que a su vez se pueden administrar a través de software comercial o programado para una función específica. La forma en la cual se agrupan estos subsistemas define sus principales capacidades y la naturaleza del soporte suministrado. A continuación se explican brevemente.

---

<sup>116</sup> SPRAGUE, R. H. Jr. y WATSON, H. J. Decision support systems: putting theory into practice, 2nd Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1989. pp. 107 – 130.

<sup>117</sup> TURBAN Y ARONSON, 2001, Op. cit., pp. 100 – 110.

- \* *Subsistema administrador de datos*; incluye una base de datos la cual contiene los datos relevantes a la situación y es administrada por un software administrador (DMBS<sup>118</sup>). Los elementos que componen este subsistema incluyen: la base de datos del DSS; el sistema administrador de base de datos; el directorio de datos y la facilidad de consulta.
- \* *Subsistema administrador de modelos*; corresponde a un paquete de software que contiene modelos financieros, estadísticos, administrativos, cuantitativos, entre otros; los cuales proporcionan las capacidades analíticas del sistema y el software administrador apropiado. Este software es comúnmente llamado sistema administrador de base de modelos (MBMS<sup>119</sup>). Estos componentes se relacionan con modelos de almacenamiento corporativo o externo. Los elementos que componen este subsistema son: la base modelos; el sistema administrador de la base de modelos; el lenguaje de modelado; el directorio de modelos y los modelos de ejecución, integración y el procesador de comandos.
- \* *Subsistema administrador de base de conocimiento*; el cual puede soportar cualquiera de los otros subsistemas o actuar como un componente independiente. Este subsistema se puede conectar con repositorios de conocimientos de la organización, los cuales se denominan base de conocimiento organizacional. Los problemas semiestructurados o no estructurados a veces resultan tan complejos que se requiere la experiencia para su solución, destreza que puede ser suministrada por un sistema experto o un sistema inteligente. Este componente puede suplir el requerimiento del experto para solucionar algunos aspectos del problema y suministrar conocimiento que mejore la operación de los demás componentes del DSS.
- \* *Subsistema de interfase de usuario (subsistema de diálogo)*; a través de este subsistema el usuario se comunica y manipula el DSS. El usuario se considera parte del sistema. Los investigadores aseguran que algunas de las contribuciones de los DSS se derivan únicamente de la intensa interacción entre el computador y el tomador de decisiones. Este componente cubre todos los aspectos de comunicación entre el usuario y el DSS; no solamente en lo que se refiere a software y hardware sino también a los factores a los que se enfrenta tales como facilidad de uso, accesabilidad e interacciones hombre-máquina. Se considera importante que este subsistema ofrezca las características de flexibilidad, facilidad de uso y poder de dominio pues de lo contrario se convertirían en razones de peso para que los tomadores de decisiones no utilizaran los computadores y los diferentes modelos de análisis. El navegador de la Internet se reconoce como una herramienta efectiva para la interfase de un DSS.

Marakas<sup>120</sup> organiza los componentes generales de un DSS en cinco sistemas diferentes.

- \* *Sistema administrador de datos*; este componente recupera, almacena y organiza los datos relevantes en un contexto particular de decisión. Adicionalmente suministra algunas funciones de seguridad, procedimientos para la integración de los datos y responsabilidades de la administración de los datos asociadas con el uso de los DSS, tareas que son ejecutadas dentro de este sistema para diferentes subsistemas tales como las bases de datos, los sistemas administradores de la base de datos, los repositorios de datos y las facilidades de consulta de los datos.
- \* *Sistema administrador de modelos*; desempeña un papel similar al del sistema administrador de datos; el componente administrador de los modelos ejecuta la recuperación, el almacenamiento y la organización de las actividades asociadas con los diversos modelos cuantitativos que

---

<sup>118</sup> Data Base Management System.

<sup>119</sup> Model Base Management System.

<sup>120</sup> MARAKAS, Op. cit., pp. 8 – 24.

proporcionan las capacidades analíticas para los DSS. Dentro de este componente están la base de modelos, el sistema administrador de la base de modelos, el repositorio de modelos, el procesador de ejecución de modelos y el procesador de síntesis de modelos.

- ★ *Máquina de conocimiento*; en este componente se llevan a cabo las actividades relacionadas con el reconocimiento del problema y la generación de la solución provisional o definitiva, así como otras funciones relacionadas con la administración del proceso de toma de decisiones. Esta máquina provee la inteligencia del sistema, conjugando los datos y los modelos con el propósito de suministrar al usuario una aplicación exitosa que soporte el contexto de la decisión.
- ★ *Interfase de usuario*; como en todo sistema de información basado en computador, el diseño y la implementación de la interfase de usuario es un elemento clave para la funcionalidad del DSS. Los componentes de datos, modelos y procesamiento de un DSS deben ser de fácil acceso y manipulación con el fin de alcanzar uno de sus principales objetivos el cual es proveer el soporte necesario y a tiempo dentro del contexto de la decisión. La eficacia<sup>121</sup> (diferente de eficiencia<sup>122</sup>) de un DSS se miden a través de estos parámetros.
- ★ *Usuario*; el diseño, la implementación y el uso de un DSS no pueden ser eficaces sin considerar el papel del usuario. Los elementos esenciales para el éxito de una aplicación DSS dentro del contexto de la decisión lo conforman las habilidades del usuario, sus motivaciones, el dominio de conocimiento, los modelos de uso y los niveles de la organización. Una de las principales características de un DSS es el control del usuario pues de lo contrario se tendría un conjunto de componentes basados en computador que, por ellos mismos, no suministra todas las funcionalidades útiles.

---

<sup>121</sup> Eficacia: Capacidad de lograr el efecto que se desea o espera. URL <http://www.rae.es>

<sup>122</sup> Eficiencia: Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. URL <http://www.rae.es>

Tabla 2 Ingredientes de un DSS.

INGREDIENTES	SPRAGUE Y CARLSON (1989)	TURBAN (2001)	MARAKAS (2003)
<b>DATOS</b>	Componente de datos	Subsistema administrador de datos	Sistema administrador de datos
<b>MODELOS</b>	Componente de modelos	Subsistema administrador de modelos	Sistema administrador de modelos
<b>CONOCIMIENTO</b>	Componente de diálogo	Subsistema administrador de base de conocimiento	Máquina de conocimiento
<b>COMUNICACIÓN</b>	Componente de diálogo	Subsistema de interfase de usuario	Interfase de usuario
<b>USUARIO</b>	Componente de diálogo	Subsistema de interfase de usuario	Usuario

Fuente: Autor.

#### 1.2.4.2 Taxonomías – Clasificación de los DSS

Alter realizó un estudio exploratorio de los DSS a través del análisis investigativo de 56 sistemas diferentes; su principal descubrimiento fue el desarrollo de un esquema taxonómico. Inicialmente determinó que no existe un DSS homogéneo, por el contrario la mayoría de los sistemas analizados diferían en qué hacen y cómo lo hacen. Un primer paso para desarrollar esta clasificación fue examinar la utilidad de los esquemas de uso común de acuerdo a las siguientes características:

- \* Área funcional: mercadeo, producción y finanzas.
- \* Perspectiva de decisión: control operacional, control administrativo y planeación estratégica<sup>123</sup>.
- \* Tipo de problema: estructurado vs. no estructurado<sup>124</sup>.
- \* Tecnología computacional: interactiva vs. grupo.
- \* Método de modelización: simulación vs. optimización<sup>125</sup>.

Las conclusiones que se obtuvieron de la organización de la muestra mediante este esquema fueron pocas. Los sistemas de proyección financiera para la planeación operacional se asemejaban en concepto y estructura a varios sistemas de planeación estratégica; el significado de la computación interactiva parecía disminuir considerablemente cuando los tomadores de decisiones no eran usuarios habituales del sistema y las dificultades en decidir si un problema repetitivo era más o menos estructurado fueron algunas de las causas que redujeron la utilidad de esta distinción.

<sup>123</sup> GORRY Y SCOTT MORTON, 1971. Op. cit.

<sup>124</sup> SIMON, 1960. Op. cit; GORRY y SCOTT MORTON 1971. Op. cit.

<sup>125</sup> ALTER, S. L. A taxonomy of decision support systems. *En: Sloan Management Review*. Vol. 19, no. 1, (Fall, 1977); pp. 39 – 56.

Alter propuso otro método de clasificación de los DSS de acuerdo al grado de influencia directa de cada parte componente sobre la decisión tomada, es decir, las operaciones genéricas que ellos realizan, independiente del tipo de problema, el área funcional, la perspectiva de decisión, etc. Estas operaciones genéricas se extienden a lo largo de una simple dimensión que va desde las operaciones orientadas a los datos en un extremo y en el otro las orientadas al modelo así:

- \* Recuperación de registros sencillos de información.
- \* Suministro de un mecanismo para el análisis de datos ad hoc.
- \* Suministro de un conjunto preespecificado de datos en forma de reportes.
- \* Estimación de las consecuencias de las decisiones propuestas.
- \* Decisiones propuestas.
- \* Toma de decisiones<sup>126</sup>.

De acuerdo con estos puntos de vista Alter clasificó los 56 sistemas de su estudio en siete tipos razonablemente distintos los cuales etiquetó así:

- \* *Sistemas de almacenamiento de archivos*; su propósito es proveer el acceso en línea de los detalles particulares de los datos, a la vez de contener la versión más actualizada de éstos. Básicamente es la adaptación mecanizada de los sistemas de colocación de archivos manuales. Los usuarios de este tipo de sistemas no pertenecen al área administrativa puesto que su uso está orientado a las tareas operacionales que requieren el acceso inmediato a la información.
- \* *Sistemas de análisis de datos*; permite la manipulación de los datos a través de los operadores hechos a la medida para las tareas y escenarios u operadores de naturaleza general. Son empleados generalmente por personal no administrativo en el análisis de los registros actuales o históricos. Este tipo de sistemas se puede dividir en dos partes:
  - \* *Sistemas de análisis hechos a la medida*, diseñados específicamente para satisfacer los requerimientos de un análisis particular relacionado con un trabajo o tarea definitiva. La procedencia de los datos es histórica, además de incluir el estado actual de la información. Estos sistemas permiten la manipulación de los datos y la generación de reportes de análisis sobre fundamentos ad hoc.
  - \* *Sistemas de análisis general*; son programas de lenguaje especializado cuyo propósito es permitir a los usuarios ejecutar análisis de tipos bastante generales de bases de datos y programar modelos simples.

Definir el límite entre estas dos clases es confuso pues existen sistemas que intentan hacer las dos funciones al tiempo.

- \* *Sistemas de análisis de información*; su objetivo es suministrar al administrador el acceso a una serie de bases de datos orientadas a las decisiones y pequeños modelos. La idea básica debajo de estos sistemas es reconocer las incongruencias entre los sistemas de procesamiento transaccional y los sistemas de información orientado a los datos y proceder de conformidad. Están diseñados para extraer datos relevantes de los sistemas de procesamiento de datos

---

<sup>126</sup> ALTER, a taxonomy of decision support systems. *En*: Sloan Management Review. Vol. 19, no. 1, (Fall, 1977); p. 41.

ejecutivos y para incrementar estos datos con datos externos con el propósito de que el personal o grupo de trabajo logre tener un impacto sobre las propuestas para la toma de decisiones.

- \* *Modelos contables*; permiten calcular las consecuencias de las acciones planeadas con base en las definiciones contables. Las acciones de las firmas están relacionadas con los resultados del mercado.
- \* *Modelos representativos*; estiman las consecuencias de las acciones con base en modelos parcialmente no definidos. Incluye todos los modelos de simulación los cuales no son únicamente definiciones contables. Uno de los principales problemas con el uso de los modelos representativos es si éstos corresponden a una representación razonable de la situación de estudio. Estos modelos a su vez tienen características especiales como la exactitud, la credibilidad y la aceptación que dependen de la interacción de las fuerzas internas y externas en el futuro.
- \* *Modelos de optimización*; suministran la guía para actuar por medio de la generación de soluciones óptimas consistentes en una serie de limitaciones o restricciones. Son utilizados en situaciones que se pueden describir matemáticamente como acertijos complicados cuyos objetivos involucran la combinación de piezas en una propuesta por alcanzar un objetivo específico tal como la maximización de beneficios o la minimización de costos. La mayoría de estos modelos son utilizados como herramientas de análisis más que como métodos para la generación de una solución definitiva que pueda influir directamente. En otras palabras, este método para el soporte de decisiones puede ser empleado en situaciones que tienen suficiente estructura para desarrollar un modelo de optimización que puede ser utilizado en parte del análisis.
- \* *Modelos de sugerencia*; estos modelos generan acciones de sugerencia basados en fórmulas o procedimientos matemáticos los cuales pueden ir desde reglas de decisión hasta métodos de optimización. El propósito es facilitar o derivar otros procedimientos para la generación de la sugerencia. En otro sentido, los sistemas de sugerencia son más estructurados que los sistemas de optimización, las salidas se aproximan a las respuestas, en lugar de una manera de intercambio de opiniones, la importancia de las limitaciones, etc.

Figura 3 Componentes de un DSS.



Fuente: Alter (1980).

En la Figura 3 se muestra la clasificación dada por Alter. Originalmente esta taxonomía concibe cada categoría como un sistema independiente y distinto en lugar de un sistema funcional con subsistemas dentro de un gran sistema. La dicotomía entre los sistemas orientados a los datos y los sistemas orientados a los modelos se refleja en muchos de los métodos de clasificación modernos de los DSS.

Por el mismo año Donovan y Madnick<sup>127</sup> propusieron otra manera de organizar y definir los DSS basados en los atributos del contexto de la solución del problema, definiendo así dos clases de DSS: *institucionalizados* y *ad hoc*; el primero de ellos, denominado también *formal* se ocupa de las decisiones de naturaleza periódica o repetitiva. El contexto de estas decisiones requiere de la interacción habitual con un DSS para asegurar la consistencia y la efectividad de los resultados de la decisión. El desarrollo y el perfeccionamiento de estos sistemas se llevan a cabo a través de los años con la presencia de situaciones similares o idénticas. El segundo tipo se centra en el contexto de los problemas específicos y particulares que no son usualmente iterativos o fácilmente anticipados. Las decisiones ad hoc a menudo involucran problemas de planeación estratégica y algunas veces

---

<sup>127</sup> DONOVAN, J. J. y MADNICK, S. E. Institutional and ad hoc decision support systems and their effective use. MIT Working Paper no. C15R-27, Cambridge, MA. En: Data Base. Vol. 8, no. 3. (1977).

problemas de control administrativo. Una de los principales inconvenientes en el desarrollo de estos sistemas es el alto costo lo cual limita su disponibilidad y utilidad. Actualmente la presencia de generadores de DSS<sup>128</sup>, hacen estos sistemas viables mejorando la calidad de la decisión con una aplicación hecha a la medida.

Silver<sup>129</sup> clasificó estos sistemas de acuerdo con el grado en el cual estos proporcionan una guía decisional es decir, la manera en que el DSS orienta al usuario en la construcción y ejecución del proceso de toma de decisiones suministrando asistencia en la selección y uso de sus operadores (menús, botones, modelos, algoritmos y herramientas) que deben ser manipulados por el usuario durante el proceso. Inicialmente categoriza las guías como *mecánica* y *decisional*. La guía mecánica es más común dentro de un DSS y generalmente consiste en la asistencia a los usuarios a través operaciones mecánicas del sistema, botones, menús y comandos. La guía decisional asiste al tomador de decisiones de acuerdo con los diversos conceptos relevantes del proceso dentro del contexto del problema.

El ordenamiento de Holsapple y Whinston<sup>130</sup> se hace de acuerdo a un marco de referencia que contiene seis categorías: DSS orientados a los textos; DSS orientados a las bases de datos; DSS orientados a las hojas de cálculo; DSS orientados al solucionador; DSS orientados a las reglas y DSS compuestos.

Los *DSS orientados a los textos* almacenan información (datos y conocimiento) habitualmente en formatos de texto siendo necesarios para la representación y procesamiento de estos documentos de una forma eficaz y eficiente. Esta clase soporta a los tomadores de decisiones por medio del recaudo de registros electrónicos de información representada textualmente que puede tener relación con la decisión; a la vez que permite la creación, revisión y visualización electrónica de los mismos de acuerdo a las necesidades. Tecnologías como las imágenes de documentos basados en la Web, hipertextos y agentes inteligentes pueden ser incorporadas dentro de las aplicaciones de los DSS orientados al texto.

Las bases de datos juegan un papel importante en la estructura de los *DSS orientados a las bases de datos*. Las primeras configuraciones de bases de datos utilizadas dentro de esta clase fueron las relacionales. La información administrada por una base de datos relacional tiende a ser voluminosa, descriptiva y altamente estructurada. Estos DSS presentan características poderosas para la generación de reportes y las capacidades de consulta.

Los *DSS orientados a las hojas de cálculo* poseen principalmente un lenguaje de modelado que le permite al usuario escribir modelos que se pueden ejecutar dentro del sistema. Estos modelos asisten la generación, visualización y modificación de conocimiento procedimental; a la vez que poseen instrucciones dentro del sistema que se pueden ejecutar por sí mismas. La herramienta más utilizada para el desarrollo de esta clase de DSS se conoce como Microsoft Excel, la cual posee numerosos paquetes para la creación de los modelos.

---

<sup>128</sup> Software generalizado para el desarrollo de ambientes que suministran los componentes básicos de un DSS, tales como DBMS, MBMS y administradores de conocimiento.

<sup>129</sup> SILVER, M. S. Decisional Guidance for computer-based decision support. *En*: MIS Quarterly. Vol. 15, no. 1 (1991); pp. 105 – 122.

<sup>130</sup> HOLSAPPLE, C. W. y WHINSTON, A. B. Decision Support systems. a knowledge-based approach. St. Paul, MN: West Publishing, 1996.

El elemento fundamental de los *DSS orientados a los solucionadores*, es precisamente el solucionador. Un solucionador es un programa de computador que contiene algoritmos o procedimientos para la ejecución de cálculos que faciliten la solución de un problema particular. Estos pueden ser escritos a través de lenguajes de programación dentro del mismo software o incluidos dentro de otras aplicaciones más especializadas. El mejor ejemplo de solucionadores son las *funciones* de Microsoft Excel.

Para los *DSS orientados a las reglas*, el componente de conocimiento de los DSS descrito en la sección 1.2.4.1, es fundamental para esta clase de DSS e incluye métodos procedimentales y de inferencia (razonamiento) que a menudo son cualitativos o cuantitativos. Se denomina también *DSS orientado al conocimiento o inteligente*.

La combinación de dos o más de las categorías explicadas anteriormente se denomina un *DSS compuesto o híbrido*.

Una última forma de catalogar estos sistemas, presentada en este documento, se da en Power<sup>131,132,133</sup>, el cual formula un marco de trabajo conceptual basado en los componentes tecnológicos dominantes, los usuarios objetivos, los propósitos específicos del sistema y el despliegue fundamental de la tecnología. Los DSS varían en muchos métodos, algunos se enfocan en los datos, otros en los modelos y algunos en las comunicaciones. Estos sistemas también difieren en su alcance, el análisis de un problema se puede hacer a través de un usuario único y final o de muchos usuarios (grupos) dentro de una organización<sup>134</sup>.

Power toma inicialmente las categorías de Alter y las consolida en tres grandes tipos: Los primeros tres tipos de Alter se denominan orientados a los datos; los segundos tres tipos orientados al modelo; y los DSS de sugerencia se etiquetan como inteligentes u orientados al conocimiento.

El marco se centra en una dimensión amplia de cinco tipos genéricos de DSS y tres dimensiones secundarias. La primera de ellas se caracteriza por el componente tecnológico dominante, la segunda por los usuarios objetivos, el propósito específico del sistema y el despliegue fundamental de tecnología. En la Tabla 3 se muestra la organización de estas dimensiones.

---

<sup>131</sup> POWER, Web-based and model-driven decision support systems. Concepts and Issues. Op. cit.

<sup>132</sup> POWER, Supporting decision-makers: an expanded framework. En: Informing Science. (June, 2001); pp. 431 – 436.

<sup>133</sup> POWER, What is the expanded dss framework? En: DSS News. Vol. 5, no. 1, (January 4, 2004). URL <http://www.dssresources.com>

<sup>134</sup> POWER, Supporting decision-makers: an expanded framework. En: Informing Science. (June, 2001); p. 432.

Tabla 3 Expansión de marco de referencia.

COMPONENTE DE DOMINIO DE DSS	USUARIOS OBJETIVO: INTERNO – EXTERNO	PROPÓSITO: GENERAL – ESPECÍFICO	TECNOLOGÍA DE DESPLIEGUE
<b>BASE DE DATOS - DSS ORIENTADOS A LOS DATOS</b>	Administradores, equipos, ahora proveedores.	Consulta a un almacén de datos (Datawarehouse)	Computador central; Cliente/Servidor; Web
<b>MODELOS - DSS ORIENTADO AL MODELO</b>	Administradores y equipos, ahora clientes.	Equipo de itinerario o análisis de decisión	Pc usuario único; Cliente/Servidor; Web
<b>BASE DE CONOCIMIENTO - DSS ORIENTADO AL CONOCIMIENTO</b>	Usuarios internos, ahora clientes.	Consejos administrativos o selección de productos.	Pc usuario único; Cliente/Servidor; Web
<b>BASE DE DOCUMENTOS - DSS ORIENTADO A LOS DOCUMENTOS</b>	Usuarios internos, pero el grupo se está expandiendo.	Búsqueda en páginas Web o encontrar documentos.	Web; Cliente/Servidor
<b>COMUNICACIONES - DSS ORIENTADO A LAS COMUNICACIONES</b>	Equipos internos, ahora expandido a socios externos	Conduce a reuniones o ayuda a usuarios colaboradores	Web; Cliente/Servidor

Fuente: Tomado de Power (2001, p. 435).

★ Primera dimensión – componente tecnológico dominante

\* *DSS orientados a los datos*; estos sistemas incluyen almacenamiento de archivos y sistemas de reporte administrativos; hacen énfasis en el acceso y manipulación de grandes bases de datos estructuradas y series de datos internos de la compañías y en algunas ocasiones datos externos a ella. El acceso a los sistemas de archivos se realiza por medio de herramientas de consulta y recuperación que suministran el mayor nivel elemental de funcionalidad. Los almacenes de datos (datawarehouse<sup>135</sup>) permiten la manipulación de datos a través de herramientas hechas a la medida para una tarea o escenario específico o por medio de más herramientas y operadores generales que proveen funciones adicionales. Los DSS orientados a los datos junto con los sistemas OLAP<sup>136</sup> suministran un alto nivel de funcionalidad y soportan las decisiones que están vinculadas al análisis de una gran colección de datos históricos (Dhar y Stein, 1997). Los EIS<sup>137</sup> y los sistemas de información geográfica (GIS<sup>138</sup>) son objetivos especiales de estos DSS.

<sup>135</sup> Los almacenes de datos o datawarehouse son bases de datos diseñadas para soportar la toma de decisiones en una organización. Contienen información actualizada y estructurada para la rápida consulta en línea y la generación de reportes.

<sup>136</sup> Los sistemas de procesamiento analítica en línea (OLAP) permiten la manipulación de datos, provenientes de diversas fuentes, recopilados en un almacén de datos estático; y la creación y representación a través de vistas de estos datos.

<sup>137</sup> Los sistemas de información ejecutivos (EIS) suministran información actualizada y apropiada para el soporte de las decisiones ejecutivas por parte de los administradores. El énfasis está en la visualización gráfica y la

- \* *DSS orientados al modelo*; esta segunda categoría incluye el acceso y la manipulación de sistemas que contienen principalmente modelos que pueden ser contables, financieros, estadísticos, de optimización, de simulación, entre otros. El nivel fundamental lo proporcionan las herramientas básicas de estadística y análisis. Algunos sistemas pueden combinar varias funcionalidades (modelado, recuperación de datos y generación de reportes) catalogándose como sistemas compuestos o híbridos<sup>139</sup>. Los DSS orientados al modelo emplean los datos para proporcionar parámetros que facilitan el análisis de una situación sin embargo, las bases de datos no son su potencialidad.
  - \* *DSS orientado al conocimiento*; Power reconoce que la terminología de este tipo de DSS está en evolución ya que posee similitudes con el término original de Alter, DSS de sugerencia, o lo que algunos han denominado de manera más estrecha, sistemas expertos de administración. Esta clase de sistemas poseen la capacidad de sugerir o recomendar acciones a los administradores mediante programas de software que poseen experiencia especializada (almacenada en hechos, reglas y procedimientos) en la solución de problemas. La experiencia consiste en el conocimiento de un dominio particular, la interpretación de los problemas dentro de este dominio y la práctica para la solución de algunos de estos problemas. La minería de datos<sup>140</sup> (DataMining) es una clase de aplicación analítica que busca modelos ocultos en una base de datos. Las herramientas utilizadas para la construcción de estos DSS son algunas veces denominadas métodos de soporte de decisiones inteligentes<sup>141</sup>, las cuales se usan para crear sistemas compuestos cuyos componentes principales son datos y conocimiento.
  - \* *DSS orientado a los documentos*; las funciones de esta clase de DSS son la administración, recuperación y manipulación de información no estructurada en una variedad de formatos electrónicos incluyendo la Web. Estos sistemas integran diversas tecnologías que soportan actividades de categorización, despliegue, investigación, descubrimiento y comunicación de conocimiento con el fin de soportar el análisis y la recuperación de documentos completos. La Web es un poderoso motor de búsqueda que suministra acceso a grandes bases de datos que contienen documentos, hipertextos, imágenes, sonidos y videos de cualquier área. Este motor se considera una importante ayuda dentro de esta clase de DSS<sup>142</sup>.
  - \* *DSS orientados a las comunicaciones o grupales*; este quinto tipo genérico incluye tecnologías para la distribución, comunicación y colaboración en el soporte de decisiones. Se caracterizan por su capacidad de comunicar uno o más grupos de personas para compartir información y coordinar sus actividades. El software más conocido se denomina Gruposware<sup>143</sup>, el cual corresponde a un sistema compuesto o híbrido que hace énfasis en el uso de las comunicaciones y los modelos de decisión; soporta comunicación electrónica, organigramas y agendas de trabajo, documentos compartidos y otros grupos incrementando así, la productividad.
- \* Segunda dimensión – usuarios, propósito y tecnología

---

facilidad de uso de la interfase de usuario para la presentación de información derivada de las bases de datos corporativas.

<sup>138</sup> Geographic Information Systems. Denominados también DSS espaciales, permiten la representación de la información utilizando mapas, facilitando el acceso, la visualización, el análisis y la manipulación de datos que poseen significado gráfico.

<sup>139</sup> HOLSAPPLE y WHISTON, Op. cit.

<sup>140</sup> La minería de datos realiza el proceso de separación, a través de grandes cantidades de datos, para producir relaciones contenidas en los datos.

<sup>141</sup> DHAR y STEIN, Op. cit.

<sup>142</sup> FEDEROWICZ, J. A technology infrastructure for document-based decision support systems. En: Sprague, R. y Watson, H. J., Decision Support systems: putting theory into practice, 3<sup>rd</sup> Ed, Prentice Hall, 1993. pp. 125 – 136.

<sup>143</sup> Tecnologías de grupo y se define como un conjunto de software y hardware para ambientes interactivos compartidos que intenta soportar e incrementar las actividades de grupos.

- \* *Usuarios objetivo*; Los clientes y proveedores se han convertido en un nuevo tipo de usuarios de la Internet y de las tecnologías de la información. Power denomina a esta clase de usuarios externos *interorganizacionales* debido a los vínculos de comunicación que ha creado la Internet entre distintos sistemas intergranizacionales, incluidos los DSS. Un DSS interorganizacional proporciona *propietarios* con acceso a la red interna o intranet de la compañía y con autorización o privilegios para el uso de las capacidades de los DSS. Los sistemas *intraorganizacionales* se diseñan para usuarios individuales; es decir, son pequeños programas de software que residen en un computador personal de un administrador; o se diseñan para un grupo de administradores en una compañía.
- \* *Propósito*; de acuerdo a la finalidad del sistema se clasifican en: *DSS de función específica* o *DSS de función general*. El primero se orienta hacia las tareas específicas de la empresa; contienen y derivan conocimiento relevante acerca de una función particular que la organización desempeña (mercadeo o producción). El segundo ayuda a soportar las tareas generales tales como la administración de proyectos, el análisis de las decisiones o el planteamiento de negocios. Por lo general se catalogan también como generadores de DSS<sup>144</sup> puesto que se pueden utilizar para desarrollar o generar un DSS más específico.
- \* *Tecnología de despliegue*; como se muestra en la tabla 3, la tecnología de despliegue puede ser un computador central, una red de área local cliente/servidor o una arquitectura basada en la Web. Los DSS descritos anteriormente se pueden basar en la Web y se podrían denominar *DSS basados en la Web*. Este tipo de sistemas pueden ayudar a recuperar, analizar y desplegar datos estructurados provenientes de grandes bases de datos relacionales o multidimensionales; suministrar acceso a un modelo o sistema experto, a documentos multimedia y datos no estructurados; y facilitar la comunicación y la toma de decisiones en grupos distribuidos<sup>145</sup>. Los navegadores Web son las herramientas más usadas para este tipo de sistemas, pues soportan redes de trabajo, grupos de administradores, datawarehouse y operadores analíticos; son ampliamente empleados para la construcción de DSS intraorganizacionales e interorganizacionales. Los navegadores Web más conocidos son Netscape Navigator e Internet Explorer.

Finalmente Power considera que se puede desarrollar un sistema específico considerando el componente de dominio; los usuarios objetivos; el propósito y la tecnología de despliegue, es decir se podría generar un DSS orientado al modelo, interorganizacional, diseñado al producto y basado en la Web.

### 1.2.5 Rasgos distintivos

Una definición formal y universal de los sistemas de soporte de decisiones no se ha presentado aún debido a que no existe un consenso al respecto, lo que hace obvio que tampoco lo haya sobra sus características y capacidades. Sin embargo, y de la misma manera, las principales propiedades de estos sistemas han sido propuestas por distintos autores (Turban<sup>146</sup>, Marakas<sup>147</sup>, Power<sup>148</sup>), coincidiendo en los siguientes aspectos:

- \* *Contexto*; las situaciones semiestructuradas o no estructuradas son el área principal de trabajo de los DSS. Tales situaciones requieren del juicio humano y de información computarizada.

---

<sup>144</sup> SPRAGE y WATSON, 1982. Op. cit.

<sup>145</sup> POWER, Web-based and model-driven decision support systems. concepts and issues. Op. cit.

<sup>146</sup> TURBAN y ARONSON, 2001. Op. cit., pp. 98 – 100.

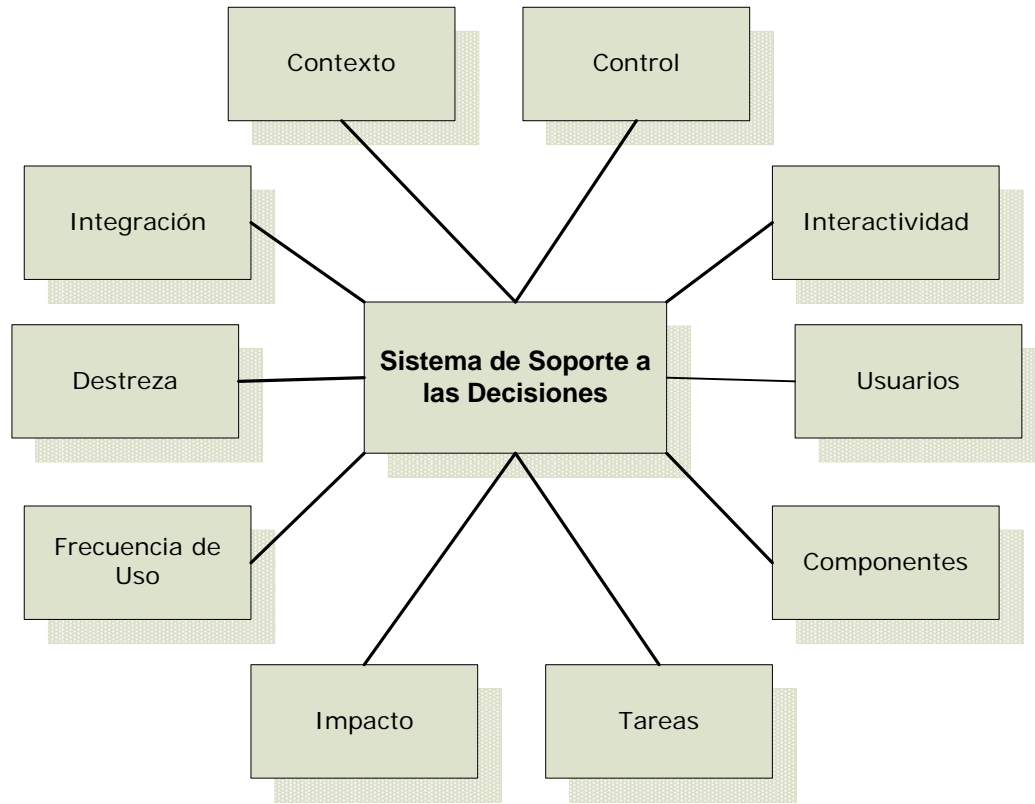
<sup>147</sup> MARAKAS, Op. cit., p. 3. 213 - 216

<sup>148</sup> POWER, Decision support systems: frequently asked questions. New York: iUniverse books, 2005. pp. 37 – 40.

- \* *Control*; los DSS se encuentran bajo el control del usuario, quien vigila completamente todos los pasos del proceso de toma de decisiones. Se diseñan para apoyar el proceso de toma de decisiones más no para tomar la decisión.
- \* *Interactividad*; estos sistemas se diseñan para el uso interactivo por parte de los usuarios, quienes controlan la secuencia de interacción y la ejecución de las operaciones. Poseen una interfase de usuario amigable lo que incrementa en grandes proporciones la eficacia de los DSS.
- \* *Usuarios*; el soporte suministrado por estos sistemas se da en todos los niveles gerenciales; los problemas a menudo requieren la comprensión de varios individuos, grupos o equipos de personas provenientes de diferentes departamentos y niveles organizacionales o de diferentes organizaciones.
- \* *Componentes*; utilizan fundamentalmente datos y modelos. Los modelos son empelados para el análisis de las situaciones con diferentes estrategias y bajo diferentes configuraciones. A su vez los DSS suministran el acceso a una variedad de fuentes de datos y tipos extendidos de sistemas desde los GIS hasta los orientados a objetos.
- \* *Tareas*; los DSS proporcionan capacidades específicas que soportan una o más labores simultáneamente relacionadas con el proceso de toma de decisiones, incluyendo inteligencia y análisis de datos; identificación y diseño de alternativas; selección de alternativas; e implementación de las alternativas seleccionadas.
- \* *Impacto*; su propósito es incrementar la eficiencia en la toma de decisiones (exactitud, puntualidad, calidad) más que la eficacia (costo de la toma de decisiones) de una decisión específica o un conjunto de decisiones relacionadas.
- \* *Frecuencia de uso*; los DSS se proyectan para usos repetitivos, es decir un DSS se puede usar rutinariamente o de acuerdo a las necesidades de las nuevas tareas para el soporte a las decisiones. Estas tareas pueden ser dependientes o secuenciales e interdependientes. Esta frecuencia facilita el aprendizaje por parte del tomador de decisiones.
- \* *Destreza*; el tomador de decisiones debe poseer la capacidad reaccionar y afrontar los rápidos cambios de las condiciones del problema; de adaptar el sistema para satisfacer estos cambios; y de construir y modificar sistemas sencillos. Un DSS es adaptable y sencillo a través del tiempo.
- \* *Integración*; los DSS pueden ser sistemas independientes que reúnen o duplican datos de otros sistemas de información o de aplicaciones de un sistema de información más grande e integrado, los cuales se puede distribuir interna o externamente utilizando una red de trabajo y las tecnologías Web.

Este conjunto de propiedades proporcionan al tomador de decisiones facultades que le permiten mejorar el proceso y seleccionar una decisión más consistente de una manera más oportuna.

Figura 4 Rasgos distintivos de un DSS.



Fuente: Autor.

### 1.2.6 Lo positivo y lo negativo

De acuerdo a lo expuesto anteriormente sobre los DSS y a los rasgos característicos de estos sistemas se pueden determinar sus beneficios y limitaciones.

#### 1.2.6.1 Lo positivo

- Mejoran la calidad en la toma de decisiones.
- Incrementan la comunicación entre individuos y grupos dentro y fuera de la organización.
- Incrementa el control organizacional.
- Mejoran la eficiencia del personal, incrementando la productividad.
- Reducen los costos de la organización.
- Analizan y procesan grandes volúmenes de información necesaria para la correcta toma de decisiones.
- Acceden rápidamente a la información.
- Presentan, a través de una interfase de usuario amigable y de fácil manejo, una visión clave de la organización según los factores críticos definidos en su creación.
- Permiten el análisis de datos en línea y en tiempo real, a través de múltiples perspectivas: geográfica, productos, distribución, etc.

- Promocionan el aprendizaje o entrenamiento de los usuarios.
- Permiten visualizar más opciones de decisión, generando mejores alternativas.
- Responden rápidamente a las situaciones.
- Extienden las habilidades del tomador de decisiones para procesar información y conocimiento.
- Incentivan las destrezas del tomador de decisiones para abordar problemas complejos y a gran escala.
- Disminuyen el tiempo asociado con la toma de una decisión.
- Incrementan la fiabilidad de un proceso de decisión o de sus resultados.
- Fomentan la exploración y el descubrimiento de las funciones del tomador de decisiones.
- Revelan nuevos métodos de análisis acerca del espacio de un problema o el contexto de la decisión.
- Generan nueva evidencia para el soporte de una decisión o confirman las suposiciones existentes.
- Crean una ventaja estratégica o competitiva sobre las organizaciones.

#### 1.2.6.2 Lo negativo

- No están diseñados aún para contener claramente talentos humanos para la toma de decisión tales como la creatividad, la imaginación o la intuición.
- El poder de un DSS es limitado por su diseño, el sistema de computador sobre el cual corre y el conocimiento que posee a la hora de utilizarlo.
- El lenguaje y las interfases de comandos aún no son lo suficientemente sofisticadas para permitir el procesamiento a través de lenguaje natural.
- Dentro de sus facultades no se encuentran los contextos de decisión múltiples debido a que habitualmente su ambiente de aplicación es limitado.
- Algunos diseños resultan imperfectos gracias a la representación inadecuada de la realidad.
- Pueden fomentar inclinaciones o preferencias cognoscitivas dentro del proceso.

#### 1.2.7 La futura especie

Si el número y tipos de DSS y sus aplicaciones asociadas son cualquier indicación, entonces los DSS podrían ser los más exitosos sistemas de información basados en computador. Las organizaciones de hoy reconocen la necesidad de emplear la tecnología de la información como una herramienta integral en la implementación de sus planes estratégicos. No se trata únicamente de automatización, las organizaciones del futuro podrían emplear los sistemas de información basados en computador como un aspecto totalmente virtual en sus operaciones, dentro y fuera de ellas y en cualquier lugar del mundo. El papel de los DSS en la organización del mañana no puede ser exagerado. Los administradores podrían contar con la disponibilidad de muchas aplicaciones DSS poderosas y útiles que los guíen en sus actividades diarias. Los DSS del siglo XXI podrían servir como el principal medio para continuar con el aparente crecimiento exponencial en tamaño, complejidad y velocidad de las diversas actividades.

Los nuevos desafíos y fronteras incluyen investigaciones y desarrollos en áreas como la computación móvil; telecomunicaciones; redes de trabajo; herramientas de almacenamiento y visualización; realidad virtual; y la Web, entre otras. El puesto de avanzada de las tecnologías disponibles parece presagiar que las capacidades de los DSS llegarán a ser más extensas en los años venideros y que se pueden esperar sistemas de soporte a la decisión mucho mejores, más objetivos y más seguros<sup>149</sup>.

La computación móvil está obteniendo gran aceptación por parte de usuarios y desarrolladores; el uso de Pcs pockets integrados a teléfonos celulares se está incrementando; estos sistemas integrados soportan el acceso distribuido a DSS orientados a los datos; fomentan el uso de los DSS orientados a las comunicaciones y facilitan la toma de decisiones distribuida. Se espera que en los próximos años los computadores con sistemas inalámbricos superen en cantidad a los conectados de manera análoga. De otra parte, las redes de trabajo y las tecnologías de computación están comenzando a ser cada vez más completas y eficaces; la velocidad y la expansión de banda ancha pueden soportar video interactivo y apoyar las decisiones en tiempo real en cualquier parte del mundo.

Así mismo, las tecnologías de visualización son más poderosas que en cualquier otro tiempo. El desarrollo de los más sofisticados hardware y programas de software ayudan a los usuarios a visualizar casi cualquier cosa, ellos pueden imaginar una realidad en un formato manipulable; por ejemplo, el evento de una catástrofe natural puede ser representada a través de estas tecnologías, lo cual ayudaría a los administradores a implementar medidas preventivas que logren salvar vidas y evitar daños materiales a gran escala. Es así como se involucran desarrollos en el área de la realidad virtual la cual permite a los usuarios la inmersión dentro de un ambiente simulado. Esta tecnología facilita el entendimiento de las relaciones entre los elementos del contexto y suministra un significado por el cual el usuario puede comprender la situación y aprender a responder eficaz y eficientemente con los datos disponibles. Las personas tienden a aprender más fácilmente con el empleo de ejercicios experimentales a la vez que por medio de la memorización de reglas; la realidad virtual ofrece estas herramientas.

Las restricciones acerca de lo qué se puede almacenar y cómo se puede almacenar se han disipado gracias a los sistemas de almacenamiento de grandes volúmenes de datos, a los computadores con soporte multiprocesos y a los formatos de almacenamiento. Hoy día los datos y la información se pueden ser archivar para siempre, con la facilidad de disponer de ellos para su análisis y procesamiento en cualquier momento.

La principal innovación que ha estimulado el uso de los DSS ha sido la Web, la cual ha mitigado las barreras tecnológicas haciendo más fácil el acceso a los datos y ha reducido los costos de la información, aspectos relevantes a la hora de tomar decisiones. La Web soporta especialmente actividades como el comercio electrónico y las comunicaciones globales; ayuda a los administradores a reunir, administrar, compartir y utilizar la información, favoreciendo con esto el uso de los DSS, los cuales deben ser diseñados e implementados cada vez mejor con el propósito de contribuir con el éxito de las organizaciones.

Con la adopción general de la Internet y los computadores se puede simplemente declarar la victoria sobre los objetivos originales de los DSS que incluían cómputos interactivos, aplicación de estos cálculos a problemas semiestructurados, empleo de las tecnologías de la computación por parte de los administradores y la destreza de analizar datos y modelos. El término DSS se ha utilizado desde su aparición como un término paraguas debido a los diversos desarrollos hechos durante más de

---

<sup>149</sup> POWER, What is advanced or next generation decision support?. En: DSS News. Vol. 4, no. 19; (September 19, 2003).

cuatro décadas los cuales cumplen con la función principal de soportar de decisiones trayendo como consecuencia que aún no se pueda definir con formalidad.

Dentro o fuera de esta expresión, los investigadores y profesionales continuarán explorando sobre el sentido de tomar decisiones; continuarán diseñando y construyendo herramientas y métodos relacionados con distintas áreas como son OLAP, datawarehouse, datamining, modelos, sistemas expertos, redes neuronales, agentes inteligentes, soporte de grupos, realidad virtual y comunicaciones, entre otras. A pesar de esta disparidad, las capacidades de los DSS hacen énfasis en la mejor disponibilidad y análisis de los datos, modelamiento, comunicación y coordinación; estas capacidades tienen poco o ningún impacto hasta tanto no se incorporen dentro del sistema de trabajo de las organizaciones. Finalmente, la ambigüedad del término sirve para reunir numerosos grupos de investigadores interesados en el desarrollo de herramientas basadas en computador y en sistemas relacionados con la facultad de hacer y tomar una decisión.

### 1.3 ESTADO DEL FUTURO

*“Quien predice el futuro miente aún cuando diga la verdad”*

*(Peter Schwartz, 1996)*

El interés del hombre por el futuro no es nuevo. Tampoco el temor y la fascinación que le despierta. Hasta el siglo XVII, o poco más, las ideas dominantes sobre el porvenir eran de inspiración religiosa, hermética o astrológica. Las sociedades europeas anteriores a la modernidad vivían pendientes de un futuro que, en realidad, sería la anulación a todo futuro: *el juicio final*. Hoy, pocos siguen a la espera de este momento, pero la carga emocional asociada al futuro es aún más intensa.

La importancia de los estudios del futuro o prospectiva<sup>150</sup> ha crecido gradualmente en las últimas cinco décadas, hasta el punto que se puede constatar que la mayoría de los países desarrollados poseen centros de investigación dedicados a este tipo de reflexión y elaboración intelectual. Los estudios sobre el futuro son interdisciplinarios por naturaleza y, son antes que un método una disciplina autónoma, que ha desarrollado un extenso bagaje de conocimientos que, a partir de metodologías específicas, ofrece importantes consideraciones sobre diversas áreas de la actividad humana, entre las que se destacan el creciente rol del conocimiento en la sociedad, las condiciones de salud y educación en los años por venir, la evolución predecible del orden político internacional, las tendencias previstas en cuanto al desarrollo tecnológico y científico, los recursos naturales en el futuro próximo y los retos fundamentales de la humanidad al comienzo de un nuevo milenio.

Durante la década 1960 – 1970 la futurología o estudio del futuro se desarrolló con mayor auge gracias al resultado de tres estímulos muy fuertes:

- \* La percepción de que el crecimiento poblacional conduciría a la humanidad a una situación de escasez de recursos y limitaciones en el crecimiento económico, con sus consecuencias adversas.
- \* El acelerado desarrollo tecnológico y, en especial, los progresos de la informática.
- \* Como un factor contribuyente, la proximidad del fin del milenio, lo que generó curiosidad y preocupación sobre los cambios y potenciales amenazas que se presentarían con el inicio del nuevo siglo.

---

<sup>150</sup> Del latín *prospicere* que significa *mirar*. Comprende un conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar o predecir el futuro, en una determinada área o materia.

### 1.3.1 Origen y evolución de los estudios del futuro

El deseo de conocer su porvenir siempre ha permanecido dentro de las principales inquietudes del hombre sirviendo éstas como base para el desarrollo de negocios y actividades de diferentes índoles a través de diversas prácticas, en algunos casos de dudosas condiciones éticas tales como la quiromancia, la astrología, la lectura de cartas y otras similares. Sin embargo, las primeras elaboraciones teóricas se presentan alrededor del siglo XIX y primera mitad del siglo XX como un esfuerzo por tratar de determinar tendencias o efectuar pronósticos más o menos acertados.

Desde su nacimiento la prospectiva se declaró en permanente batalla en contra de estas proposiciones escépticas, determinísticas o fatalistas sobre el futuro. Se trata de un campo de investigación como se mencionó, pluridisciplinario que surge a finales de los años cincuenta como una respuesta a una sensación generalizada de aceleración del tiempo histórico y de percepción del futuro como riesgo.

Es evidente que los pronósticos efectuados en el pasado han sido en algunos casos exitosos pero también se han presentado grandes desaciertos. Karl Marx<sup>151</sup>, basado en el materialismo histórico y dialéctico, predijo la desaparición del capitalismo y el desarrollo de la sociedad sin clases como fin de la evolución histórica, convirtiendo esta declaración en el pronóstico equivocado de mayor trascendencia para la humanidad. De otra manera, algunas visualizaciones como las de Herman Kahn<sup>152</sup> en la década de los sesenta, tales como la acumulación de conocimiento científico y tecnológico y el aumento de la brecha entre poblaciones pobres y ricas, tienden a ser confirmadas por la realidad.

#### 1.3.1.1 Lo que se consideró

Hasta la década de los años sesenta se pensaba que el futuro debía ser único y determinado, guardando cierta esperanza de poder elaborar una narrativa científica única sobre el porvenir que vaticinara el curso que tomarían los sucesos venideros. Los investigadores de esta época poseían un conocimiento intelectual y técnico que se circunscribía en una lógica de predicción similar a la naturaleza del saber científico regido por las leyes. La intención era anticipar intelectualmente un suceso situado en el futuro, cuya ocurrencia sería inevitable, ya fuese por la presión de tendencias irreversibles o por la dependencia de los fenómenos a leyes establecidas con anterioridad. El **Workshop On Alternative Energy Strategies - WAES**, grupo de científicos dedicados a explorar el futuro energético del mundo declaró, con una semántica y enfoque que refleja bien esta pretensión determinista, que "la oferta de petróleo cesará de cubrir la creciente demanda antes del año 2000, muy probablemente entre 1985 y 1995, incluso si los precios de la energía subiesen un 50% por encima de los niveles actuales en términos reales<sup>153</sup>".

La ciencia que en su momento se entendía normada por un método inductivo consideró la probabilidad como técnica para justificar sus pretensiones de universalidad, sin embargo los estudios de futuro tenían reservas en basar sus afirmaciones sobre cálculos de probabilidad y juicios condicionales del tipo de *si p, entonces q*. Las principales afirmaciones sobre los problemas originados

---

<sup>151</sup> MARX, Karl Heinrich (1818 – 1883). Su obra cumbre *El Capital*. Crítica de la economía política. Libro primero: el proceso de la producción de capital (1867).

<sup>152</sup> KAHN, Herman y WIENER, Anthony J. *The year 2000 a framework for speculation on the next thirty-three years*. New York, N.Y., Collier-Macmillan Limited, London, © Hudson Institute, 1967.

<sup>153</sup> WAES, Informe energía: perspectivas mundiales 1985-2000 (Seminario sobre estrategias alternativas de energía). México, FCE, 1981. (versión original en inglés publicada en 1977); p. 33.

por el crecimiento exponencial de la población se presentan en Meadows y Forrester<sup>154</sup>, las cuales están escritas en un lenguaje condicional que introduce consideraciones de certidumbre a proyecciones hechas, en realidad, sobre el molde cerrado y unidireccional de la predicción. Algunos supuestos que soportaban estas investigaciones se basaron en un futuro determinístico, entre las cuales se mencionan:

- \* La convicción de que el futuro es el resultado de fuerzas objetivadas que avanzan necesariamente en una sola dirección.
- \* La certeza, coherente, de que la acción humana cumple un papel menor en la modelación o fabricación del futuro.
- \* El supuesto intelectual de que la investigación del futuro debía proporcionar un conocimiento "científico" del porvenir, medido por la exactitud de sus predicciones.

### 1.3.1.2 La conversión

A partir de los años sesenta estos supuestos comenzaron a ser cuestionados por dos grupos espacialmente separados y que en un comienzo no tuvieron conexión entre sí, pero que a finales de los años setenta lograron una convergencia de perspectivas que continuo hasta los años ochenta.

El primer grupo se originó en Francia al cual pertenecían Gaston Berger (1896 – 1960), Bertrand De Jouvenel (1903 – 1987) y Pierre Massé. Este grupo impulsó los fundamentos de una disciplina que se enmarcaba inevitablemente en el rango de la especulación intuitiva y las visiones determinísticas de carácter predictivo sobre el futuro. Uno de sus aportes más importantes a la prospectiva fue la fuerte consideración de la capacidad del hombre para intervenir en la construcción del destino, entendiendo que éste no solo correspondía a la aparición de sucesos objetivos, generados por factores inexplicables a la voluntad del hombre, sino como eventos que son fruto de las intenciones y expectativas de una colectividad. No sólo la denominación, sino el enfoque central de la prospectiva que hoy sigue vigente, fueron formulados por la corriente de pensamiento e investigación que alentó este grupo.

El otro grupo fue creado por Herman Kahn y otros colaboradores en Estados Unidos bajo el auspicio de un **think-thank**<sup>155</sup>, cuyo estilo determinista de hacer estudios del futuro, defendió una versión objetivista y unidimensional del mismo. Este grupo de expertos, entre otras actividades, brindaba insumos intelectuales al departamento de defensa de ese país, a través del Instituto Hudson. Antes de su labor como fundador y líder de ese organismo, Kahn se había forjado una amplia experiencia en el campo de la estrategia militar y la investigación de futuros dentro de la Rand Corporation (establecida por Douglas Aircraft Co., en 1945), centro de pensamiento similar al que fundaría él después y que se destacaba por sus investigaciones en asuntos bélicos.

Su principal aporte fue la introducción de la técnica de *escenarios* los cuales "intentan describir con cierto detalle una secuencia de eventos hipotéticos que podría conducir plausiblemente hacia a la situación imaginada<sup>156</sup>". El término *escenarios* le fue sugerido por su amigo Leo Rosten, literato y guionista de cine, para designar una entre varias descripciones alternativas del futuro. Sus investigaciones sobre las consecuencias que traería para Estados Unidos una guerra termonuclear

---

<sup>154</sup> MEADOWS, D. y FORRESTER, J. Los límites del conocimiento. México, FCE, 1973. (versión original en inglés publicada en 1972 por el Club de Roma).

<sup>155</sup> Grupo de expertos.

<sup>156</sup> KAHN y WIENER. Op. cit., p. 262.

con la Unión Soviética le hicieron pensar que la mejor manera de prevenir una guerra de tales magnitudes era pensar seriamente y en detalle sobre lo que sucedería si ésta situación se diera<sup>157</sup>. A cada una de estas situaciones de ocurrencia las denominó *escenarios*.

A principios de la década de los setenta, y no se conoce a ciencia cierta si gracias al afán de recuperar el papel de la voluntad del hombre en la conformación del futuro (propuesto por los franceses) o a la necesidad de robustecer el pensamiento estratégico haciéndose cargo de las múltiples posibilidades de ocurrencia de un evento (presentado por Kahn), se había configurado una tendencia de pensamiento que estimulaba la reflexión profunda sobre el porvenir en términos de asumirlo como un orden heterogéneo, abierto e indeterminado, en cuyos sucesos la acción humana cumplía un papel de suma importancia.

Era evidente para esta época que las tendencias del mundo no podían seguirse interpretando con base en el análisis de los hechos pasados; el futuro se veía principalmente como un territorio poblado de crisis, rupturas y turbulencias cuya naturaleza y magnitud no tenían precedentes en la historia y que no podían ser estudiados teniendo en cuenta los eventos cumplidos. Se tenía conciencia de que la sociedad moderna se encontraba a portas de profundos cambios sociales, económicos y políticos para los cuales no se encontraba preparada y que sugerían inevitablemente un giro radical en las visiones del futuro unidireccionales y deterministas que fueron útiles en un período de estabilidad y certeza que estaba llegando a su fin.

#### 1.3.1.3 Un pronóstico del futuro

El entorno de las empresas petroleras, a finales de los años sesenta, comenzaba a presentar tendencias que no coincidían con la apacible estabilidad de los años anteriores. La primera de ellas en poner atención a esta situación fue el Grupo Shell, una de las principales empresas petroleras del mundo, quien no dudo en adaptar, de manera muy sutil y creativa, las ideas propuestas por Kahn sobre los escenarios en su mundo y probablemente debido a esto, quizá sea hoy la compañía más importante del planeta que, con mayor consistencia, práctica esta ciencia.

La aplicación exitosa de este método al entorno de este grupo afianzó algunas características importantes a la investigación del futuro que la definen de manera muy clara, entre ellas se tiene:

- ★ Como un ejercicio que coadyuva a la estructuración de la planeación a largo plazo.
- ★ Como una actividad que se lleva a cabo primordialmente dentro de una organización
- ★ Como una herramienta que sirve a los propósitos más amplios de la gestión empresarial.

Durante este periodo la empresa cimentaba sus actividades de planeación sobre la proyección de tendencias, a través de un modelo incremental y centrado en el mediano plazo, que daba por establecido un panorama sin dificultades. Sin embargo, dentro de la misma compañía surgía otro grupo de planificación encabezado por Pierre Back y Ted Newland, quienes iniciaban el trabajo de previsión sobre diferentes bases, teniendo en cuenta el trabajo de Kahn.

La visión para la generación de escenarios de Back y Newland comprendía un periodo de treinta años (considerado como largo plazo), temporada en la cual se hizo inevitable cuestionarse si las condiciones aparentemente inalterables lo seguirían siendo durante los próximos años. Se dieron

---

<sup>157</sup> KAHN, On Thermonuclear war, princeton university press, 1962, Greenwood, 1978.

cuenta de que esto no continuaría de esta manera y propiciaron un escenario de desabastecimiento del crudo que se hizo realidad en 1973, con el embargo petrolero de la recién formada Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Esta crisis desencadenó una elevación extrema de los precios (de dos dólares por barril alcanzó los treinta) que se mantuvo durante trece años más<sup>158</sup>. El Grupo Shell sorteo con éxito esta crisis gracias a los escenarios concebidos por su grupo paralelo.

Esta experiencia estimuló la consolidación de los escenarios como herramienta fundamental para la planificación empresarial dentro de Shell, a la vez que promovió una fuerte reflexión sobre su valor para la formulación de estrategias corporativas, aprendizaje organizacional y la naturaleza de la empresa.

Los grupos de planificación sucesivos a este primero han insistido de distintas maneras que la generación de escenarios es una herramienta que puede robustecer el pensamiento estratégico de una organización. La búsqueda de futuros alternos permite:

- ★ Mejorar la consistencia de los proyectos y darle más calidad a la toma de decisiones.
- ★ Ampliar los modelos mentales de los directivos y su sensibilidad para pensar el futuro.
- ★ Expandir la percepción corporativa ante las señales del entorno.
- ★ Movilizar energías creativas en los diferentes niveles de la organización.
- ★ Potenciar el liderazgo de la organización<sup>159</sup>.

### 1.3.2 El papel de los escenarios

Herman Kahn fue considerado durante su vida como “uno de los más grandes intelectos”, “una mutación mental”; con un “coeficiente intelectual altamente increíble y estratosférico”; de una “presencia cautivadora”; “un provocador en el sosegado mundo de las ideas”; “un reformador”; “un optimista tecnológico” o “un futurista quien intentó enfrentarse con la historia antes de que sucediera”<sup>160</sup>. Kahn se denomina unos de los padres de los estudios del futuro o futurología, movimiento que influyó grandemente en sus bases teóricas y metodológicas: él desarrolló el *método de escenarios*; la aplicación de sistemas de análisis y herramientas matemáticas y científicas para el pronóstico; y las bases organizacionales de la investigación interdisciplinaria y orientada al futuro.

Los objetivos de los escenarios son diversos, en algunos casos podrían ser eventos o actividades militares, dinámicas internas de diferentes países, la paz entre enemigos, relaciones entre aliados; con algún escepticismo, podrían predecir el desarrollo del futuro del mundo entero. Kahn definió las utilidades de los escenarios de acuerdo con los fundamentos de desarrollo de su técnica; otras más se adicionan dentro del campo de la administración y el proceso de toma de decisiones.

- Facilitan la identificación de las oportunidades potenciales y las áreas de problema.
- Proveen flexibilidad en las actividades de planeación.
- Identifican los puntos de avanzada de los cambios que el administrador podría monitorear.

---

<sup>158</sup> DE GEUS, Arie. La empresa viviente. Barcelona, Garnica, 1998.

<sup>159</sup> VAN DER HEIJDEN, Kees. Escenarios. México, Panorama, 1998.

<sup>160</sup> ALIGICAL, Paul D. Hudson Institute.

URL [http://hudson.org/learn/index.cfm?fuseaction=staff\\_bio&eid=HermanKahn](http://hudson.org/learn/index.cfm?fuseaction=staff_bio&eid=HermanKahn). Consultado 27/06/2005.

- ☑ Asisten al tomador de decisiones en la exploración del comportamiento de un sistema a través de un modelo.
- ☑ Permiten validar las principales suposiciones del modelado.
- ☑ Ayudan a verificar la susceptibilidad de la solución propuesta a los cambios en el ambiente descritos por los escenarios.
- ☑ Sirven para llamar la atención, algunas veces dramáticamente y persuasivamente, a lo largo de un rango de posibilidades que se deben considerar en el análisis del futuro.
- ☑ Dramatizan e ilustran las posibilidades que son orientadas de una manera muy útil.
- ☑ Obligan al analista a enfrentarse con los detalles y las dinámicas abstractas que él mismo puede restringir.
- ☑ Facilitan la integración de factores psicológicos, sociales, económicos, culturales, políticos y militares, permitiendo la comprensión de la interacción de muchos elementos a la vez.
- ☑ Ilustran fuertemente, algunas veces de manera sobresimplificada, ciertos principios, problemas o preguntas que pueden ser ignorados o eliminados si se insiste en tomar ejemplos solamente del mundo real complejo y controversial.
- ☑ Consideran posibles alternativas de resultados de algunos eventos reales del pasado o del presente.
- ☑ Pueden ser utilizados como “casos históricos” o anécdotas históricas” artificiales para satisfacer, en cierto grado, la falta de ejemplos reales.

El uso de los escenarios se ha extendido a lo largo de una gran diversidad de áreas, en las cuales, se desea conocer lo que sucedería en diversas circunstancias con el propósito de planificar las actividades o de orientar el rumbo de éstas. Sin embargo también presenta críticas, entre ellas, la creencia de que solo una personalidad “paranoica”, desconfiada injustificadamente, suspicaz y preocupada podría concebir que las situaciones pudieran resultar mal; de hecho, cualquier escenario puede contener ideas paranoicas, pero éstas deberían ser juzgadas con base en la plausibilidad del escenario en particular.

Una segunda crítica es que los escenarios se divorcian de la realidad, convirtiéndose en herramientas engañosas y peligrosas; cabe recordar que el escenario no se debe utilizar como un elemento profético de lo que sucederá en el futuro. El cerebro humano, por medio de la imaginación, fabrica continuamente planes y programas de acción sobre el futuro, estos planes son acciones potenciales organizadas de manera secuencial que indican vías alternas de actuación. La imaginación ha sido siempre uno de los medios principales para interpretar de diferentes maneras el futuro, y el escenario es simplemente uno de muchos dispositivos útiles en estimular y disciplinar la imaginación. La crítica conviene más a escenarios particulares más que a la técnica en sí; en algunos casos estos supuestos alejados de la realidad son a menudo ayudas útiles a las discusiones, sin pretender generalizar que las posibilidades particulares son poco realistas.

A pesar de que algunas destacadas personalidades y grupos ven con pesimismo el éxito pasado y presente de los estudios del futuro, puesto que constatan la no ocurrencia de algunos eventos pronosticados; perciben diferencias conceptuales entre los futurólogos; y observan parcialidades ideológicas de algunos especialistas del área; es significativamente notable el crecimiento de estas investigaciones a la vez que el aumento en cantidad y calidad de la producción intelectual. La realidad

es que ésta es una actividad con características propias, reconocida por amplios sectores a escala global, a la cual se dedica un gran número de académicos, investigadores y consultores en todo el mundo y que ha desarrollado un importante cuerpo de conocimientos y un capital intelectual innegablemente útil. La formulación de escenarios se estima como un recurso particularmente poderoso para estimular el aprendizaje al interior de las organizaciones, a través de un ciclo permanente de "integración de experiencia, desarrollo de sentido y acción"<sup>161</sup>.

---

<sup>161</sup> VAN DER HEIJDEN, Op. cit., p. 52.

## 2. OBJETO DE CONOCIMIENTO

### 2.1 AGUA: FUENTE DE VIDA

El elemento más importante dentro del planeta es el agua, el cual ha permitido la aparición y el sostenimiento de la vida. Gracias al flujo y transformación continua del agua en el subsuelo, la atmósfera y la superficie se hizo posible la biosfera. El agua, en cualquiera de sus estados, es un recurso natural que forma parte del *medio ambiente*, indispensable para la vida de los seres vivos los cuales necesitan de un aporte periódico de ésta para su funcionamiento; (entre el 50% y el 90% del peso corporal de un organismo vivo); y cubre aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra.

El concepto tan ampliamente difundido de que *el agua en la Tierra se está agotando*, no es cierto, puesto que no existe ningún flujo físico dentro de la biosfera que permita o indique la salida del agua al espacio sideral, es decir el volumen de agua dentro de la biosfera ha permanecido constante desde su configuración. El volumen de agua en la biosfera es de aproximadamente 1.420 millones de kilómetros cúbicos (Mkm<sup>3</sup>), de los cuales un 97,5% (1.385 Mkm<sup>3</sup>) conforman la hidrosfera salada y el 2,5% restante (35 Mkm<sup>3</sup>) corresponden a la hidrosfera de agua dulce, la cual se ubica dentro de los siguientes espacios identificados en la Tabla 4.

**Tabla 4 Distribución del agua dulce dentro de la biosfera.**

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (KM <sup>3</sup> )	% DEL TOTAL DE AGUA	% DEL TOTAL DE AGUA DULCE
Agua salada			
Océanos	1.338.000.000	96,54	
Aguas subterráneas salinas/ salobres	12.870.000	0,93	
Lagos de agua salada	85.400	0,0062	
Agua continental			
Glaciares y cubierta de nieve permanente	24.023.500	1,73	68,58
Agua dulce subterránea	10.530.000	0,76	30,06
Hielo del suelo y gelisuelo	340.600	0,0246	0,9723
Lagos de agua dulce	91.000	0,0066	0,2598
Humedad del suelo	16.500	0,0012	0,0471
Vapor de agua atmosférico	12.900	0,0009	0,0368
Pantanos y humedales*	11.470	0,0008	0,0327
Ríos	2.120	0,0002	0,0061
Incorporados en la biota*	1.120	0,0001	0,0032
Total de agua	1.385.984.610	100	
Total de agua dulce	35.029.210	2,5265	100

\* Los pantanos, humedales y el agua incorporados en la biota son a menudo una mezcla de agua dulce y salada.

**Nota:** Es posible que los valores totales no integren la cantidad exacta de la suma debido a redondeo en las cifras.

**Fuente:** World Water Balance and Water Resources of the Earth. UNESCO, 1978.

Observando los datos presentados en la tabla anterior, las principales reservas de agua dulce se encuentran en los glaciares y en los acuíferos de agua subterránea que, en la mayoría de los casos, son de difícil acceso. Por lo tanto la porción de agua dulce disponible para los seres vivos es inferior al 1% del total de agua dulce.

Otra de las actividades en las cuales el agua juega un papel importante está relacionada con la influencia que ésta ejerce sobre los fenómenos meteorológicos actuando como elemento regulador de la temperatura e interviniendo en la geología de un lugar en la medida en que la erosión hídrica<sup>162</sup> modifica el entorno natural y transporta nutrientes hacia zonas estratégicas. El agua a su vez condiciona el desarrollo socioeconómico de los pueblos, ya que la mayoría de los centros urbanos se establecen cerca de los cuerpos de agua no solo por su importancia para el consumo humano sino porque se considera un insumo principal en el desarrollo de actividades productivas, generación de energía, transporte, recreación, etc., características que determinan la calidad de vida de una población.

Aunque su renovación ocurra a través del *ciclo hidrológico*, el agua es un recurso natural escaso y limitado. Gran parte de los problemas que actualmente enfrenta están relacionados con su *cantidad y calidad*. Algunas modificaciones introducidas por el hombre dentro de las fases del ciclo hidrológico influyeron negativamente ocasionando una disminución de la oferta hídrica natural frente a una demanda siempre creciente, al punto de que hoy en día se puede decir que el agua es un recurso *difícilmente renovable*.

Con relación a la calidad de las aguas, desde tiempos muy antiguos el hombre ha empleado los cuerpos de agua, entre otros propósitos, como recipiente de toda clase de desechos, incluidas las mismas aguas residuales, lo que ha determinado una alarmante pérdida de su calidad, afectando no solamente su uso para consumo humano sino para el consumo por parte de los animales, actividades de riego de la tierra, usos recreativos e industriales, entre otros, para los cuales necesitan requerimientos de calidad distintos entre sí, para satisfacer las necesidades.

Resulta paradójico pensar que por su abundancia<sup>163</sup>, este recurso natural podría ser inagotable. Sin embargo, los bajos índices de disponibilidad y calidad resultan alarmantes, ante la ocurrencia de una variedad de fenómenos naturales y actividades antrópicas, que alteran e incluso en ocasiones, inutilizan las fuentes hídricas para el consumo humano o para ciertas actividades industriales y agropecuarias; las condiciones naturales de calidad y la capacidad de auto depuración se ven afectadas fuertemente por la concentración de la población en grandes ciudades y la incorporación de residuos industriales y domésticos en los cuerpos de agua.

## **2.2 JURICIDAD DEL RECURSO HÍDRICO**

### **2.2.1 A nivel mundial**

Las primeras normativas sobre los recursos hídricos distintas al uso en la navegabilidad se dieron a principios del siglo XX con el Convenio de Ginebra de 1923, el cual regula el aprovechamiento de los ríos para la generación de hidroelectricidad<sup>164</sup>. Posteriormente, en 1977, las naciones del mundo se reunieron en Mar de Plata (Argentina) del 14 al 26 de marzo en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, Evaluación y Usos de los Recursos Hídricos, para examinar cuestiones relativas al agua potable e incorporaron un plan de acción que promueve la realización de las siguientes estrategias:

★ Evaluación de los recursos hídricos.

---

<sup>162</sup> Forma de erosión causada por el agua.

<sup>163</sup> Ver Tabla 4.

<sup>164</sup> QUEROL, María. Estudio sobre los convenios y acuerdos de cooperación entre países de América Latina. CEPAL. Santiago de Chile, 2003. p. 6.

- ✱ Determinación de la eficiencia en la utilización del agua.
- ✱ Medio ambiente y lucha contra la contaminación, políticas, planificación y ordenación.
- ✱ Riesgos naturales.
- ✱ Información pública: educación, capacitación e investigación.
- ✱ Cooperación regional e internacional.

En 1992, como resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo – Cumbre de la Tierra<sup>165</sup> realizada en Río de Janeiro, el tema del recurso hídrico se plasma en el documento *Programa 21*<sup>166</sup>, cuyo objetivo general en atención a este recurso se desarrolla en el Capítulo 18, el cual se transcribe:

*Velar porque se mantenga un suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población del planeta y preservar al mismo tiempo las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza y combatiendo los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua (18.2).*

El Programa 21 promueve como estrategia para alcanzar su objetivo, la transferencia de tecnologías innovadoras, y entre ellas aquellas tecnologías locales mejoradas que faciliten el aprovechamiento pleno de los recursos hídricos limitados, las actividades tendientes a adaptarse y reducir las vulnerabilidades del recurso hídrico, el impacto a las comunidades menos favorables y la protección del agua contra la contaminación. También promueve la aplicación del complejo concepto de las Gestión Integrada de los Recursos Hídricos – GIRH<sup>167</sup>; el desarrollo de los recursos humanos responsables de su gestión; y el mejoramiento de la capacidad de respuesta a nivel local. Otros de los componentes integrantes de esta política referentes al recurso agua es la ordenación integrada de los recursos hídricos, la cual debe responder a la percepción de que el agua es parte integrante del ecosistema, un recurso natural y social, un bien económico cuya cantidad y calidad determinan la naturaleza de su utilización.

Durante este mismo año, se realiza en Dublín, Irlanda, del 26 al 31 de enero, la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente – CIAMA: el desarrollo en la perspectiva del siglo XX, la más importante desde Mar del Plata. En ella se hace un *llamado para que se dé un enfoque*

---

<sup>165</sup> Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo – Cumbre de la Tierra. Declaración de Río sobre Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, 1992. URL <http://www.un.org/documents/ga/conf151/spanish/aconf15126-1annex1s.htm>

<sup>166</sup> El Programa 21 es un Plan de Acción para ser desarrollado a nivel global, nacional y local, adoptado por las Naciones Unidas y para el cual se han generado fondos para apoyar el desarrollo de actividades puntuales en procura de alcanzar el desarrollo sostenible. Contiene un Programa 21 distribuido en áreas en las cuales se describen las bases para la acción, los objetivos, las actividades y los medios de ejecución. URL <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm> y <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21spchapter18.htm>

<sup>167</sup> La GIRH es una estrategia diseñada para reducir la escasez y limitación en la accesabilidad del recurso; se concibe como un proceso sistemático para la asignación y monitoreo de los usos (interdependientes) y las calidades del recurso hídrico, en el marco de objetivos sociales, económicos y ambientales, es decir, intrínseca al *desarrollo sostenible*. Estrategia de medio ambiente del BID, en [http://www.iadb.org/sds/ENV/site\\_4238\\_s.htm](http://www.iadb.org/sds/ENV/site_4238_s.htm). Por *Desarrollo sostenible*, se entiende *el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades*. Artículo 3° – Ley 99 de 1993.

radicalmente nuevo a la gestión de los recursos de agua dulce, enfoque que sólo se puede conseguir con un compromiso político y una participación que abarque desde las altas esferas de los gobiernos hasta las comunidades más elementales. Esta conferencia concluye con la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible la cual incorpora cuatro principios rectores que se transcriben a continuación:

*Principio No. 1: El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.*

*Principio No. 2: El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles.*

*Principio No. 3: La mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua.*

*Principio No. 4: El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico<sup>168</sup>.*

En 1994 la Food and Agriculture Organization - FAO<sup>169</sup> dentro de su Programa de Reformas Jurídicas elaboró en una serie de lineamientos para guiar una reforma jurídica del marco regulatorio del recurso hídrico. Se destacan dentro de estos componentes, los siguientes:

- ★ Garantizar la asignación de recurso hídrico entre los diferentes usuarios, sobre todo entre zonas rurales y urbanas.
- ★ Reducir al mínimo los conflictos entre los que utilizan el agua para eliminación de desechos o para aprovisionamiento.
- ★ Fomentar un aprovechamiento eficaz del agua.
- ★ Reglamentar el uso de las aguas de desecho como fuente inocua de suministro para agricultura.
- ★ Reducir la función del Gobierno en los proyectos rurales de suministro de agua, aumentando la participación de los usuarios locales y mejorando el cobro por tasa de uso.
- ★ Garantizar el acceso legal a la tierra y el agua para las mujeres cabeza de familia y para las mujeres en general.
- ★ Construir una administración eficiente que se ocupe de los derechos de agua y de gestionar el sector.

Del 19 al 21 de marzo de 1998, se celebró en cabo en París, la Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible, como resultado de este conferencia se obtuvo Declaración de París, en donde se plantea un Programa de Acciones Prioritarias que incluyen: fomentar la integración de todos los aspectos del aprovechamiento, la gestión y la protección de los recursos hídricos; movilizar recursos

---

<sup>168</sup> Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible. En: <http://www.wmo.ch/web/homs/documents/espanol/icwedecs.html>

<sup>169</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Programa Especial de Seguridad Alimentaria, 1994. URL <http://www.fao.org>

financieros adecuados de origen público y privado; y mejorar el conocimiento, la capacitación y el intercambio de las capacidades institucionales y humanas como estrategias<sup>170</sup>.

Se presentan luego los foros mundiales del agua, el primero de ellos se llevó a cabo en Marrakech, Marruecos en 1997<sup>171</sup>. El II Foro Mundial del Agua se realizó en La Haya, Holanda, en marzo de 2000, aquí se establece la estrategia de visión del agua a nivel global y se adoptan una serie de metas, entre las cuales se mencionan:

- \* Limitar la expansión de la agricultura bajo riesgo.
- \* Incrementar la productividad del agua.
- \* Aumentar la capacidad de almacenamiento.
- \* Reformar y mejorar las instituciones que administran los recursos hídricos.
- \* Promover la cooperación en cuencas internacionales.
- \* Valorar las funciones ecosistémicas.
- \* Apoyar la innovación tecnológica.
- \* Movilizar recursos financieros<sup>172</sup>.

La conclusión más importante de este foro: las principales crisis no son ocasionadas por la carencia del recurso hídrico sino por la mala administración y conservación de éste. Dentro del mismo foro se aprobó la Declaración Ministerial<sup>173</sup> que contiene siete desafíos en el campo político, para la mejor administración del recurso.

Finalmente, el III Foro Mundial del Agua celebrado del 16 al 23 de marzo de 2003, en la Ciudad de Kyoto, Japón, donde se hizo evidente que el agua *es el tema de prioridad principal en el ámbito mundial*; tema que se debe abordar desde un enfoque holístico, es decir, considerando por igual los aspectos económicos, culturales, ambientales y sociales. Entre los compromisos adquiridos dentro de este foro se encuentran:

- \* Cada país se hará responsable de sus necesidades de agua, a través de autoridades locales y comunidades, que tendrán el poder necesario para llevar a cabo sus proyectos.
- \* El gasto anual en infraestructura para el agua potable se duplicará en los países en desarrollo hasta llegar a 100 mil millones de dólares en 25 años.
- \* Se explotarán todas las posibilidades de financiamiento, incluyendo la participación del sector privado y el desarrollo de mecanismos de asociación de entidades públicas y privadas para tales fines.
- \* Se regulará el uso de la tierra e instalarán sistemas de alarma de desastres y de administración de riesgos para limitar el impacto de inundaciones y sequías.

---

<sup>170</sup> Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible, París, 19 al 21 de marzo de 1998. Declaración de París, Programa de Acciones Prioritarias. En: <http://www.oieau.fr/ciedd/esp/frames/final/progractprio.htm>

<sup>171</sup> Primer Foro Mundial del Agua. Marrakech, Marruecos, 1997. En: <http://www.cmo.nl/pe/pe7/pe-772.html>

<sup>172</sup> Segundo Foro Mundial sobre el Agua, Visión mundial del agua: el agua, una responsabilidad común. La Haya, Holanda, 2001. En: <http://www.worldwatercouncil.org/Vision/cce1f838f03d073dc125688c0063870f.htm>

<sup>173</sup> Conferencia Ministerial sobre la Seguridad Hídrica en el Siglo XXI. En: <http://www.worldwaterforum.net/index2.html>

- ★ Se compartirán e intercambiarán datos y conocimientos entre los estados para minimizar los daños causados por los desastres<sup>174</sup>.

En el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos – WWRD<sup>175</sup>, desarrollado por la UNESCO con el apoyo de varias organizaciones a nivel mundial, se describe la crisis del agua, se examinan los progresos y las tendencias, se proponen metodologías e indicadores para medir la sostenibilidad del recurso hídrico, se evalúan los progresos realizados con respecto a las áreas críticas de salud, alimentos y seguridad alimentaria, medio ambiente, recursos hídricos compartidos, en particular para los casos de las ciudades, la industria, la generación de energía, el conocimiento y la gobernabilidad del recurso.

Uno de los acuerdos derivados de la Declaratoria de las Naciones Unidas de 2003 como Año Internacional del Agua Dulce<sup>176</sup>, fue el de promover que los países ejecuten políticas y revisen sus marcos legales para la gestión de los recursos hídricos que contemplen, tanto las necesidades de la salud pública como de los ecosistemas, indicación que se orienta hacia un enfoque biocéntrico de los recursos.

## 2.2.2 A nivel nacional

El 18 de diciembre de 1974 se reglamentó la protección de los recursos naturales y en especial del agua, a través del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente – Decreto Ley 2811 de 1974<sup>177</sup>; primer ordenamiento jurídico de esta naturaleza que consagró un estatuto legislativo en concordancia con la dinámica de desarrollo de la época a nivel mundial. Contiene disposiciones generales sobre las aguas no marítimas en todos sus estados y formas en cuanto se refiere al carácter de dominio público que tienen los recursos naturales, entre ellos el agua; al uso, conservación y administración de las aguas y sus cauces; al estudio de la construcción y funcionamiento de las obras hidráulicas necesarias para cualquiera de sus usos, así como el deber del Estado de autorizar y controlar el aprovechamiento de las aguas. Igualmente la manera cómo debe coordinarse la acción de organismos oficiales y de las asociaciones de usuarios en lo relativo a su manejo.

En el Artículo 44° se señala que la actividad administrativa relacionada con los recursos naturales renovables se debe adelantar a través del *Departamento Nacional de Planeación quien coordinará la elaboración de inventarios y programas sobre necesidades de la Nación y de sus habitantes respecto de los recursos naturales y demás elementos ambientales*; asimismo se plantean las políticas a seguir para su ejecución (Art. 45), en las cuales se da prioridad a la protección de las cuencas hidrográficas con el propósito de reducir las pérdidas y derroches de aguas; la realización de la ordenación y manejo de cuencas; y faculta a la administración para autorizar modificaciones de cauces fluviales y efectuar trasvases.

---

<sup>174</sup> III Foro Mundial del Agua. Kyoto, Japón., 2003. Declaración Ministerial. En [http://www.world.water-forum3.com/jp/mc/md\\_final-spanish.pdf](http://www.world.water-forum3.com/jp/mc/md_final-spanish.pdf)

<sup>175</sup> World-Wide Report on the Development of the Hydric Resources. UNESCO. Presentado el 5 de marzo de 2003, en vísperas del Tercer Foro Mundial del Agua. Agua para todos, agua para la vida. En: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>

<sup>176</sup> Declaratoria Ministerial. 2003, Año internacional del agua dulce. En: [http://www.world.water-forum3.com/jp/mc/md\\_final-spanish.pdf](http://www.world.water-forum3.com/jp/mc/md_final-spanish.pdf) y [http://www.wateryear2003.org/es/ev.php-URL\\_ID=1456&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://www.wateryear2003.org/es/ev.php-URL_ID=1456&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

<sup>177</sup> Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB. En <http://www.cdmb.gov.co/normas/decreto28111974.htm>

Se define en el Artículo 316° del mismo código lo referente a la *ordenación de cuencas hidrográficas* como la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna, y por *manejo de la cuenca*, la ejecución de obras y tratamientos. En esta misma sección – Artículo 318° – se establece que la administración declarará en ordenación una cuenca cuando existan condiciones ecológicas, económicas y sociales que así lo requieran.

En el Decreto 1541 de 1978<sup>178</sup>, se reglamenta el tema de las aguas no marítimas contenido en el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual comprende los siguientes aspectos (Art. 1°):

- \* El dominio de las aguas, cauces y riberas, y las normas que rigen su aprovechamiento sujeto a prioridades, en orden a asegurar el desarrollo humano, económico y social, con arreglo al interés general de la comunidad.
- \* La reglamentación de las aguas, ocupación de los cauces y la declaración de reservas de agotamiento, en orden a asegurar su preservación cuantitativa para garantizar la disponibilidad permanente del recurso.
- \* Las restricciones y limitaciones al dominio, en orden a asegurar el aprovechamiento de las aguas por todos los usuarios.
- \* El régimen a que están sometidas ciertas categorías especiales de aguas.
- \* Las condiciones para la construcción de obras hidráulicas que garanticen la correcta y eficiente utilización del recurso, así como la protección de los demás recursos relacionados con el agua.
- \* La conservación de las aguas y sus cauces, en orden a asegurar la preservación cualitativa del recurso y a proteger los demás recursos que dependen de ella.
- \* Las cargas pecuniarias, en razón del uso del recurso y para asegurar su mantenimiento y conservación, así como el pago de las obras hidráulicas que se construyan en beneficio de los usuarios.
- \* Las sanciones y las causales de caducidad a que haya lugar por la infracción de las normas o el incumplimiento de las obligaciones contraídas por los usuarios.

Por su amplitud y a la vez precisión en los temas reglamentados en los títulos sucesivos del decreto en mención, éstos se pueden considerar las bases fundamentales de la actual Ley del Agua<sup>179</sup> que cursa en el Congreso de la República.

Luego, el Decreto 2857 de 1981<sup>180</sup>, reglamenta el Código en lo relativo a las cuencas hidrográficas, se define el concepto de cuenca y se establece la necesidad de un plan de ordenación y manejo de la misma. En el Artículo 30° se establece el cobro de tasas por la utilización de las aguas, dineros que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos.

---

<sup>178</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. En: <http://www.ideam.gov.co/legal/decretos/1970/d1541-1978.htm>

<sup>179</sup> Ley del Agua. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. En: [http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/proyectoleyagua\\_290405.pdf](http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/proyectoleyagua_290405.pdf)

<sup>180</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. En: <http://www.ideam.gov.co/legal/decretos/1980/d2857-1981.htm>

Se precisa, entre otros, la estructura administrativa encargada de la coordinación, supervisión y manejo de la cuenca en desarrollo del plan; se imponen prohibiciones y sanciones por atentar contra la integridad de las cuencas hidrográficas bajo ordenación, entre otras razones por:

- \* Ejecutar obras de infraestructura física destinadas a acondicionar los medios para el aprovechamiento de los recursos naturales, sin sujetarse a las previsiones técnicas establecidas en el respectivo plan de ordenación.
- \* Realizar el aprovechamiento de cualquiera de los recursos naturales renovables en la cuenca, sin la previa autorización expedida por la entidad administradora de los recursos naturales renovables, conforme a la ley o a los reglamentos (Art. 40).

Como se puede observar, desde la expedición del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y sus decretos reglamentarios, la legislación nacional se apropió de los más avanzados principios del desarrollo sostenible y de la actividad planificadora expresados a nivel internacional, como por ejemplo los contenidos en la Carta Europea del Agua de 1968<sup>181</sup> en la cual se cita textualmente: *la economía de los recursos de agua debe ser planificada por autoridades competentes (VIII)*; y la Declaración de Estocolmo de 1972<sup>182</sup> en sus principios 13 y 14, los cuales se transcriben:

*Principio 13. A fin de lograr una más racional ordenación de los recursos y mejorar así las condiciones ambientales, los Estados deberían adoptar un enfoque integrado y coordinado de la planificación de su desarrollo de modo que quede asegurada la compatibilidad del desarrollo con la necesidad de proteger y mejorar el medio humano en beneficio de su población.*

*Principio 14. La planificación racional constituye un instrumento indispensable para conciliar las diferencias que puedan surgir entre las exigencias del desarrollo y la necesidad de proteger y mejorar el medio.*

Con la Carta Política de Colombia dada en 1991 se constitucionaliza la planificación general de los recursos naturales, consagrado en el Artículo 80<sup>183</sup> el cual reza así:

*El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.*

*Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.*

*Así mismo cooperará con otras naciones en la protección de ecosistemas situados en zonas fronterizas.*

Uno de los desarrollos legislativos más importantes de la Constitución corresponde a la Ley 99 de 1993<sup>184</sup>, cuyo Artículo 1°, señala que la política ambiental colombiana seguirá unos principios, entre

---

<sup>181</sup> Carta Europea del Agua. Promulgada por el Consejo de Europa, reunido en Estrasburgo el 6 de Mayo de 1968 En: [http://www.dipucordoba.es/medioambiente/dmed\\_f6820.htm](http://www.dipucordoba.es/medioambiente/dmed_f6820.htm)

<sup>182</sup> Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Estocolmo, 5 al 16 de junio de 1972. En: <http://www.rolac.unep.mx/docamb/esp/mh1972.htm>

<sup>183</sup> Presidencia de la República. En: [http://www.presidencia.gov.co/constitu/titulo2\\_3.htm](http://www.presidencia.gov.co/constitu/titulo2_3.htm)

<sup>184</sup> CDMB. En: <http://www.cdm.gov.co/normas/ley991993.html>

ellos, que *las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de aguas y las zonas de recarga acuífera serán objeto de protección especial (4)*; y entre las múltiples funciones que ésta ley asignó al hoy denominado Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se menciona la de fijar las pautas generales para el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas.

A través del Decreto 1729 de 2002<sup>185</sup>, se reglamenta la Parte XIII, Título 2 del Decreto Ley 2811 de 1974, derogando así el Decreto 2857 de 1981 que lo reglamentaba anteriormente; parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Dentro de este Decreto se modifica sustancialmente lo referente al Plan de Ordenación (Capítulo III), en cuanto a las fases que éste debe contener, se incluye de manera importante la *fase de prospectiva* en la cual *con base en los resultados obtenidos en el diagnóstico, se diseñarán los escenarios futuros de uso coordinado y sostenible del suelo, de las aguas, de la flora y de la fauna presentes en la cuenca (Art. 12)*. La presente investigación realiza un aporte significativo en el desarrollo de este artículo.

A partir de la reforma del año 2003, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial asume con mayor alcance las funciones relacionados con el agua, puesto que se incorpora dentro de su estructura la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, dependencia que antes formaba parte del Ministerio de Desarrollo Económico. Esta dirección se encarga de promover el manejo integral del recurso agua y la protección de las cuencas abastecedoras de acueductos municipales y veredales.

### 2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA

Los usos del agua se legislan en Colombia con el Decreto 1594 de 1984<sup>186</sup> a través de su Artículo 29°, así: consumo humano y doméstico; preservación de flora y fauna; agrícola; pecuario; recreativo; Industrial; y transporte; sin que de su enunciado se pueda desprender algún orden de prioridad. Los artículos sucesivos definen los usos de la siguiente manera:

Dentro de las actividades para *consumo humano y doméstico* su empleo se encuentra: fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución; bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato; satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; y la fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares (Art. 30).

Las actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o aquellas que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura, hacen parte de uso del agua para la *preservación de la flora y la fauna* (Art. 31).

Se entiende por uso *agrícola* del agua, su empleo para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias (Art. 32).

El uso *pecuario* incluye el consumo de agua que necesita el ganado en sus diferentes especies y demás animales, así como el consumo para otras actividades conexas y complementarias (Art. 33).

---

<sup>185</sup> Ministerio del Interior y Justicia. República de Colombia. En: <http://web.minjusticia.gov.co/normas/2002/d17292002.htm>

<sup>186</sup> Juriscol – Banco de La República de Colombia. En: [http://juriscol.banrep.gov.co:1025/cgi/normas\\_buscar.pl](http://juriscol.banrep.gov.co:1025/cgi/normas_buscar.pl)

El empleo para *fines recreativos* se produce cuando existe un contacto primario, como en la natación y el buceo o un contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca. Además dentro de este uso se incluyen los baños medicinales (Art. 34).

La destinación del agua para la ejecución de procesos manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos y complementarios; la generación de energía; y la minería se denomina *industrial* (Art. 35).

La navegación de cualquier tipo de embarcación o la movilización de materiales por contacto directo, requieren de agua destinada para *transporte* (Art. 36).

A su vez, los usos del agua se agrupan de acuerdo a las actividades para las cuales se requiera; por una parte están los usos *extractivos o consuntivos* en los cuales se hace indispensable su extracción del ciclo natural o su consumo de las fuentes de origen, como ríos, lagos y aguas subterráneas por largos periodos de tiempo y por otra, están los usos *no extractivos o no consuntivos*, en los que no existe separación de su ambiente natural, por cuanto la utilización, que se hace de manera temporal, no implica extracción o consumo.

### **2.3.1 Usos extractivos o consuntivos**

Los usos que se definen dentro de esta categoría se pueden medir cuantitativamente. Se consideran el uso doméstico, bien sea que el modo de adquirir sea por ministerio de la ley<sup>187</sup>, por concesión otorgada por autoridad competente o mediante la prestación del servicio público domiciliario de acueducto; la utilización para actividades agrícolas y ganaderas; industriales, mineras<sup>188</sup> y la generación de energía térmica.

#### **2.3.1.1 Servicio público domiciliario de acueducto**

También se aplicará esta Ley a las actividades complementarias tales como captación de agua y su procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte

La Ley 142 de 1994 lo define como la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición, además de actividades complementarias como la captación, procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte del agua hasta los sitios de consumo<sup>189</sup>. En esta norma se señala un cúmulo de obligaciones que en materia ambiental son observadas por los prestadores de servicios públicos domiciliarios y, entre ellos, los proveedores de agua potable.

De especial atención resulta para la presente investigación lo relacionado con la concesión de aguas la cual se define dentro de la ley como *un contrato limitado en el tiempo, que celebran las entidades a*

---

<sup>187</sup> Decreto 2811 de 1974, Artículo 86. Toda persona tiene derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades elementales, las de su familia y las de sus animales, siempre que con ello no cause perjuicios a terceros.

<sup>188</sup> Ibid, Artículo 146. Exige a los titulares de concesiones de agua para la explotación de minerales, el cumplimiento de las siguientes condiciones: *mantener limpios los cauces donde se arrojen la carga de desechos del laboreo para que las aguas no se represen, no se desborden o contaminen; no perjudicar la navegación y no dañar los recursos hidrobiológicos.*

<sup>189</sup> Ley 142 de 1994, Artículo 14.22. Ministerio de Interior y Justicia. República de Colombia. En: <http://web.minjusticia.gov.co/normas/1944/1421994.htm>

*las que corresponde la responsabilidad de administrar aquellas, para facilitar su explotación o disfrute. En estos contratos se pueden establecer las condiciones en las que el concesionario devolverá el agua después de haberla usado (Art. 39.1).* Resulta conveniente anotar que algunas de estas exigencias concuerdan con otras normas que regulan la gestión ambiental en la prestación de los servicios públicos y se puede invocar, a manera de ejemplo, el Artículo 111° de la Ley 99 de 1993, que declara de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales y distritales; asigna a los departamentos y municipios la destinación, durante 15 años, de un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos, de tal manera que antes del vencimiento de ese periodo, hayan adquirido esas zonas; y delega su administración al respectivo distrito o municipio en forma conjunta con la respectiva corporación autónoma regional y con la participación opcional de la sociedad civil.

Ahora, en cuanto a la obligación a cargo de las autoridades ambientales establecida en la Ley, se consagra como función a cargo de las corporaciones autónomas regionales, la de *adquirir bienes de propiedad privada y los patrimoniales de las entidades de derecho público y adelantar ante el juez competente la expropiación de bienes, una vez surtida la etapa de negociación directa, cuando ello sea necesario para el cumplimiento de las mismas, e imponer las servidumbres a que haya lugar, conforme la ley (Art. 31° no. 27).*

### 2.3.1.2 Agricultura y riego

En el Artículo 36 del Decreto 1541 de 1978<sup>190</sup>, se establece el derecho al aprovechamiento de las aguas para un amplio catálogo de opciones dentro de las que se encuentra el agrícola y silvicultura; además se indica la necesidad de desarrollar sistemas de riego, drenaje y desagüe adecuados para prevenir la erosión, el revenimiento y la salinización de los suelos (Art. 68).

En Colombia la producción agropecuaria se presenta durante la mayor parte del año, gracias a los altos índices de precipitación y volúmenes de escorrentías sin embargo, durante los periodos, más o menos extensos, de sequías se hace necesario el riego en amplias zonas del país.

Una importante reforma en el sector agrario se llevó a cabo en 1936 la cual introdujo la práctica de los sistemas de riego y, por iniciativa del Gobierno, se construyeron algunos sistemas de adecuación de tierras en el Departamento de Boyacá y La Sabana de Bogotá, constituyendo una experiencia trascendental en el posterior desarrollo de obras de infraestructuras par el beneficio de extensos territorios en el país.

La superficie bajo riego en Colombia para 1998 se calculaba en aproximadamente 900.000 hectáreas de las cuales casi dos tercios correspondían a proyectos desarrollados por el sector privado, principalmente a pequeña escala, y la cantidad restante al riego público. La superficie cubierta por regadíos oficiales, para la misma época, se podían clasificar en medianos y grandes, con superficies totales variables entre las 176 y 44.100 hectáreas, y de riego a pequeña escala<sup>191</sup>.

En un interesante informe de la UNESCO se resume la importancia de esta actividad en el mundo y su proyección a futuro para la satisfacción de una creciente demanda; se formulan algunos *desafíos*

---

<sup>190</sup> Decreto 1541 de 1978, Art. 36. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. En <http://www.ideam.gov.co/legal/decretos/1970/d1541-1978.htm>

<sup>191</sup> Fuente: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

frente a la vida y al bienestar<sup>192</sup> y, entre ellos, el *Desafío 4: Asegurar el suministro de alimentos para una población mundialmente creciente*, en donde se lee:

*El riego consume actualmente el 70% del insumo total del agua. Esta cantidad aumentará en un 14% en los próximos treinta años, ya que la zona de regadío se ampliará en un 20%. Hacia 2030, el 60% del total de las tierras potencialmente regables se encontrarán en explotación. De los 93 países en desarrollo estudiados por la FAO, 10 ya están utilizando un 40% de su agua dulce renovable para regadío, que es el nivel a partir del cual puede tornarse difícil elegir entre la agricultura y otros usos del agua. En Asia Meridional se habrá alcanzado este nivel del 40% en 2030 y en Medio Oriente y en norte de África alrededor del 58%. En cuanto al África Subsahariana, América Latina y el este de Asia, por el contrario, la demanda de agua para riego estará situada por debajo del umbral crítico, aunque pueden presentarse graves problemas a nivel local. El agua subterránea poco profunda es una importante fuente de regadío, pero el exceso de bombeo de los acuíferos, la contaminación debida a sustancias agroquímicas y la extracción excesiva de aguas subterráneas fósiles presentan numerosos problemas. Los productos químicos agrícolas (fertilizantes y pesticidas) constituyen en general una causa principal de contaminación del agua, mientras que los nutrientes de abonos causan graves problemas eutróficos en aguas superficiales en todo el mundo (p. 17).*

### 2.3.1.3 Industrial

El Decreto 1541 de 1978 lo define en su Artículo 69°, como *el empleo de las aguas en procesos manufactureros o en los de transformación y en sus conexos o complementarios*; y su continuidad, en los términos del mismo estatuto, dependen de la construcción y puesta en servicio de un sistema de tratamiento de aguas residuales, para verterlas en las condiciones y calidades exigidas en la providencia que otorga el permiso de vertimiento. Aunque en el Artículo 73° se describe el uso energético del agua como su empleo para la generación cinética, hidroeléctrica, termoeléctrica, térmica y nuclear; y el 78 y siguientes se refieren a los usos mineros y petroleros, el Artículo 35° del Decreto 1594 de 1984 los considera como industriales, razón por la cual se hace referencia a ellos dentro de esta categoría.

Al margen de las grandes preocupaciones del mundo, la relación existente entre el agua y la industria ha provocado inmensas expectativas por la creciente utilización del recurso en procesos productivos, que muestran cifras increíbles: el volumen anual de agua utilizada por la industria se elevará de 725 km<sup>3</sup>/año en 1995 a una cifra de 1.170 km<sup>3</sup>/año en 2025<sup>193</sup>. Por eso desde el Programa 21 en el Capítulo 30<sup>194</sup> se aspira a contar con *una mayor eficacia de los procesos de producción, estrategias preventivas, tecnologías y procedimientos limpios de producción a lo largo del ciclo de vida del producto, de forma que se reduzcan al mínimo o se eviten los desechos, pueden desempeñar una función importante en reducir las consecuencias negativas en la utilización de los recursos y el medio*

---

<sup>192</sup> Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: *Agua para todos, agua para la vida*, ONU-WWAP, Naciones Unidas – Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, París, New York y Oxford, UNESCO y Berghahn Books, 2003. En: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>.

<sup>193</sup> Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: *Agua para todos, agua para la vida*, ONU-WWAP, Naciones Unidas – Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, París, New York y Oxford, UNESCO y Berghahn Books, 2003. En: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf> Desafío 5: Promover una industria más limpia en beneficio de todos. p. 19.

<sup>194</sup> Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo – Cumbre de la Tierra. Programa 21. Río de Janeiro, 1992. URL <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21spchapter30.htm>

*ambiente. Las innovaciones tecnológicas, el desarrollo, las aplicaciones, la transferencia de tecnologías y los aspectos más generales de la asociación y la cooperación son cuestiones que en gran medida incumben al comercio y la industria (30.2).*

Por su parte, con el Plan de Aplicación sobre las decisiones de la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible del año 2002<sup>195</sup>, se propone estimular a la industria para que mejore su rendimiento en los aspectos social y ambiental a través de iniciativas voluntarias que incluyan sistemas de ordenación ambiental, códigos de conducta, medidas de certificación e informes públicos sobre temas sociales y del medio ambiente.

### **2.3.2 Usos no extractivos, in situ o no consuntivos**

Se agrupan dentro de esta clase todos aquellos usos que tienen lugar en el ambiente natural de la fuente de agua, sin que se realice extracción de ella o consumo del recurso para la satisfacción de las necesidades del hombre. Entre éstos se cuentan: los usos productivos, como la generación de energía hidroeléctrica y el transporte; la recreación, con contacto directo en deportes acuáticos, pesca, balnearios y playas, y sin contacto directo en la observación del paisaje, fotografía, navegación en embarcaciones; la recepción de residuos líquidos, cuando se utilizan como vertederos de aguas residuales; y, la satisfacción de necesidades ambientales, como la conservación de la vida acuática, la preservación de humedales y la biodiversidad, entre otros.

#### **2.3.2.1 Generación de energía eléctrica y transporte**

Como se mencionó anteriormente, el Decreto 1594 de 1984 considera este uso como industrial y no se relacionará dentro esta categoría por considerar que el volumen de agua que se requiere para la generación de energía se puede cuantificar.

#### **2.3.2.2 Recreación, estética y ecología**

En el Artículo 34° del Decreto 1594 de 1984 se da el concepto referente a este uso, por extensión se incluyen dentro de esta categoría los baños medicinales y en los Artículos 42° y 43° se establecen los criterios de calidad admisibles para su destinación.

De especial atención se encuentran las aguas minerales y termales que se tratan en el Capítulo III del Decreto 1541 de 1978 por cuanto, además de la asignación de propiedades terapéuticas, resultan ser atractivos turísticos de primer orden, justificando así su inclusión dentro de esta clasificación por su aprovechamiento en centros de recuperación y balnearios.

Los usos *estéticos y ambientales*, se consideran otra manera de destinar el agua, a pesar de su gran importancia, es muy escasa la regulación normativa al respecto. La primera denominación se podría separar de la función ecosistémica que cumplen los cuerpos de agua, y su protección específica se dirige a la preservación de los denominados *caudales escénicos* o de *alto valor paisajístico*<sup>196</sup>. El Decreto 1594 de 1984 en su Artículo 44° señala los criterios de calidad que debe cumplir esta clase de aguas para su designación.

---

<sup>195</sup> Anexo: Plan de aplicación de las decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Johannesburgo, Río de Janeiro, 2002. URL <http://daccessdds.un.org/doc/UNDOC/GEN/N02/636/96/PDF/N0263696.pdf?OpenElement>, (18, a). p. 16.

<sup>196</sup> Sin embargo, el Decreto 2811 de 1974 en su Artículo 3.10 califica al paisaje como un recurso natural renovable, cuyo manejo constituye el objeto de esta codificación.

Dentro de los usos *ecológicos* se encuentran tanto los acuáticos, los cuales se suceden dentro del flujo, como los que se cumplen en las riberas de los ríos o cauces. El componente acuático incluye la flora y la fauna, las cuales dependen para su desarrollo y subsistencia de un flujo de corriente mínimo<sup>197</sup> y de otras características relacionadas con la temperatura; el oxígeno; la morfología del cauce, el caudal y las condiciones físicas y químicas de calidad del agua; y los recursos tróficos. Los usos que se dan en las riberas incluyen la vegetación y las demás formas de vida que circundan el cuerpo de agua, como también los factores de intervención antrópica que pueden afectar su capacidad hidráulica, de acuerdo con los diferentes periodos de precipitación anual. El Decreto 1594 en su Artículo 45° define un amplio catálogo de exigencias para el establecimiento de sus criterios de calidad.

## 2.4 LA CONCESIÓN DEL AGUA

Antes de definir en sí lo que es una concesión de agua, se considera importante hacerlo respecto a la *reglamentación del uso de las aguas*, la cual se entiende como el procedimiento mediante el cual se aplican las normas relacionadas con el uso del agua de una corriente, teniendo en cuenta las características biofísicas, sociales y económicas de su zona de influencia, además de las condiciones actuales y futuras del uso y manejo del agua. El objetivo principal de esta reglamentación es la búsqueda de una mejor distribución del recurso hídrico, protegiendo su permanencia, tanto en cantidad como en calidad apropiadas para satisfacer los diferentes usos que sobre él se demanden.

Definida la reglamentación de una corriente, el acto administrativo o resolución reglamentaria que se promulga implica el otorgamiento de concesiones de agua para quienes se benefician de las aguas de dicha corriente, quedando obligados a cumplir con las condiciones impuestas en ellas y sujetos a causales de caducidad de que trata el Decreto 2811 de 1974 y su decreto reglamentario 1541 de 1978.

En el Artículo 677 del Código Civil Colombia se establece como principio general y salvo algunas excepciones, que los ríos y todas las aguas que corren por cauces naturales son bienes de la Unión, de uso público en los respectivos territorios<sup>198</sup> y, de acuerdo con el Artículo 39.1 de la Ley 142 de 1994 se refiere al contrato de concesión de aguas como un pacto limitado en el tiempo que permite la utilización del recurso para los fines permitidos por el ordenamiento jurídico.

La Ley 80 de 1993 en su Artículo 32° numeral 4, define el *contrato de concesión* como aquellos *que celebran las entidades estatales con el objeto de otorgar a una persona llamada concesionario de la prestación, operación, explotación, organización o gestión, total o parcial, de un servicio público, o la construcción, explotación o conservación total o parcial, de una obra o bien destinados al servicio o uso público, así como todas aquellas actividades necesarias para la adecuada prestación o funcionamiento de la obra o servicio por cuenta y riesgo del concesionario y bajo la vigilancia y control de la entidad concedente, a cambio de remuneración que puede consistir en derechos, tarifas, tasas, valorización, o en la participación que se le otorgue en la explotación del bien, o en una suma periódica, única o porcentual y, en general, en cualquier otra modalidad de contraprestación que las partes acuerden.*

---

<sup>197</sup> Este es el denominado *caudal ecológico o mínimo* para garantizar la protección de las condiciones del hábitat acuático y la calidad del recurso, cuya definición dependerá, para cada cuerpo de agua, de las necesidades para la adecuada subsistencia de especies de flora y fauna que albergan como hábitat, y de los requerimientos para la satisfacción de las necesidades humanas.

<sup>198</sup> Art. 677 del Código Civil Colombiano. Secretaria del Senado. En [http://www.secretariassenado.gov.co/leyes/C\\_CIVIL.HTM](http://www.secretariassenado.gov.co/leyes/C_CIVIL.HTM)

En Colombia, a pesar de la legislación existente para el tema de las concesiones, su otorgamiento se realiza mediante el trámite de un procedimiento gubernativo ante las corporaciones autónomas regionales, las corporaciones de desarrollo sostenible, las autoridades ambientales de los grandes centros urbanos y las que se refiere el Artículo 13° de la Ley 768 de 2002<sup>199</sup>, y la Unidad Administrativa de Parques Naturales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Sintetizando, el derecho a la utilización del recurso surge con la expedición de un acto administrativo en el cual se individualiza el nombre del titular; se identifica la fuente de donde se derivarán las aguas; el volumen que se autoriza captar y el uso que se le dará; el término por el cual se otorga la concesión y las condiciones para su prórroga; las obras que debe construir el concesionario para el aprovechamiento de las aguas y la restitución de los sobrantes para su tratamiento y defensa de los demás recursos, así como las obligaciones del concesionario relacionadas con el uso de las aguas y la preservación ambiental<sup>200</sup>. Cualquier persona natural o jurídica, pública o privada, puede solicitar concesiones del recurso hídrico, para los fines que se exponen:

- ★ Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación;
- ★ Riego y silvicultura;
- ★ Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación;
- ★ Uso industrial;
- ★ Generación térmica o nuclear de electricidad;
- ★ Explotación minera y tratamiento de minerales;
- ★ Explotación petrolera;
- ★ Inyección para generación geotérmica;
- ★ Generación hidroeléctrica;
- ★ Generación cinética directa;
- ★ Flotación de maderas;
- ★ Transporte de minerales y sustancias tóxicas;
- ★ Acuicultura y pesca;
- ★ Recreación y deportes;
- ★ Usos medicinales, y
- ★ Otros usos minerales<sup>201</sup>

En concordancia con lo anterior, el Artículo 41 del Decreto Reglamentario 1541 de 1978, establece el orden de importancia para otorgar concesiones de aguas y define su duración de acuerdo a su destinación<sup>202</sup>. El orden de prioridad es el siguiente:

---

<sup>199</sup> Ley 768 de 2002. Ministerio del Interior y Justicia. República de Colombia. En: <http://web.minjusticia.gov.co/normas/2002/17682002.htm>

<sup>200</sup> Artículo 62 Decreto 1541 de 1978.

<sup>201</sup> Artículo 36, Decreto 1541 de 1978.

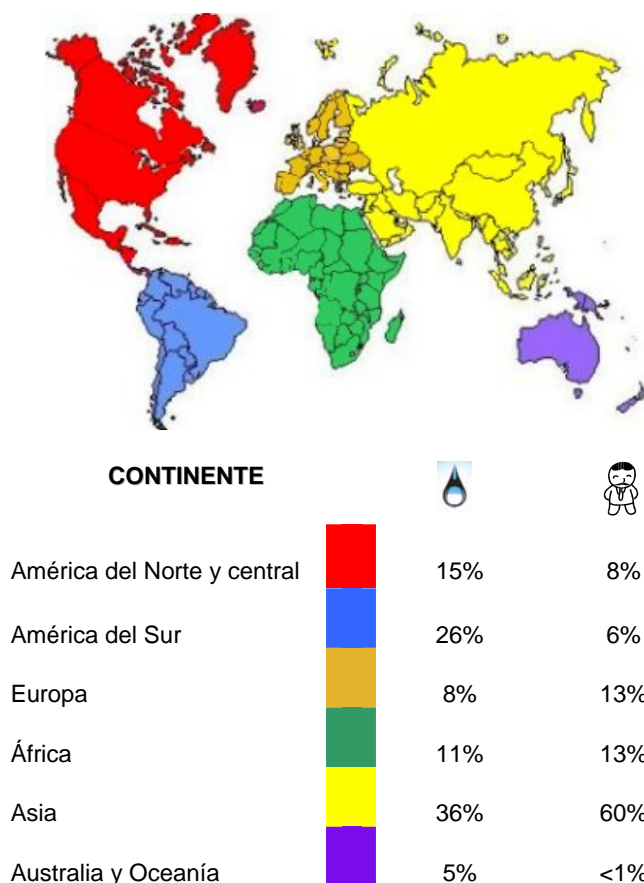
<sup>202</sup> *Ibíd.*, Artículo 39.

- \* Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural;
- \* Utilización para necesidades domésticas individuales;
- \* Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca;
- \* Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca;
- \* Generación de energía hidroeléctrica;
- \* Usos industriales o manufactureros;
- \* Usos mineros;
- \* Usos recreativos comunitarios, e
- \* Usos recreativos individuales.

## **2.5 EL CICLO NATURAL DEL AGUA**

A pesar de que el agua es el elemento más frecuente en la Tierra, de acuerdo con los valores presentados en la Tabla 4, únicamente el 2,53% (aproximadamente) del total del agua es dulce. Su distribución a nivel mundial se presenta en la Figura 5.

Figura 5 Relación entre la disponibilidad de agua y la población.



Fuente de datos: Sitio Web de la UNESCO – PHI<sup>203</sup>. Imagen del mundo tomada de <http://www.escolapios.es/mundo/ppal.htm>

Los datos presentados en la figura representan la disponibilidad global del agua versus la población en cada continente, subrayando de manera alarmante los antagonismos continentales y, en particular, la presión ejercida sobre el continente asiático, que alberga el 60% de la población global, con tan solo el 36% de los recursos hídricos del mundo.

Debido a la incremento en los niveles de vida, el consumo de agua per cápita aumenta, la población crece y en consecuencia el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva lo cual, asociado a otros factores como las variaciones espaciales y temporales del agua disponible; el cambio climático y la contaminación, entre otros ocasionan que la cantidad de agua existente comience a escasear desencadenando una crisis de magnitudes considerables para el desarrollo económico y social de la mayoría de la regiones del mundo, en especial de aquellos países en desarrollo. Según el Informe de las Naciones Unidas para el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, se estima que a

<sup>203</sup> Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina. En: <http://www.unesco.org.uy/phi/>

mediados del presente siglo, 7.000 millones de personas en 60 países sufrirán escasez de agua, en el peor de los casos, y en el mejor se tratará de 2.000 millones de personas en 48 países<sup>204</sup>.

### 2.5.1 Definición

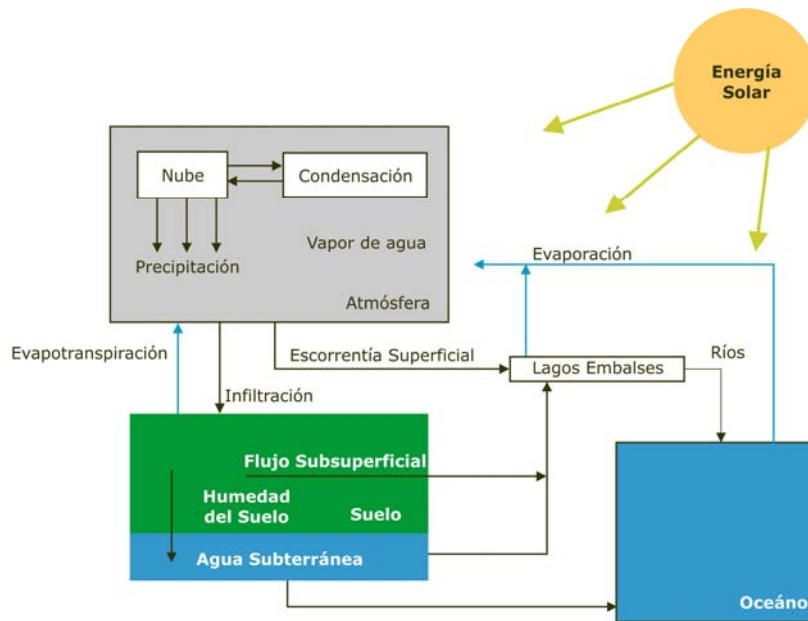
La descripción de este ciclo se puede iniciar en el mar, en donde las gotas de agua se encuentran todas unidas formando los grandes cuerpos de agua llamados océanos, estos a su vez permanecen en constante movimiento producido por las corrientes oceánicas. La lámina superficial de agua marina entra en contacto con los rayos del sol cambiando su estado físico de líquido a gaseoso mediante el proceso de la evaporación, generando como resultado lo que se denomina vapor de agua, este vapor va ascendiendo a las diferentes capas de la atmósfera y es transportado por acción de los vientos hacia tierra firme en donde, al encontrar temperaturas más bajas y condiciones de presión adecuadas, se condensa formando nubes, las cuales llevan pequeñas partículas, que al irse uniendo unas con otras, se convierten en gotas que son afectadas por la fuerza de gravedad haciendo que se precipiten hacia la superficie terrestre dando origen a las lluvias.

Esta agua lluvia al entrar en contacto con el suelo es absorbida por el terreno mientras que otra porción se mueve o se escurre sobre la superficie del suelo, está última, por la acción de la gravedad y la topografía del terreno, llega más rápidamente a los afluentes, tanto lagos, ríos o quebradas, los cuales después de una compleja red pluvial finalmente desembocan en los mares, regresando a donde todo comenzó. El agua que permanece en los ríos y quebradas es afectada por los rayos solares al igual que en los lagos y océanos. A todo este proceso de transformación y transporte se le conoce con el nombre de *Ciclo hidrológico*. En la Figura 6 se observan las diferentes etapas del ciclo hidrológico.

---

<sup>204</sup> Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida, ONU-WWAP, Naciones Unidas-Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, París, New York y Oxford, UNESCO y Berghahn Books, 2003. Agua para todos, agua para la vida. En: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>. p. 10.

Figura 6 Ciclo hidrológico del agua.

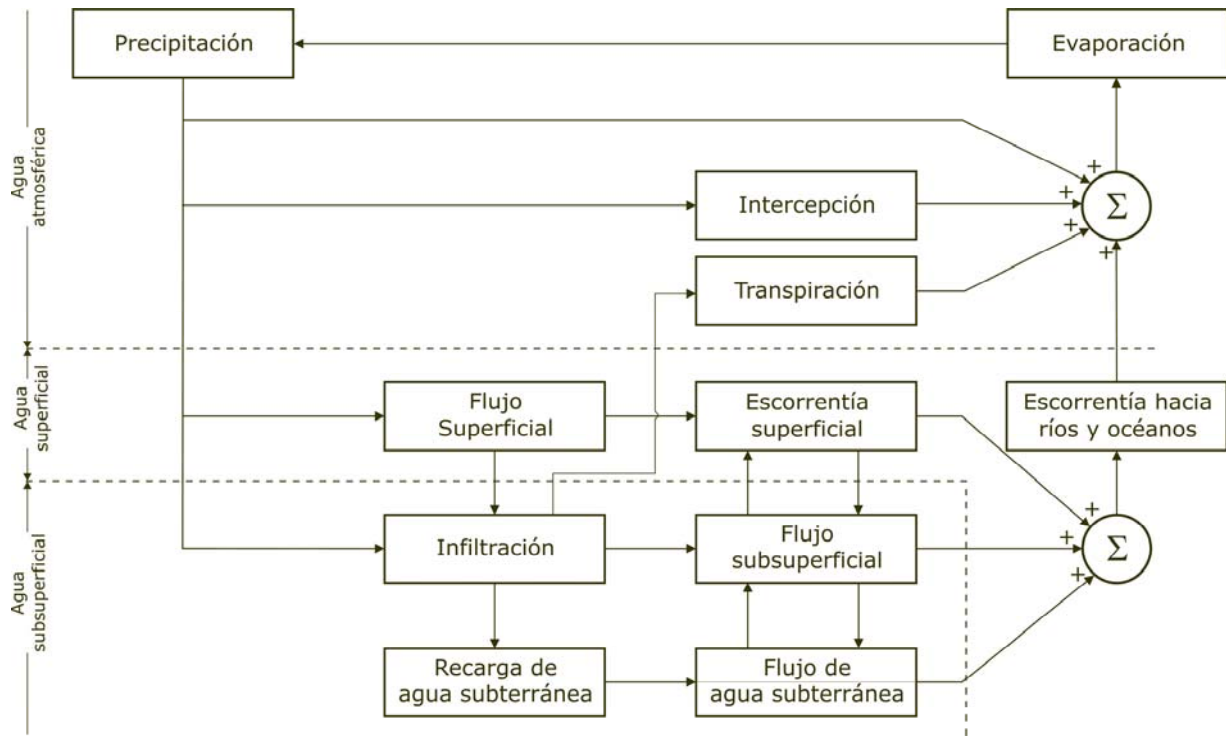


## 2.5.2 Concepto de sistema

Según Ven Te Chow<sup>205</sup> dada la complejidad de los procesos hidrológicos presentes en el ciclo, se pueden representar en forma simplificada utilizando el concepto de *sistema*. Define este concepto como *un conjunto de partes interconectadas entre sí, que forman un todo*. Los componentes del ciclo hidrológico se pueden ver como subsistemas más simples que se analizan de forma separada pero que trabajan de manera interdependiente. Propone a la vez un esquema del ciclo como sistema. En él diferencia tres subsistemas: el *sistema de agua atmosférica*, el cual contiene los procesos de precipitación, evaporación, interceptación y transpiración; el *sistema de agua superficial* donde se desarrollan los procesos de flujo superficial, escorrentía superficial, nacimientos de agua subsuperficial y subterránea, y escorrentía hacia ríos y océanos; y finalmente el *sistema de agua subsuperficial* conformado por los procesos de infiltración, recarga de acuífero, flujo subsuperficial y flujo de agua subterránea.

<sup>205</sup> VEN TE CHOW; MAIDMENT, David R. y MAYES, Larry W. Hidrología aplicada. Mc Graw Hill Interamericana S.A., Santa de fe de Bogotá, 1994. p. 5 y 6.

Figura 7 Representación en diagrama de bloques del sistema hidrológico global.



Fuente: Tomado de VEN TE CHOW, p. 6.

### 2.5.3 Importancia

El estudio de los distintos procesos que se presentan dentro del ciclo hidrológico reviste consideraciones importantes puesto que permite el análisis de las distintas fases del agua y la influencia que el hombre tiene sobre ella, desde su llegada a la tierra a través de la precipitación hasta su regreso a la atmósfera por medio de la evapotranspiración. Cinco etapas básicas se distinguen dentro del ciclo: precipitación; evaporación y transpiración; escorrentía superficial; interceptación; y aguas subterráneas.

La naturaleza juega distintos papeles durante el ciclo hidrológico, tal es así que en ocasiones trabaja en los extremos, es decir, puede producir lluvias torrenciales que hacen que los ríos crezcan en exceso o por el contrario detiene su trabajo ocasionando periodos de sequía muy prolongados. Estos efectos extremos de crecientes y sequías producen grandes pérdidas económicas y sociales, obligando en la mayoría de los casos a la construcción de obras hidráulicas para la protección contra los efectos perjudiciales ocasionados por estos extremos. Si el hombre es previsor y aprende a conocer y manejar racionalmente los recursos naturales, sin duda estos efectos se pueden atenuar significativamente.

### 2.5.4 Componentes

Para comprender mejor cada una de las fases en que se divide el ciclo hidrológico, que a su vez se convertirán en las variables que intervienen en la estimación de la oferta hídrica, se describen a continuación.

#### 2.5.4.1 La precipitación

Es el resultado del enfriamiento de las masas de aire caliente saturadas de agua, las cuales, al perder temperatura por el ascenso a niveles superiores, se condensan formando pequeñas gotas, que se precipitan a la tierra en forma de lluvia. Este fenómeno es variable en el tiempo y el espacio.

La forma en la cual el agua desciende hacia la superficie de la tierra es provocada por factores como las variaciones de temperatura, los vientos, la forma de las nubes, la presión atmosférica, la altura sobre el nivel del mar (altitud) y la distancia que exista entre el terreno y la línea ecuatorial (latitud), entre otros.

La cuantificación de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros, pluviógrafos o de pluviómetros totalizadores. Su unidad de medida es en milímetros. En su medición se deben considerar las siguientes características: la altura de la precipitación; la forma de la precipitación; la intensidad; la duración; el área de influencia; y la frecuencia con que se suceden las lluvias.

#### 2.5.4.2 La interceptación

Es el proceso por el cual la lluvia es atrapada y retenida por el follaje de los árboles y otras especies vegetativas. Cuando se presentan lluvias en los bosques, parte de estas son interceptadas por las copas de los árboles, las cuales se evaporan o caen al suelo cuando sobrepasan su capacidad de almacenamiento; y otra parte se desliza sobre la superficie de los troncos. Por lo anterior, la interceptación es igual a la precipitación en campo abierto menos la precipitación bajo la cubierta de los árboles, según la siguiente fórmula:

$$I = P - (A_c + A_t) \quad (1)$$

Donde:

$I$  = Interceptación

$P$  = Precipitación

$A_c$  = Cantidad de agua que sobrepasa la copa de los árboles.

$A_t$  = Cantidad de agua que se desliza sobre la superficie de los troncos.

Algunos factores influyen en la cantidad de agua interceptada, entre ellos se tiene:

- \* La densidad del follaje.
- \* El número de árboles por hectárea.
- \* La configuración y posición de las ramas y las hojas de los árboles.

Además, según Valderrama<sup>206</sup> existen otros factores que influyen en la variación del porcentaje de lluvia interceptada de acuerdo con:

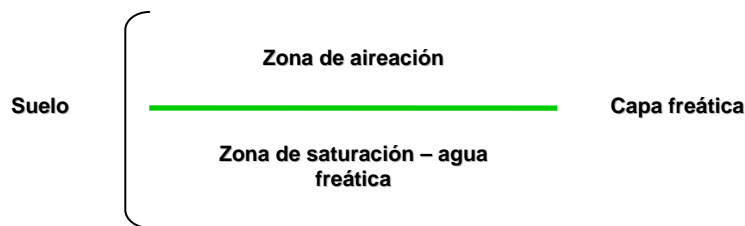
- \* La duración o intensidad de las lluvias; a medida que aumenta la intensidad de las lluvias, disminuye el porcentaje de interceptación, aunque la cantidad absoluta puede aumentar.
- \* El tipo de lluvias y su intensidad; si las lluvias son pequeñas y lentas el porcentaje de interceptación puede ser del 75% al 100%, si por el contrario son fuertes y rápidas el porcentaje varía entre el 4% y 40%.
- \* La especie y densidad de la masa; a mayor densidad de las copas, mayor es el porcentaje de interceptación. A mayor densidad arbórea (número de árboles por hectárea) mayor es el porcentaje de interceptación.
- \* Edad de la masa; las masas de árboles jóvenes interceptan mayor cantidad de agua lluvia que árboles adultos.

La interceptación al igual que la precipitación se mide en milímetros y a través de pluviómetros. El agua que atraviesa las copas de los árboles se puede medir por medio de pluviómetros ubicados bajo los árboles y el agua que se desliza por los troncos se mide por medio de collarines colocados alrededor del tronco.

#### 2.5.4.3 El agua del suelo

El suelo desempeña un papel importante dentro del ciclo hidrológico, puesto que parte del agua que sobre él cae se retiene formando el almacenamiento del agua por retención capilar y otra parte se percola hacia niveles inferiores dando origen al almacenamiento no capilar o temporal.

En el primer caso, el agua de retención capilar es aprovechada por las plantas, pero parte de ella se pierde por evaporación; en el segundo caso, el movimiento del agua está dirigido hacia el centro de la tierra por gravedad y es aprovechada por las corrientes laterales o aguas freáticas. En este orden de presentación se da la infiltración que es la entrada de agua en el suelo; la percolación que corresponde al movimiento del agua a través del suelo hacia niveles inferiores; produciendo las aguas freáticas que son aquellas que se encuentran ubicadas debajo de la capa freática, la cual se localiza entre el límite de la zona de saturación (agua freática) y la zona de aireación.



La capacidad de percolación es la velocidad máxima a la cual puede penetrar el agua en la superficie del suelo; la capacidad de infiltración es la velocidad máxima a la cual el agua se puede mover a

---

<sup>206</sup> VALDERRAMA, Luis E. Manejo de cuencas hidrográficas. Ministerio de Agricultura. Bogotá, 1974.

través del suelo. La infiltración se encuentra sujeta al estado del horizonte superficial del suelo, cuyas condiciones determinan si las precipitaciones se convierten en escorrentía o escurrimiento superficial.

Los factores que afectan estas capacidades son:

- \* El tamaño y número de los poros capilares.
- \* El contenido de materia orgánica del suelo.
- \* El tipo de suelo, la textura y la estructura.
- \* El contenido de humedad y ensanchamiento de los coloides.
- \* La presencia de bosques.
- \* La temperatura del suelo.
- \* La temporada del año.
- \* El tipo de vegetación.

#### 2.5.4.4 La evaporación

Es el fenómeno por el cual el agua retorna a la atmósfera en forma de vapor. La extracción de humedad del suelo por medio de la evaporación, proporciona a la precipitación la oportunidad de almacenarse en el suelo.

Los factores que intervienen en el poder evaporante de la atmósfera son:

- \* La temperatura del aire y del agua.
- \* La insolación.
- \* La humedad del aire.
- \* La velocidad y turbulencia del viento.
- \* La presión atmosférica.
- \* La altitud, entre otros.

La medición de este proceso se realiza a través de tanques de evaporación, comúnmente llamados evaporímetros y su unidad de medida es milímetros.

#### 2.5.4.5 La transpiración

La transpiración es la evaporación de humedad por el follaje. Es tal vez el más complejo de todos los procesos evaporativos puesto que depende de las condiciones meteorológicas, de las condiciones de las plantas en sí y de las condiciones hídricas del suelo.

Los factores que afectan la transpiración son:

- \* Meteorológicos; radiación solar y el tiempo.
- \* Las plantas; estructura de las hojas, orientación de las hojas, área de las hojas, presión osmótica de las hojas, tipo de vegetación, edad del bosque.
- \* Hídricos; el volumen del suelo penetrado por las raíces suministra agua para la transpiración.

#### 2.5.4.6 La evapotranspiración

Como su nombre lo indica, es la combinación de los procesos de evaporación y transpiración, por el cual el agua del suelo se pierde hacia la atmósfera en forma de vapor.

Este proceso es muy abundante cuando el nivel freático se halla cerca de la superficie del suelo, pues cuando las raíces consiguen llegar hasta la capa freática encuentran un abastecimiento ilimitado de agua trayendo como resultado la pérdida en cantidades exageradas de esta por transpiración.

Dada la complejidad en la medición de este proceso, en la práctica se utiliza el concepto de *evapotranspiración potencial* que es la que se daría en lugar dado, con un abastecimiento adecuado de agua permanente.

#### 2.5.4.7 La escorrentía

Es la cantidad de agua de una lluvia que drena sobre la superficie del suelo. Este proceso es el responsable de la erosión del suelo y de la sedimentación, graves desequilibrios que ocasionan el empobrecimiento de los suelos además de grandes pérdidas económicas y sociales.

El escurrimiento superficial se mide en un punto determinado (estación de aforo) por unidad de tiempo, por ejemplo en  $m^3/seg$ , o sea el volumen de agua en metros cúbicos que pasa en un segundo por un punto determinado. Otra medida se da en función del área de la cuenca de captación, por ejemplo en  $m^3/seg./km^2$ .

Los siguientes factores influyen en este proceso:

- \* La superficie del suelo.
- \* La capacidad de infiltración del suelo.
- \* La intensidad de las lluvias.
- \* El porcentaje de humedad del suelo.
- \* La pendiente y el microrrelieve.

Descritos los principales componentes del ciclo hidrológico es de vital importancia destacar aquellos en los cuales el hombre puede influir de manera positiva, estos ocurren sobre la tierra desde que se suceden las lluvias sobre el suelo y la vegetación hasta que se evaporan o retornan a la atmósfera.

Estos procesos son:

- \* La interceptación.
- \* La infiltración y la percolación.
- \* El escurrimiento o escorrentía superficial.
- \* La evapotranspiración.

Del hombre depende el manejo adecuado de los suelos y la vegetación por medio de un uso ordenado y racional, empleando técnicas de conservación y preservación, dando lugar a la obtención de los mayores beneficios del agua; si por el contrario estos dos componentes, suelo y vegetación, se destruyen y no se realiza ninguna práctica de conservación, la influencia de estos procesos será negativa ocasionando grandes volúmenes de escurrimiento lo que trae como consecuencia la pérdida y destrucción progresiva del suelo, arrastres considerables de sedimentos colmatando así las presas, detrimento en la capacidad de navegación de los ríos y en general el empobrecimiento del país.

Dada la complejidad de algunos de los procesos descritos especialmente en lo que respecta a la toma de datos para el análisis de información, se tendrán en cuenta dentro de la presente investigación aquellos que posean información suficiente.

## 2.6 LA CUENCA

La cuenca es el área donde se desarrollan diversos y diferentes sistemas de vida tanto humana como animal y en ella se lleva a cabo el desarrollo de las actividades económicas y sociales de una región.

Este elemento cumple funciones muy importantes para el equilibrio del ecosistema natural dentro de las que se destacan:

- ★ Función hidrológica
  - \* Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
  - \* Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
  - \* Descarga del agua como escorrentía.
- ★ Función ecológica
  - \* Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de los cuales se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
  - \* Provee el hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.
- ★ Función ambiental
  - \* Constituye sumideros de CO<sub>2</sub>.
  - \* Alberga bancos de germoplasma.
  - \* Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
  - \* Conserva la biodiversidad.
  - \* Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos.
- ★ Función socioeconómica
  - \* Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
  - \* Provee un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.<sup>207</sup>

### 2.6.1 Definición

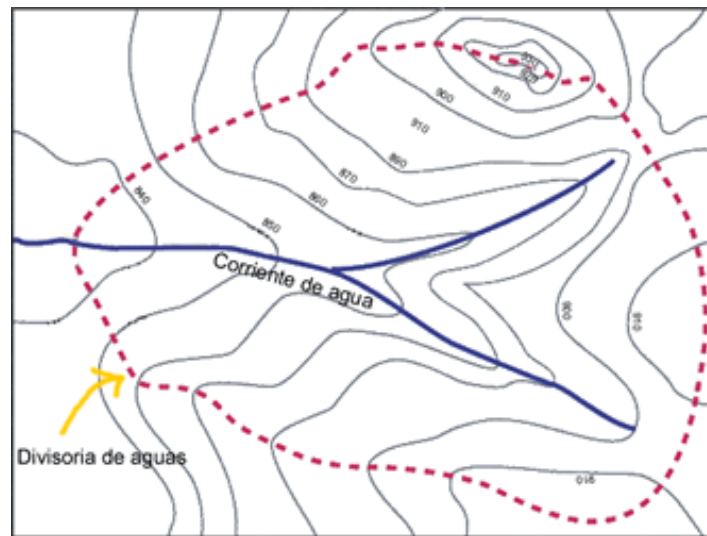
La Organización Meteorológica Mundial – OMM y la UNESCO definen el concepto general de la cuenca como *área de drenaje de un curso de río o lago*. El IDEAM en su resolución 104 de julio de 2003 define este concepto como *aquella unidad de territorio donde las aguas fluyen naturalmente, en un sistema interconectado y en el cual interactúan uno o varios elementos biofísicos, socioeconómicos y culturales*.

---

<sup>207</sup> Instituto Nacional de Ecología. En: <http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html>

La formación de una cuenca se origina por parte del agua precipitada que se desplaza sobre el suelo (escorrentía) a lo largo de las laderas y que a su vez se intercepta con las depresiones naturales del terreno, en las cuales se puede evaporar o infiltrar o, finalmente su movimiento se realiza a través de los drenajes naturales de la cuenca formando así el flujo superficial. De acuerdo con el ciclo hidrológico el proceso de escorrentía se produce de manera dinámica que, con la ayuda de la topografía del terreno facilitan la unión de varios cauces, arroyos y quebradas dando origen a los ríos importantes. Además del flujo superficial existen el subterráneo y el subsuperficial que conforman entre sí la escorrentía la cual, además de conformar los cauces de las corrientes; aviva los diferentes almacenamientos y da lugar a una extensa red hidrográfica que vierte sus aguas finalmente al mar. En la Figura 8 se presenta un esquema básico de la cuenca.

Figura 8 Esquema general de una cuenca.



La cuenca con unidad posee características geográficas, físicas y biológicas similares que hacen que ésta funcione como un *ecosistema*<sup>208</sup>; lo que a su vez la convierte en la mejor unidad geográfica para la planeación del desarrollo regional.

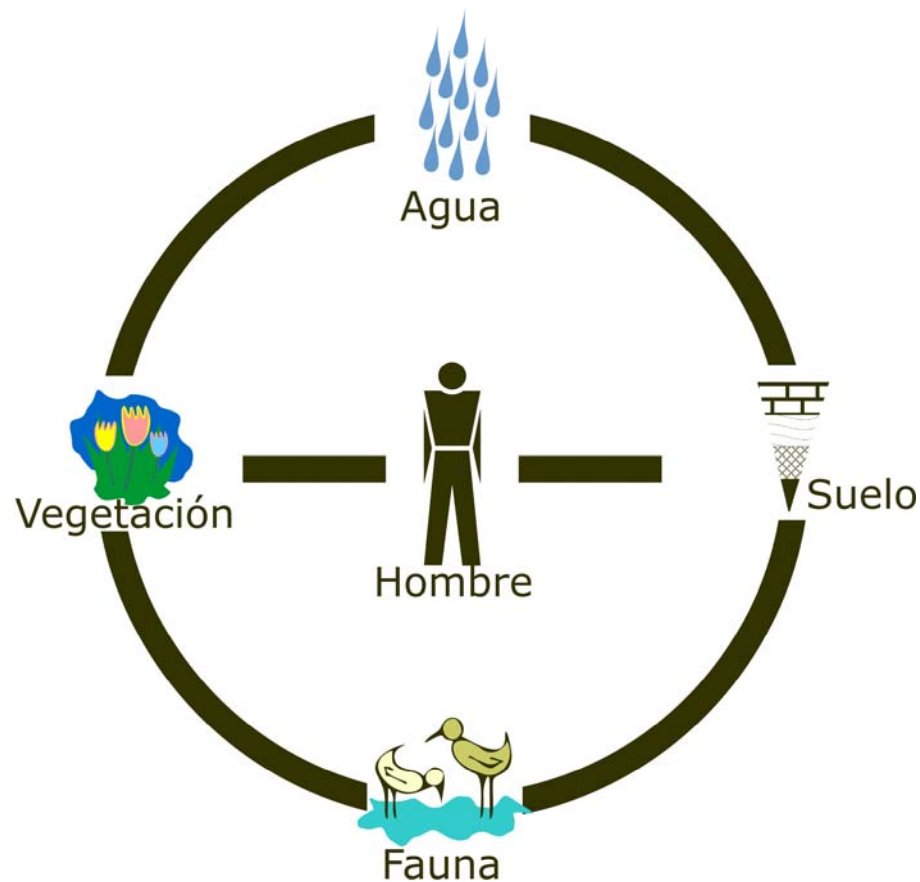
## 2.6.2 Componentes

Los elementos que componen una cuenca son todos los recursos naturales de la misma, incluidos el hombre y el ambiente, que se encuentran en permanente interacción y se condicionan mutuamente de una manera muy estrecha y armónica, por lo que en su análisis se deben considerar como interdependientes y en conjunto. En la Figura 9 se presente un esquema de estos elementos.

---

<sup>208</sup> Unidad de organización formada por todos los organismos de un área que actúan entre ellos mismos y el medio ambiente físico, incluido el hombre.

Figura 9 Componentes de una cuenca.



Para facilitar el análisis e interpretación de los componentes que intervienen en la cuenca se desarrolla a continuación los elementos que hacen parte de cada sistema.

#### 2.6.2.1 Sistema físico

- \* **Clima;** es uno de los factores más importantes dentro del análisis de la cuenca, pues determina los usos del suelo (vegetación y cultivos) y es el agente que provoca la erosión y el degradamiento de los suelos. Dentro de esta característica se debe tener en cuenta la precipitación, la temperatura, los vientos, la humedad relativa y la nubosidad.
- \* **Geología;** determina la red hidrográfica y el tipo de roca y suelo que predominan en una región.
- \* **Hidrografía;** se refiere al análisis morfométrico del área de captación de la cuenca y su red de drenaje.
- \* **Hidrología;** Esta característica hace referencia al régimen de caudales (volumen de esorrentía), sedimentación y clasificación de las corrientes.
- \* **Relieve;** incluye la forma del terreno, sus elevaciones y desigualdades, elementos que se encuentran íntimamente ligados a la formación de los suelos, el drenaje tanto superficial como subterráneo, la erosión, uso del suelo.

- \* Topografía; determina una serie de unidades que definen de manera más concreta el relieve dando un elemento más para la utilización adecuada del suelo. Además determina las diferencias de drenaje que tienen influencia en la forma y uso del suelo.
- \* Geomorfología; trata la forma que posee la corteza terrestre y se encuentra relacionada directamente con algunos factores formantes del suelo como el clima, el relieve, el tipo de material parental, el tiempo de formación, entre otros.

#### 2.6.2.2 Sistema biológico

Son todos aquellos elementos que tienen vida dentro de la cuenca.

- \* Ecología; se encarga de estudiar los ecosistemas, es decir, define lugares con características similares, donde en condiciones normales se presentará una misma clase de formas biológicas y condiciones de vida. En Colombia se elaboró hace algunos años, el mapa de zonas de vida, según la clasificación de L. R. Holdridge<sup>209</sup>, la cual solo tiene en cuenta parámetros climáticos como la precipitación, la temperatura y la humedad para definir unidades básicas, zonas de vida o formaciones vegetales. Aunque no es la ideal, porque solo considera algunos parámetros del clima, es la más utilizada en el país para clasificar provincias bióticas, es decir, regiones que tienen similitudes en sus condiciones de vida.
- \* Fauna; comprende las diversas clases de animales que viven dentro de la cuenca, cumple una función activa dentro de los ecosistemas participando en el ciclo de formación de nutrientes y cadenas tróficas; estructurando el medio biológico del hombre; posee valor científico, estético, recreativo; es fuente de alimento, abrigo y sustancias medicinales, entre otras propiedades.
- \* Suelo; como ya se ha mencionado anteriormente esta característica determina el uso del suelo, indicando la clase de vegetación para cada región.
- \* Vegetación; comprende toda la cubierta vegetal presente en la cuenca.

#### 2.6.2.3 Sistema humano

El hombre es el elemento fundamental en el desarrollo de una cuenca, ya que de él depende el manejo y administración de los recursos que posee dicha unidad geográfica. Dentro de este factor se encuentran los aspectos sociales, culturales y económicos de la comunidad que habita la cuenca. A continuación se presenta un esquema en el cual se organizan los componentes de cada sistema.

---

<sup>209</sup> HOLDRIDGE, R., Leslie. Ecología basada en zonas de vida. IICA, Costa Rica, 1978. p. 9.



### 3. CONCEPTUALIZACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Para el estudio y comprensión de los diferentes fenómenos (sociales, ambientales o económicos) que se suceden dentro del mundo real, se hace necesaria la utilización de los modelos, los cuales ayudan a representar la realidad mediante la abstracción de los más importantes aspectos que desde el punto de vista del modelador son relevantes para efectuar sobre él operaciones de consulta y actualización de datos y de simulación de eventos espaciales.

Sin embargo es preciso aclarar que estos modelos, por más exactos que parezcan, son representaciones simplificadas de la realidad, ya que existen muchos factores asociados a ellos que no describen fielmente los sucesos debido a la complejidad de la realidad, la imprecisión en la medida de los muestreos de los datos, las aproximaciones del modelo en sí, las variables a modelar y las limitaciones computacionales, entre otras.

Con respecto a este último factor, las computadoras y por ende los sistemas de software que operan sobre las variables de un modelo, como los sistemas de información geográfica, utilizan números, símbolos y caracteres; motivo por el cual no existe una manera de aplicarlos directamente sobre las variables del mundo real. Un buen modelo es aquel que proporciona un correcto y consistente funcionamiento de las variables del mundo real a considerarse dentro del modelo planteado por el experto sin importar lo acontecido con las demás componentes del sistema general. Es por esto que para una misma problemática existen diversos modelos, cada uno de los cuales puede representar la visión, la experiencia y los intereses a modelar por el especialista.

Desde el punto de vista científico, los modelos son construidos para mejorar la comprensión de sistemas naturales, pues el proceso de construcción de un modelo obliga al modelador a justificar su visión conceptual del fenómeno y a cuantificar la influencia de cada factor (Cross<sup>210</sup>). El modelo que se plantea en la presente investigación tiene como base los estudios realizados por el Grupo de Investigación: *GEOMÁTICA, Gestión y optimización de sistemas* de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander en la Cuenca de la Quebrada La Angula mediante proyectos ejecutados para la Corporación Autónoma Regional para la Meseta de Bucaramanga – CDMB y en los cuales se ha participado activamente.

El modelo propone la evaluación del recurso hídrico determinado por la oferta natural y las demandas requeridas por los diferentes usos con el propósito de asignar los caudales necesarios para el desarrollo social y económico de las regiones teniendo en cuenta los ecosistemas presentes en la zona y la calidad del agua de la corriente. Así mismo, la oferta natural se estimada usando la metodología del balance hídrico a largo plazo a partir de los datos de precipitación y evapotranspiración real; y las demandas para las diferentes actividades se estiman empleando la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial<sup>211</sup>. Para el manejo de todo este tipo de información se hace necesario la creación de un sistema de información

---

<sup>210</sup> CROSS M., M. Learning the art of mathematical modeling. New York, USA, Halsted Press, 1985. Citado en PINTO V. J.E. 2003.

<sup>211</sup> Resolución 0865 de 2004 – por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia.  
[http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/Res865\\_22072004.pdf](http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/Res865_22072004.pdf)

que permita el manejo del conjunto de variables implicadas, para así determinar la oferta hídrica real y facilitar la gestión y toma de decisiones sobre el recurso hídrico de una cuenca.

Para la ejecución de este cálculo se desarrolló y se implementó una herramienta informática sobre plataforma libre que contiene las funciones necesarias para la manipulación de la información de entrada (mapas en formato ASCII Grid), su procesamiento a través de los diferentes métodos estudiados para el cálculo de la oferta hídrica y la posterior visualización de los resultados mediante mapas en formato raster<sup>212</sup>.

### **3.1 ENTORNO MATERIAL – MUNDO REAL**

La importancia de las cuencas hidrográficas radica en que los recursos de agua continentales son un componente esencial y una parte imprescindible de todos los ecosistemas terrestres. El ambiente del agua se caracteriza por el ciclo hidrológico, que incluye situaciones extremas como inundaciones y sequías. El cambio del clima mundial y la contaminación atmosférica también podrían tener repercusión en los recursos de agua y su disponibilidad.

Como parte de una tendencia mundial, la utilización de recursos naturales para consumo humano está aumentando en progresión geométrica. La necesidad apremiante de hacer frente a esta progresión geométrica de la demanda de agua dulce se complicará aún más, si se deja que la base de los recursos naturales se deteriore a una velocidad cada vez mayor. La deforestación de las cuencas, la erosión, la contaminación y el agotamiento de las aguas superficiales y subterráneas se encuentran entre las principales amenazas al abastecimiento de agua dulce.

Para controlar esta amenaza se hace necesaria una revolución en la regulación del agua. Para llevar a cabo esta revolución se requieren políticas coordinadas y respuestas a los problemas a nivel internacional, nacional y local. En Colombia la responsabilidad de estas políticas la desempeña el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de las Corporaciones Autónomas Regionales – CAR.

### **3.2 ENTORNO INTERPRETATIVO – MODELO CONCEPTUAL**

#### **3.2.1 Oferta hídrica**

La oferta hídrica de una cuenca, es el volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Para el estudio y determinación cuantitativa de los procesos físicos que contribuyen a la formación y variación espacio – temporal del recurso hídrico en una zona determinada, se emplea la ecuación del *balance hídrico*, formulación matemática de la interrelación y distribución espacial del agua en sus diferentes fases.

Las estimaciones de la oferta de agua tienen como base la dinámica y los procesos que se dan en el ciclo hidrológico, que determinan en un espacio y un periodo dados la disponibilidad de agua en cada una de las fases fundamentales del ciclo: precipitación, evapotranspiración real, almacenamiento en el suelo y la vegetación y escorrentía superficial y subterránea.

---

<sup>212</sup> AGUIRRE, F. y PRADA, C. Visor de formatos gráficos geoespaciales. Proyecto de grado Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, UIS, 2004.

Existen dos clases de oferta: total y neta. La primera corresponde al volumen total generado, sin tener en cuenta factores de reducción, y la segunda – oferta neta – a la disponibilidad de agua de acuerdo con su calidad y el volumen disponible que debe fluir por los cauces para el sostenimiento de los ecosistemas. Con esta última oferta y su relación con otros factores, se estiman las condiciones de sostenibilidad del recurso hídrico.

### 3.2.1.1 Balance hídrico

La estimación de la oferta hídrica para un espacio y periodo de tiempo específico tiene como base el ciclo hidrológico modelado a través del balance hídrico el cual determina la disponibilidad del agua en cada una de sus fases: precipitación, evapotranspiración real, infiltración y escorrentía.

El balance hídrico se considera un buen método para la estimación, con un margen de error pequeño, del caudal medio anual en diferentes regiones de Colombia<sup>213</sup>. Esta metodología se aplica en cuencas hidrográficas con un registro de las variables climatológicas e hidrológicas mayor de 10 años (situación que permite calcular la oferta hídrica media anual), instrumentadas y con áreas de drenaje mayor (más de 250 Km<sup>2</sup>).

El balance hídrico se basa en la ley física universal de conservación de masas para volúmenes de control en columnas de suelo, atmósfera y la unión de ambos y representa una de las herramientas de mayor uso en la práctica hidrológica. Expresa la equivalencia entre los aportes de agua que ingresan al volumen de control y la cantidad de agua que se evacua considerando además las variaciones internas en el almacenamiento de la humedad ocurridas durante un determinado.

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (2)$$

Para una cuenca se tiene:

#### ★ Entradas (*I*)

- \* Precipitación (P)
- \* Escorrentía superficial desde otras cuencas
- \* Aguas subterráneas desde otras cuencas

#### ★ Salidas (*O*)

- \* Evaporación
- \* Transpiración
- \* Escorrentía superficial hacia otras cuencas
- \* Agua subterránea hacia otras cuencas
- \* Infiltración

---

<sup>213</sup> Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2000.

\* Cambio de almacenamiento  $\frac{\Delta S}{\Delta t}$

- \* Variación del almacenamiento de aguas subterráneas
- \* Variación del almacenamiento por cambio en la humedad del suelo
- \* Variación del almacenamiento superficial en lagos, embalses y en la escorrentía superficial.

En razón de que para calcular cada una de estas variables se utilizan diferentes mediciones y estimaciones, usando métodos independientes, siempre quedará involucrado un error. Es por ello que la ecuación del balance hídrico de agua requiere la inclusión de un término residual de discrepancia ( $\eta$ ) o error de medición o estimación.

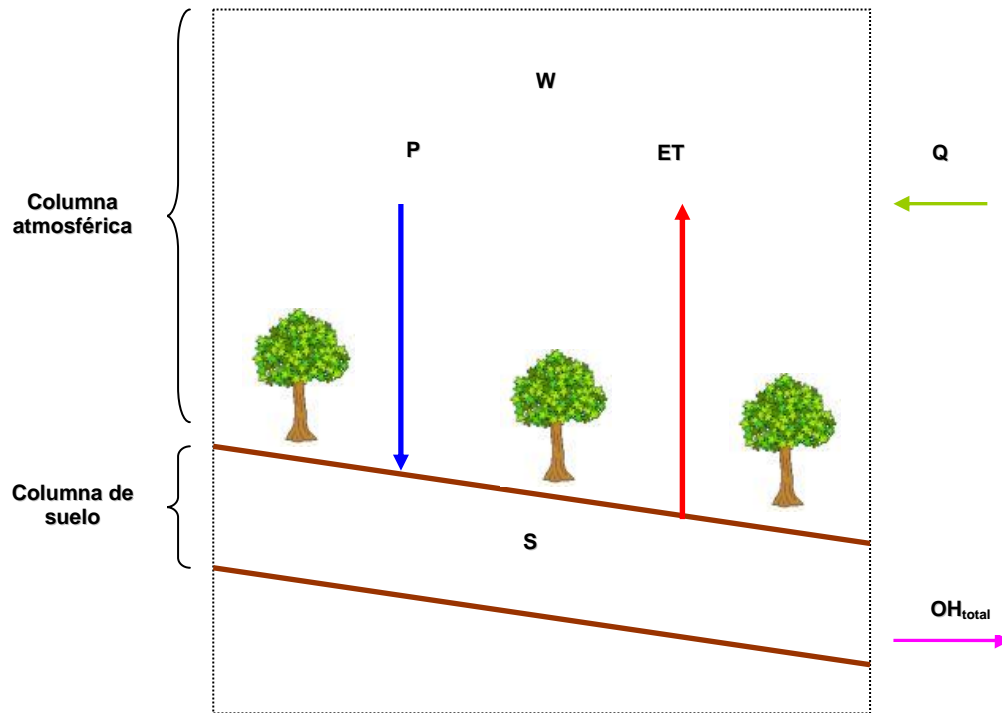
$$P - E_{sc_{supericial}} - E_{sc_{subterránea}} - ET - \Delta S - \eta = 0 \quad (3)$$

Las unidades de la ecuación se pueden expresar en altura media del agua sobre la cuenca o cuerpo de agua (mm), como volumen de agua ( $m^3$ ) o en forma de flujo ( $m^3/seg.$ )

En la Figura 10 el contorno horizontal de las columnas representa la línea divisoria de aguas de una cuenca desde donde se prolongan infinitas líneas verticales hacia abajo o hacia arriba, según sea el caso. El borde inferior de la columna de suelo es un estrato impermeable y el borde superior de la columna atmosférica es su tapa. La superficie de la cuenca es el borde superior de la columna de suelo, y a su vez, el borde inferior de la columna atmosférica.

Se define  $W$  como el agua o almacenamiento de agua en la atmósfera, en unidades de longitud (volumen por unidad de área),  $P$  es la precipitación,  $ET$  es la evapotranspiración,  $Q$  es el flujo neto de humedad en la atmósfera,  $S$  es el almacenamiento de agua en el suelo o infiltración, también en unidades de longitud,  $R$  es el flujo de agua hacia fuera de la columna de suelo o escorrentía; constituido por la escorrentía superficial y subterránea.  $P$ ,  $ET$ ,  $Q$  y  $R$  están expresados en unidades de longitud por unidad de tiempo (mm/año), es decir el flujo o caudal por unidad de área.

Figura 10 Conservación de la masa de agua en la columna del sistema suelo – atmósfera



El balance de agua para la atmósfera está dado por la ecuación:

$$Q + ET - P = \frac{dW}{dt} \quad (4)$$

Donde:

$Q$  = flujo neto de humedad en la atmósfera

$ET$  = Evapotranspiración

$P$  = Precipitación

$W$  = Almacenamiento de agua en la atmósfera

Y el balance para la columna de suelo es,

$$P - ET - OH_{total} = \frac{dS}{dt} \quad (5)$$

Donde:

$P$  = Precipitación

$ET$  = Evapotranspiración

$OH_{total}$  = Oferta hídrica total

$S$  = Almacenamiento de agua en el suelo.

Así, combinando las dos ecuaciones planteadas (4) y (5), se obtiene la ecuación de balance de agua para el volumen de control.

$$Q - OH_{total} = \frac{d(W + S)}{dt} \quad (6)$$

Considerando la integración sobre un intervalo de tiempo largo (más de 10 años), de tal manera que los cambios en las cantidades almacenadas  $W$  y  $S$  sean despreciables<sup>214</sup>. Se tiene entonces que el promedio a largo plazo del influjo atmosférico neto  $Q$  debe ser igual al promedio de largo plazo de la escorrentía neta  $R$  y, que ambos casos son iguales a la diferencia entre los respectivos promedios de precipitación,  $P$  y evaporación  $ET$ . La ecuación de balance de agua para la columna queda.

$$OH_{total} = P - ET \quad (7)$$

Esta ecuación presenta inexactitudes cuando se aplica en cuencas de gran área de drenaje y en suelos permeables donde la escorrentía subterránea es aún más importante que la escorrentía superficial.

La escorrentía total está compuesta por la escorrentía superficial y la escorrentía subterránea (flujo base). En cuanto a la estimación de la oferta de agua subterránea en el país los estudios no abarcan más del 15% del territorio nacional y corresponden a áreas donde se explota actualmente este tipo de recurso<sup>215</sup> además, si bien existe flujo hacia las capas profundas, el tiempo de circulación o renovación es mucho más largo que en el caso de las capas acuíferas superficiales ubicadas en la zona no saturada y saturada, y por lo tanto no participan activamente en el intercambio hídrico, ni están vinculadas al régimen climático actual. Este ciclo es de orden geológico (tiempo de renovación, de algunas décadas a milenios de años), de manera que la variación de las reservas de las capas profundas presenta una duración superior al tiempo de agregación del balance, razón por la cual no se considera dentro de la ecuación.

Para el análisis de los parámetros antes mencionados, se hace necesario usar datos de registros históricos de estaciones hidrométricas y climatológicas representativas localizadas en las cuencas.

#### ★ Precipitación

La precipitación en una región está sujeta a variaciones en el espacio y el tiempo de acuerdo con los patrones generales de la circulación atmosférica y a factores locales como la topografía, los vientos, la vegetación, entre otros; constituye el principal aporte para satisfacer la demanda agrícola de agua en una zona. Con base en la consideración anterior se hace necesario un tratamiento distribuido de esta

---

<sup>214</sup> Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur. Santiago de Chile, UNESCO, 1982. URL: <http://unesco.org.uy/phi/libros/guiametodolbalhidAS.pdf> p. 12.

<sup>215</sup> Consideraciones sobre las aguas subterráneas en Colombia y sus posibilidades de explotación. Ingeominas, 1997. Citado en: Estudio Nacional del Agua, 2000.

variable en intervalos de tiempo dados en función de las mediciones meteorológicas de las estaciones pluviométricas.

La información de precipitación proviene de series históricas de las estaciones pluviométricas y pluviográficas con registros de datos mensuales y anuales en un período determinado y de mapas de estudios anteriores; la cual se procesa y se distribuye espacialmente a través de métodos de interpolación obteniendo como resultado un mapa distribuido del parámetro en mención.

Para poder llevar a cabo el análisis de esta variable se requiere contar con el *promedio multianual* de la precipitación para cada estación hidrológica seleccionada, que corresponda a la serie de tiempo tomada para el estudio de la cuenca en particular. Además del valor de la precipitación en cada estación, se debe conocer la *localización geográfica* de la misma referenciada a un sistema de coordenadas válido y que será el mismo para el análisis de las demás variables.

#### ★ Evapotranspiración

La evapotranspiración es la combinación de la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. El volumen de agua que se evapotranspira entra a formar parte de la humedad atmosférica como vapor, y representa una pérdida de agua en el balance hídrico de una cuenca.

La evaporación del agua por las plantas se debe a la necesidad que poseen éstas para incorporarla en su estructura celular, además de utilizarla como elemento de transporte de alimentos y de eliminación de residuos. El movimiento del agua en la planta no es un circuito cerrado, sino que por el contrario es una circulación abierta. El agua penetra por la raíz, circula por la planta y gran parte de ella se evapora por las hojas. Los factores que intervienen en este proceso son los mismos que afectan la evapotranspiración a saber: el suministro de energía, el transporte de vapor y la humedad de la superficie.

La transpiración es el fenómeno biológico por el cual las plantas pierden agua a la atmósfera. Toman agua del suelo a través de sus raíces, absorben una pequeña parte para su crecimiento y el resto la transpiran. Su cuantificación depende del tipo de planta, ciclo de crecimiento, tipo y humedad del suelo, insolación, viento, humedad de la atmósfera, etc.

La medición independiente de estos parámetros es una tarea compleja, siendo objeto de interés final la cantidad de agua que se pierde a la atmósfera sea de la manera que sea, razón por la cual se consideran conjuntamente bajo el concepto mixto de *evapotranspiración – ET*, lo que llueve menos el volumen de agua disponible será lo que se evapotranspira.

Para la cuantificación de los parámetros de evapotranspiración, la única forma de realizarla es a través de análisis teóricos con el apoyo de ecuaciones semiempíricas, debido a que su medición en campo implica un alto grado de complejidad dentro del proceso físico que se sucede en la naturaleza. Para la medición de esta variable se deben tener en cuenta dos términos:

- \* Evapotranspiración Potencial - *ETP*, es la pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en caso de existir un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.
- \* Evapotranspiración Real - *ETR*, es la pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida en condiciones atmosféricas y de humedad dominantes, por fenómenos de evaporación y transpiración.

Para un área determinada la evapotranspiración potencial es mayor a la evapotranspiración real siempre y cuando no se suministre agua a la superficie para reemplazar la que se evaporó.

El fenómeno de la evapotranspiración es una componente principal del ciclo hidrológico con profundas implicaciones climáticas. El conocimiento de la precipitación y la evapotranspiración en un sitio dado posibilita la estimación de la escorrentía mediante el cálculo del balance hídrico a largo plazo. La evapotranspiración comprende la pérdida de agua, en una zona determinada por acción directa de los rayos del sol adicionado a la transpiración natural que experimenta la capa vegetal existente en la zona.

Si se pudiera obtener el valor de la *ETR* para una cantidad suficiente de puntos que permitan realizar un análisis geoestadístico de esta variable, consecuentemente se obtendría un mapa que describiría su distribución espacial; desafortunadamente para la mayoría de las cuencas en Colombia no se posee el número suficiente de estaciones para la toma de estos datos, lo que imposibilita elaborar este análisis, teniendo que recurrir a realizar un análisis local de su variación para obtener una o varias ecuaciones que permitan extrapolar los datos faltantes necesarios para generar el mapa distribuido.

Para dar solución a este inconveniente se emplean ecuaciones con los datos disponibles (temperatura, humedad, precipitación y elevación de las estaciones); lógicamente los resultados obtenidos mediante estas ecuaciones presentan un grado de incertidumbre que, en algunos casos, se ajusta con las mediciones del tanque de evaporímetro que se poseen en algunas estaciones.

La información para el cálculo de la evapotranspiración proviene de registros de parámetros como: temperatura, presión atmosférica, radiación solar, punto de rocío, humedad relativa, medidas del tanque evaporímetro, vientos y vegetación y zonas de vida. Con estas mediciones se obtiene el promedio multianual de los parámetros para cada estación meteorológica seleccionada, que corresponda a la misma serie de tiempo tomada en el caso de la variable precipitación. Adicionalmente se debe conocer la localización geográfica de cada estación referenciada a un sistema de coordenadas válido y que sea el mismo que el utilizado para las estaciones seleccionadas en el análisis de la variable precipitación así como su altura sobre el nivel del mar.

Dentro de los métodos utilizados<sup>216</sup> en Colombia para esta tarea se encuentran la ecuación de Cenicafé, y la ecuación de García – López para el cálculo de la ETP y las ecuaciones de Turc y Budyko para el cálculo de la ETR.

#### ★ Escorrentía total

La escorrentía total está representada por el flujo superficial y subterráneo, los cuales son medidos en las estaciones hidrométricas que conforman una red hidrológica y que junto a la precipitación son los parámetros que se miden directamente y con mayor precisión.

De tal forma la escorrentía superficial es el agua que escurre hacia la corriente de drenaje de la cuenca después que la precipitación se ha repartido en intercepción, retención e infiltración. El estado inicial de humedad de la cuenca regula las magnitudes relativas de intercepción, retención e infiltración.

---

<sup>216</sup> Unidad de Planeación Minero-Energética – UMPE, Medellín, 2002.

### 3.2.1.2 Caudal mínimo par sostenimiento de los ecosistemas

Para poder determinar la disponibilidad de agua para los sectores productivos en un sistema hídrico específico, es imprescindible considerar las necesidades de agua para el sostenimiento de los ecosistemas. El caudal mínimo ecológico o caudal mínimo remanente es el caudal requerido para el sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna existentes en una corriente de agua.

La interpretación y aplicación de los diferentes conceptos asociados a este caudal no es fácil debido a la complejidad del tema; generan polémicas políticas, técnicas, jurídicas y económicas, porque se debe tener en cuenta, entre otros, los objetivos de preservación de la biodiversidad, la autodepuración natural, la contaminación difusa por efecto de la actividad agrícola u de otras actividades en el área y las propias demandas por diversos usos, necesarias para el desarrollo de las regiones.

Sin embargo, por la importancia que reviste contar con una aproximación a los indicadores de sostenibilidad de uso del recurso para apoyar la toma de decisiones sobre él, el Estudio Nacional del Agua<sup>217</sup> adoptó esta aproximación en un 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio y que representa el mínimo que podría fluir por el cauce una vez se realicen las captaciones. Este caudal probable garantizaría en alguna medida el sostenimiento de los ecosistemas.

### 3.2.1.3 Restricciones por calidad del agua

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe en un amplio rango los posibles usos. La mayoría de los ríos colombianos reciben y acarrean cargas de agua utilizada para los diferentes procesos de la actividad socioeconómica y son vertidos en gran porcentaje sin tratamiento previo, además son los receptores de altos volúmenes de sedimentos, originados por los procesos de erosión, sea ésta de origen natural o derivada de la acción antrópica.

Generalmente la alteración de la calidad del agua tiene que ver con la contaminación por materia orgánica, por nutrientes y por una gran variedad de sustancias químicas y sintéticas de naturaleza tóxica. Como fuentes principales de contaminación de las aguas se destacan:

- \* Las aguas residuales domésticas e industriales
- \* El escurrimiento de aguas en zonas de producción agrícola y ganadera
- \* Las aguas lluvias por arrastre de compuestos presentes en la atmósfera y,
- \* Las agua procedentes de los procesos de extracción minera.

La acción de cualquiera de las causas expuestas se puede expresar parcialmente por el contenido de oxígeno en los ríos. Este indicador da una visión sintética de la carga de contaminantes y de los esfuerzos necesarios para recuperar la calidad del agua. Una vez se conozca el estado de la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento como de los cuerpos de agua, la oferta hídrica de estos sistemas se debe afectar por el 25%, correspondiente a la condición de calidad del agua<sup>218</sup>.

---

<sup>217</sup> Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2000.

<sup>218</sup> Resolución 0865 de 2004 – por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia.

En conclusión, la suma de la reducción por calidad del agua (25%) más la reducción por caudal ecológico (25%), equivale a la reducción total de la oferta hídrica.

#### 3.2.1.4 Cuantificación

Para obtener la oferta hídrica total se cuantifican los volúmenes de agua, tanto de la escorrentía asociada a los rendimientos hídricos como los asociados a los caudales que se acumulan por drenajes aguas arriba de las unidades hidrográficas consideradas.

Dentro del cálculo de la oferta hídrica neta se requiere tener en cuenta el caudal necesario para mantener el régimen hidrológico mínimo para el sostenimiento de los ecosistemas (25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio), como las restricciones de la disponibilidad del agua para diferentes usos por las alteraciones de su calidad (25%). La ecuación general para la cuantificación de la oferta hídrica neta útil es:

$$OH_{\text{neta útil}} = OH_{\text{total}} * Reducciones \quad (8)$$

#### 3.2.2 Demanda hídrica

Los seres humanos utilizan intensivamente el recurso hídrico tanto para sus necesidades biológicas y culturales básicas como para las diferentes actividades económicas. Los diferentes usos del agua poseen requerimientos de calidad o características físicas, químicas y biológicas particulares, por lo cual el análisis de la oferta y la demanda no se puede realizar exclusivamente en términos cuantitativos de rendimientos o caudales.

Aunque el mayor uso de agua tiene lugar en las actividades agropecuarias, los aspectos más críticos de disponibilidad tienen relación con sus usos para abastecimiento de agua potable para la población, para los procesos industriales y para la generación de energía eléctrica.

El agua utilizada para usos agropecuarios e industriales retorna los volúmenes usados al sistema hídrico, pero con características de calidad sensiblemente inferiores afectando la disponibilidad del recurso aguas abajo.

El volumen de agua empleada para el desarrollo de actividades sociales y económicas, debe ser el resultado de las mediciones efectuadas por los usuarios las cuales se deben reportar a las instituciones relacionadas y autoridades ambientales regionales. Con el propósito de aclarar las diversas variables consideradas en este trabajo, se hace necesario precisar los siguientes conceptos.

##### 3.2.2.1 Elementos

- ★ Demanda de agua para uso doméstico (DUA), es la cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades básicas.
- ★ Demanda de agua para uso industrial (DUI), es la cantidad de agua consumida por los diferentes sectores de la industria manufacturera y extractiva.
- ★ Demanda de agua para uso agrícola (DUA), la principal fuente de agua para la agricultura, es la precipitación, cuando ésta es menor que el uso consuntivo de un cultivo, el agua se debe prever a través de sistemas de riego.
- ★ Demanda para uso pecuario (DUP), es el resultado de multiplicar el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo promedio aproximado, el cual se determina teniendo en cuenta el tipo de animal, el tipo de producción y el consumo de materias seca y alimento requerido. Como tipo de animales de importancia comercial se clasifican: bovinos carne, leche y doble propósito, aves de corral y porcinos.

### 3.2.2.2 Cuantificación

La demanda de agua en general, representa el volumen de agua utilizado por las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado y corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$D_{total} = D_{uso\ doméstico} + D_{uso\ industrial} + D_{uso\ agrícola} + D_{uso\ pecuario} \quad (9)$$

En la actualidad el país no cuenta con un sistema de información continua y sectorial del uso del agua, ni se ha contabilizado históricamente el agua utilizada de fuentes superficiales y subterráneas. Dentro de este escenario se debe estimar potencialmente el volumen de agua demandada a nivel sectorial, para ello se asocian dos variables principales: el volumen de producción sectorial y un factor de consumo de agua por tipo de bien, con el limitante de que estas estimaciones no contemplan las pérdidas de los sistemas de conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua en el suministro de agua potable y a nivel de la industria, tampoco se consideran el nivel tecnológico, los métodos de producción limpia y el uso que desagua hace la industria extractiva<sup>219</sup>.

\* Demanda de agua para uso doméstico (DUD), en un primer intento por determinar el consumo básico de agua en algunas ciudades de Colombia<sup>220</sup>, se consideraron once usos primarios de una familia promedio de 5 personas: lavado de ropas, sanitario, ducha, lavado de platos, aseo de la vivienda, consumo propio, lavado de manos, riego de plantas, riego de jardines, lavado de autos y piscinas recreativas. A partir de este estudio, el IDEAM estimó los promedios de consumo en 170 l/hab/día, para las zonas urbanas y 120 l/hab/día, para las zonas rurales<sup>221</sup>. El cálculo para la demanda de agua para consumo humano se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$D_{uso\ doméstico} = D_{per\ cápita\ urbana} * hab_{urbanos} + D_{per\ cápita\ rural} * hab_{rurales} \quad (10)$$

\* Demanda de agua para uso industrial (DUI), el cálculo de la demanda para uso industrial se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$D_{uso\ industrial} = \sum_{i=1}^n V_p i * F_{ci} i \quad (11)$$

Donde

$D_{uso\ industrial}$  = Demanda de agua para uso industrial

$V_p i$  = Volumen de producción según sector económico

---

<sup>219</sup> Resolución 0865 de 2004 – por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia

<sup>220</sup> Determinación de consumos básicos de agua potable en Colombia. Departamento Nacional de Planeación – DNP y Fondo Nacional de Desarrollo. Bogotá, 1991.

<sup>221</sup> Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2000.

$F_{ci}$  = Factor de consumo industrial según sector económico. (Anexo 1).

- ★ Demanda de agua para uso agrícola (DUA), para el cálculo de esta demanda se asocian los datos de precipitación y evapotranspiración multianual para el área de estudio; a estos valores se les adiciona el coeficiente de uso de agua por tipo de cultivo obtenido teóricamente del informe de la FAO 33. Una vez construida la tabla de valores de las variables asociadas, se estima la demanda de agua a partir de la siguiente expresión.

$$D_{uso\ agrícola} = [P * (ETP * K_c) * ha] \quad (12)$$

Donde

$D_{uso\ agrícola}$  = Demanda de agua para uso agrícola

$P$  = Precipitación

$ETP$  = Evapotranspiración potencial

$K_c$  = Coeficiente de uso de agua del cultivo (Anexo 2)

$ha$  = Número de hectáreas cultivadas

- ★ Demanda para uso pecuario (DUP), el cálculo de la demanda de agua para consumo de animales se obtiene con la siguiente expresión:

$$D_{uso\ pecuario} = \sum_{i=1}^n V_{pa\ i} * F_{ca\ i} \quad (13)$$

Donde

$D_{uso\ pecuario}$  = Demanda de agua para uso pecuario

$V_{pa\ i}$  = Volumen de producción por tipo de animal industrial

$F_{ca\ i}$  = Factor de consumo según producción animal (Anexo 3)

De acuerdo con lo expuesto en los numerales de oferta y demanda se hace necesario considerar la variable por consumos de agua de acuerdo a las diferentes actividades socioeconómicas, de modo que la ecuación (8) se modifica así:

$$OH_{disponible} = OH_{neta\ útil} - D_{total} \quad (14)$$

Donde  $D$  es la variable que mide el consumo de agua.

### 3.2.3 Índice de escasez

El índice de escasez es la relación porcentual de la demanda de agua, ejercida por las actividades sociales y económicas en su conjunto para su uso y aprovechamiento, con la oferta hídrica neta útil<sup>222</sup>. Para evaluar la relación que existe entre la oferta hídrica neta útil y las condiciones de demanda predominantes en una unidad de análisis seleccionada, se debe considerar la clasificación citada por Naciones Unidas<sup>223</sup>, en la cual se expresa la relación entre aprovechamientos hídricos como un porcentaje de la disponibilidad de agua; en esta relación cuando los aprovechamientos representan más de la mitad de la oferta neta útil se alcanza la condición más crítica.

$$I_e = \frac{D_{total}}{OH_{neta\ útil}} * 100\% \quad (15)$$

El índice de escasez se agrupa en cinco categorías.

Tabla 5 Clasificación del índice de escasez.

CATEGORÍA	ÍNDICE DE ESCASEZ	COLOR	CARACTERÍSTICAS
ALTO	> 50%	ROJO	DEMANDA ALTA
MEDIO ALTO	21 – 50%	NARANJA	DEMANDA APRECIABLE
MEDIO	11 – 20%	AMARILLO	DEMANDA BAJA
MÍNIMO	1 – 10%	VERDE	DEMANDA MUY BAJA
NO SIGNIFICATIVO	< 1%	AZUL	DEMANDA NO SIGNIFICATIVA

El índice de escasez da cuenta de los niveles de abundancia o escasez, relacionando la oferta específica con la demanda correspondiente, no obstante se debe considerar que el abastecimiento de agua para los diferentes usos involucra aspectos como el almacenamiento y el transporte del recurso hídrico. De acuerdo con estos argumentos, altos niveles de escasez en áreas específicas no necesariamente se traducen en problemas graves de abastecimiento de los sistemas, puesto que pueden existir infraestructuras de manejo particulares para estos casos.

Descritas las variables y los procesos involucrados dentro de la cuantificación del recurso hídrico, éstas se resumen en los siguientes esquemas.

<sup>222</sup> Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2000.

<sup>223</sup> Critical trends global change and sustainable development. Organization of the United Nations – ONU, New York, 1997.

Figura 11 Oferta hídrica.

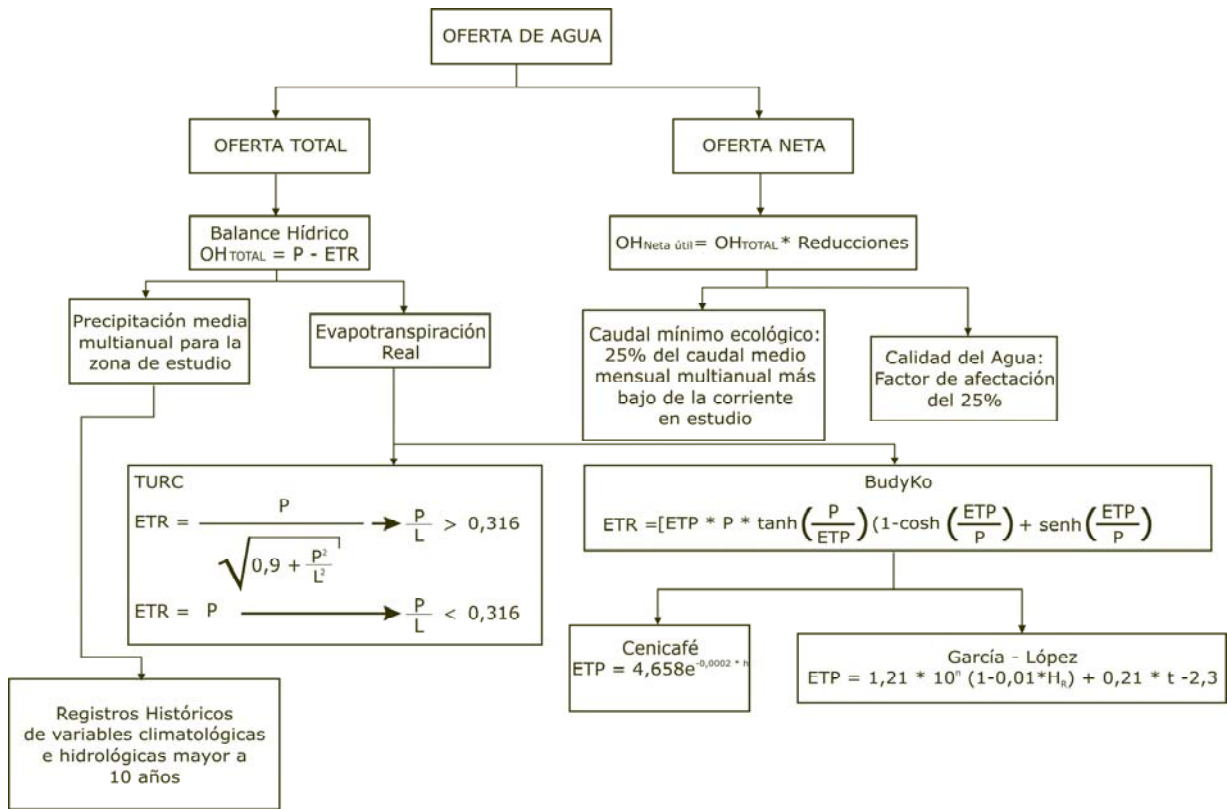


Figura 12 Demanda hídrica.

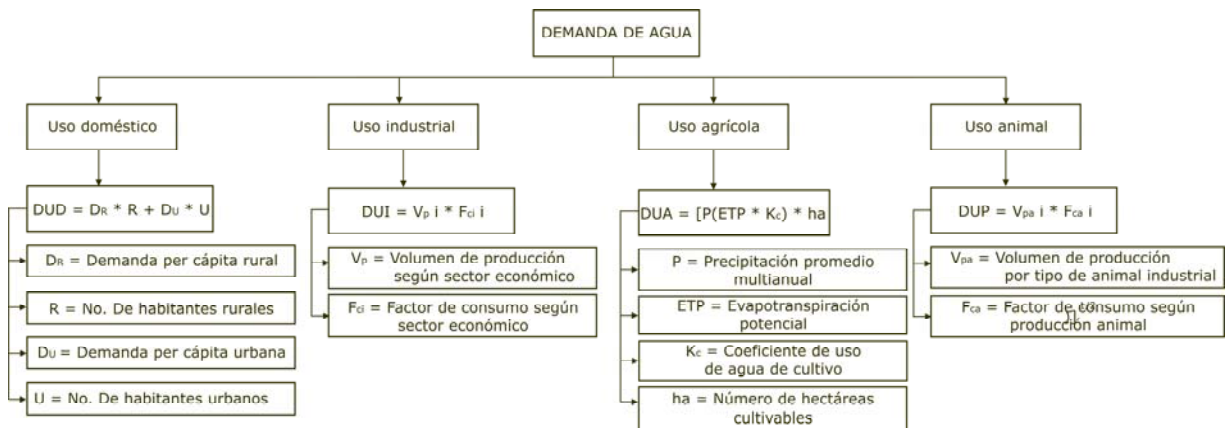
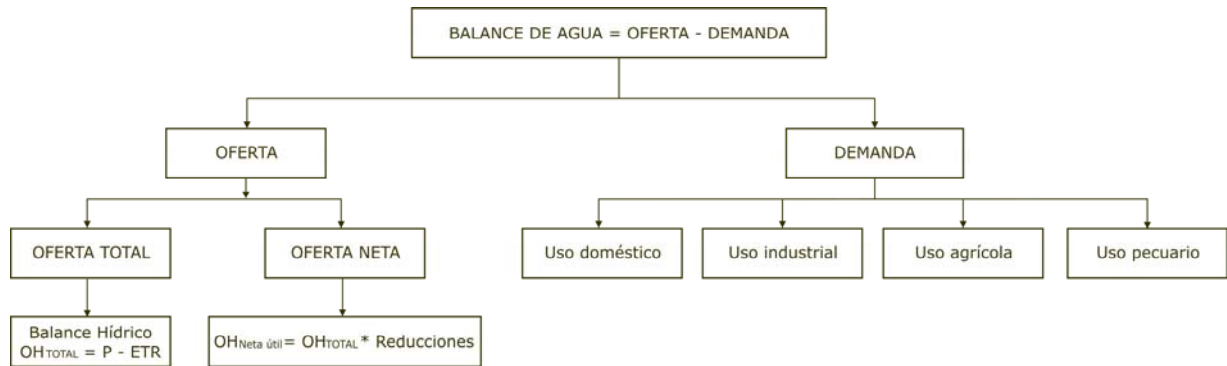


Figura 13 Balance de agua.



### 3.2.4 Modelo de toma de decisiones

Posterior al planteamiento de la metodología para la cuantificación del recurso hídrico disponible cuyo propósito es conocer el caudal disponible para la asignación de concesiones o derechos de uso del agua, se propone el modelo a seguir para la toma adecuada de estas decisiones. El siguiente esquema tiene como patrón los conceptos dados en el numeral 1.1.1 Etapas del proceso.



### 3.2.5 Modelo interpretativo

Se establece un modelo formal de la realidad cuando se asumen entidades lógicas y simbólicas que satisfacen un conjunto particular de sentencias y demostraciones, de tal manera que no exista la posibilidad de interpretar el modelo libremente. Esta interpretación formal de la realidad en la mayoría de los casos se apropia de la exactitud matemática para su descripción; sin embargo, ésta no es la única opción y para el presente estudio se considera que no es la más apropiada para la interpretación del entorno descrito en el presente capítulo razón por la cual se utiliza el Lenguaje de Modelado Unificado - UML.

Diferentes autores coinciden en describirlo como un lenguaje de modelado visual, ideal para ser utilizado en ingeniería de software pues se aplica para visualizar modelos, especificar requerimientos, construir y llevar a cabo la documentación del sistema independiente del método de desarrollo de software que se utilice<sup>224</sup>.

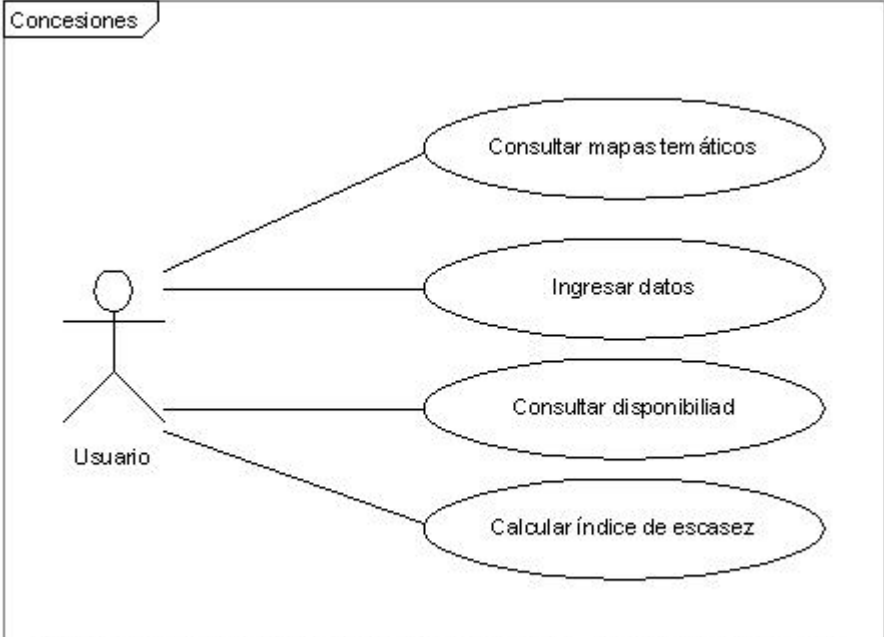
El modelo conceptual definido en UML para el entorno interpretativo se relaciona con los casos de uso que se utilizan para capturar el comportamiento deseado del sistema en desarrollo, sin tener que especificar cómo se implementa. Los casos de uso ayudan a validar la arquitectura y a verificar el sistema mientras evoluciona a lo largo del desarrollo. Los casos de uso que se desarrollan en el presente trabajo corresponden al módulo de concesiones puesto que las demás operaciones se encuentran definidas dentro del visor<sup>225</sup>, herramienta desarrollada previamente y que hace parte de los objetivos propuestos dentro del documento del plan de maestría. Las funcionalidades del módulo de concesiones se agruparon en cuatro elementos tal como se muestran en las siguientes figuras.

---

<sup>224</sup> CÁCERES, J. Ingeniería de SIG II. Material educativo de la Especialización en SIG, UIS. Bucaramanga, Colombia, Ingeniería Civil, UIS, 2001, p.3.

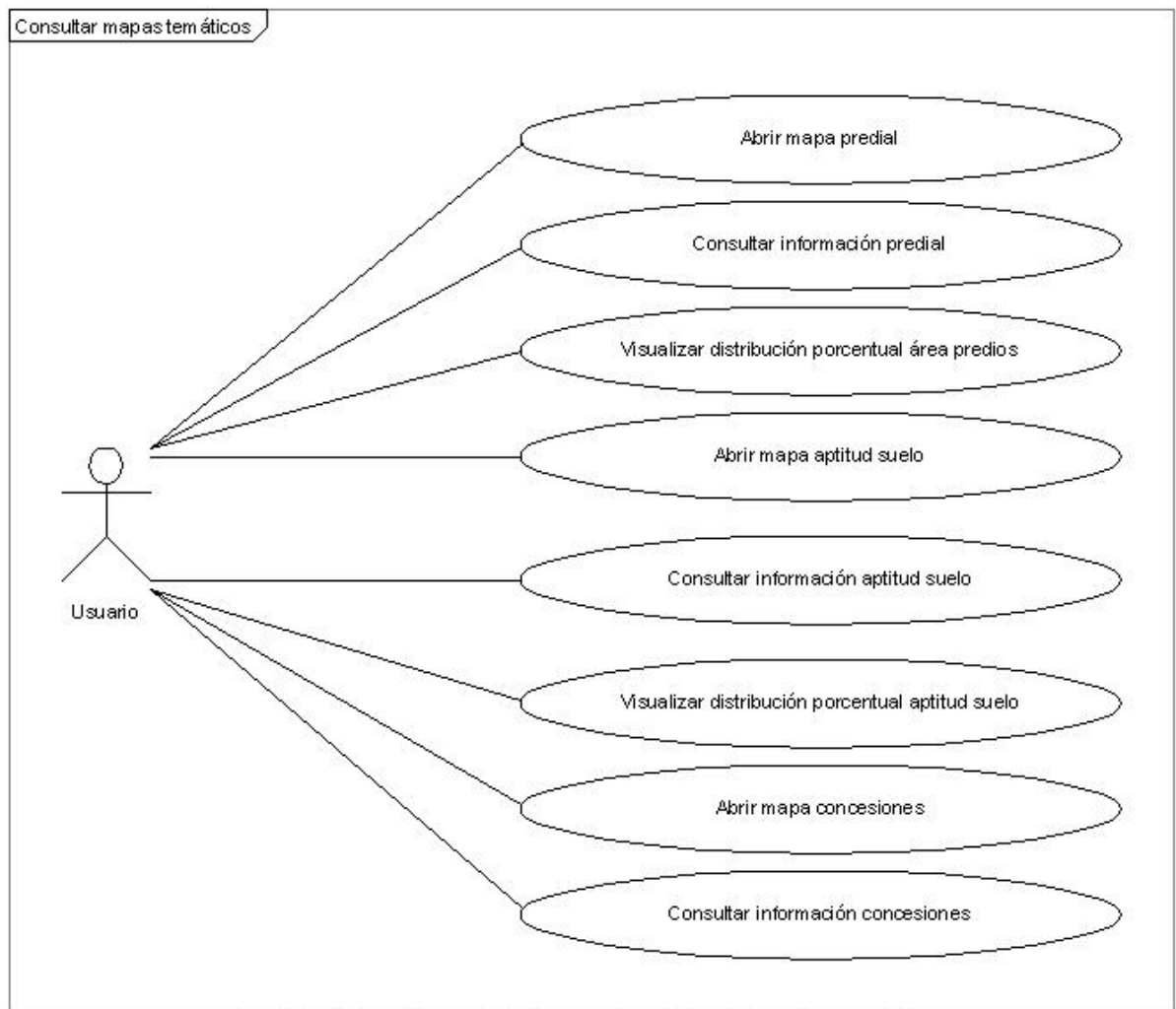
<sup>225</sup> AGUIRRE, F. y PRADA, C. Visor de formatos gráficos geoespaciales. Proyecto de grado Ingeniería de Sistemas, UIS, 2004.

Figura 14 Diagrama general del módulo Concesiones.



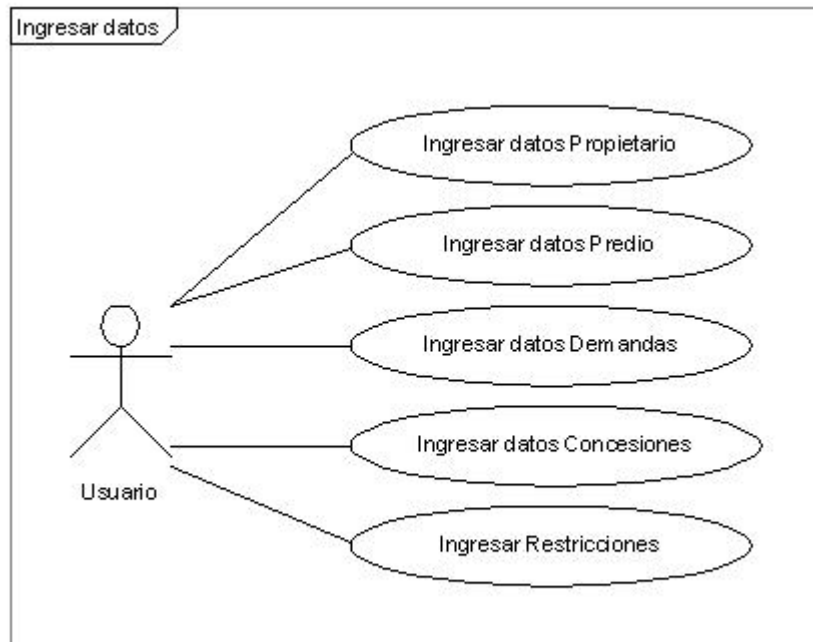
Created with Poseidon for UML Community Edition. Not for Commercial Use.

Figura 15 Diagrama caso de uso Consultar mapas temáticos.



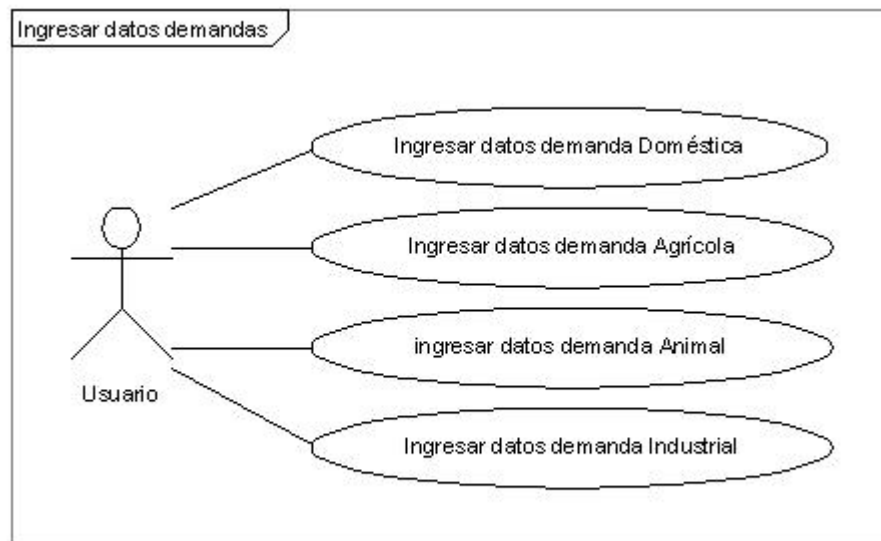
Created with Poseidon for UML Community Edition. Not for Commercial Use.

Figura 16 Diagrama caso de uso Ingresar datos.



Created with Poseidon for UML Community Edition. Not for Commercial Use.

Figura 17 Diagrama caso de uso Ingresar datos demandas.



Created with Poseidon for UML Community Edition. Not for Commercial Use.

### 3.3 ENTORNO REPRESENTATIVO – MODELO LÓGICO

#### 3.3.1 Modelo digital de variables hidrológicas

La primera aproximación que el hombre hizo para poder analizar el fenómeno hidrológico fue a través de *modelos agregados*, los cuales toman una gran extensión de terreno (cuenca) y asumen que, a lo largo y a lo ancho de la misma, las condiciones climatológicas, hidrológicas y físicas son las mismas (lluvia uniforme, parámetros globales, condiciones iniciales uniformes). Estas consideraciones se debían al poco entendimiento con el que contaban sobre la complejidad del fenómeno que estaban tratando de describir sumado a las limitaciones tecnológicas propias de la época. En la actualidad este es un modelo muy desviado de la realidad pero, considerando los progresos de la ciencia en el momento en que se planteó esta hipótesis, resulta claro que fue el primer gran paso hacia el avance de una disciplina que, incluso hoy día, se encuentra en desarrollo.

Debido a la curiosidad del hombre y a su afán de poseer mayor entendimiento de los fenómenos que lo rodean, no tardó en darse cuenta de que, si dividía esa gran zona en pedazos más pequeños (subcuencas) podría generar cálculos más aproximados debido a que cada una de esas nuevas zonas sería analizada independientemente y que su comportamiento podría llegar a ser más homogéneo de manera individual que tomándolas en conjunto como un único elemento. Este nuevo paso en el estudio de los fenómenos se denominó *modelamiento pseudo-distribuido*.

Es evidente que si se divide una gran región en varias zonas de menor tamaño, por qué no dividir una de las nuevas zonas en porciones más pequeñas que permitan homogenizar sus características climatológicas, hidrológicas y físicas que, para el caso de países tropicales como Colombia son más evidentes debido a la gran variación de sus características topográficas, dan lugar a una gran diversidad de condiciones climáticas, lo cual se encuentra estrechamente relacionada con el comportamiento hidrológico de una zona.

Con el advenimiento del avance tecnológico se ha incrementado la gran capacidad que se tiene para la generación de modelos cada vez más completos y complejos, se ha llegado en la actualidad hasta el punto de dividir una zona de estudio en celdas de tamaño de 10x10 metros (dependiendo de la resolución del mapa base), esto con la ayuda de satélites y radares especializados. A la par del avance tecnológico, el avance científico estudia permanentemente las características más específicas del fenómeno hidrológico, logrando discretizar variables que antes no se tenían en cuenta generando, para cada una de ellas, nuevas teorías que describen su comportamiento obteniendo como resultado un *modelo distribuido* del mismo. El gran paso hacia el entendimiento real del fenómeno hidrológico es la concepción de la variación tanto temporal como espacial que sufren las variables involucradas permitiendo alcanzar un grado de comparación muy aproximado entre el modelo y la realidad.

Las aplicaciones de lo dicho en el párrafo anterior son variadas, se podría conocer con cierto grado de confianza datos como la oferta hídrica de la zona en estudio, el agua que drena a una quebrada al paso por una región, la capacidad que podría tener una quebrada para suministrar agua a cierta cantidad de personas o a un embalse, etc. A menudo se escucha hablar de modelo digital del terreno – MDT que no es más que un MD donde la variable que se representa es la topografía del terreno. Esta es la única situación en la cual el MD adquiere un nombre propio, para los demás modelos se denomina simplemente MD referido a la variable en estudio.

Un MD es un modelo simbólico donde los objetos reales se representan mediante una codificación matemática lo que permite realizar procesos de simulación o modelamiento de un problema en particular.

La utilización de los MD en la solución de problemas de ingeniería se fundamenta en el amplio rango de aplicaciones que se pueden derivar del particular manejo de la información. Su importancia radica en que, gracias a su estructura de datos, permiten modelar variables distribuidas espacialmente

obteniendo así, visualizaciones más cercanas a la realidad. Permite además, un manejo eficiente de la información facilitando una obtención más rápida de los resultados. Adicionalmente los MD se consideran un medio de investigación de gran potencialidad porque a través de ellos se pueden generar nuevas herramientas o complementar con otras para lograr descripciones más complejas y dar solución a los problemas de una forma más exacta.

El principal beneficio de los MD es su utilización a la hora de analizar procesos espaciales y ambientales superando funcionalmente a cualquier otra estructura de datos; facilitando, junto con otras tecnologías, el manejo de la información cartográfica para la solución de problemas de ingeniería, especialmente cuando se requiere modelar y distribuir espacialmente una variable. A través de un MD se pueden obtener resultados sobre la variabilidad de una propiedad en estudio; por ejemplo, la pendiente media, la presión y contaminación del aire, la temperatura y la elevación son algunas de las tantas aplicaciones que se pueden desarrollar.

En la actualidad existen diferentes metodologías y tecnologías para construir MD, cada nueva forma de construcción se debe en su mayor parte al avance tecnológico y trae consigo la introducción de nuevos términos en el lenguaje manejado en el medio. Los MD se construyen actualmente en diferentes formas de ordenación de los datos, siendo los modelos más comunes el *vectorial* y el *raster*.

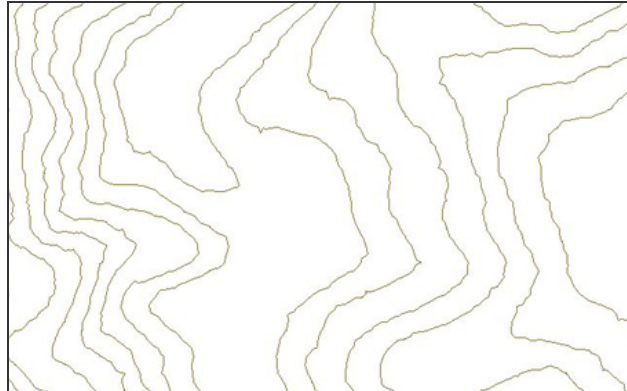
El modelo vectorial representa los rasgos del terreno y los objetos geográficos por medio de tres elementos geométricos: puntos, líneas y polígonos; definidos y ubicados espacialmente por medio de las coordenadas de sus nodos. Las propiedades inherentes de cada uno de los objetos geométricos constituye la base para diferenciarlos de los demás atributos del terreno. Según Felicísimo<sup>226</sup>, de todas las estructuras vectoriales existentes, las más utilizadas para construir MD son dos: las isohipsas o contornos y los TIN.

En las isohipsas, los vectores se utilizan para enmarcar la forma o contorno de líneas que tienen un mismo valor (líneas isométricas). Por ejemplo, este modelo se puede utilizar para describir la forma de las curvas de nivel de un determinado plano topográfico.

---

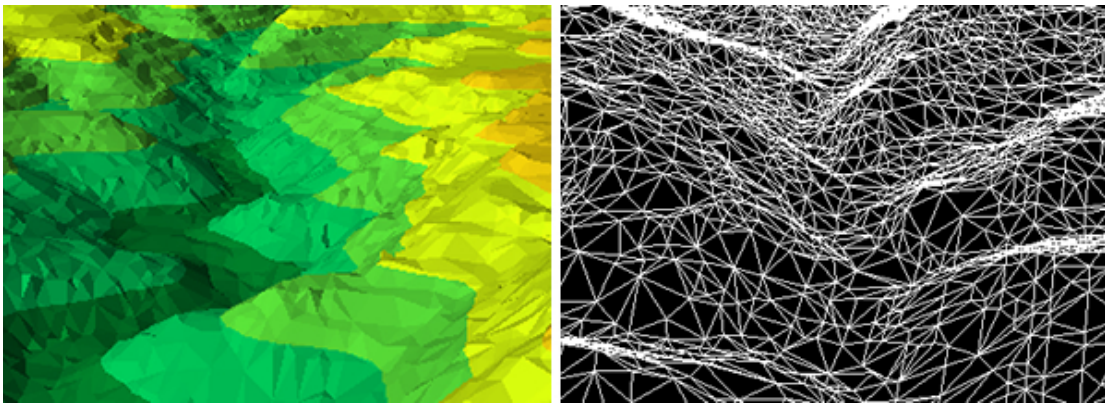
<sup>226</sup>.FELICÍSIMO, Á. M. Modelos Digitales del Terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. 2000.

**Figura 18 Modelo de contornos.**



La estructura de datos TIN (Triangulated Irregular Network) está formada por un conjunto de triángulos unidos que caracterizan la superficie terrestre obteniendo como resultado la topografía del terreno representada por una red completa de caras planas. Las superficies TIN se crean a partir de puntos no colineales sucesivos distribuidos irregularmente en donde cada punto se localiza espacialmente por un par de coordenadas  $x$  e  $y$ , y cada punto tiene asociada la propiedad en estudio (coordenada  $z$ ).

**Figura 19 Modelo de red de triángulos irregulares TIN.**

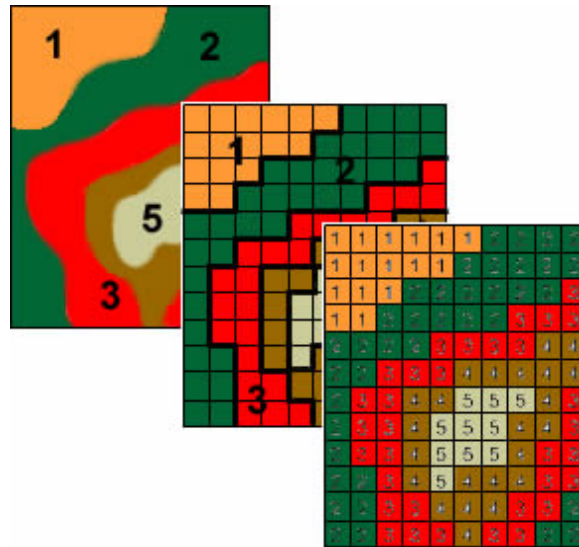


En el modelo raster las características de la variable se representan por medio de una matriz que contiene celdas rectangulares o cuadradas de forma tal, que cada celda contiene un atributo cualquiera. El tamaño de cada celda es fundamental y determina su resolución. En este modelo la precisión en la localización de cualquier objeto geográfico se encuentra limitada por el tamaño del píxel debido a que este único elemento de dibujo es la mínima unidad de longitud y de superficie.

Según Felicísimo<sup>227</sup>, de las estructuras raster existentes y de las más utilizadas se pueden destacar dos: Las matrices regulares y las matrices jerárquicas quadrees.

Las matrices regulares nacen al dividir la superficie de una zona en pequeñas celdas que pueden ser cuadradas o rectangulares, estas toman valores numéricos representando de esta manera objetos geográficos. El resultado final consiste en que la superficie terrestre se describe por una malla de puntos de forma cuadrada o rectangular. El número de celdas que conforman la malla define la resolución, siendo mejor cuantas más pequeñas sean éstas. Es por ello que las matrices regulares se encuentran sesgadas en cuanto a la precisión en la georreferenciación de los objetos con un margen de error equivalente a la mitad de la base y de la altura de la celda o píxel.

Figura 20 Modelo de matrices regulares.

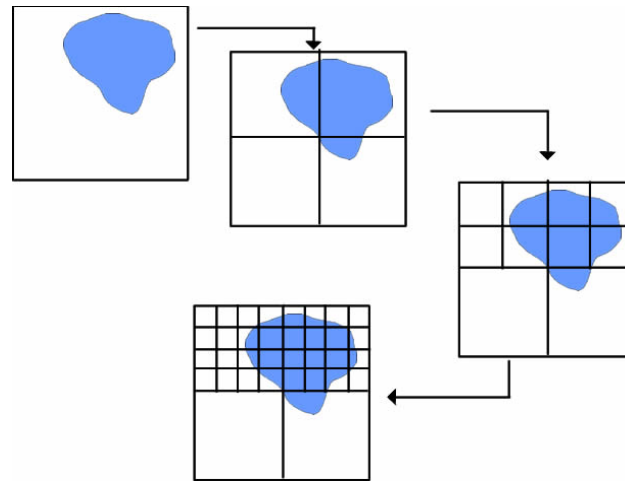


El modelo raster quadrees corrige el inconveniente de generar archivos de gran volumen de las matrices regulares ya que se basa en la técnica de dividir un plano en cuadrantes y si los objetos que se desean modelar aparecen en una determinada celda, ésta continúa subdividiéndose en cierta cantidad de cuadrantes hasta llegar a la resolución deseada que es función de la escala del plano cartográfico modelado. Este método de división jerárquica permite utilizar celdas de distintos tamaños y también recibe el nombre de árboles cuaternarios.

---

<sup>227</sup> FELÍCICIMO, Op.cit. p. 108.

Figura 21 Modelo raster quadrees.



El modelo raster tiene como ventajas que es una estructura simple de datos, posee compatibilidad con información proveniente de imágenes de satélite, permite realizar análisis poligonal posibilitando la superposición de mapas temáticos, análisis estadístico y gráfico. En general, la gran mayoría de las simulaciones físicas en los SIG necesita de una estructura raster. Por otro lado, tiene como desventajas que el tamaño de la celda limita la resolución de los objetos geográficos y por lo tanto no es viable representar entidades lineales cuando el tamaño de la celda es grande. También requiere de una gran cantidad de espacio para el almacenamiento de la información de cada celda donde el volumen de los datos es proporcional a la resolución del modelo.

La estructura de datos vectorial tiene como puntos a favor que los atributos del terreno son representados en su forma y escala original, permite formar buenas relaciones topológicas, es por esto que es la estructura adecuada para realizar análisis de redes y proximidad, ocupa poco volumen de almacenamiento de datos con respecto al raster y esta estructura es la más acorde para construir mapas cartográficos. El modelo vectorial tiene como inconvenientes la complejidad de los algoritmos lo que hace imposible realizar simulaciones de procesos físicos. Para grandes cantidades de información resulta difícil visualizarla en su totalidad en una misma capa temática.

Cada uno de los elementos geométricos (modelos vectoriales) o celdas (modelos raster) deben tener una relación espacial para que puedan ser localizados en el lugar adecuado, esta relación, que no es más que una referenciación, es la ubicación de cada elemento del mapa dentro de un sistema de coordenadas local que debe estar ligado a otro sistema de coordenadas global, para el caso de mapas geográficos esto es llamado georreferenciación y permite la ubicación rápida del modelo dentro del ámbito nacional o mundial.

Además de tener mapas que contengan información geográfica se pueden tener mapas con información alfanumérica, la cual puede contener el valor de cualquier variable que se desee representar en cada punto de la zona para que se puedan manipular y así obtener soluciones a los problemas planteados. Sin esta información el mapa no sirve de nada, porque sólo se obtiene una serie de elementos localizados en una zona pero no se conoce si realmente representan la realidad y mucho menos se puede realizar un análisis de los mismos.

En conclusión un modelo digital permite visualizar de una mejor forma el comportamiento espacial de una variable, ya que el valor asignado a cada parámetro en cada sitio del espacio se representa por medio de la coordenada z del modelo en cada punto. Dicho parámetro puede ser la elevación del

terreno, la precipitación, la dirección del viento, la temperatura, la infiltración, el uso o tipo del suelo y en general cualquier variable que se desee representar.

Para el caso particular se emplea el MD raster generado en el estudio Evaluación, ordenación y reglamentación del recurso hídrico en la Microcuenca de la Quebrada La Angula<sup>228</sup>, con el propósito de utilizar la estimación realizada en este trabajo, y así afinar la cuantificación de la oferta hídrica considerando otras variables involucradas en su cálculo. El conocimiento del comportamiento espacial de las variables relacionadas con esta estimación es indispensable para una buena aproximación a la realidad.

### 3.3.2 Tipo de formato utilizado

Los datos en un Sistema de Información Geográfica se clasifican en: gráficos y alfanuméricos. Cada uno de los cuales posee características y requisitos específicos para su almacenamiento, procesamiento y representación.

Los datos alfanuméricos son descripciones digitales de las entidades del plano. Suelen incluir las coordenadas, reglas y símbolos que definen los elementos cartográficos en un mapa. En los SIG se utilizan estos datos para generar un mapa o una representación gráfica en una pantalla de computadora o bien sobre papel.

Los datos gráficos se pueden almacenar en formato vectorial, en el cual cada línea se define por un punto inicial y un punto final o punto y vector siendo estos datos los únicos que se almacenan, y en formato raster en donde cada línea se define por todos sus puntos intermedios, datos de puntos que son almacenados en su totalidad, encontrando dentro de cada uno de los formatos un sin número de extensiones disponibles para su manejo.

Para el desarrollo del visor de formato gráfico geoespacial se realizó un estudio comparativo de los diferentes formatos de almacenamiento de datos y se definió para su desarrollo e implementación el formato ASCII Grid, que permite el almacenamiento de modelos digitales

Una de las principales características de este formato es el almacenamiento de los datos en un archivo de texto plano, permitiendo el acceso a su contenido por parte de una gran cantidad de aplicaciones software, como herramientas SIG y editores de texto. Un archivo ASCII Grid inicia con un encabezado corto que describe la localización y el tamaño del modelo digital que representa. A continuación del encabezado, se encuentran los valores correspondientes a la matriz que posteriormente genera el modelo digital. Dichos valores, son leídos de izquierda a derecha, comenzando con la fila situada más al norte. Un ejemplo de encabezado de un archivo en formato ASCII Grid se presenta a continuación.

ncols 10

nrows 8

xllcorner 637500.000

yllcorner 206000.000

---

<sup>228</sup> Evaluación, ordenación y reglamentación del recurso hídrico en la Microcuenca de la Quebrada La Angula. *GEOMÁTICA, Gestión y optimización de sistemas*, UIS, 2004.

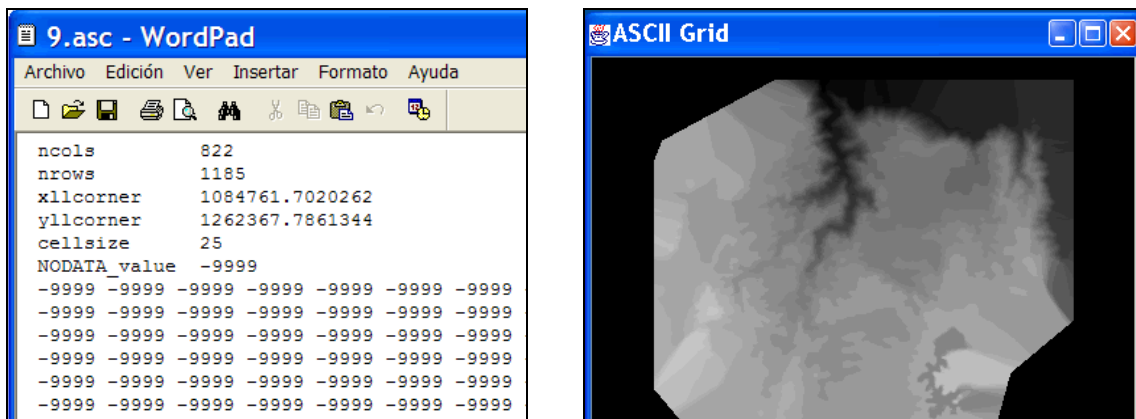
cellsize 500.000

NODATA\_value -9999

Las dos primera líneas (`ncols` y `nrows`) especifican el tamaño del Gris (número de columnas y número de filas respectivamente). La tercera y cuarta línea corresponden a las coordenadas horizontales (`xllcorner`) y verticales (`yllcorner`) de la esquina que encuentra más a la izquierda del Grid. La quinta línea (`cellsize`) indica la distancia entre dos columnas o filas adyacentes. La última línea (`NODATA_value`) es opcional y especifica el valor a considerar como no valido o sin datos<sup>229</sup>.

Los datos almacenados en un archivo ASCII Grid, se pueden desplegar en forma de texto o de manera gráfica. Un ejemplo de esta situación se aprecia en la siguiente figura que representa un mapa de elevaciones almacenado en este tipo de formato.

Figura 22 Archivo ASCII Grid. (Datos y visualización gráfica, respectivamente).



### 3.3.3 Diseño modular orientado a objetos y componentes

El universo en sí está compuesto de objetos. Éstos existen en la naturaleza, en entidades creadas por el hombre, en los diferentes ambientes en los cuales desarrolla sus actividades y en los productos que se obtienen de éstas. La clasificación, descripción, organización, combinación, manipulación y creación de estos objetos se propuso a finales de los años sesenta para la creación de software de computadora, obteniendo como resultado una abstracción que modela el mundo real de tal forma que facilita su interpretación y análisis.

El enfoque de la metodología orientada a objetos permite caracterizar el dominio del problema mediante un conjunto de objetos con atributos y comportamientos específicos. Los objetos son un tipo

---

229 [http://www.reliefshading.com/analytical/dem\\_file\\_formats.html](http://www.reliefshading.com/analytical/dem_file_formats.html).

de dato con estructura y estado<sup>230</sup> que operan mediante una colección de funciones (llamadas, métodos, operaciones o servicios) y se comunican entre ellos mediante un protocolo de mensajes. Los objetos se clasifican a través de clases y subclasses<sup>231</sup>. Una clase o colección de clases puede ser un componente a nivel de código fuente; el contexto en el que se utiliza el componente hace uso de las facilidades del lenguaje para crear los objetos de las mismas.

Un objetivo importante de la programación orientada a objetos es la reutilización de código. Esta característica permite construir clases de objetos que a su vez conforman bibliotecas de objetos y clases reutilizables. Esta tecnología lleva a un desarrollo de software más rápido, de mejor calidad y de más fácil mantenimiento debido a que su estructura es relativamente poco acoplada lo que se traduce en menores efectos adyacentes cuando se requiere realizar cambios haciendo más práctica su adaptación y escalabilidad (generación de grandes sistemas articulando subsistemas reutilizables).

Para el desarrollo de las herramientas, productos del presente estudio, se plantea una metodología orientada a objetos dado el símil directo de muchos elementos de la realidad que se pretenden modelar, y las características que se pueden abstraer dentro de las clases, que son el elemento constitutivo de la filosofía orientada a objetos, además de tener continuidad con la política seleccionada para la generación del visor de formatos gráficos espaciales, objetivo específico del presente trabajo.

El uso de una metodología orientada a objetos permitirá la utilización del diseño a nivel de componentes dado que en esta fase de la investigación existen elementos generados con anterioridad que se utilizan en esta etapa de la investigación, y a su vez proveen la modularidad que deben presentar, ya que en su mayoría, son herramientas independientes.

El diseño a nivel de componentes consiste en convertir el esquema de datos, interfaces y arquitectura en un software operacional. Para poder llevar a cabo este diseño, se debe presentar un nivel de abstracción cercano al código. En este diseño se establecen los datos algorítmicos que se requieren para manipular las estructuras de datos, efectuar la comunicación entre los componentes del software por medio de las interfaces e implementar los algoritmos asignados a cada componente. Su importancia se presenta en la capacidad de determinar si el desarrollo funcionará antes de construirlo.

### **3.3.4 Modelo Entidad – Relación**

El producto final del entorno representativo es el modelo entidad – relación en el cual se representan detalladamente la forma de la entidad. La descripción especificada de atributos implica que para cada uno de ellos se debe definir el tipo de datos que almacenará; los resultados que por defecto se asignarán a cada atributo en el momento de creación del objeto; la longitud en cuanto a número de caracteres o dígitos (según el tipo de datos); la posibilidad de permitir valores nulos y de que no existan valores repetidos para el atributo en las distintas ocurrencias de objeto; y la indicación que el atributo sea parte de la llave primaria.

En el Anexo 4 se presenta el esquema del modelo entidad – relación, generado para el presente trabajo con base en las variables consideradas junto con la descripción de las entidades. En la definición de este modelo se utilizan las siguientes abreviaturas: PK: primary key o llave primaria y FK: foreign key o llave foránea.

---

<sup>230</sup> WEISS, M. A. Estructura de datos en Java. Primera edición. Madrid, España, 2000. p.51.

<sup>231</sup> PRESSMAN, R. S. Ingeniería de software. Un enfoque práctico. Quinta edición. Madrid, España. McGraw Hill, 2002. p. 343.

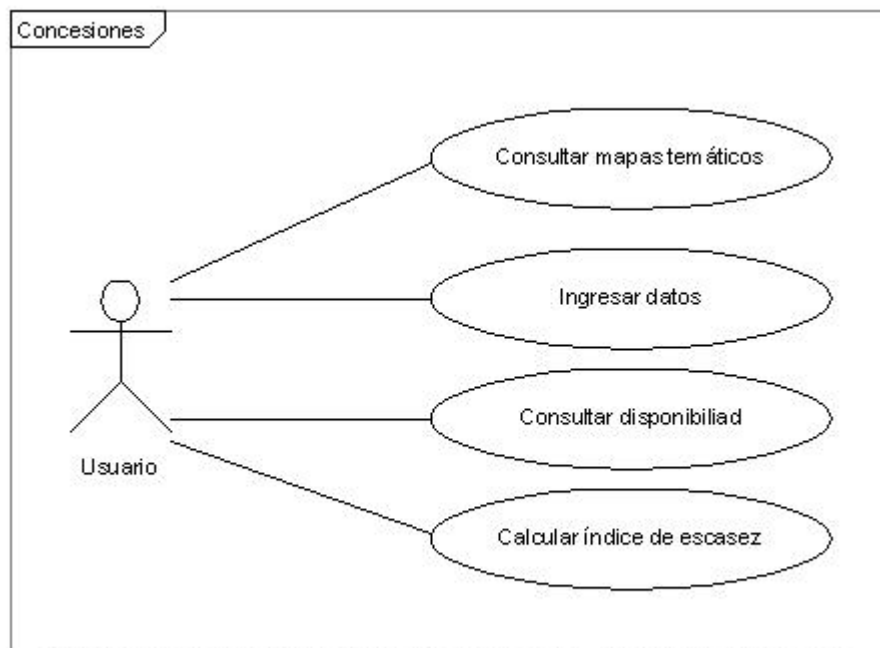
### 3.4 ENTORNO CONSTRUCTIVO – MODELO FÍSICO

El entorno constructivo como etapa final del proceso de modelado se construye con base en el modelo lógico y se encuentra más cerca del software de implementación que los demás modelos. En esta etapa se realiza el diseño detallado del sistema, el cual incluye la descripción detallada de los diagramas de casos de uso; los diagramas de clase y los diagramas de secuencia. A continuación se presentan los diagramas más representativos del sistema.

#### 3.4.1 Diagrama de casos de uso

Las funcionalidades del módulo de concesiones se agruparon en cuatro elementos tal como se muestran en la siguiente figura.

Figura 23 Diagrama general del módulo Concesiones.



Created with Poseidon for UML Community Edition. Not for Commercial Use.

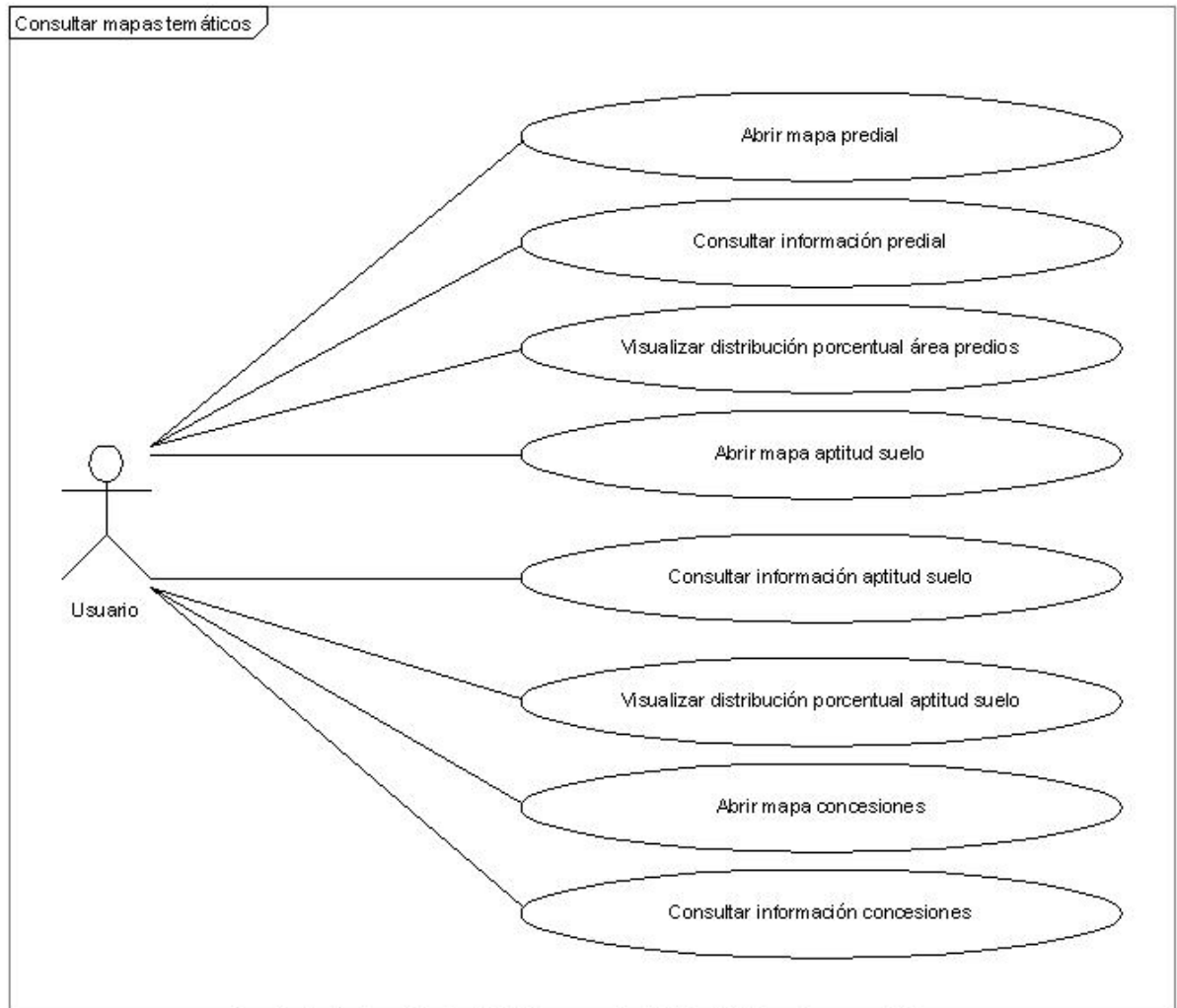
A continuación se muestra una breve descripción de los elementos que hacen parte del módulo.

**Tabla 6 Descripción de funciones del módulo Concesiones.**

<b>NOMBRE DE LA FUNCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Consultar mapas temáticos	Esta función permite cargar y visualizar mapas temáticos de la región de análisis. El formato de estos mapas debe ser ASCIIGrid, de acuerdo con las especificaciones del Visor.
Ingresar datos	Esta funcionalidad facilita el ingreso de los datos requeridos para la asignación de concesiones. Esta función presenta cuatros elementos que son: propietario, demanda, predio y concesión.
Consultar disponibilidad	Luego de ingresar los datos esta función permite el cálculo de la disponibilidad de agua de acuerdo con los datos de concesión suministrados por el usuario.
Calcular índice de escasez	Con base en el dato de disponibilidad de agua ejecutado en la función anterior, se puede obtener el índice de escasez, que es la medida que le permite al usuario responsable el análisis de la información con el fin de tomar la decisión más favorable.

A continuación se presentan los diagramas de caso de uso y una descripción de cada uno de los elementos que conforman las funciones del módulo de concesiones.

Figura 24 Diagrama caso de uso Consultar mapas temáticos.

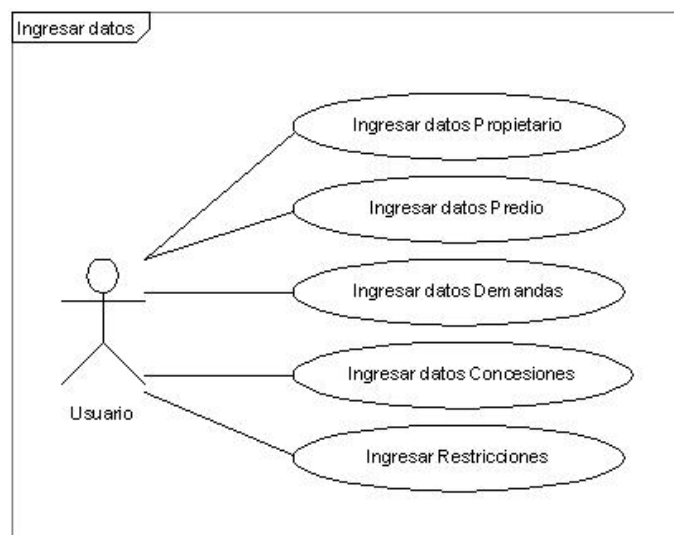


Created with Poseidon for UML Community Edition. Not for Commercial Use.

Tabla 7 Descripción diagrama caso de uso consultar mapas temáticos

<b>CASO DE USO</b>	Consultar mapas temáticos
<b>ACTOR</b>	Usuario
<b>PROPÓSITO</b>	Permitir al usuario seleccionar una imagen particular para su posterior despliegue, consultar información temática del mapa y visualizar, de acuerdo al mapa, un diagrama de torta con la distribución porcentual de la información contenida en la base de datos del mapa.
<b>PRECONDICIONES</b>	Ninguna
<b>FLUJO PRINCIPAL</b>	El usuario puede acceder a esta funcionalidad seleccionando la opción <i>Visualización de mapas temáticos</i> del menú <i>Concesiones</i> . Una vez seleccionada la opción se abre un cuadro de diálogo que contiene un explorador de archivos en la parte izquierda y un recuadro para previsualización de imágenes en la parte derecha. Posteriormente se procede a seleccionar el archivo de la imagen que se desea desplegar y se hace clic en el botón <i>Abrir</i> . A continuación se visualiza el mapa temático seleccionado del cual se puede obtener información haciendo clic sobre un punto en la imagen. Esta información proviene de una base de datos. Al tiempo se visualiza un diagrama de torta donde se presenta la distribución porcentual gráfica de la información contenida en el mapa.
<b>SUBFLUJOS</b>	No hay subflujos
<b>EXCEPCIONES</b>	E1. El archivo no tiene un formato válido.

Figura 25 Diagrama caso de uso Ingresar datos.



Created with Poseidon for UML Community Edition. Not for Commercial Use.

Tabla 8 Descripción diagrama caso de uso Ingresar datos.

<b>CASO DE USO</b>	Ingresar datos
<b>ACTOR</b>	Usuario
<b>PROPÓSITO</b>	Permitir al usuario el ingreso de los datos requeridos para el cálculo y asignación de concesiones.
<b>PRECONDICIONES</b>	Ninguna
<b>FLUJO PRINCIPAL</b>	<p>El usuario puede acceder a esta funcionalidad seleccionando la opción <i>Ingreso de datos concesión</i> del menú <i>Concesiones</i>. Una vez seleccionada la opción se despliega una ventana emergente que contiene cuatro botones (propietario, demanda, concesión y predio), a los cuales se les debe hacer clic para ingresar los datos de cada uno de los temas que conforman el formulario de concesiones. Dentro de la misma ventana emergente aparecen dos paneles, el primero de ellos presenta la opción de calcular la demanda por sector con el botón <i>calcular</i> que se encuentra en la parte inferior de este panel; este cálculo se debe realizar luego de ingresar los datos previamente. En el segundo panel es útil para presentar el resumen de la información física de la concesión (coordenadas, sistema de captación y tipo de solicitud). En la parte inferior de la ventana principal (emergente) se presentan dos botones con las opciones, <i>Asignar concesión</i> que asigna un número a la concesión desplegando una ventana <i>Mostrar Concesiones</i>, en la cual registra temporalmente los datos de la concesión en la base de datos. En la parte inferior de esta misma ventana se encuentra el botón <i>Localizar</i> el cual permite ubicar espacialmente el punto de la concesión y el botón <i>Verificar disponibilidad</i>. El segundo botón de la ventana principal corresponde a <i>Ver Informe</i> el cual despliega el formulario con los datos consignados y a la vez permite la impresión de este informe.</p>
<b>SUBFLUJOS</b>	No hay subflujos
<b>EXCEPCIONES</b>	Se deben establecer los datos de predio, demanda, concesión y propietario.

Figura 26 Diagrama caso de uso Ingresar datos demandas.

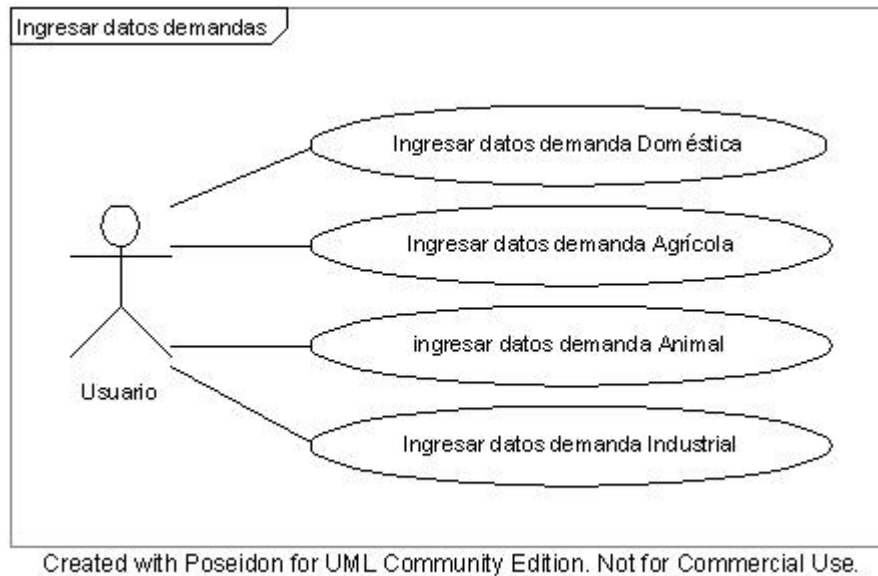


Tabla 9 Descripción diagrama caso de uso Ingresar datos demandas.

<b>CASO DE USO</b>	Ingresar datos demandas.
<b>ACTOR</b>	Usuario
<b>PROPÓSITO</b>	Permitir al usuario ingresar los datos necesarios para el cálculo de las demandas de acuerdo al sector usuario.
<b>PRECONDICIONES</b>	Ninguna
<b>FLUJO PRINCIPAL</b>	El usuario puede acceder a esta funcionalidad seleccionando la opción <i>Demanda</i> de la ventana principal del menú <i>Ingreso de datos de concesión</i> . Al hacer clic sobre este botón se despliega otra ventana que se encuentra dividida en cuatro paneles correspondientes a las demandas por sector usuario: agrícola, pecuaria, industrial y doméstica. En cada demanda se deben consignar los datos solicitados por el sistema.
<b>SUBFLUJOS</b>	No hay subflujos
<b>EXCEPCIONES</b>	Se deben establecer los datos de demandas.

### 3.4.2 Diagrama de clases

#### 3.4.2.1 Interface Almacenable

Sirve como puente entre las clases que capturan los datos de la concesión y la clase BaseDatosRol que guarda estos datos. Principalmente generaliza el método `getDatosGuardables()`, que devuelve una matriz de `string[n][2]` la cual contiene los valores de las variables de las distintas clases de datos y los nombres de los campos de la base de datos donde se deben guardar.

Por ejmp:

[rolando][‘nombre’]

[6455018][‘telefono’]

[calle 27-78][‘direccion’]

Al igual que el método `getNombreTabla()`, que devuelve el nombre de la tabla en la cual la información de una clase de datos para la concesion, es guardada, por ejm: `DatosPredio.getNombreTabla()="predio"`;

#### 3.4.2.2 Clase DatosAlmacenables

Implementa la interface *Almacenable*. Sirve como superclase para las distintas clases de datos utilizadas en el registro de una concesión (*DatosPredio*, *DatosPropietario*, etc.), esta generaliza una tabla hash (“atributo”, “valor”), que sirve para guardar las variables inherentes a cada clase de datos (*nombrePredio*, *nombrePropietario*, etc.) y asignarles el nombre de la columna de la tabla en la base de datos en la cual se va a guardar.

También una instancia de la clase Vector llamado *hijos* en la cual se insertan objetos de subclases de *DatosAlmacenables*, mediante el metodo `addHijo(DatosAlmacenable dato)`, este objeto es nulo a menos que se trate de una clase *DatosConcesion*.

Por ejm:

`DatosDemandaAgricola->DatosConcesion: DatosConcesion.addHijo (DatosDemandaAgricola);`

`DatosPropietario->DatosConcesion: DatosConcesion.addHijo (DatosPropietario);`

Al igual que el método `getNombreTabla()`, que devuelve el nombre de la tabla en la cual la información de una clase de datos es guardada, por ejm: `DatosPredio.getNombreTabla()="predio"`;

#### 3.4.2.3 Clase BaseDatosRol:

Contiene un conjunto de métodos estáticos para manipular la base de datos, principalmente incorpora el método `guardarDatos(Almacenable datos)`, el cual inserta los valores de las variables de una clase que implemente *Almacenable*, en los campos de la tabla especificados en la matriz devuelta por el método `Almacenable.getDatosGuardables()`, si el objeto pasado por argumento tiene elementos en el vector hijos también los inserta en la base de datos.

Además incluye el método `realizarConsulta(String[],String[],String)` que retorna los resultados de una consulta en la base de datos, con los nombres de campos, nombres de tablas y condición, pasados por argumento.

#### 3.4.2.4 Clase DialogoConcesionTotal:

Esta clase es la encargada del despliegue de las interfaces responsables de la captura de los datos propios de la concesión.

Posee métodos para el almacenamiento tanto en memoria como en base de datos de la información obtenida por las clases derivadas, así como algunas funciones que le permiten revisar la presencia de la totalidad de los datos antes de realizar operaciones de demanda y disponibilidad hídrica.

Cuenta además con llamados a clases encargadas de realizar impresión de formatos impresos por medio del uso del método `llenarFormatoImpresion()`.



### 3.4.3 Diagrama de secuencia

#### 3.4.3.1 Secuencia 1

El presente diagrama muestra los pasos requeridos a nivel de software para la visualización de concesiones.

Una instancia de la clase `Visor` lanza el método `ejecutorMetodos()` y visualiza el `MenuConcesiones`, dentro del cual es posible encontrar algunas opciones representadas por métodos como `desplegarDialogoConcesiones()`.

El ítem seleccionado genera un objeto de la clase `DialogoMostrarConcesiones`, que requiere para su funcionamiento de la consulta al origen de datos que usa el aplicativo dentro de una base de datos MySQL, gestionada dentro del `Visor` por una instancia de la clase `BaseDatosRol`, en donde los métodos `realizarConsulta()` y `devolverDatos()`, se encargan de extraer los campos seleccionados de la tabla correspondiente a las concesiones y datos de usuario, y a devolverlos dentro de un objeto en disposición tabular, para ser posteriormente desplegados por la instancia de la clase `DialogoMostrarConcesiones`.

Cuando la interfaz muestra el resultado de la consulta de las ocurrencias de concesión dentro del repositorio de datos, es posible representar dichos registros de concesión sobre un mapa de drenajes generado por la misma aplicación. Para esto, la instancia de diálogo que articula esta funcionalidad envía un mensaje que contiene arreglo de elementos de precisión doble a la instancia de la clase `Visor`, solicitando se muestre en pantalla la especialización de los puntos de concesión por medio del método `desplegarMapaConcesiones()`.

Por su parte, el objeto generado a partir de la clase `Visor`, ejecuta un método llamado `importarASCIIGridConcesiones()`, que es, de alguna manera, una sobrecarga del método `importarASCIIGrid()`, utilizado para desplegar cartografía raster almacenada en archivos de texto plano, con la diferencia que el primero de ellos puede generar modificaciones en el aspecto de los píxeles cercanos a los puntos de concesión obtenidos a partir de la consulta a la base de datos, sin cambiar sus valores a la hora de hacer consultas con el Mouse y las clases asociadas a él dentro de la visualización del aplicativo.

El mecanismo de apertura dirigido por el método `importarASCIIGridConcesiones()`, hace un llamado a una instancia de la clase `HiloCargarASC()`, que genera una ejecución paralela en software de una instancia de la clase `FrameInternoImagen()`, y a su vez la creación de un objeto de tipo `ImagenASC`, que es en últimas, la representación visual del mapa.

Una vez se efectúa el ajuste cromático de píxeles, la matriz de datos del mapa es devuelta a la instancia de `FrameInternoImagen` por el método `devolverDatosImagen()`, y éste último procede a invocar el método `openFrame()`, para desplegarse dentro de la instancia de `JDesktopPane` que posee la clase principal.

#### 3.4.3.2 Secuencia 2

El diagrama de secuencia número 2 presenta el proceso para llenar una solicitud de asignación de concesión.

Una instancia de la clase `Visor` genera algunos elementos de su interfaz gráfica tales como los menús e ítems de menú, utilizando instancias de una clase llamada `EjecutorMetodos`. De esta manera es creado también el menú `MenuConcesiones`.

Dentro de sus opciones existe una en particular que apunta al método `desplegarDialogoConcesionesTotal()`, el cual ejecuta el método constructor de la clase `DialogoConcesionTotal`. Esta clase posee métodos para la creación de interfaces para la captura de información brindada por el usuario sobre una concesión, representadas por clases que descienden de la clase `JDialog`. Entre ellas se encuentran las instancias de las clases `DialogoConcesion`, `DialogoPredio`, `DialogoPropietario` y `DialogoDemanda`, cada una de las cuales posee un método asociado dentro del objeto de la clase `DialogoConcesionTotal`, para su despliegue y recepción de los datos capturados.

La instancia de `DialogoConcesionTotal`, además de hacer el manejo de las interfaces de captura, revisa que la totalidad de los datos hayan sido ingresados. En caso afirmativo, el diagrama de secuencia muestra las posibilidades que permite este objeto: por una parte, mostrar un formato cercano a una hoja de impresión, lanzado por el método `abrirFormatoImpresion()`, el cual usa el constructor de la clase `FormatoImpresionConcesiones`, que usa para su ejecución los métodos y atributos de la clase `UtilidadesImpresion`, la cual es parte de los paquetes iniciales de la aplicación; por otra parte, es posible desplegar una interfaz de consulta de las concesiones, ejecutada por el método `abrirDialogoResumenConcesiones()`, la cual permite visualizar la mayoría de los registros previos de concesiones almacenados en el motor de base de datos.

Los pasos posteriores de visualización de los puntos de concesión, se comentan en la descripción del diagrama de secuencia 1.

### 3.4.3.3 Secuencia 3

Para hacer la consulta de la disponibilidad de recurso hídrico, es necesario utilizar una instancia de la clase `DialogoConcesionTotal` dentro de la ejecución del `Visor`.

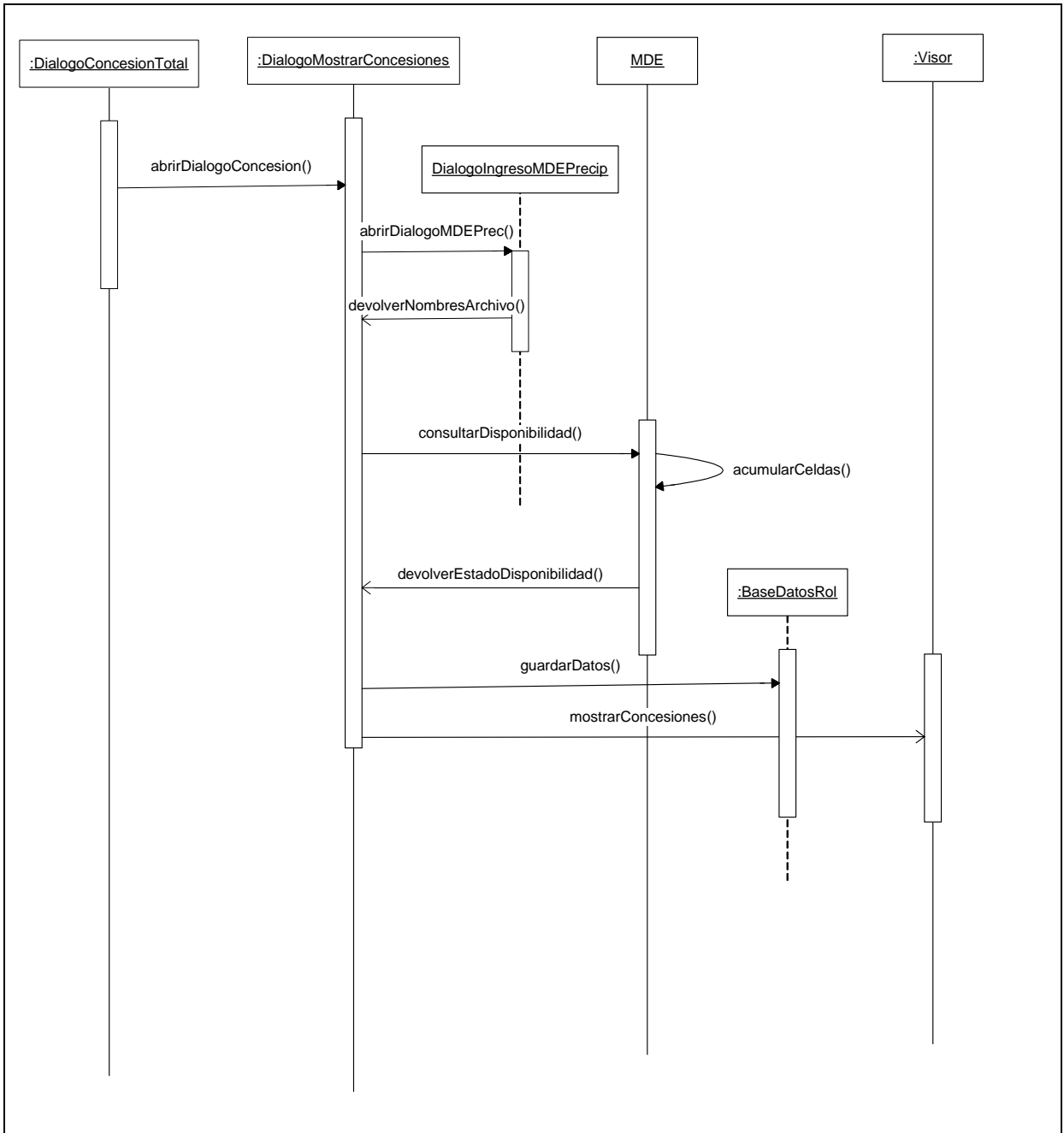
Una vez los datos de concesión tales como demandas, datos de propietario, etc., hayan sido capturados, se procede a la revisión de la disponibilidad, para ello, el objeto de la clase `DialogoConcesionTotal`, muestra un objeto de `DialogoIngresoMDEPrecip` con el método `abrirDialogoMDEPrec()`. El diálogo captura la dirección absoluta de los mapas almacenados en formato ASCII Grid que contienen los datos de precipitación a usar dentro del modelo de acumulación de celdas.

Ahora, una instancia de `DialogoMostrarConcesiones` posee métodos para utilizar las funciones implementadas dentro de la clase MDE. El método encargado de hacer el cálculo de la disponibilidad de agua es `acumularCeldas()`, lanzado por `consultarDisponibilidad()`, desde `DialogoMostrarConcesiones`.

El resultado de la consulta de disponibilidad pasa de nuevo a `DialogoMostrarConcesiones`, y desde allí, es posible decidir si se realiza la inserción del registro de concesión en la base de datos utilizando los métodos de la clase `BaseDatosRol`.

Ya en la base de datos, la clase `DialogoMostrarConcesiones`, puede cerrarse, o, enviar datos a la instancia generada de `Visor`, para que realice la visualización de la concesión recién ingresada.





## **APORTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Dando cumplimiento a los objetivos planteados dentro del presente trabajo investigativo se diseñó y se coordinó el desarrollo de una interfase gráfica espacial que facilita la elaboración de escenarios probables para la optimización de la toma de decisiones respecto a la concesión del recurso hídrico en una cuenca.

La presente investigación realiza un aporte importante al mejoramiento sobre la visión y comprensión de los procesos naturales involucrados con el recurso agua.

El módulo elaborado facilita el proceso de asignación de caudales en una cuenca o región de análisis,

## CONCLUSIONES

La presente investigación recoge el conocimiento y análisis de las diferentes variables involucradas en el proceso del balance hídrico, mediante el cual se cuantifica el agua disponible para satisfacer el conjunto de necesidades sociales, ambientales y económicas de una región.

El módulo desarrollado dentro del trabajo genera, de forma dinámica, una pequeña porción de la gran magnitud de conocimiento e información que se requiere para el apoyo a la toma de decisiones, la planificación, la gestión y el uso sostenible del recurso agua.

El análisis efectuado en la investigación tuvo como base la información que posee el IDEAM y el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial sobre el tema.

A nivel de país, región o cuenca hidrográfica la cuantificación de la oferta hídrica es importante y aparentemente sencilla sin embargo, los datos de los principales parámetros considerados dentro del análisis son actualmente escasos obteniendo un resultado con un margen de error considerable.

El conjunto de elementos necesarios para que una comunidad se desarrolle y se proyecte hacia un futuro se denomina oferta y demanda de agua. El poco conocimiento acerca de estos dos elementos y su relación directa con el índice de escasez, se puede considerar en estos momentos algo delicado. Existen ejemplo de sociedades que no han tenido claro un concepto de proyección hacia el futuro en torno al agua, ni entendido el rol decisivo que juegan la demanda y la disponibilidad en términos de cantidad y calidad, hasta comprometer su equilibrio y llegar a agotar este importante recurso, viéndolo desaparecer completamente. Esta es una realidad que se observa en muchos de los municipios de Colombia.

El índice de escasez constituye la principal herramienta para evaluar si el recurso hídrico de un área geográfica, (país, región, municipio o cabecera) es suficiente o deficitario y aún más importante, si se adiciona el factor de calidad de agua al concepto de disponibilidad. De esta manera se encuentran nuevos soportes de planificación, desarrollo y uso racional y eficiente del agua.

La garantía del índice de escasez está en función de la información disponible, es decir cuando existen variables medidas directamente (oferta y demanda) se reduce el porcentaje de error del índice.

El especialista en el tema y responsable de la toma de decisiones con la ayuda del software desarrollado debe poseer información suficiente sobre el área de análisis puesto que, si bien el índice de escasez da cuenta de los niveles de abundancia o escasez, relacionando la oferta específica con la demanda correspondiente, se debe tener en cuenta que el abastecimiento de agua para los diferentes usos involucra aspectos como el almacenamiento y transporte del recurso hídrico, razones por las cuales, altos niveles de escasez en áreas específicas no necesariamente coinciden con problemas graves de abastecimiento de los sistemas, ya que pueden existir estructuras de manejo particulares para estos casos.

Los factores de consumo de agua para los diferentes sectores son en algunos casos teóricos y tomados de fuentes secundarias; y en otros, obtenidos de estimaciones realizadas por el IDEAM para algunas regiones de Colombia. No contemplan aspectos como el estrato de las vivienda ni el tamaño real de las familias que habitan las áreas rurales; la tecnología empleada en el desarrollo de las actividades; las pérdidas de los sistemas de captación, conducción, almacenamiento y distribución; los usos industriales extractivos, entre otros más.

Los porcentajes asumidos para las reducciones por calidad de agua y caudal ecológico se consideraron en forma global al no disponer de resultados sobre los factores específicos de disminución para cada sector usuario y para cada región.

La herramienta informática desarrollada para la ejecución de estos cálculos se desarrolló e implementó sobre plataforma libre y contiene las funciones necesarias para la manipulación de información cartográfica, su procesamiento a través de los diferentes métodos estudiados para el cálculo de la oferta hídrica y la posterior visualización de los resultados mediante mapas en formato raster<sup>232</sup>.

---

<sup>232</sup> AGUIRRE, F. y PRADA, C. Visor de formatos gráficos geoespaciales. Proyecto de grado Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, UIS, 2004.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, F. y PRADA, C. Visor de formatos gráficos geoespaciales. Proyecto de grado Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, UIS, 2004.

ALTER, S.L. Decision support systems: current practice and continuing challenge. Reading, MA: Addison-Wesley, 1980.

\_\_\_\_\_. A study of computer aided decision making in organizations. 1975. Ph.D. dissertation. M.I.T.

\_\_\_\_\_. A taxonomy of decision support systems", En: Sloan Management Review. Vol. 19, no. 1; (1977, fall); pp. 39 – 56.

\_\_\_\_\_. Why is man-computer interaction important for decision support systems?. En: Interfaces. Vol. 7, no. 2; (1977); pp. 109 – 115.

\_\_\_\_\_. A work system view of DSS in its fourth decade. En: Decision support systems. Vol. 38, no. 3; (2004), pp. 319 – 327.

ANTHONY, R. N. Planning and control systems: a framework for analysis. Cambridge, MA: Harvard University Graduate School of Business Administration, 1965.

Banco de Desarrollo Interamericano. Estrategia de medio ambiente del banco interamericano de desarrollo, URL [http://iadb.org/sds/ENV/site\\_4238\\_s.htm](http://iadb.org/sds/ENV/site_4238_s.htm)

BAZERMAN, M. Judgment in managerial decision making. 4<sup>th</sup> ed. New York. Wiley, 1998.

BHARGAVA, H. y POWER, D. J. Decision support systems and web technologies: a status report. Proceedings of the 2001 Americas Conference on Information Systems. Boston, MA, August 3 – 5, 2001.

BONCZEK, R. H., HOLSAPPLE, C. W. y WHISTON, A. B. The Evolving Roles of Models in Decision Support Systems. En: Decision Science. Vol. 11, no. 2; (1980).

CÁCERES, J. Ingeniería de SIG II. Material educativo de la Especialización en SIG, UIS. Bucaramanga, Colombia, Ingeniería Civil, UIS, 2001, pp.30.

CARLSON C. y TURBAN E. DSS: directions for the next decade. En: Decision Support Systems. Vol. 33, no. 2; (2002); pp. 105 – 110.

Centro de documentación de la Organización de las Naciones Unidas. Documentos generales URL <http://www.un.org/spanish/documents/>

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. Mar del Plata, 14 al 26 marzo de 1977.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo – Cumbre de la Tierra. Declaración de Río sobre Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, 1992. URL <http://www.un.org/documents/ga/conf151/spanish/aconf15126-1annex1s.htm>

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo – Cumbre de la Tierra. Programa 21. Río de Janeiro, 1992. URL <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm> y <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21spchapter18.htm>

Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible, París, 19 al 21 de marzo de 1998. Declaración de París, Programa de Acciones Prioritarias. En: <http://www.oieau.fr/ciedd/esp/frames/final/progractprio.htm>

Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente – CIAMA: el desarrollo en la perspectiva del siglo XX. Dublín, Irlanda. 26 al 31 de enero de 1992. Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible URL <http://www.wmo.ch/web/homs/documents/espanol/icwedecs.html>

COUGAR, J. D. Creative problem solving and opportunity finding. Danvers, MA: body & fraser, 1995.

\_\_\_\_\_. Creativity & innovation in information systems organizations. Danvers, MA: body & fraser, 1996.

CROSS M., M. Learning the art of mathematical modeling. New York, USA, Halsted Press, 1985. Citado en PINTO V., J. E. 2003.

DAVIS, G. Management information systems: conceptual foundations, structure and development. New York: McGraw-Hill, 1974.

DEARDEN, J. SMR Forum: Will the computer change the job of top management?. En: Sloan Management Review. Vol. 25, no. 1; (1983, fall).

Decreto Ley 2811 de 1974 – Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB. URL <http://www.cdm.gov.co/normas/decreto28111974.htm>

Decreto 1541 de 1978 - Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. URL <http://www.ideam.gov.co/legal/decretos/1970/d1541-1978.htm>

Decreto 1594 de 1984 - por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Juriscol – Banco de la República de Colombia. URL [http://juriscol.banrep.gov.co:1025/cgi/normas\\_buscar.pl](http://juriscol.banrep.gov.co:1025/cgi/normas_buscar.pl)

Decreto 1729 de 2002 - por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto – Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Ministerio del Interior y Justicia. República de Colombia. URL <http://web.minjusticia.gov.co/normas/2002/d17292002.htm>

Decreto 2857 de 1981 – por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. URL <http://www.ideam.gov.co/legal/decretos/1980/d2857-1981.htm>

DELBECQ, A. L. The management of decision-making within the firm: three strategies for three types decision-making. Academy of Management Journal, 1967.

Determinación de consumos básicos de agua potable en Colombia. Departamento Nacional de Planeación – DNP y Fondo Nacional de Desarrollo. Bogotá, 1991.

DHAR, V y STEIN, R. Intelligent decision support methods: the science of knowledge. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.

DICKSON, G. W., POOLE, M. S. y DeSANTICS, G. An overview of the GDSS research project and the SAMM system. En Bostrom, R. P., R. T. Watson and S. T., Computer Augmented Teamwork: A Guide Tour, New York: Van Nostrand Reinhold, (1992); pp. 163 – 179.

DONOVAN J. J. y MADNICK, S. E. Institutional and ad hoc decision support systems and their effective use”. En Data Base. Cambridge, MA. Vol. 8, no. 3; (1977).

Estudio Nacional de Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2000.

Evaluación del potencial hídrico de la Cuenca de la Quebrada La Angula. Geomática, Gestión y optimización de sistemas, UIS, 2003.

Evaluación, ordenación y reglamentación del recurso hídrico en la Microcuenca de la Quebrada La Angula. Geomática, Gestión y optimización de sistemas, UIS, 2004.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Programa Especial de Seguridad Alimentaria, 1994. URL <http://www.fao.org>

FEDEROWICZ, J. A Technology Infrastructure for document-based decision support systems. En: Sprague, R. and H. J. Watson, Decision Support Systems: Putting Theory into Practice. 3<sup>rd</sup> Ed, Prentice-Hall, 1993. pp. 125 – 136.

FELICÍSIMO, Á. M. Modelos Digitales del Terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. 2000.

FERGUSON, R. L. y JONES, C. H. A computer aided decision system. En: Management Science. (June, 1969); pp. B550 – B561.

GERRITY, T. P. Jr. The design of man-machine decision system. En: Sloan Management Review. Vol. 12, no. 2; (1971, winter); pp. 59-75.

GORRY, G. A. y SCOTT MORTON, M. S. A framework for management information systems. En: Sloan Management Review. Vol. 13, no. 1; (1971); pp. 55-70.

GRACE, B. F. Training users of a decision support systems. IBM Research Report RJ1790, IBM Thomas J. Watson Research Laboratory, May 31. 1976.

GRAY, P. The SMU decision room project. En: Transactions of the 1<sup>st</sup> International Conference on Decision Support Systems (Atlanta, Ga.). 1981; pp. 122 – 129.

\_\_\_\_\_ Guide to IFPS (Interactive Financial Planning Systems), New York: McGraw-Hill book Company, 1987.

HAMMOND, J. S., KENNEY, R. L. y RAIFFA, H. Smart choice: a practical guide to making better decisions. Boston: Harvard Business School Press, 1998.

HOLDRIDGE, R., Leslie. Ecología basada en zonas de vida. IICA, Costa Rica, 1978. p. 9.

HOLSAPPLE, C. W. y WHINSTON A. B. Decision support systems. A knowledge-based approach. St. Paul, MN: West Publishing, 1996.

HOUESHEL, G. y WATSON, H. The management information and decision support (MIDS) system at Lockheed-Georgia. En: Management Information Systems Quarterly. Vol. 11 No. 1; (March, 1987).

HUBER, G. P. Group decision support systems as aids in the use of structure group management techniques. En: Transactions of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Decision Support Systems. (1982); pp. 96 – 103.

Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida, ONU-WWAP, Naciones Unidas-Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, París, New York y Oxford, UNESCO y Berghahn Books, 2003. Agua para todos, agua para la vida. En: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>

INMON, W. H. Using oracle to build decision support systems. QED Press, 1990.

\_\_\_\_\_ EIS and the data warehouse. En: Data Base Programming/Design. (November, 1992).

KAHN, H. On thermonuclear war. Princenton Univerity Press, 1962; Greenwood, 1978.

KAHN, H y WIENER, A. J. The year 2000 a framework for speculation on the next thirty-three years. New York, N.Y., Collier-Macmillan Limited, London, © Hudson Institute, 1967.

KEEN, P. G. W.. Adaptive design for decision support systems. En: Data Base, Vol. 12, no. 1 y 2; (1980, fall).

KEEN, P. G. W., y SCOTT MORTON, M. S. Decision support systems: an organizational perspective. Reading, MA: Addison-Wesley, Inc., 1978.

KEPNER, C. y TREGOE, B. The rational manager. New York: McGraw-Hill, 1965.

KIMBALL, R. W. et al. The data warehouse lifecycle toolkit. New York, NY: John Wiley and Sons, 1998. URL <http://www.ralphkimball.com>

LEAVITT, H. J. y WHISLER, T. L. Whisler. Management in the 1980's. En. Harvard Business Review Article. (November 1°1958); 8p.

Ley del Agua – por la cual se establecen medidas para orientar la planificación y administración del recurso hídrico en el territorio nacional. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. URL [http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/proyectoleyagua\\_290405.pdf](http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/proyectoleyagua_290405.pdf)

Ley 99 de 1933 – por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB. URL <http://www.cdm.gov.co/normas/ley991993.html>

Ley 142 de 1994 - por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Ministerio del Interior y Justicia. República de Colombia. URL <http://web.minjusticia.gov.co/normas/1944/1421994.htm>

Ley 768 de 2002 – por la cual se adopta el Régimen Político, Administrativo y Fiscal de los Distritos Portuario e Industrial de Barranquilla, Turístico y Cultural de Cartagena de Indias y Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta. Ministerio del Interior y Justicia. República de Colombia. URL <http://web.minjusticia.gov.co/normas/2002/17682002.htm>

LITTLE, J. D. C. Models and managers: the concept of a decision calculus. En: Management Science. Vol. 16, no. 8; (1970, Apr.); pp. B466 – B485.

MARAKAS, G. M. Decision support systems: in the 21<sup>st</sup> century. 2<sup>nd</sup> ed. Prentice Hall. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

MEADOWS, D. y FORRESTER, J. Los límites del conocimiento, México, FCE, 1973. (Originalmente publicado en inglés en 1972 por el Club de Roma).

MINTZBERG, H. The nature of managerial work. New Jersey: Prentice Hall, 1973.

MOORE, J. H., y CHANG, M. G. Design of decision support systems. En: Data Base. Vol. 12, no. 1 y 2; (1980, fall).

NUNAMAKER, J. F. et al. GroupSystems. En: Brostrom, R- O., R. T. Watson, and S. T. Kinney, Computer Augmented Teamwork: A Guide Tour, New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. pp. 143 – 162.

POKRAS, S. Systematic problem solving and decision-making: rational methods for problem-solving and decision-making. Los Altos, CA: Crisp Publications, 1989.

POWELL, R. DM review: A 10 year journey. En: DM Review. (February, 2001). URL <http://www.dmreview.com>

POWER, D. J. Bill Inmon interview: data warehouses and decision support systems. En: DSSResources.COM, URL <http://www.dssresources.com>, consultado en 05/12/2005.

\_\_\_\_\_ A brief history of decision support systems. En: DSSResources.COM, 1999. URL <http://dssresources.com/history/dsshistory.html>

\_\_\_\_\_ A brief history of spreadsheets. En. DSSResources.COM, 2000. URL <http://dssresources.com/history/sshistory.html>, version 3.3, 03/11/2000.

\_\_\_\_\_ Clyde Holsapple interview: big picture about DSS. En: DSSResources.COM, 2005. URL <http://www.dssresources.com>, consultado en 02/11/2005.

\_\_\_\_\_ Decision support systems: concepts and resources for managers. Quorum Book Division Greenwood Publishing, March 30, 2002.

\_\_\_\_\_ Decision support systems: frequently asked questions. New york: iUniverse, 2005.

\_\_\_\_\_ DSS Types. En. DSS News. Vol. 1, no. 1; (May 10/2000). URL <http://www.dssresources.com>

\_\_\_\_\_ Supporting decision-makers: an expanded framework. En: Informing Science. (June, 2001); pp. 431 – 436.

\_\_\_\_\_ Web-based and model-driven decision support systems: concepts and issues. En: Prepared for ACMIS 2000, Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, August 10<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup>, 2000.

\_\_\_\_\_ What are characteristics of a decision support systems?. En: DSS News. Vol. 4, no. 7; (March 30, 2003).

\_\_\_\_\_ What are decision support technology trends?. En: DSS News. Vol. 5, no. 2; (January 18, 2004).

\_\_\_\_\_ What is advanced or next generation decision support?. En: DSS News. Vol. 4, no. 19; (September 14, 2003).

\_\_\_\_\_ What is DSS?. En: DSstart, The On-Line Executive Journal for Data-Intensive Decision Support. Vol. 1, no. 3; (October 21, 1997).

\_\_\_\_\_ What is DSS?. En: DSS News, Vol. 5, no. 1; (September 12, 2004)

\_\_\_\_\_ What is the expanded DSS framework?. En: DSS News. Vol. 5, no. 1; (January 4, 2004).

PRESSMAN, R. S. Ingeniería de software. Un enfoque práctico. Quinta edición. Madrid, España. McGraw Hill, 2002. p. 343.

QUEROL, María. Estudio sobre los convenios y acuerdos de cooperación entre países de América Latina. CEPAL. Santiago de Chile, 2003.

Resolución 104 de 2003 – por la cual se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas.  
<http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/Criteriospriorizacióncuencas.pdf>

Resolución 0865 de 2004 – por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia.  
[http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/Res865\\_22072004.pdf](http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documentos/Res865_22072004.pdf)

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. En: Harvard Business Review. Vol. 67, no. 2; (March-April 1979); pp. 81 – 93.

SAWYER, D. C. Getting it right: avoiding the high cost of wrong decisions. Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 1999.

SCOTT MORTON, M. S. Computer-driven visual display devices: the impact on the management decision-making process. 1967. Doctoral dissertation, Harvard Business School.

\_\_\_\_\_ Management decision systems: computer-based support for decision making. Boston, 1971. Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University.

SCOTT MORTON, M. S. y STEPHENS, J. A. Stephens. The impact of interactive visual display systems on the management planning process. 1968. IFIP Congress (2) 1178 – 1184.

SCOTT MORTON, M. S. y Mc COSH, A. M. Terminal costing for better decision. En: Harvard Business Review. Vol. 46, no. 3; (May-June, 1968).

SHIM, J.P. et al. Past, present, and future of decision support technology. En: Decision Support Systems. Vol. 33, no. 2; (2002); pp. 111 – 126.

SILVER, M. S. Decisional guidance for computer-based decision support. En: Management Information Systems Quarterly. Vol. 15, no. 1; (1991); pp. 105 – 122.

SIMON, H. A. The new science of management decision. Ed rev. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1977.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_ New York: Harper & Row, 1960.

SPRAGUE, R. H. Jr. A framework for the development of decision support systems. En: Management Information Systems Quarterly. Vol. 4, no. 4; (Dec, 1980); pp. 1 -26.

SPRAGUE, R. H. Jr. y WATSON, H. J. Bit by bit: toward decision support systems. En: California Management Review. Vol. 12, no. 1; (1979, fall, 1979); pp. 60-68.

\_\_\_\_\_ Building effective decision support systems. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1982.

\_\_\_\_\_ Decision support systems: putting theory into practice, 2<sup>nd</sup>. New Jersey: Prentice-Hall, 1989.

SWASON, E. B., y CULNAN, M. J. Document-based systems for management planning and control: a classification, survey, and assessment. En: Management Information System Quarterly. Vol. 2, no. 4; (Dec, 1978); pp. 31-46.

THOMPSON, J.D. Organizations in action. New York: McGraw-Hill, 1967.

TURBAN, E. y ARONSON, J. E. Decision support systems and intelligent systems. 6<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 2001

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_ 5<sup>th</sup> edition. New Jersey: Prentice Hall. 2001.

TUROFF, M. y HILTZ, S. R. Computer support for group versus individual decisions. En: IEEE Trans. Communications, COM-30. Vol. 1, no. 1; (1982); pp. 82 – 90.

UNESCO, Métodos de cálculo del balance hídrico. Guía Internacional de investigación y métodos. España, 1981.

UNESCO, Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur. Santiago de Chile, 1982. URL: <http://unesco.org.uy/phi/libros/guiametodolbalhidAS.pdf>

VALDERRAMA, Luis E. Manejo de cuencas hidrográficas. Ministerio de Agricultura. Bogotá, 1974.

VAN DE HOVEN, J. Executive support system & decision making. En: Journal of Systems Management. (March-April, 1996)

VEN TE CHOW; MAIDMENT, David R. y MAYS, Larry W. Hidrología aplicada. Mc Graw Hill Interamericana S.A., Santa de fe de Bogotá, 1994. p. 5, 6.

WEISS, M. A. Estructura de datos en Java. Primera edición. Madrid, España. Pearson Educación, 2000. p.51.

Workshop on Alternative Energy Strategies – WAES. Informe Energía: perspectivas mundiales 1985 – 2000, (Seminario sobre estrategias alternativas de energía). México, FCE, 1981. (Publicado originalmente en inglés en 1977); p. 33.

World Water Balance and Water Resources of the Earth. UNESCO, 1978.

I Foro Mundial del Agua. Marrakech, Marruecos, 1997. En: <http://www.cmo.nl/pe/pe7/pe-772.html>

II Foro Mundial del Agua. Visión mundial del agua: el agua, una responsabilidad común. La Haya, Holanda, 2001. En: <http://www.worldwatercouncil.org/Vision/cce1f838f03d073dc125688c0063870f.htm>

II Foro Mundial del Agua. Conferencia Ministerial sobre la Seguridad Hídrica en el Siglo XXI. En: <http://www.worldwaterforum.net/index2.html>

III Foro Mundial del Agua, Kyoto, Japón, 2003. Declaración Ministerial. URL [http://www.world-water-forum3.com/jp/mc/md\\_final-spanish.pdf](http://www.world-water-forum3.com/jp/mc/md_final-spanish.pdf)

2003, Año internacional del agua dulce. En: [http://www.wateryear2003.org/es/ev.php-URL\\_ID=1456&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://www.wateryear2003.org/es/ev.php-URL_ID=1456&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

## **ANEXOS**

## ANEXO 1 FACTOR DE CONSUMO SEGÚN SECTOR ECONÓMICO

CÓDIGO CIU	ACTIVIDAD ECONOMICA	M3/TONELADA
3710	Industrias básicas de hierro y acero	77,4
3511	Fabricación de sustancias químicas industriales básicas, excepto abonos.	160
3521	Fabricación de pinturas, barnices y lacas.	7,69
3720	Recuperación y fundición de cobre y aluminio.	77,4
3213	Fabricación de tejidos de punto	33
3419	Fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón n.e.p.	120
3559	Fabricación de productos de caucho n.e.p.	83,5
3560	Fabricación de productos plásticos.	83,5
3220	Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado.	30
3812	Fabricación de muebles y accesorios, principalmente metálicos, excepto la	4,2
3131	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas	20,8
3412	Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón	99,5
3119	Elaboración de cacao y fabricación de chocolate y productos de confitería	17
3529	Fabricación de productos químicos n.e.p.	52
3551	Fabricación de llantas y neumáticos-cámaras	83,5
3133	Bebidas malteadas y malta.	9,5
3819	Fabricación de productos metálicos n.e.p., excepto maquinaria y equipo.	4,2
3111	Matanza de ganado, preparación y conservación de carnes.	12,5
3839	Fabricación de aparatos y suministros eléctricos n.e.p.	4,2
3420	Imprentas, editoriales e industrias conexas.	120
3512	Fabricación de abonos y plaguicidas	270
3528	Fabricación de diversos productos químicos	5
3116	Productos de molinería	2,1

<b>CÓDIGO CIU</b>	<b>ACTIVIDAD ECONOMICA</b>	<b>M3/TONELADA</b>
3620	Fabricación de vidrio y productos de vidrio.	68
3833	Fabricación de aparatos y accesorios eléctricos de uso domestico.	4,2
3813	Fabricación de elementos estructurales metálicos.	4,2
3219	Fabricación de textiles no clasificados en otra parte.	62
3851	Fabricación de material profesional y científico y de instrumentos de m	4,2
3217	Tejidos y manufacturas de lana y sus mezclas.	40
3218	Tejidos y manufacturas de fibras artificiales y sintéticas aun mezclada	62
3909	Otras industrias manufactureras diversas.	4,2
3121	Elaboración de productos alimenticios diversos	8,05
3216	Tejidos y manufacturas de algodón y sus mezclas.	40
3829	Construcción de maquinas, aparatos y equipos no clasificados antes, excepto	4,2
3901	Fabricación de joyas y artículos conexos.	4,2
3118	Ingenios y refinerías de azúcar	6,65
3411	Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón.	109,2
3523	Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y o	2
3903	Fabricación de instrumentos de deporte y atletismo.	4,2
3821	Construcción de motores y turbinas	4,2
3231	Curtidurías y talleres de acabado.	48,4
3814	Fabricación de artículos de fontanería y calefacción.	4,2
3513	Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales.	7,69
3721	Recuperación y fundido de plomo y zinc.	77,4
3811	Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y artículos de ferretería en	4,2
3904	Industrias manufactureras diversas.	4,2
3844	Fabricación de motocicletas y bicicletas.	4,2
3621	Fabricación de vidrio óptico, espejos y artículos de fibra y lana de vid	68

<b>CÓDIGO CIU</b>	<b>ACTIVIDAD ECONOMICA</b>	<b>M3/TONELADA</b>
3211	Hilado, tejido y acabado de textiles	30
3832	Fabricación de equipos y aparatos de radiotelevisión y telecomunicaciones.	4,2
3849	Fabricación de material de transporte n.e.p.	4,2
3233	Fabricación de productos de cuero y sucedáneos del cuero, excepto calzad	48,4
3843	Fabricación de vehículos automotores.	4,2
3115	Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales, excepto la manteca	4,33
3113	Envasado y conservación de frutas, legumbres y vegetales en general.	8,05
3902	Fabricación de instrumentos de música.	4,2
3134	Fabricación de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas.	5,72
3825	Fabricación de maquinas de oficina, calculo y contabilidad.	4,2
3852	Fabricación de aparatos fotográficos e instrumentos de óptica.	4,2
3215	Fabricación de cordelería.	10
3240	Fabricación de calzado, excepto el de caucho vulcanizado o moldeado, o de	5
3221	Fabricación de prendas de vestir mediante el corte y costura de cuero	30
3214	Fabricación de tapices y alfombras	33
3214	Preparación del tabaco y fabricación de sus productos.	23,3
3824	Construcción de maquinaria y equipos especiales para la industria en ge	4,2
3123	Elaboración de compuestos dietéticos y otros	2,1
3845	Fabricación de aeronaves.	4,2
3212	Artículos confeccionados de materiales textiles, excepto prendas de vestir.	30
3114	Elaboración de pescado, crustáceos y otros animales marinos y de agua dulce.	1,5
3122	Elaboración de alimentos preparados para animales.	2,1
3320	Fabricación de muebles y accesorios, excepto los que son principalmente	0,05
3117	Fabricación de productos de panadería.	2,1
3522	Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos.	7,69

<b>CÓDIGO CIU</b>	<b>ACTIVIDAD ECONOMICA</b>	<b>M3/TONELADA</b>
3831	Construcción de maquinaria y aparatos eléctricos industriales.	4,2
3827	Construcción de maquinaria y equipo n.e.p. excepto maquinaria eléctrica	4,2
3691	Fabricación de productos de arcilla para la construcción.	0,05
3826	Construcción de maquinaria no clasificada antes, excepto la de trabajar	4,2
3232	Industria de la preparación y teñido de pieles.	48,4
3610	Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana.	0,05
3319	Fabricación de artículos de madera y de corcho n.e.p.	0,05
3140	Industria del tabaco	23,3
3132	Industrias vinícolas.	20,8
3530	Refinerías de petróleo.	18
3823	Construcción de maquinaria para trabajar los metales y la madera.	4,2
3112	Fabricación de productos lácteos	20,9
3311	Aserraderos, talleres de acepilladura y otros talleres para trabajar	0,05
3723	Refinación y fundición de metales preciosos.	4,2
3822	Construcción de maquinaria y equipo para la agricultura.	4,2
3540	Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón.	18
3312	Fabricación de envases de madera, caña y artículos menudos de caña	0,05

Fuente: Water for Industrial, New York, USA 1963, Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible.

## ANEXO 2 COEFICIENTE DE USO DE AGUA DEL CULTIVO $K_c$

ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO						PERÍODO VEGETATIVO TOTAL
CULTIVO	INICIAL	DESARROLLO DEL CULTIVO	MEDIADOS DEL PERIODO	FINALES DEL PERIODO	RECOLECCIÓN	
Banano tropical	0.40 - 0.50	0.70 - 0.85	1.00 - 1.10	0.90 - 1.00	0.75 - 0.85	0.70 - 0.80
Banano subtropical	0.50 - 0.65	0.80 - 0.90	1.00 - 1.20	1.00 - 1.15	1.00 - 1.15	0.85 - 0.95
Fríjol verde	0.30 - 0.40	0.65 - 0.75	0.95 - 1.05	0.90 - 0.95	0.85 - 0.95	0.85 - 0.90
Fríjol seco	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.65 - 0.75	0.25 - 0.30	0.70 - 0.80
Col	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.90 - 1.00	0.80 - 0.95	0.70 - 0.80
Algodón	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.25	0.80 - 0.90	0.65 - 0.70	0.80 - 0.90
Vid	0.35 - 0.55	0.60 - 0.80	0.70 - 0.90	0.60 - 0.80	0.55 - 0.70	0.55 - 0.75
Cacahuete	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.75 - 0.85	0.55 - 0.60	0.75 - 0.80
Maíz dulce	0.30 - 0.50	0.70 - 0.90	1.05 - 1.20	1.00 - 1.15	0.95 - 1.10	0.80 - 0.95
Maíz grano	0.30 - 0.50	0.70 - 0.85	1.05 - 1.20	0.80 - 0.95	0.55 - 0.60	0.75 - 0.90
Cebolla seca	0.40 - 0.60	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.85 - 0.90	0.75 - 0.85	0.80 - 0.90
Cebolla verde	0.40 - 0.60	0.60 - 0.75	0.95 - 1.05	0.95 - 1.05	0.95 - 1.05	0.65 - 0.80
Guisante	0.40 - 0.50	0.70 - 0.85	1.05 - 1.20	1.00 - 1.15	0.95 - 1.10	0.80 - 0.95
Pimentero	0.30 - 0.40	0.60 - 0.75	0.95 - 1.10	0.85 - 1.00	0.80 - 0.90	0.70 - 0.80
Papa	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.85 - 0.95	0.70 - 0.75	0.75 - 0.90
Arroz	1.10 - 1.15	1.10 - 1.50	1.10 - 1.30	0.95 - 1.05	0.95 - 1.05	1.05 - 1.20
Cártamo	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.65 - 0.70	0.20 - 0.25	0.65 - 0.70
Sorgo	0.30 - 0.40	0.70 - 0.75	1.10 - 1.15	0.75 - 0.80	0.50 - 0.55	0.75 - 0.85
Soya	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.10 - 1.15	0.70 - 0.80	0.40 - 0.50	0.75 - 0.90
Remolacha – azúcar	0.40 - 0.50	0.75 - 0.85	1.05 - 1.20	0.90 - 1.00	0.60 - 0.70	0.80 - 0.90
Caña azúcar	0.40 - 0.50	0.70 - 1.00	1.00 - 1.30	0.75 - 0.80	0.50 - 0.60	0.85 - 1.05
Girasol	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.70 - 0.80	0.35 - 0.45	0.75 - 0.85

<b>ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO</b>						<b>PERÍODO VEGETATIVO TOTAL</b>
<b>CULTIVO</b>	<b>INICIAL</b>	<b>DESARROLLO DEL CULTIVO</b>	<b>MEDIADOS DEL PERIODO</b>	<b>FINALES DEL PERIODO</b>	<b>RECOLECCIÓN</b>	
Tabaco	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.00 - 1.20	0.90 - 1.00	0.75 - 0.85	0.85 - 0.95
Tomate	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.25	0.80 - 0.95	0.60 - 0.65	0.75 - 0.90
Sandía	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.05	0.80 - 0.90	0.65 - 0.75	0.75 - 0.85
Trigo	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.65 - 0.75	0.20 - 0.25	0.80 - 0.90
Alfalfa	0.30 - 0.40				1.05 - 1.20	0.85 - 1.05
Cítricos desyerbe total						0.65 - 0.75
Cítricos sin control de malezas						0.85 - 0.90
Olivo						0.40 - 0.60

Primer dato: Humedad alta (RHmin > 70% ) y poco viento ( < 5 m/s )

Segundo dato: Humedad baja (RHmin. < 20% ) y fuerte viento ( > 5 m/s )

Fuente. Estudio FAO No. 33, citado por CLARO RIZZO, Francisco. IDEAM, Bogotá, D.C. 1998.

## ANEXO 3 FACTOR DE CONSUMO SEGÚN PRODUCCIÓN ANIMAL

### CONSUMO APROXIMADO DE AGUA DIARIA EN BOVINOS

Valores en litros por día.

		TEMPERATURA (°C)					
		4,4	10	14,4	21,1	26,6	32,2
ETAPA DE PRODUCCIÓN	RANGO DE PESO (KG)						
Crecimiento	182-364	19	21	25	29	33	47
Vaca lechera	600-1000	28	30	34	40	46	66
Vaca preñada	900 - 1000	24,05	25,95	29,7	34,8	nd	nd
Vaca lactando	900	43,1	47,7	54,9	64	67,8	61,3
Toro adulto	1400 - 1600	32	34	39	46	53	75

Fuente: National Research Council. USA 1996.

Estas cifras constituyen valores aproximados promedios. El consumo de agua varía de acuerdo con el nivel de producción, el estado de salud y el consumo de alimento

### CONSUMO DE AGUA A VOLUNTAD EN AVES DE CORRAL

Valores en litros por cada 100 aves.

TIPO DE PRODUCCIÓN	ETAPA PRODUCCIÓN	TEMPERATURA	
		20°C	32°C
Gallina ponedora	50% producción	150	250
	90 % producción	180	300
Gallina adulta fuera de producción		120	200
Reproductora pesada (pollona)	4 semanas	75	120
	12 semanas	140	220
	18 semanas	180	300
Reproductora pesada (gallina adulta)	50% producción	180	300
	80% producción	210	360
Pollo de engorde o para asadero	1 semana	24	40
	3 semanas	100	190
	6 semanas	240	500
	9 semanas	300	600

TIPO DE PRODUCCIÓN	ETAPA PRODUCCIÓN	TEMPERATURA	
		20°C	32°C
Pavo	1 semana	24	50
	4 semanas	110	200
	12 semanas	320	600
	18 semanas	450	850
Pava reproductora		500	900
Pavo reproductor		500	1100
Pato reproductor		240	500
Ganso	1 semana	28	50
	4 semanas	250	450
	12 semanas	350	600
Ganso reproductor		350	600

Estas cifras constituyen valores aproximados. El consumo de agua varia de acuerdo con el nivel de producción, el estado de salud y el consumo de alimento.

Valores tomados de Nutrición Aviar Comercial. Fenavi, Bogotá, D.C. 2000.

### CONSUMO APROXIMADO DE AGUA EN PORCINOS

Valores en litros por día por porcino

RANGO DE PESO (KG.)	CONSUMO AGUA	CONSUMO KG/DIA DE ALIMENTO	LITROS/DÍA
7-18	2 litros por cada kilogramo de alimento consumido	0,528	1,06
18-30		1	2,00
30-60		1,61	3,22
60-95		2,55	5,10

Fuente: National Research Council. USA 1998.

Estas cifras constituyen valores aproximados promedios. El consumo de agua varia de acuerdo con el nivel de producción, el estado de salud y el consumo de alimento.

## **ANEXO 4 MODELO ENTIDAD - RELACIÓN**

### Tabla predio

Es una entidad espacial y alfanumérica. Contiene los registros de los predios de la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
Codigo_predial	Código catastral del predio.	Texto	PK	Si
propietario_documento	Número del documento del propietario del predio.	Texto	FK	Si
municipio_codigo_municipio	Código del municipio al cual pertenece el predio.	Texto	FK	Si
area_ha	Área del predio en hectáreas.	Numérico		Si
porcentaje_area	Porcentaje del área del predio con respecto al área total de la zona de análisis.	Numérico		Si
Nombre_predio	Nombre del predio.	Texto		Si

### Tabla municipio

Esta es una entidad alfanumérica. Contiene los registros de los municipios que comprenden la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
Codigo_municipio	Código del municipio.	Texto	PK	Si
departamento_codigo_departamento	Código del departamento al cual pertenece el municipio.	Texto	FK	Si
Nombre	Nombre del municipio.	Texto		Si

### Tabla departamento

Esta es una entidad alfanumérica. Contiene los registros de los departamentos a los cuales pertenecen los municipios que comprenden la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
Codigo_departamento	Código del departamento.	Texto	PK	Si
Nombre	Nombre del departamento.	Texto		Si

## Tabla propietario

Esta es una entidad alfanumérica. Contiene los registros de los propietarios que poseen predios que se encuentran dentro de la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
documento	Número del documento de identidad del propietario.	Texto	PK	Si
tipo_propietario_id_tipo_propietario	Tipo de propietario del predio. 1: Dueño. 2: Poseedor. 3: Representante legal. 4: Arrendatario. 5: Tenedor.	Entero	FK	Si
Nombre	Nombre del propietario.	Texto		Si
direccion_correspondencia	Dirección de correspondencia del propietario.	Texto		Si
telefono	Número telefónico del propietario.	Texto		Si
tipo_documento	Tipo de documento del propietario. 1: Cédula de ciudadanía. 2: Nit.	Texto		Si

### Tabla tipo\_propietario

Esta es una entidad alfanumérica. Contiene los registros de los propietarios que poseen predios que se encuentran dentro de la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_tipo_propietario.	Código que identifica el tipo de propietario.  1: Dueño.  2: Poseedor.  3: Representante legal.  4: Arrendatario.  5: Tenedor.	Entero	PK	Si
Nombre_tipo	Nombre del tipo de propietario del predio.	Texto		Si

### Tabla uso

Esta es una entidad espacial y alfanumérica. Contiene los registros de los usos actuales del suelo de los predios que se encuentran dentro de la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_uso	Código que identifica el tipo de uso actual del suelo del predio.  1: Doméstico.  2: Agrícola.  3: Pecuario.  4: Industrial.  5: Reserva forestal.  6: Sin uso.	Entero	PK	Si
Nombre	Nombre del uso actual del suelo.	Texto		Si

### Tabla predio\_uso

Esta es una entidad alfanumérica que desintegra la relación muchos a muchos entre las entidades predio y uso.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
uso_id_uso	Código que identifica el tipo de uso potencial del suelo del predio.	Entero	FK	Si
predio_codigo_predial	Código catastral del predio.	Texto	FK	Si

### Tabla aptitud\_suelo

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_aptitud_suelo	Código que identifica el uso potencial del suelo.	Entero	PK	Si
Clase	Clase a la cual pertenece el uso potencial del suelo.	Texto		Si
subclase	Subclase a la cual pertenece el uso potencial del suelo.	Texto		Si
Nombre	Descripción de las características del suelo según el uso potencial.	Texto		Si
símbolo	Estructura de texto con la cual se denominan las clases y subclases del uso potencial del suelo.	Texto		Si
Color	Color con el cual se clasifica el uso potencial del suelo.	Texto		Si
Area	Área que posee cada uso potencial del suelo en la región de análisis.	Numérico		Si
porcentaje_area	Porcentaje del área de cada uso potencial del suelo con respecto al área total de la zona de análisis	Numérico		Si

### Tabla predio\_aptitud

Esta es una entidad alfanumérica que desintegra la relación muchos a muchos entre las entidades predio y aptitud\_suelo.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
Aptitud_suelo_id_aptitud_suelo	Código que identifica el uso potencial del suelo.	Entero	FK	Si
predio_codigo_predial	Código catastral del predio.	Texto	FK	Si

### Tabla concesion

Esta es una entidad espacial y alfanumérica que contiene los datos de las concesiones de los predios de la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_concesion	Código que identifica la concesión.	Entero	PK	Si
tipo_sistema_captacion_id_sistema_captacion	Código que identifica el sistema de captación.	Entero	FK	Si
tipo_solicitud_id_tipo_solicitud	Código que identifica el tipo de solicitud.	Entero	FK	Si
predio_codigo_predial	Código catastral del predio.	Texto	FK	Si
Numero_solicitud	Número con el cual se identifica la solicitud de concesión.	Entero		Si
coordenada_n	Coordenada norte del punto de concesión.	Numérico		Si
coordenada_e	Coordenada este del punto de concesión.	Numérico		Si
Caudal_asignado	Valor numérico que corresponde a la cantidad de agua asignada en la concesión.	Numérico		Si

### Tabla tipo\_solicitud

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de los tipos de solicitud de las concesiones.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_tipo_solicitud	Código que identifica el tipo de solicitud.  1: Concesión.  2: Traspaso  3: Aumento.  4: Rebaja.	Entero	PK	Si
Nombre	Nombre del tipo de solicitud.	Texto		Si

### Tabla tipo\_sistema\_captacion

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de los tipos de sistema de captación de las concesiones.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_tipo_sistema_captacion	Código que identifica el tipo de sistema de captación.  1: Ariete.  2: Bombeo.  3: Gravedad.	Entero	PK	Si
Nombre	Nombre del tipo de sistema de captación.	Texto		Si

### Tabla demanda\_domestica

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de las diferentes variables involucradas en el cálculo de la demanda doméstica de agua.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_demanda_domestica	Código que identifica la demanda doméstica de agua.	Entero	PK	Si
concesion_id_concesion	Código que identifica una concesión.	Entero	FK	Si
Numero_personas	Valor numérico de la cantidad de personas que habitan en la(s) vivienda(s) del predio.	Entero		Si

### Tabla demanda\_agricola

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de las diferentes variables involucradas en el cálculo de la demanda agrícola de agua.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_demanda_agricola	Código que identifica la demanda agrícola de agua.	Entero	PK	Si
tipo_cultivo_id_tipo_cultivo	Código que identifica el tipo de cultivo.	Entero	FK	Si
concesion_id_concesion	Código que identifica la concesión.	Entero	FK	Si
ha_cultivo	Valor numérico de la cantidad de hectáreas cultivadas con un tipo de cultivo específico.	Numérico		Si

### Tabla tipo\_cultivo

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de los diferentes tipos de cultivo que se pueden presentar en la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_tipo_cultivo	Código que identifica el tipo de cultivo.	Entero	PK	Si
Nombre	Nombre del cultivo.	Texto		Si
factor_consumo_agricola	Coefficiente que varía de acuerdo al tipo de cultivo.	Numérico		Si

### Tabla demanda\_animal

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de las diferentes variables involucradas en el cálculo de la demanda animal de agua.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_demanda_animal	Código que identifica la demanda animal de agua.	Entero	PK	Si
tipo_animal_id_tipo_animal	Código que identifica el tipo de animal.	Entero	FK	Si
concesion_id_concesion	Código que identifica la concesión.	Entero	FK	Si
volumen_produccion	Valor numérico de la cantidad de producción por tipo de animal.	Numérico		Si

### Tabla tipo\_animal

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de los diferentes tipos de animal que se pueden presentar en la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_tipo_animal	Código que identifica el tipo de animal.	Entero	PK	Si
Nombre	Nombre del animal.	Texto		Si
factor_consumo_animal	Coefficiente que varía de acuerdo al tipo de animal.	Numérico		Si

### Tabla demanda\_industrial

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de las diferentes variables involucradas en el cálculo de la demanda industrial de agua.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_demanda_industrial	Código que identifica la demanda industrial de agua.	Entero	PK	Si
tipo_industrial_id_tipo_industrial	Código que identifica el tipo de industria.	Entero	FK	Si
concesion_id_concesion	Código que identifica la concesión.	Entero	FK	Si
volumen_produccion	Valor numérico de la cantidad de producción por tipo de industria.	Numérico		Si

### Tabla tipo\_industria

Esta es una entidad alfanumérica que contiene los datos de los diferentes tipos de industrial que se pueden presentar en la región de análisis.

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TIPO</b>	<b>PK/FK</b>	<b>REQUERIDO</b>
id_tipo_industria	Código que identifica el tipo de industria.	Entero	PK	Si
CIU	Clasificación industrial Internacional Uniforme de Actividades Económicas.	Entero		Si
nombre	Nombre de la industria.	Texto		Si
factor_consumo_industria	Coefficiente que varía de acuerdo al tipo de industria.	Numérico		Si