

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL
DE CUNDINAMARCA - CAR**

Subdirección Científica



***ENFOQUE AMBIENTAL DE
LOS PROBLEMAS DEL
RECURSO HÍDRICO***

Hugo Alejandro Sánchez Valbuena

Bogotá D.C., enero de 1.999

Foto Portada:
Cauce del *Río Susaguá*, en su parte baja.

ISBN 958-96479-5-2
Primera Edición
MCMXCIX

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE
CUNDINAMARCA – CAR**

SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA

DIEGO BRAVO BORDA
Director General

WILLIAM EDUARDO MORALES ROJAS
Secretario General

EUFRASIO BERNAL DUFFO
Subdirector Científico

HUGO ALEJANDRO SÁNCHEZ VALBUENA
Investigador Científico

PRESENTACIÓN

En los últimos años se habla insistentemente de la grave crisis que le espera a la humanidad por un abastecimiento del recurso hídrico que satisfaga sus necesidades vitales y se plantea que los conflictos bélicos en el próximo futuro serán principalmente por el suministro de agua.

En la Tierra existen enormes cantidades de agua, pero empiezan a presentarse serios problemas por la insuficiente capacidad de abastecimiento debida al aumento de la población, uso de agroquímicos, continuo deterioro de las cuencas hidrográficas y a la contaminación por desechos industriales y aguas servidas. Ello es motivo de preocupación en todo el mundo, principalmente en los países pobres con insuficientes servicios públicos.

En Colombia, el incremento de la contaminación viene reduciendo en forma alarmante el potencial de agua apta para el consumo, problema agravado por la migración de campesinos hacia las áreas urbanas.

La presente publicación intenta mostrar cuál es el problema del agua y sus implicaciones ambientales, como una contribución al conocimiento de sus características y también como un llamado a tomar conciencia sobre la utilización racional de este vital recurso.


DIEGO BRAVO BORDA
Director General

ADVERTENCIA

La práctica de la investigación se fundamenta en una ineludible motivación intelectual: obtener resultados revertibles hacia la comunidad, contribuir al bienestar y poseer una concepción social de la ciencia; esto es, generar conocimiento como patrimonio para la sociedad. La publicación de los resultados que se obtienen a través de los proyectos es una de las formas de cumplir con este compromiso, además de permitir su validación, pues al hacerlos públicos se posibilitan los cuestionamientos, las controversias o los puntos en común con los especialistas, proceso que enriquece el acervo del conocimiento humano.

En este orden de ideas, la Subdirección Científica de la CAR, de reciente conformación, inicia la divulgación de los trabajos e investigaciones que se realizan en cumplimiento de sus objetivos, los cuales se publicarán bajo una serie de Cuadernos Técnico-Científicos.

Así mismo y reconociendo que existe diversidad de temas, de propósitos, de potenciales lectores y de intereses por acceder a las publicaciones, se ha decidido clasificarlas en tres niveles, tratando de cubrir todas las opciones, así:

- En el nivel A, de alcance más elemental, se agrupará el material al estilo cartilla o manual instructivo.

- En el nivel B, de mayor profundidad, se presentarán aquellos temas dirigidos a lectores no especializados, con un tratamiento sencillo y pedagógico.
- En el último nivel, el C, se contemplarán los resultados de investigaciones que, por su índole, tienen como objeto llegar a la comunidad científica especializada, requiriendo por consiguiente de un desarrollo más complejo; no obstante y en aras de facilitar la mayor comprensión de los temas, se incluirán recursos complementarios como glosarios y cuadros sinópticos.

Esperamos cumplir cabalmente nuestros propósitos. Nos sería grato y altamente constructivo que nos hagan saber si ello se logra.

ÍNDICE

		Pág
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ECOEficiencia DEL USO DEL RECURSO	9
3.	LA SITUACIÓN DEL AGUA EN EL MUNDO	21
4.	LA SITUACIÓN DEL AGUA EN COLOMBIA	27
4.1.	ASPECTOS GENERALES	27
4.2.	AGUAS SUBTERRÁNEAS	35
4.3.	BALANCE HÍDRICO	38
4.4.	EL PROBLEMA DEL AGUA	41
4.5.	EL FENÓMENO URBANO	56
4.6.	OTROS FACTORES DE DETERIORO	60

5.	SÍNTESIS Y RECOMENDACIONES	63
5.1.	LOS PROBLEMAS	63
5.2	RECOMENDACIONES	66
5.2.1	Irregularidad hídrica	66
5.2.2.	Deterioro de la calidad del agua	68
5.2.3.	Aumento diferencial de la demanda	71
5.2.4.	Alteración de las condiciones naturales	72
5.2.5	Insuficiente tratamiento de agua	74
5.2.6.	Hábitos de consumo	77
5.2.7.	Otras acciones	83
6.	BIBLIOGRAFÍA	85

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	COMPOSICIÓN DE LA HIDRÓSFERA	2
2.	EL CICLO HIDROLÓGICO	5
3.	CUENCA DEL MAGDALENA Y RESTO DEL PAÍS	43
4.	OCUPACIÓN HUMANA DEL TERRITORIO	48
5.	USO DE LA TIERRA	51

ÍNDICE DE MAPAS

1.	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	30
2.	DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO	39
3.	TEMPERATURA MEDIA ANUAL	46

ÍNDICE DE CUADROS

1.	FENÓMENO URBANO	16
2.	MÓDULOS DE CONSUMO DOMÉSTICO ZONA URBANA	18
3.	CONSUMOS NETOS POR PISO TÉRMICO ZONA RURAL	18
4.	DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN COLOMBIA	28
5.	CAUDALES ESPECÍFICOS DE ESCORRENTÍA	31
6.	DISTRIBUCIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SEGÚN ALTITUD	32
7.	CUENCA MAGDALENA-CAUCA Y EL PAÍS	44
8.	DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL POR PISOS TÉRMICOS 1.993	45
9.	OCUPACIÓN DEL TERRITORIO NACIONAL	49

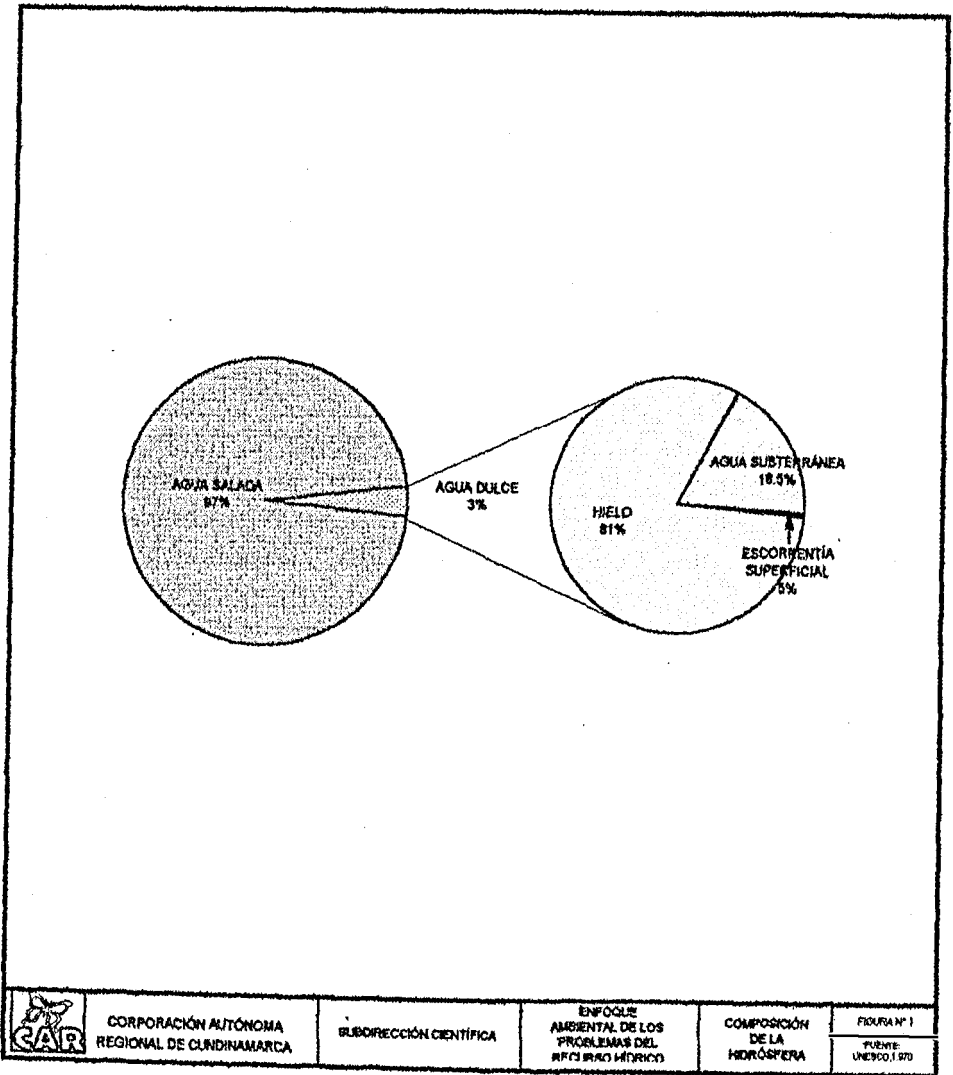
10.	COBERTURA DE SERVICIOS	52
11.	CALIDAD DEL AGUA 1.991 Y PORCENTAJE DE POBLACIÓN	53
12.	POBLACIÓN Y SERVICIOS	54
13.	TASAS DE CRECIMIENTO DEMO- GRÁFICO ANUAL	58
14.	POBLACIÓN DE LAS MAYORES CIUDADES DEL PAÍS	58

1. INTRODUCCIÓN

La Tierra es el planeta del agua; en efecto, tres cuartas partes de su superficie están cubiertas por este compuesto vital; además, por ubicación en el Sistema Solar, composición de su atmósfera y condiciones climáticas propias, presenta agua dulce bajo las tres formas posibles: hielo, líquido y vapor, circunstancia que favorece la variedad de formas de vida.

Frente a esta enorme cantidad de agua, estimada en unos 1.385 millones de kilómetros cúbicos (km^3), el hecho es que aproximadamente el 97% corresponde al agua salada de mares y océanos y sólo el 3% es agua dulce, potencialmente utilizable, según datos del Balance Hídrico Mundial y Recursos Hidráulicos de la Tierra, preparado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - Unesco y el Instituto de Hidrología, en el año de 1.979. Ver Figura N° 1.

Esta cifra equivale a cerca de 41.5 millones de km^3 (los cálculos varían entre 31 y 47 millones de km^3), pero el 81% de ellos se encuentra en forma sólida en los glaciares y capas de hielo de la Antártida, zonas polares y cumbres nevadas (las cifras estimadas van del 75 al 87%), el 18.5%



CORPORACIÓN AUTÓNOMA
REGIONAL DE CUNDINAMARCA

SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA

ENFOQUE
AMBIENTAL DE LOS
PROBLEMAS DEL
RECURSO HÍDRICO

COMPOSICIÓN
DE LA
HIDRÓSFERA

FIGURA N° 1
FUENTE:
UNESCO, 1970

es agua subterránea y el restante 0.5% queda libre sobre la superficie terrestre, cifra ésta que al parecer es menor, del orden del 0.3%.

No obstante la gran cantidad de agua, empiezan a presentarse varias y graves crisis puntuales por la insuficiente capacidad de abastecimiento, reducida notoriamente por el continuo deterioro de las cuencas hidrográficas como áreas de captación; además, la contaminación por residuos industriales, desechos sólidos y aguas servidas es motivo de preocupación en todo el mundo, pero más en los países pobres con insuficientes servicios públicos.

La contaminación del agua la inutiliza para el consumo humano y otros usos relacionados con sus actividades productivas, afecta los ecosistemas naturales y la vida existente en ellos, pone en peligro la salud de los humanos y agrava los problemas económicos de la sociedad.

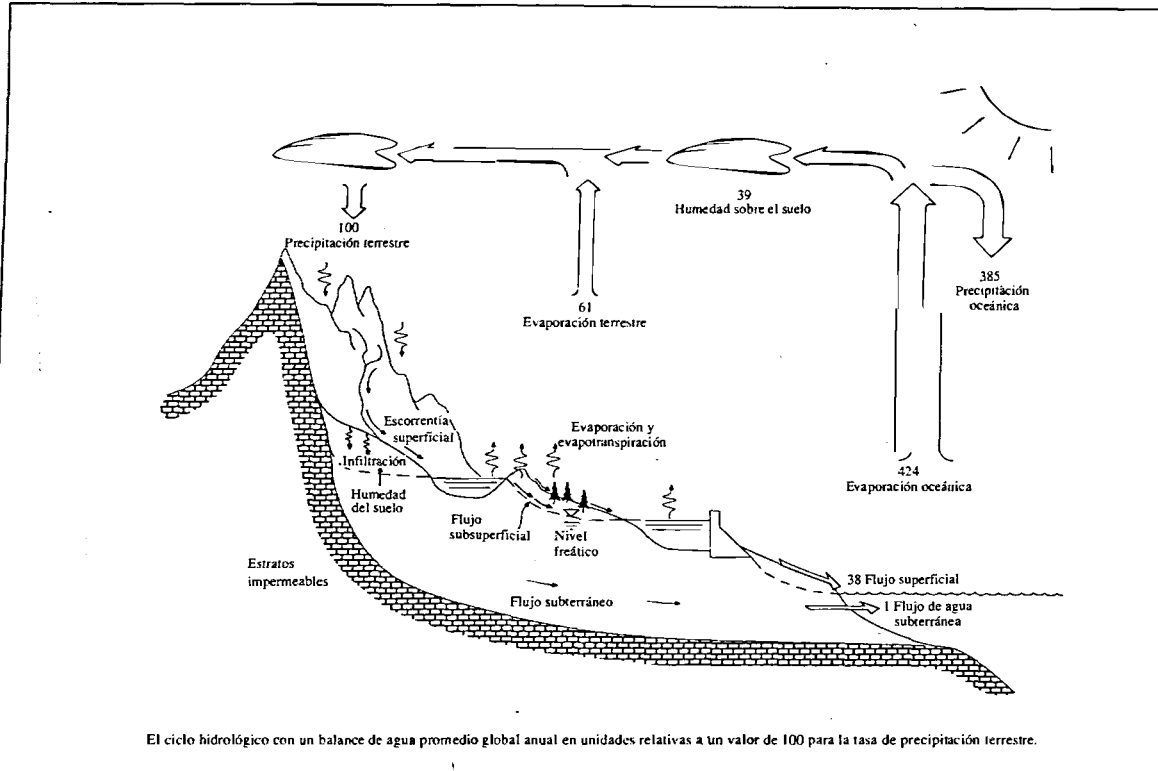
Hasta hace pocos años la principal causa de contaminación eran los residuos orgánicos, a la cual se suman en la actualidad de una manera sustancial los sólidos en suspensión, desperdicios radioactivos, metales pesados y otros elementos y compuestos químicos resultantes de procesos industriales y actividades agrícolas sin control ambiental; también participan de esta situación fenómenos naturales acelerados por la acción humana, como la acidificación y la eutroficación de las aguas.


Es de señalar que el agua es uno de los recursos reguladores del equilibrio del sistema natural, determinado por las relaciones entre la atmósfera, biósfera, litósfera e hidrósfera, como también es imprescindible para el desarrollo de la vida en todos los ecosistemas.

El agua, mediante distintos fenómenos físicos, se renueva en forma líquida, gaseosa y sólida, en un ciclo permanente y en una relación condicionante de la vida y de las actividades productivas de los seres humanos. Ver Figura N° 2.

Este ciclo se afecta por la destrucción de la vegetación, pues los árboles retienen parte del agua lluvia y permiten su evaporación antes de llegar al suelo; además, amortiguan la caída reduciendo su potencial erosivo de remoción y transporte de sedimentos que van a alterar los cauces y depósitos de agua, factores que también contribuyen a la alteración del ciclo del agua.

En general, durante el ciclo hidrológico, una porción del agua que cae como lluvia es tomada por las plantas, la retienen para sus procesos metabólicos y la liberan paulatinamente mediante la transpiración; los seres vivos toman otra parte y la liberan a través de la respiración, la orina y la transpiración; otra queda retenida en los lagos, lagunas y otros depósitos superficiales y en el suelo, de donde retorna a la atmósfera por evaporación; otra parte va a las corrientes de agua y finalmente al mar, pero en su recorrido una porción retorna a la atmósfera por evaporación.



	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL SUELO	FIGURA N°2
					Fuente: Ven Te Chow, 1.996

Finalmente, parte del agua se filtra y constituye el agua subterránea, otra se almacena y una fracción de ella surge en manantiales o afloramientos diversos para convertirse en agua de escorrentía.

La preservación de los ecosistemas acuáticos depende del adecuado balance entre el agua de precipitación, la escorrentía superficial, la infiltración y la evapotranspiración; expresado de otra manera, es el adecuado funcionamiento del ciclo hidrológico en sus diferentes fases (precipitación, evaporación y escorrentía) lo que puede garantizar el abastecimiento de agua para el mantenimiento de la vida en el Planeta, pues ningún proceso metabólico ocurre sin la acción directa o indirecta de ella.

Los problemas que se analizan en el presente trabajo son aquellos que más incidencia tienen en la situación actual del recurso hídrico, con la advertencia de que no se trata de un análisis exhaustivo del tema ni pretende plantear soluciones a los mismos, lo cual sería utópico dadas las circunstancias predominantes, tanto en el mundo como en Colombia, en cuanto al conocimiento científico de su real potencial, como de su distribución espacial y temporal, frente a la demanda variable como resultado de la diversidad en la ocupación humana del territorio y de sus actividades productivas, entre otros elementos.

Se tratan, de manera somera a nivel mundial y con mayor detalle en lo que concierne al territorio colombiano, problemas relacionados con el creciente desabastecimiento del recurso, la pérdida de calidad del agua debida a la

contaminación por varias causas, la concentración de la demanda por los movimientos de la población hacia los centros urbanos, como también otros factores de deterioro, entre ellos la deforestación, el uso de agroquímicos y el deficiente uso de los suelos.

Se hace un llamado a tomar medidas de control, pero sobre todo para la utilización racional y sostenible del recurso que permita garantizar la supervivencia futura de la humanidad, mediante un manejo eficiente, el cual debe incluir las mejores alternativas de aprovechamiento y optimizar su utilización en beneficio de los seres humanos, como también del conjunto de los recursos naturales y del medio ambiente en general.

2. ECOEFICIENCIA DEL USO DEL RECURSO

El hombre debe utilizar el agua de manera sostenible, lo cual significa que su utilización no puede exceder los flujos mínimos de las corrientes accesibles y, en el caso de las aguas subterráneas, no superar la cantidad que se repone por las precipitaciones. No obstante, en muchos lugares se observa con preocupación que estos límites sostenibles se vienen sobrepasando.

Manejar el agua ha sido preocupación constante de la humanidad desde los albores de su historia. En el Neolítico, cuando se sentaron las bases de la actual civilización, nuestros remotos antepasados comenzaron prácticas rudimentarias de riego y drenaje, inicialmente en la antigua Mesopotamia, entre los ríos Tigris y Éufrates y, posteriormente, en el valle del río Nilo al norte de África y en algunos sectores del Asia Menor; los vestigios más conocidos de la utilización de riego en agricultura corresponden al Valle de Jericó, con una antigüedad estimada en cerca de 9.000 años.

Por entonces, los requerimientos de agua eran escasos y no existían problemas de contaminación puesto que su capacidad natural de asimilación absorbía sin problemas los pocos residuos que podían contaminarla.

Esta situación comenzó a cambiar con el crecimiento de la población, el desarrollo tecnológico, la industrialización, el empleo de sustancias poluentes o contaminantes en la mayoría de las actividades humanas y la aparición de sistemas económicos cuya finalidad era obtener el máximo beneficio sin considerar los efectos que pudiera tener sobre los recursos naturales y el medio ambiente en general. Esta preocupación sólo en las últimas décadas ha tomado importancia, debido a los graves daños causados al entorno, varios de ellos de carácter irreversible.

La situación de crisis permitió que surgieran nuevas concepciones del desarrollo y todo un sustento filosófico y epistemológico que busca armonizar y hacer más eficientes las inevitables relaciones sociedad-naturaleza, entre éstas la que ha sido denominada *Ecoeficiencia*.

La Ecoeficiencia significa que los aprovechamientos económicos que hace la humanidad en el Planeta deben ser complementarios con la necesidad de conservar los recursos naturales y mejorar la calidad ambiental, esto es, que la economía y la ecología pueden y deben marchar en armonía.

Se puede producir más, ser eficientes, sin deteriorar el entorno, lo cual significa que es indispensable conciliar los objetivos económicos con los ideales éticos que propugnan por la preservación de los recursos naturales y la mejor calidad ambiental como factor decisivo para el mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos.

Cuando se habla de ecoeficiencia necesariamente se piensa en el desarrollo sostenible, concepto al cual se llegó como producto del análisis y discusión de estos problemas, basado en que el desarrollo no debe dañar, y menos destruir, los elementos en que se sustenta la vida como son el aire, el agua, el suelo, los sistemas biológicos y los recursos naturales que soportan las actividades sociales y económicas de los grupos humanos; debe garantizar el flujo continuo, diligente y eficaz, de bienes y servicios derivados de los recursos naturales, como también mantener sistemas sociales sostenibles en los diferentes niveles espaciales, con principios de equidad y justicia social.

El agua como recurso natural renovable adquiere una connotación económica por cuanto tiende a ser cada vez más escaso. Constituye un elemento estratégico por ser fuente de energía aprovechable en hidroeléctricas y navegación; es un recurso biológico, fundamental e irremplazable para la vida humana, para las plantas y los animales; es también vehículo de eliminación de desechos, líquidos y sólidos que degradan su calidad y por consiguiente influye en los dos aspectos antes citados: el económico y el estratégico.

En el informe de la Organización Meteorológica Mundial denominado "La meteorología y la hidrología para el desarrollo sostenible", Ginebra, 1.992, se señala que la estabilidad del flujo de cualquier río depende en gran medida

de la proporción del flujo total que es arrastrado de las reservas de aguas subterráneas y no de la escorrentía superficial inmediata después de las precipitaciones, de donde surge la necesidad de conocer en sus justas dimensiones los dos componentes básicos del potencial aprovechable. En el mismo informe se indica que, por ejemplo, en las zonas selváticas tropicales, el componente de las aguas subterráneas puede superar el 50% de la descarga total de un curso fluvial.

En cuanto a la utilización de los ríos como fuentes receptoras de residuos, el agua tiene una capacidad limitada de asimilación natural que depende de las características físicas de su cauce y del volumen de agua que transporta, límite sostenible que en muchos lugares es sobrepasado, con graves implicaciones de orden ambiental, económico y social.

De hecho, el incremento de la contaminación del recurso hídrico como consecuencia de las actividades humanas viene reduciendo en forma alarmante el potencial de suministro de agua apta para el uso doméstico, aun cuando estrictamente ésta no se consume sino que vuelve a las masas de agua como residuos, con diferentes grados de contaminación.

De otra parte, la contaminación de las aguas como consecuencia de las actividades humanas reduce aún más el suministro de agua apta para el consumo.

En la década de los 80s las aguas de uso doméstico generaron unos 153 km³ de aguas residuales en todo el mundo y se prevé que en el año 2.000 se generarán 282 km³. También se espera que aumenten las aguas residuales industriales, pasando de unos 660 km³ en 1.980 a cerca de 1.000 km³ en el 2.000 y, puesto que la mayoría de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas, la contaminación de los sistemas hídricos aumenta con rapidez, reduciendo sensiblemente la cantidad de agua utilizable.

El consumo de aguas contaminadas, por su parte, es la causa del 80% de las enfermedades de la población humana en el Planeta, según el Informe sobre la salud en el mundo-1.996 de la Organización Mundial de la Salud-OMS. El agua de mala calidad es un vehículo propicio para la transmisión de enfermedades como el cólera, hepatitis infecciosa, fiebres tifoideas y paratifoideas, amibiasis, esquistosomiasis, diarreas, etc.

En el mismo informe citado en el párrafo precedente, se indica que el cólera, la fiebre tifoidea y la disentería acabaron con la vida de 3.1 millones de personas en 1.995, la mayoría niños residentes en las regiones más desfavorecidas.

En 1.990, el 81% de la población urbana de los países subdesarrollados tenían servicios de agua potable y el 71% alcantarillado; en el medio rural el 63% disponía de agua y el 48% de alcantarillado, lo cual significa que más de 1.200 millones de personas carecían, en ese año, de agua potable y 1.800 millones no poseían alcantarillado, situación de alta gravedad dada la generación de enfermedades.

En la actualidad el ritmo de crecimiento de la demanda de agua está entre el 4 y 8% anual debido al aumento de la población mundial, que lo hace a una tasa promedio del 2%, y de las actividades productivas en general que normalmente crecen más rápido.

Es claro que estos índices de crecimiento de consumo de agua no pueden mantenerse durante mucho tiempo, porque se estaría ante una situación de eventuales luchas por la supervivencia y, por tal razón, en muchos países se empiezan a tomar medidas tendientes a racionalizar el uso de agua.

En Colombia, el Congreso Nacional expidió la Ley 373 del 6 de junio de 1.997 que estableció el programa para el uso eficiente del agua, mediante el cual todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente "un conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico", basado en la oferta hídrica natural y la demanda socioeconómica.

Con referencia al crecimiento demográfico, la población de la Tierra ha aumentado en forma alarmante en el presente siglo; en 1.900 se contabilizaron 1.608 millones de personas, para el año 2.000 será de 6.261 millones y en el año 2.025

de 8.504 millones, de los cuales corresponderá a los países pobres el 84.1%.


El Departamento de Población de las Naciones Unidas, con ocasión del Día Mundial de la Población (11 de julio de 1.998), sostiene que el número de habitantes de la Tierra se incrementa diariamente en 222.000 personas, 81 millones al año, y prevé que en junio de 1.999 la población del Planeta alcanzará la cifra de 6.000 millones, el doble de la existente en 1.960.

Otra circunstancia que agrava la situación es el llamado Fenómeno Urbano, uno de los rasgos más sobresalientes de la actual civilización. Surgió con la Revolución Industrial en Europa Occidental a fines del Siglo XVIII y progresivamente en los demás lugares de la tierra; en América Latina, por ejemplo, es propio del Siglo XX y comenzó antes que en África donde se inició en la década del 60, coincidente con el proceso de independencia de los países de ese continente.

Este fenómeno se caracteriza por:

- Notable crecimiento de las ciudades.
- Aumento progresivo de población urbana.
- Aparición de nuevas ciudades.
- Crecimiento demográfico urbano mayor que el promedio.

En el mundo se cuantifica, en millones de personas, según los datos consignados en el Cuadro N° 1.

POBLACIÓN	1.950	1.980	2.000
TOTAL MUNDIAL	2.497	4.000	6.000
POBLACIÓN URBANA	724	1.806	2.951
PAÍSES DESARROLLADOS	449 (62%)	834 (46%)	992 (34%)
PAÍSES SUBDESARROLLADOS	275 (38%)	972 (54%)	1.959 (66%)
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	FENÓMENO URBANO
			CUADRO N° 1 Fuente: Naciones Unidas, 1.995

Es de señalar que el incremento de la población urbana en los últimos 50 años se ha multiplicado 8.2 veces en los países pobres, frente a 2.2 veces en los países ricos. En 1.990 había 125 ciudades mayores de un millón de habitantes, pero en el año 2.000 serán más de 300.

En cuanto al consumo de agua por persona, éste varía considerablemente en los diversos países en relación con sus costumbres, tradiciones y condiciones climáticas; oscila entre un nivel de subsistencia mínimo de 5 litros de agua diarios por persona y más de 500 en sectores de los Estados Unidos y Canadá. Se considera que para mantener una calidad de vida aceptable son necesarios 80 litros diarios por persona.


En este aspecto, la ecoeficiencia en el uso del recurso tiene importantes acciones por cumplir, no obstante que en muchos lugares del Planeta ya se han tomado medidas concretas tendientes a disminuir el consumo en los diferentes usos.

La Car viene utilizando en la gestión del recurso hídrico los módulos de consumo propuestos en el estudio llevado a cabo para la Corporación por la sociedad consultora Hidroplán Limitada en el año de 1.995. Allí se recomiendan módulos para los usos doméstico, industrial, recreación y turismo, agrícola, pecuario y forestal, aplicables en la cuenca del río Bogotá.


Los valores iniciales constituyen un importante avance en la búsqueda de la ecoeficiencia pero, como es lógico y normal, deben refinarse y ajustarse en función de las características de los medios geográficos y de las variables situaciones socioeconómicas, en la medida de su aplicación y validación en el área de su jurisdicción territorial.

Para el caso del uso doméstico, los módulos recomendados varían en función de las condiciones climáticas, asimiladas a la temperatura ambiental que varía por la altitud, de la forma de hábitat disperso o concentrado y del tamaño poblacional de los núcleos urbanos. Los datos correspondientes a los medios urbano y rural aparecen en los Cuadros N^{os.} 2 y 3, respectivamente.

PISO TÉRMICO	TAMAÑO DE POBLACIÓN (hab)	CONSUMO (l/hab/día)		
		MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
FRÍO	≤ 5.000	130	150	180
	5.001 – 10.000	140	165	185
	10.001 – 20.000	170	180	190
	> 20.001	185	195	205
TEMPLADO	≤ 5.000	150	165	180
	5.001 – 10.000	160	180	200
	10.001 – 20.000	170	190	210
	> 20.001	180	200	220
CÁLIDO	≤ 5.000	170	190	200
	5.001 – 10.000	180	200	220
	10.001 – 20.000	190	210	230
	> 20.001	200	220	240

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	MÓDULOS DE CONSUMO DOMÉSTICO ZONA URBANA	CUADRO N° 2
				Fuente: CAR- HIDROPLÁN 1.995

PISO TÉRMICO	CONSUMO (Litro/habitante/día)		
	TOTAL CON ABREVADEROS	ABREVADERO (l/animal/día)	TOTAL SIN ABREVADERO
FRÍO	135	10	125
TEMPLADO	145	10	135
CÁLIDO	150	10	140

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	CONSUMOS NETOS POR PISO TÉRMICO ZONA RURAL	CUADRO N° 3 Fuente: CAR - HIDROPLAN 1.995
---	---	-------------------------	--	--	--

Los módulos de consumo agrícola tienen por finalidad contar con parámetros adecuados que permitan optimizar el uso del agua mediante la eficiencia en el riego, teniendo en cuenta que los cultivos consumen agua según las características climáticas del territorio donde se practiquen, así como las de las especies vegetales utilizadas y su estado de desarrollo, dentro del ciclo vegetativo.

“En condiciones naturales el agua disponible para la evapotranspiración o uso consuntivo, está limitada a la precipitación efectiva. Es decir, aquella fracción de la lluvia que queda almacenada en el suelo para uso posterior por la vegetación”.

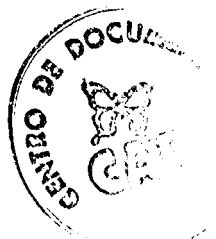
"La irrigación es una agrotecnia para mantener los niveles de humedad en el suelo dentro del rango óptimo para la producción vegetal, Por lo tanto, será necesario regar cuando la precipitación efectiva es menor que el uso consuntivo, o sea, cuando la humedad disponible no es suficiente para satisfacer la demanda de agua de los cultivos". (Módulos de consumo para beneficio hídrico, Car-Hidroplán, 1.995).

3. LA SITUACIÓN DEL AGUA EN EL MUNDO

El agua dulce renovable en el mundo, caudal de todos los ríos, es de unos 40.000 km³ (los datos existentes varían entre un máximo de 47.000 y un mínimo 31.000 km³), la mayoría escurre superficialmente y quedan menos de 14.000 km³ como fuente de abastecimiento. Esto es, en promedio, 2.400 metros cúbicos por habitante por año en 1.998, pero su distribución es muy irregular, considerando que Canadá dispone de 109.000 m³/hab/año pero 9 de los 14 países del Medio Oriente en Asia cuentan con menos de 1.000 m³/hab/año, cifra por debajo de la cual se considera que hay escasez, situación en que se encuentran 28 países en los diferentes continentes.

China que tiene el 24% de la población mundial, cuenta con el 8% del agua disponible del Planeta; América del Sur tiene el 26% de la escorrentía total y el 5.5% de la población, con el 12% de las tierras emergidas, anotando que la escorrentía anual varía notablemente dentro de cada continente.

En el continente Antártico se encuentran las mayores acumulaciones de agua en forma sólida; su superficie es de 14'107.637 kilómetros cuadrados (km²), el 98% cubierto de hielo, con un espesor promedio de 2.150 metros (m), para un volumen superior a 30 millones de kilómetros cúbicos que, si se fundiera, haría subir 55 m el nivel medio del mar.



Por ahora no se puede utilizar pero conforma, sin duda, una reserva potencial de gran importancia para el futuro de la humanidad, siempre y cuando su eventual aprovechamiento se haga teniendo en cuenta todas las consideraciones ambientales necesarias, no sólo las específicas de estos ecosistemas, sino las del conjunto del Planeta que funciona como un complejo sistema en frágil equilibrio.

El agua se constituye en un recurso escaso a pesar de los grandes volúmenes existentes en el Planeta, pues su desigual distribución espacial y temporal es debida principalmente a procesos naturales de orden físico, alterados a su vez por actividades humanas en algunos lugares de la Tierra.

La distribución espacial de la precipitación muestra los mayores valores en el Trópico y los mínimos en las zonas polares, situación que no es uniforme. Se observa una fuerte disminución en una franja latitudinal coincidente con las líneas de los Trópicos de Cáncer y Capricornio, alrededor de los cuales se encuentran los desiertos más extensos de la Tierra y, al norte y sur de ellos, incrementos sustanciales en los registros de lluvia.

De otro lado, la evaporación media varía sustancialmente entre distintos lugares, más que todo por efecto de condiciones fisiográficas y ubicación (relieve, latitud, altitud); en Europa Central es del orden de 730 milímetros (mm) al año, en tanto que en Sudán, al noreste de África, es superior a 4.000 mm/año.

Los países latinoamericanos, entre ellos Colombia, se ven favorecidos por estas condiciones naturales pero a la vez experimentan otras situaciones que contribuyen a caracterizar el problema en esta parte de la Tierra.

Según el científico brasilero Aldo Reboucas da Cunha, en ponencia expuesta en desarrollo del Seminario Internacional sobre el derecho del agua, realizado en Bogotá en agosto de 1.998, en Latinoamérica la crisis del agua es un problema de percepción; se tiene buena cantidad del recurso pero mala calidad como consecuencia de costumbres inapropiadas, como por ejemplo la creencia generalizada de que las aguas residuales no pueden volverse a utilizar, con la progresiva disminución de la capacidad de abastecimiento.

Anteriormente el agua era considerada como un bien gratuito y, como lo manifiesta el Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Fao en uno de sus recientes reportes sobre el tema de la Hidropolítica o Geopolítica del Agua, ante la perspectiva de una crisis en su adecuado y oportuno abastecimiento en el Siglo XXI, para muchos resulta difícil conciliar el concepto de agua como un bien económico con la idea tradicional del agua como una necesidad básica y un derecho humano.

El hecho más preocupante en los últimos años es, en cuanto al deterioro del recurso, el vertimiento de aguas residuales insuficientemente tratadas o, por lo regular, arrojadas a los cursos de agua sin tratamiento alguno.

Una situación adicional que viene a agravar la ya crítica condición es originada por el empleo cada vez mayor de sustancias químicas como fertilizantes, plaguicidas e insecticidas que afectan las aguas, el suelo y los demás recursos naturales; si bien la producción agrícola y los beneficios económicos se pueden incrementar, los daños ambientales son enormes y no han sido debidamente considerados en la mayoría de los países.

La utilización de fertilizantes químicos con la intención de incrementar la productividad agrícola se viene haciendo, en forma sistemática, desde fines del Siglo XVIII cuando paralelamente con la Revolución Industrial surgió la que ha sido llamada Segunda Revolución Agraria.

Ésta se caracterizó por el mejoramiento de las técnicas de cultivo, la utilización de maquinaria con energía mecánica y el uso de sustancias químicas para fertilizar el suelo y controlar las plagas y malezas, lo cual permitió el aumento significativo de la producción de alimentos y la generación de excedentes para atender los requerimientos de una creciente población urbana, en su mayoría empleada como mano de obra en las nascentes actividades industriales.

De otra parte, cabe señalar que al aumentar la producción y la productividad agrarias se presentaron excedentes de población campesina que no encontraron alternativa distinta a la de refugiarse en las ciudades.

La primera revolución agraria se remonta al Neolítico, cuando comenzó la sedentarización alrededor de los primeros

intentos de agricultura con irrigación y se sentaron las bases de la civilización.

En el presente Siglo, en la década de los 60s, se inicia la Tercera Revolución Agraria, conocida también como la Revolución Verde, surgida de la necesidad de incrementar la producción de alimentos para atender las necesidades de una población en constante aumento, como consecuencia de tasas muy altas de crecimiento demográfico, especialmente en los países pobres, y al hecho de que más de la mitad de los habitantes de la tierra se encontraban por debajo de la línea de pobreza, esto es, que no podían proveerse de la cantidad de alimentos necesarios para su adecuada y digna subsistencia.

La alternativa inmediata para producir más alimentos consistió en el empleo masivo de fertilizantes para mejorar la capacidad productiva de los suelos, como también el uso más intenso de insecticidas, fungicidas, herbicidas y, en general, pesticidas o plaguicidas, con compuestos químicos cada vez de menor biodegradabilidad, efectos negativos para el medio ambiente, particularmente en los recursos agua y suelo.

El uso intensivo de los agroquímicos se hace, en la mayoría de los casos, para tratar de controlar las plagas responsables de las pérdidas en las cosechas, circunstancia especialmente grave en el trópico donde por sus condiciones naturales hay mayor número y diversidad de ellas. La prevención de tales pérdidas hace necesario utilizar productos químicos que se

introducen en la cadena alimentaria, creando nuevos problemas.

Se estima que en América Latina se pierde anualmente entre el 23 y el 45% de las cosechas por acción de los insectos, enfermedades de las plantas y malezas anotando, además, que en este proceso aparecen nuevas plagas, por lo regular más resistentes y difíciles de controlar, aumentando las pérdidas económicas y los daños ambientales como es el caso, por ejemplo, de la broca y la roya que afectan en los últimos años los cafetales colombianos.

La concentración de la demanda en las grandes ciudades es otro de los factores que aumenta los requerimientos de agua de buena calidad de manera constante, lo cual está en relación con la migración de los habitantes rurales hacia las áreas urbanas, hecho demográfico que alcanza mayores proporciones en los países pobres.


En el informe titulado *El medio ambiente en Europa*, preparado en 1.994 por la Agencia Europea del Medio Ambiente, se enfatizaba con preocupación sobre la alteración sin precedentes del medio ambiente global por efecto de la acción humana, mencionando que "en los últimos 100 años se ha triplicado la población mundial, la economía se ha expandido por 20, el consumo de combustibles fósiles (los principales causantes del efecto invernadero) se ha incrementado por 30 y la expansión industrial por 50. Las actividades humanas ponen en circulación igual cantidad de azufre y nitrógeno como los fenómenos naturales a escala mundial".

4. LA SITUACIÓN DEL AGUA EN COLOMBIA

4.1. ASPECTOS GENERALES

Por la ubicación y características del territorio colombiano la distribución espacial de las lluvias es muy variada. Se presentan sectores secos (menos de 500 mm de precipitación promedio al año) en la península de La Guajira, Fosa del Patía en los departamentos de Cauca y Nariño, Cañón del Chicamocha en Santander, desierto de La Tatacoa en Huila y en otros lugares interandinos, hasta promedios mayores de 8.000 mm anuales en Andágueda-Chocó, una de las áreas más lluviosas de la Tierra; de hecho, cerca de la cuarta parte del territorio nacional registra lluvias anuales superiores a 3.000 mm.

Con referencia a la distribución espacial de las lluvias en el país, el investigador francés Remy Oster, en un estudio sobre la climatología colombiana publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-Igac en 1.979, en la revista Colombia Geográfica, Volumen VI, N°2, presenta la información que se transcribe en el Cuadro N° 4.

PROPORCIÓN DEL TERRITORIO NACIONAL (%)		PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL (mm)		
0.5		< 500		
1.5		501 a 1.000		
9.5		1.001 a 1.500		
15.5		1.501 a 2.000		
18.0		2.001 a 2.500		
31.0		2.501 a 3.000		
18.5		3.001 a 5.000		
5.0		> 5.000		
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	DISTRIBUCIÓN DE LAS LLUVIAS EN COLOMBIA	CUADRO N° 4
				Fuente: R. Oster, 1.979

Con base en las cifras señaladas, se destaca el hecho que el 2% de la superficie continental nacional, 22.835 km², es relativamente seco por registrar precipitaciones promedio inferiores a 1.000 en el año y únicamente 5.709 km² registran menos de 500 mm; a su vez, en el 54.5%, 622.253 km², caen precipitaciones promedio superiores a 2.500 mm anuales

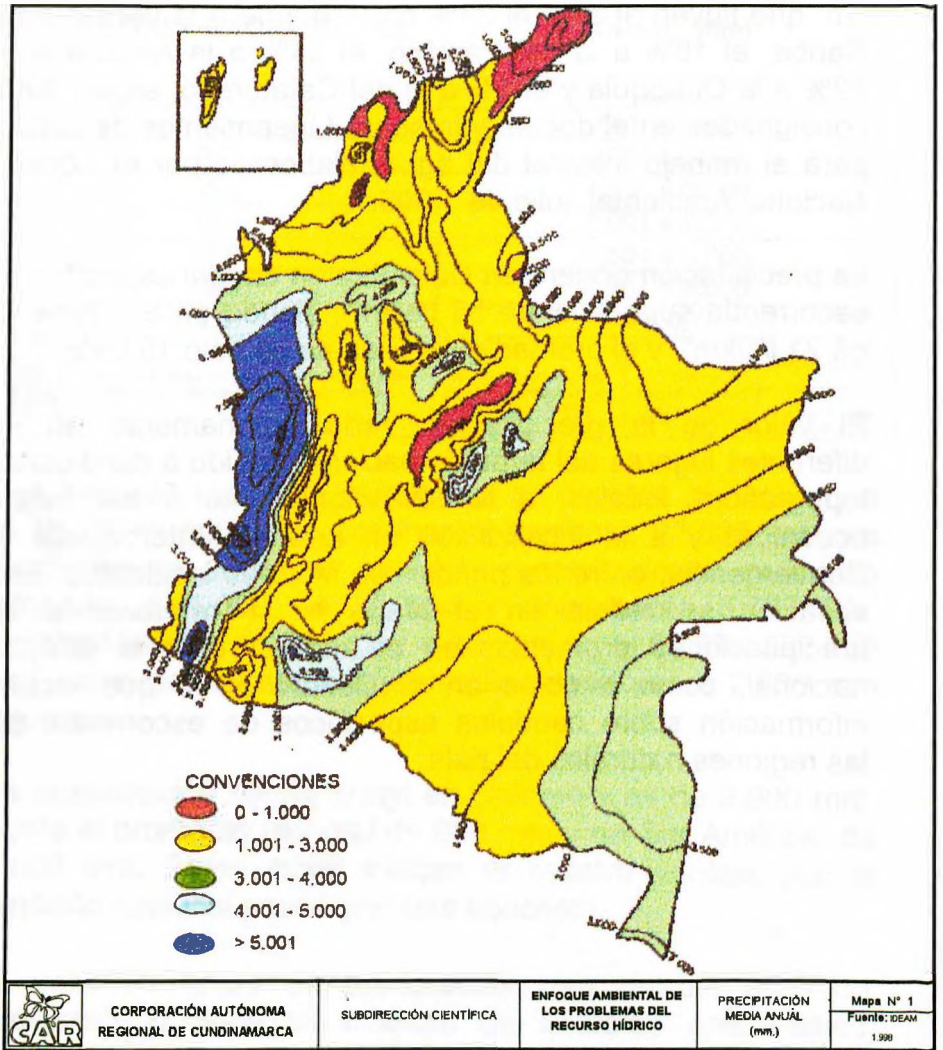
La precipitación media anual en Colombia es de 2.900 mm, frente al promedio mundial de 900 mm y de Sur América, de 1.600 mm. Estas cifras indican la relativa ventaja que el territorio nacional posee por este concepto.

El volumen anual de precipitación se calcula en 3.311 kilómetros cúbicos (el Instituto de Estudios Ambientales, Ideam, lo estima en 3.425 km³), de los cuales el 62% aproximadamente se convierte en escorrentía superficial,


generando un caudal medio de $66.440 \text{ m}^3/\text{seg}$. De los 2.113 km^3 que fluyen al año, el 23% corresponde a la vertiente del Caribe, el 10% a la del Pacífico, el 34% a la Amazonia, el 32% a la Orinoquia y el 1% a la del Catatumbo, según datos consignados en el documento sobre Lineamientos de política para el manejo integral del agua, elaborado por el Consejo Nacional Ambiental, julio de 1.996.

La precipitación genera en Colombia un caudal específico de escorrentía superficial de 58 l/s/km^2 , siendo en Sur América de 21 l/s/km^2 y el promedio del Planeta de sólo 10 l/s/km^2 .

El valor de la precipitación varía notoriamente en los diferentes lugares del territorio nacional debido a condiciones topográficas locales, a la ubicación frente a las masas oceánicas y a la localización en la Zona Intertropical de Convergencia, entre los principales factores incidentes. Esta situación se refleja en el Mapa N° 1 referente a las precipitaciones promedias en el año en todo el territorio nacional, como también en el Cuadro N° 5 que incluye información sobre caudales específicos de escorrentía por las regiones naturales del país.




REGIÓN	CAUDAL L/s/km ²	CAUDALES CARACTERÍSTICOS l/s/km ²
PACÍFICA	90.2	163 – Cuenca río San Juan
CARIBE	42.4	127 – Cuenca río Atrato
ANDINA	27.0	14 y 45 - Alto y medio Magdalena
ORINOQUIA	61.1	70 - Ríos Arauca y Casanare
AMAZONIA	64.7	
COLOMBIANA	58.0	
SURAMÉRICA	21.0	
TIERRA	10.0	

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	CAUDALES ESPECÍFICOS DE ESCORRENTÍA	CUADRO N° 5
				Fuente: IDEAM 1.992

Lo anterior sustenta el por qué Colombia es uno de los países con mayor abundancia en recursos hídricos en el mundo, cuarto lugar después de Canadá, Rusia y Brasil, según una clasificación mundial realizada en la década de los 80, ubicación que al parecer ha descendido en los últimos años como consecuencia de los diferentes problemas que aquejan el recurso hídrico en el país.

Algunas características sobre la distribución altitudinal del recurso hídrico se relacionan en el Cuadro N° 6.

ALTITUD METROS	ÁREA (%)	OFERTA HÍDRICA (%)	POBLACIÓN (%)	ÁREA AGROPE- CUARIA (%)
> 3.000	2	4	-	8.0
1.000 y 3.000	17	34	54	37.7
< 1.000	81	62	46	54.3

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	DISTRIBUCIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA SEGÚN ALTITUD	CUADRO Nº 6
				Fuente: IDEAM, 1.996

Se observa que no hay una relación directa entre la oferta hídrica, la población y la superficie agropecuaria, estos dos últimos que constituyen la principal demanda del recurso; en efecto, más de la mitad de la población nacional se ubica en vertientes de las cordilleras andinas donde, a su vez, se lleva a cabo la mayor actividad económica, pero la superficie es relativamente baja, al igual que la oferta hídrica, por lo cual se presenta una inconsistencia que merece ser tomada en cuenta para la planificación y ordenamiento del territorio en la búsqueda del mejor aprovechamiento del recurso.

Otros datos indican que la capacidad potencial de energía eléctrica, con base en los recursos hídricos del país, es de 90.000 megawatios (mW) y dispone de 2.680.000 hectáreas de lagos, lagunas, embalses, ciénagas y pantanos, según datos consignados en la ponencia del senador Luis

Guillermo Sorzano para la creación del Ministerio del Medio Ambiente en el año de 1.993.

En este documento también se indica la existencia en el país de 720.000 cauces con una longitud de 15.519 km, navegables en un 47%, cifra en constante disminución debida a la obstrucción de cauces provocada por los sedimentos transportados en las aguas y que, de otra parte, en Colombia se encuentra el 57% de los páramos del planeta, ecosistemas muy frágiles, condensadores de agua y reguladores de caudales que están siendo destruidos a un ritmo alarmante para utilizar estas tierras desmontadas en cultivos de papa y pastoreo de ganado, con las obvias afectaciones a la calidad y cantidad del recurso hídrico.

La oferta hídrica superficial per cápita de Colombia, resultante de dividir el volumen total de agua de escorrentía por la población del país proyectada a 1.999, es de 50.700 m³/hab/año y la accesible, estimada en un 20%, de 10.140 m³/hab/año, cifras considerablemente altas, aún tratándose de valores promedios nacionales, las cuales pueden ser engañosas frente a la oferta real del recurso en las distintas regiones del país y, sobre todo, al interior de cada una de ellas por las variaciones climáticas, topográficas, de ocupación humana y, particularmente, por la distribución espacial y temporal de las lluvias.

En el caso del conjunto de la Región Andina, la oferta hídrica superficial global es de unos 634 m³/hab/año que determina una oferta per cápita de 20.290 m³/hab/año y accesible de 4.050 m³/hab/año.

4.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS

El agua que se infiltra en la parte superficial de la litósfera, hasta donde la permeabilidad de los estratos geológicos lo permite, conforma los acuíferos o aguas subterráneas.

La infiltración constituye la recarga, la cual es función principalmente, junto con la permeabilidad de los estratos, de la cantidad de precipitación que cae en un territorio. Su importancia, como eventual fuente de abastecimiento, es altamente significativa, en especial donde las aguas superficiales son escasas, o donde la demanda ha crecido de tal manera que la disponibilidad superficial inmediata no es suficiente para satisfacer adecuadamente los crecientes requerimientos de las actividades socioeconómicas.

Es necesario tener en cuenta que el límite utilizable del agua subterránea, sin afectar su sostenibilidad, es la recarga natural; al parecer, porque no hay absoluta certeza por ausencia de investigaciones científicas con el nivel de detalle requerido, este límite se ha sobrepasado o está en ciernes de ocurrir en algunas áreas del país, en particular en aquellas de mayor desarrollo donde, por lo regular, la demanda aumenta más rápido y hace que el balance recarga-descarga sea negativo; la descarga es el volumen de agua subterránea extraído a través de pozos, aljibes y manantiales.

El volumen de agua subterránea del país y las características de su ubicación geológica y accesibilidad, no han sido estudiadas suficientemente y sólo se tienen datos preliminares frecuentemente contradictorios, como es el caso de la Sabana de Bogotá. El Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, Ingeominas, suministra un balance para este territorio correspondiente al año de 1994, con los siguientes datos:

- Recarga: $92.87 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.
- Descarga: $39.36 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.
- Superávit: $53.51 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.
- Reservas por efecto elástico: $507.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.
- Reservas seculares, pasivas o multianuales: $8.99 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.
- Total reservas: $9.495.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

En otras áreas del país, como en el valle geográfico del río Cauca, en la península de La Guajira, en los valles aluviales del Cesar y Ariguani, en la meseta de Ibagué, en el valle medio del Magdalena y en la cuenca del río Manzanares cerca de Santa Marta, se han realizado investigaciones hidrogeológicas de cierta precisión que aportan alguna información al conocimiento científico de este recurso, pero todavía insuficiente.

Estudios locales se han hecho a lo largo del país, especialmente en las regiones naturales Andina y Caribe, pero en la mayoría del territorio nacional no se han realizado trabajos con el detalle y las especificaciones necesarias que permitan establecer con precisión la oferta natural y la

demanda actual, elementos básicos para su adecuada gestión.

La mayor cantidad de pozos en operación, según el Mapa Hidrogeológico de Colombia publicado por Ingeominas en 1.987, se encontraban por entonces en los departamentos de Cundinamarca, Valle del Cauca, Risaralda y La Guajira, con más de mil pozos en cada uno de ellos; en el Cesar se contabilizaron entre 100 y 1.000 y luego en Magdalena, Norte de Santander, Sucre, Córdoba y Tolima con registros entre 50 y 100 pozos; en los demás departamentos del país el número de pozos es reducido, inferior a 50, indicativo de la poca utilización del recurso hídrico subterráneo.

No se cuenta con información actualizada, pero puede asegurarse que las tendencias en la perforación de nuevos pozos sigue siendo similar a las de 10 años atrás, esto es, que los departamentos mencionados con mayor número de pozos son los mismos.

En la Sabana de Bogotá, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-Car tiene registrados, hasta 1.999, un poco más de 3.700 pozos para la explotación del agua subterránea.

Según el estudio de Ingeominas citado, las áreas con mejores posibilidades de explotación de aguas subterráneas, por el tipo de roca del subsuelo y las características hidrológicas y geomorfológicas son, de sur a norte, el valle del río Patía, el sector del Alto Magdalena comprendido entre Neiva e Ibagué, la Sabana de Bogotá sobre la cordillera

Oriental, el piedemonte llanero, el valle bajo del río Atrato, el área próxima a la ciudad de Cúcuta, el valle del Bajo Magdalena, el sector del departamento de Sucre, entre Corozal y Ovejas, el valle del río Cesar y la Media y Baja Guajira, correspondiente al valle del río Ranchería.

En el mapa hidrogeológico de Colombia, que constituyó la primera aproximación para el conocimiento real de las aguas subterráneas, se divide el territorio nacional en seis provincias hidrogeológicas denominadas Andina – Vertiente Atlántica con 297.802 km², Costera – Vertiente Atlántica con 126.925 km², Costera – Vertiente Pacífica con 82.688 km², Amazonas con 267.780 km², Orinoco con 241.678 km² y Escudo Septentrional con 16.875 km².

4.3. BALANCE HÍDRICO

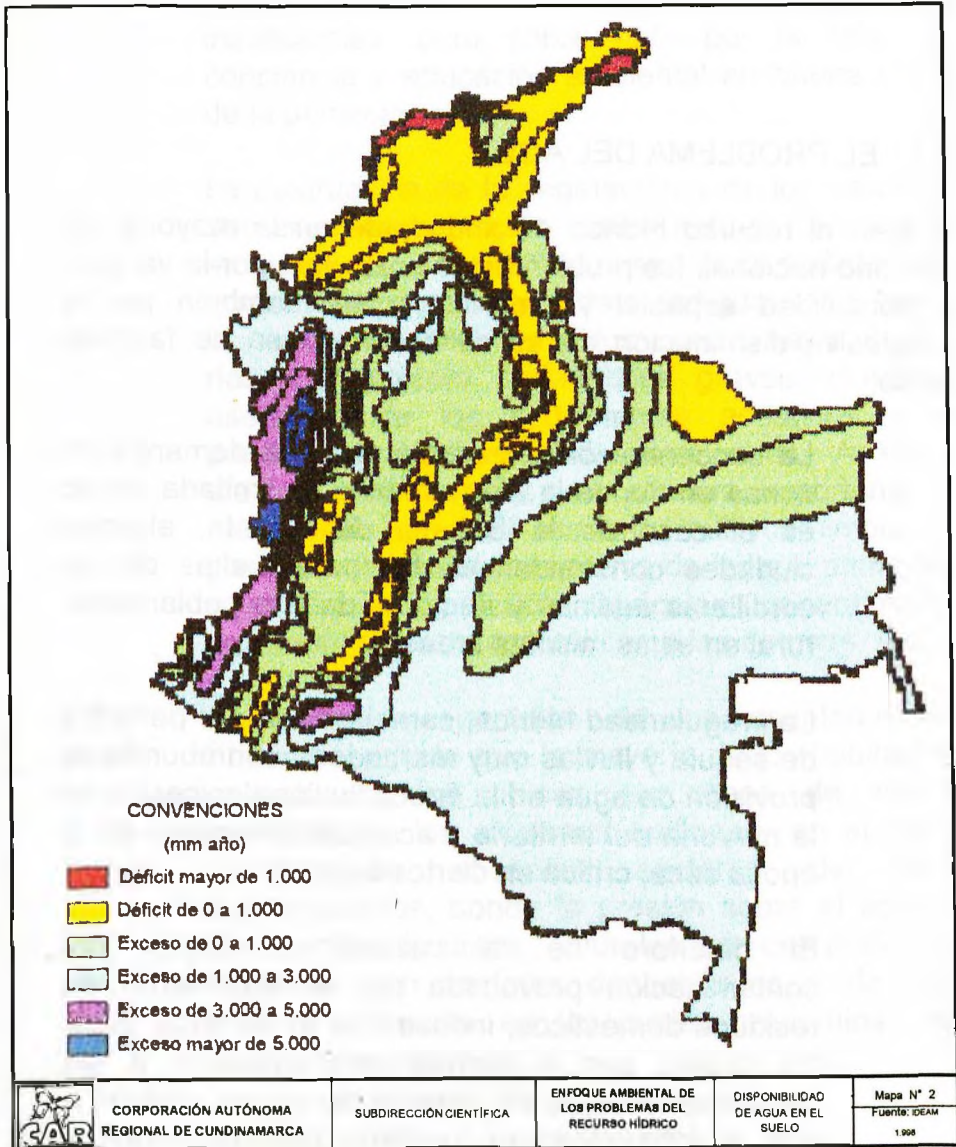
El balance hídrico de un territorio muestra el resultado de la interrelación de parámetros tales como la precipitación, evapotranspiración y escorrentía, caracterizando los distintos sectores del país, desde árido-seco hasta superhúmedo.

En Colombia se distinguen cinco zonas:

- Zonas altamente deficitarias de agua: parte alta de la Guajira, desierto de La Tatacoa y pequeñas áreas interandinas muy secas y suelos estériles. Corresponde a cerca del 1% del área del país.

- Zonas de disponibilidad deficitaria de agua: déficit de agua durante gran parte del año. Se ubican en la Baja Guajira, sabanas de Córdoba y Sucre, parte media y baja del río Chicamocha y un sector de la cuenca del río Catatumbo. Corresponde al 5% del área del país.
- Zonas de disponibilidad entre normal y deficitaria de agua, ubicadas en las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, Tomo, Tuparro y Vichada. Corresponde al 26% del área del país.
- Zonas de disponibilidad normal de agua durante todo el año, en las cuencas de los ríos Nechí, Putumayo, parte media y baja del Meta y Sierra Nevada de Santa Marta. Corresponde al 24% del área del país.
- Zonas con excedentes de agua, con precipitación superior a 3.000 mm/año que se ubican en la costa Pacífica, Amazonia, Alto Arauca y sectores boscosos interandinos. Corresponde al 44% del área del país.

En el Mapa N° 2, tomado del Ideam y elaborado por G. Hurtado en Caracterización Agroclimática de Colombia, 1.991, se pueden observar las variaciones espaciales de la disponibilidad de agua en el suelo, en particular las zonas con déficit o exceso de agua con distintos rangos de intensidad, expresada en milímetros por año.



4.4. EL PROBLEMA DEL AGUA

Si bien el recurso hídrico es abundante en la mayoría del territorio nacional, los problemas se presentan por la variable disponibilidad espacial y temporal, como también por la progresiva disminución de su calidad a causa de factores como:

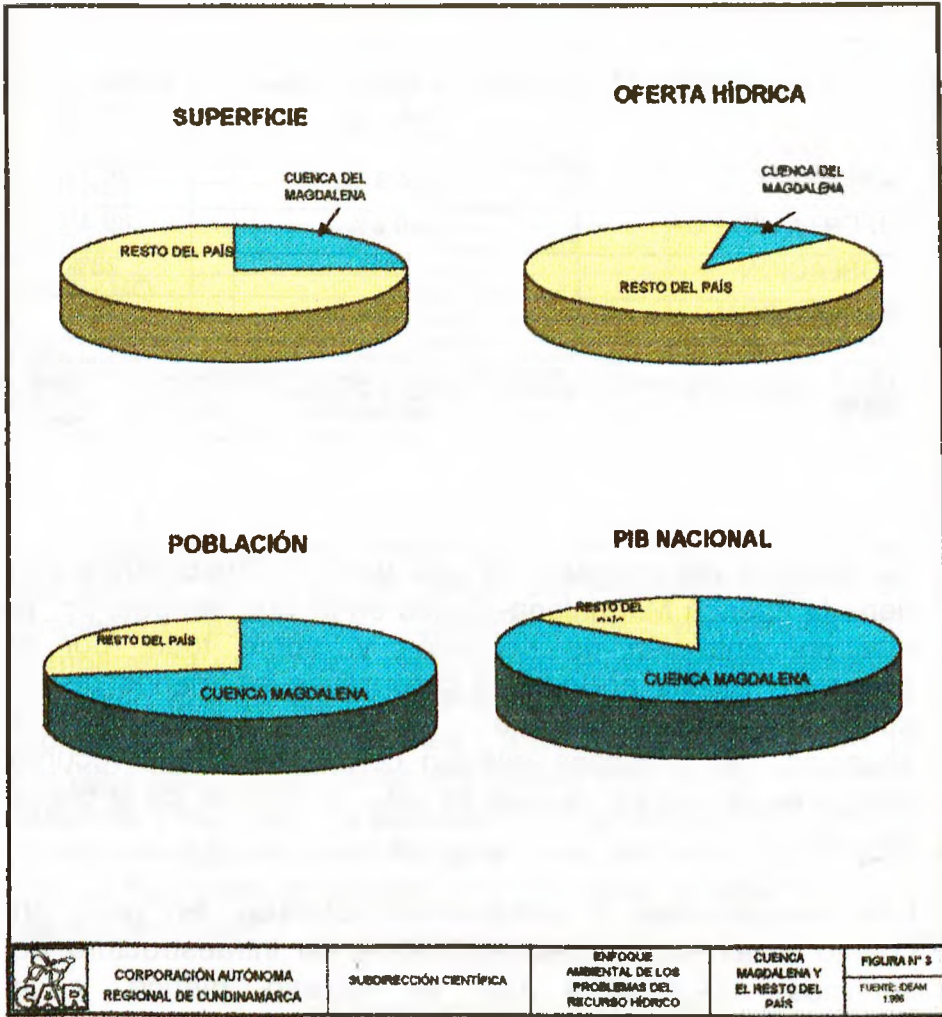
- La concentración y crecimiento de la demanda en zonas en donde la oferta hídrica es limitada, como es el caso de la Sabana de Bogotá, algunas ciudades construidas en las partes altas de las cordilleras andinas y sectores de alto poblamiento rural en estas mismas áreas.
- La irregularidad hídrica, caracterizada por periodos de sequía y lluvias muy marcados, con abundante provisión de agua en la época lluviosa, excesiva en la mayoría del territorio y acentuada escasez en la época seca, crítica en ciertos lugares.
- El deterioro de la calidad del agua por contaminación provocada por el vertimiento de residuos domésticos, industriales y de otros usos, los cuales por lo regular son arrojados a las corrientes de agua sin tratamiento alguno, debido a que la infraestructura sanitaria (alcantarillados y


plantas de tratamiento de aguas residuales) son insuficientes, pero sobre todo por la falta de conciencia y educación ambiental en buena parte de la población.

- La destrucción de la vegetación y de los páramos que altera la regulación hídrica natural, favorece la erosión y el consecuente transporte de sedimentos, que colmata zonas bajas de amortiguamiento como las ciénagas próximas a los cursos bajos de los ríos, con efectos ambientales graves, como la alteración de los ecosistemas acuáticos y la pérdida de biodiversidad, entre otros. A estos efectos contribuye de una manera importante el inadecuado uso del territorio: cultivos limpios y pastoreo de ganado en tierras de ladera, primitivas y antitécnicas prácticas agrícolas, generalmente agresivas al medio natural como las quemadas, etc.
- La desigual repartición de los asentamientos humanos, puesto que la mayoría de los habitantes colombianos se ubican en zonas de media montaña, en los altiplanos andinos y en el litoral Caribe. Se observan sectores del país sobrepoblados, donde la presión sobre el agua y los demás recursos naturales es creciente, en contraste con sectores deshabitados o de muy escasa población, en los cuales predominan las condiciones naturales.

- Las migraciones campesinas hacia las grandes ciudades, que incrementan las necesidades de agua en estos sectores, varios de ellos en situación deficitaria, como es el caso de la capital de la república y las ciudades grandes y medianas, situación agravada por conflictos de orden público y de inseguridad en el campo que obliga a los campesinos a desplazarse a las áreas urbanas aumentando los cinturones de miseria, ubicados por lo regular en sectores de mayor riesgo natural y ecosistemas más frágiles, que rápidamente son transformados o casi siempre destruidos, con las afectaciones ambientales que tales hechos significan.
- Insuficientes conocimientos de las características de los recursos hídricos, lo cual hace que las decisiones en muchas ocasiones sean desacertadas; lo que se observa, lamentablemente, es que no hay planificación a mediano y largo plazo, sino que predomina la improvisación, no obstante las normas y buenos propósitos de las entidades que de una u otra manera tienen que ver con tales recursos.

Las cifras incluidas en el Cuadro N° 7 ilustran los contrastes en la ocupación humana del territorio en relación con los recursos de agua, cuya situación se deduce de la comparación entre lo que ocurre en la cuenca Magdalena-Cauca con el resto del país. Ver Figura N°3.



DESCRIPCIÓN	CUENCA MAGDALENA – CAUCA	RESTO DEL PAÍS		
ÁREA	24.8 %	76.2%		
OFERTA HÍDRICA	10,6%	89.4%		
POBLACION	72%	28%		
PIB NACIONAL	85%	15%		
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	CUENCA MAGDALENA - CAUCA Y EL PAÍS	CUADRO N° 7
				Fuente: IDEAM, 1998

Se observa claramente, de una parte, la importancia que tiene la cuenca Magdalena–Cauca en la vida del país por la alta concentración de población y, sobre todo, por el desarrollo de las actividades productivas en menos de un cuarto del territorio nacional, y de otra, el hecho que esta situación tiene escasa relación con la oferta del recurso hídrico en la cuenca, la cual es sólo un décimo de la oferta nacional.

Las características y condiciones naturales del país, en cuanto a las actividades productivas, la infraestructura de servicios relacionados con el recurso hídrico y la concentración de la población en algunas áreas, se sintetizan en los cuadros N^{os.} 8, 9, 10, 11 y 12 y figuras N^{os.} 4 y 5.

PISO	SUPERFICIE %	MUNICIPIOS %	POBLACIÓN %
CÁLIDO	81	43	46
MEDIO	10	31	13
FRÍO	7	26	41
PÁRAMO	2	-	-

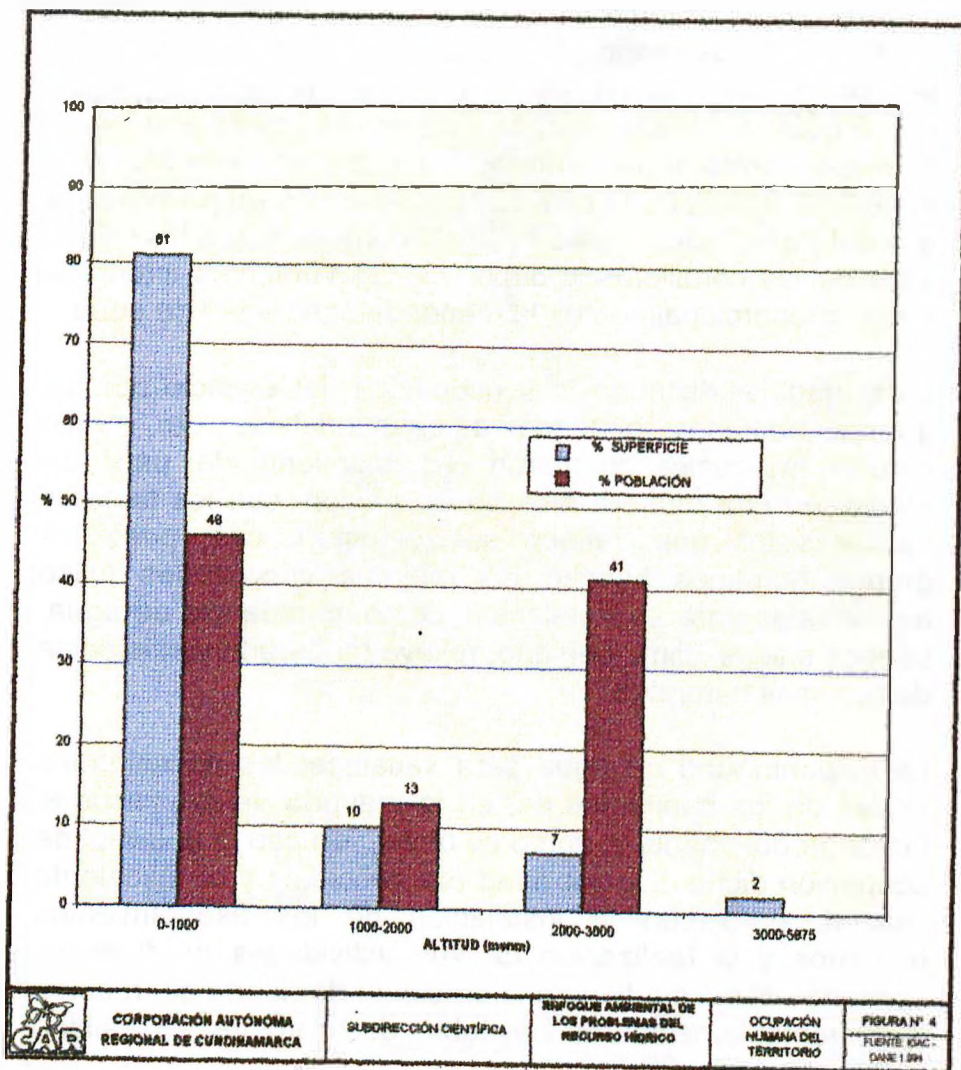
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL POR PISOS TÉRMICOS 1.993	CUADRO N° 8
				Fuente: DANE, IGAC 1.994

En Colombia son muy importantes, por la ubicación de su territorio en la zona intertropical del Planeta donde no se presentan estaciones climáticas, las variaciones de temperatura en función de la altura sobre el nivel del mar, situación que se aprecia claramente en el Mapa N° 3, en donde las isothermas medias anuales coinciden con la configuración y orientación del relieve, esto es, la cordilleras andinas y los mayores accidentes orográficos periféricos, la Sierra Nevada de Santa Marta al norte del país y la serranía de La Macarena al oriente, entre la selva amazónica y los llanos orientales.

De la información incluida en el Cuadro N° 8 se deduce que más del 80% del territorio nacional se encuentra por debajo de 1.000 metros de altitud, piso térmico cálido, con cerca de la mitad de la población colombiana y que el rango altitudinal de 2.000 a 3.000 metros sobre el nivel del mar, correspondiente al piso térmico frío, que sólo es el 7% de la superficie, alberga una cantidad de población un poco menor a la del piso cálido. El piso frío, que corresponde a las partes altas de las cordilleras andinas y a las vertientes interiores tiene, proporcionalmente, la menor disponibilidad de agua.

Esta irregular distribución y ocupación del espacio por los grupos humanos obedece a características del medio natural, las cuales orientaron el poblamiento del país. En efecto, en una primera fase de ocupación, son los factores naturales los que definen sus características, pues los grupos humanos buscan las mejores condiciones físico ambientales para su instalación, como abundancia de agua, buenos suelos, clima benigno, relieve moderado y existencia de recursos naturales.


La disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades vitales de los habitantes es, en la mayoría de los casos el factor predominante y, como es obvio, en esa fase inicial de ocupación dicha disponibilidad era suficiente y de excelente calidad, pero con la instalación de los asentamientos humanos y la realización de sus actividades productivas, comienza al mismo tiempo la creciente demanda del recurso y, lamentablemente, el inevitable deterioro de su calidad natural.

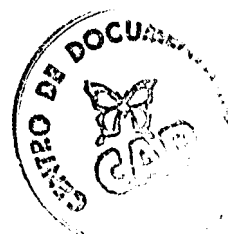


Esta situación ocurrió en Colombia con efectos desastrosos, puesto que se ocuparon primero las partes altas y a partir de allí se irradió el poblamiento hacia la periferia, generando los impactos ambientales negativos en todos los recursos naturales.

Los puertos del mar Caribe, en las ciudades de Cartagena y Santa Marta, sirvieron de focos de arribo y tránsito, por lo menos en la época de la Conquista y durante casi todo el período colonial, de los componentes europeo y africano los cuales, junto con los indígenas precolombinos, constituyen la base étnica de la actual población colombiana.

USO	APTITUD DE USO %	USO ACTUAL %
AGRICULTURA	12.7	4.7
PASTOS	16.8	35.1
BOSQUES	61.5	49.0
SIN USO PRODUCTIVO	4.5	7.4
VEGETACIÓN ESPECIAL	2.5	2.5
AGUAS, VIAS, URBANO	2.0	1.3

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	OCUPACIÓN DEL TERRITORIO NACIONAL	CUADRO N° 9
				Fuente: DNP, DANE, IGAC 1.994



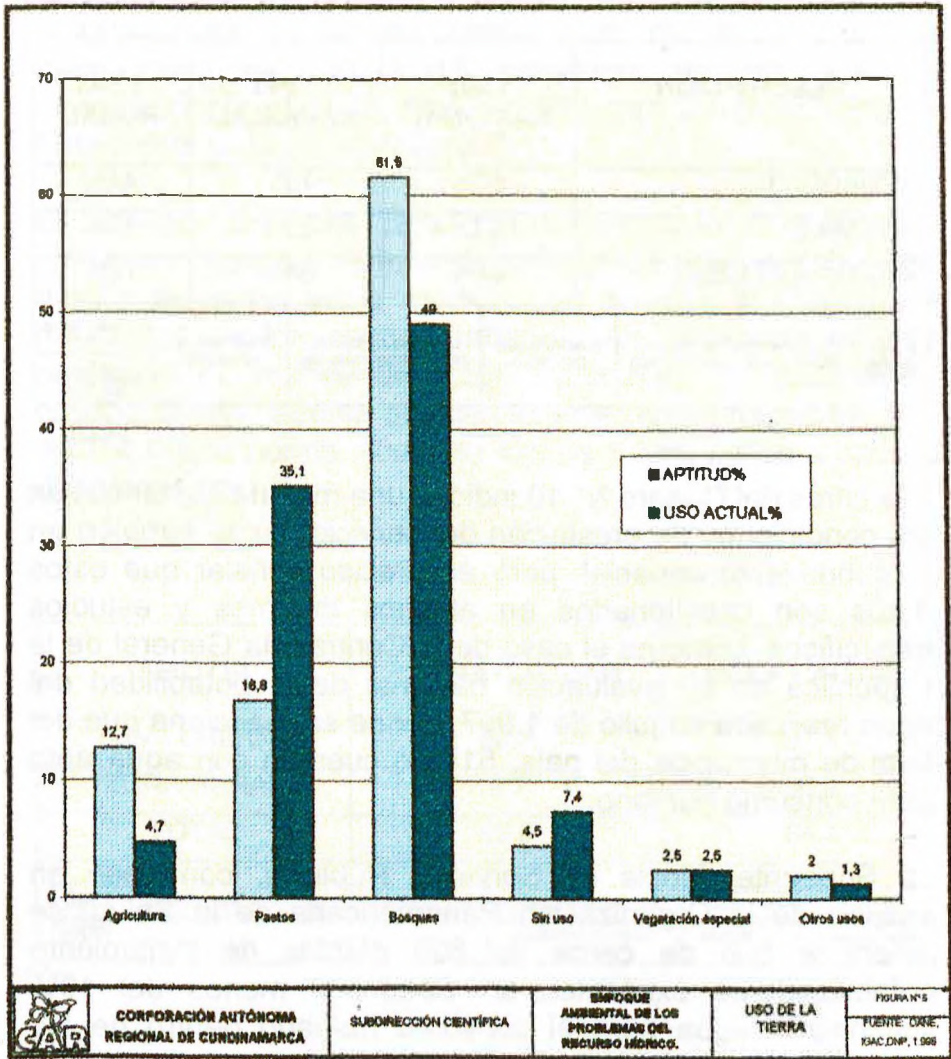
Los anteriores datos permiten aprehender en mejor forma la realidad física y socioeconómica del territorio colombiano con respecto a la problemática general del agua; a la vez, permite vislumbrar la evidente necesidad de manejar racional y eficientemente este recurso vital para prevenir futuros desastres, tanto en lo concerniente a la capacidad de abastecimiento como en su calidad.

De la confrontación de los datos se deducen graves inconsistencias y conflictos en el uso que afectan, en primer término, la calidad y disponibilidad del recurso hídrico.


En efecto, la destrucción de los bosques disminuye la capacidad de retención natural del agua, desencadena una serie de procesos erosivos y altera todo el sistema hídrico, además de otros efectos negativos de orden ambiental.

Otra consecuencia tiene que ver con el divorcio entre la aptitud natural y el uso dado al territorio; aún cuando el uso óptimo no sea necesariamente la medida de su aptitud, sí orienta en buena medida una apropiada destinación.

Estas incongruencias significan, de hecho, ineficiente utilización de los recursos naturales, despilfarro y afectaciones negativas al entorno geográfico y, en consecuencia, a la calidad ambiental.



DESCRIPCIÓN	1.985 NACIONAL	1.993 NACIONAL	1.993 RURAL
ACUEDUCTO	58%	76%	44%
POTABLE	S.D.	62%	10%
ALCANTARILLADO	47%	64%	19%

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	COBERTURA DE SERVICIOS	CUADRO N° 10
				Fuente: DANE, DNP. 1.996


Las cifras del Cuadro N° 10 indican una mejoría sustancial en las condiciones de prestación del servicio, como también en el cubrimiento espacial, pero es preciso señalar que estos datos son cuestionados en algunos informes y estudios específicos, como es el caso de la Contraloría General de la República en su evaluación nacional de la potabilidad del agua realizada en julio de 1.997, donde se menciona que del total de municipios del país, 518 no cuentan con agua apta para consumo humano.

La Superintendencia de Servicios Públicos, con base en análisis de la Organización Panamericana de la Salud, se refiere a que de cerca de 800 plantas de tratamiento potabilizadoras existentes en Colombia, menos del 10% suministran agua para el consumo humano dentro de los estándares internacionales.


El inventario nacional del sector de agua potable del Ministerio de Desarrollo indica que en el año antes mencionado existían 1.318 empresas de servicios de acueducto, pero 467 de ellas (el 35%) carecían de plantas de tratamiento para su potabilización.

El análisis de estas cifras se vuelve más dramático al considerar que las normas de calidad de agua potable son menos exigentes en la medida que decrece el número de habitantes de los centros urbanos. Así, mientras en una población de menos de 2.500 habitantes los análisis de calidad deben hacerse quincenalmente, en ciudades de más de 100.000 la norma (Decreto 475 de 1.998) obliga a hacerlo dos veces por día.

SECTOR	BUENA CALIDAD	MALA CALIDAD
ZONA URBANA	62.2	37.8
ZONA RURAL	9.1	90.9
TOTAL	45.9	54.1

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	CALIDAD DEL AGUA 1.991 Y PORCENTAJE DE POBLACIÓN	CUACRO N° 11
				Fuente: MINSALUD/OPSA, 1.992

SECTOR	POBLACIÓN	ACUEDUCTO %	ALCANTARILLADO %
BOGOTÁ, MEDELLÍN, CALI Y BARRANQUILLA	10.892.053	87.9	83.8
CIUDADES MAYORES 100.000 HABITANTES	6.960.559	88.0	78.0
RESTO ZONA URBANA	9.322.830	84.5	69.0
ZONA RURAL	8.710.838	44.0	19.0
TOTALES	35.886.280	76.4	63.4

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	POBLACIÓN Y SERVICIOS	CUADRO N° 12
				Fuente: DNP, 1.994

Con referencia al deterioro del recurso por contaminación, en el Seminario Internacional sobre el Derecho del Agua realizado en Bogotá en agosto de 1.998, la Asociación colombiana de ingeniería sanitaria y ambiental-Acodal sostuvo que menos del 5% de los municipios del país tratan sus aguas residuales; de manera similar y en el mismo evento, el Ministerio del Medio Ambiente planteó que el 97% de las aguas residuales domésticas y el 95% las resultantes de actividades agrícolas se vierten sin tratamiento alguno, mientras que el 85% de las aguas residuales industriales se vierten sin tratamiento adecuado.

Con respecto a esta situación, es de anotar que el consumo humano es el 5% del consumo total, en actividades agropecuarias el 63%, energéticas el 31% y en uso industrial el 1%, según datos de Acodal.

Por otra parte, el Ministerio del Medio Ambiente (1.997) señala que "la calidad del recurso hídrico se afecta por los vertimientos de las aguas negras de origen urbano y rural, con un aporte de carga orgánica de 1.200 toneladas de demanda bioquímica de oxígeno por día (DBO/día) y por vertimientos del sector productivo, en estos la industria contribuye con 520 ton DBO/día.

Las áreas metropolitanas que generan mayor carga orgánica en el país son Bogotá-Soacha con 342.4 Ton DBO/día, seguido de Medellín-Valle de Aburrá con 235.1 Ton DBO/día y luego Cali-Yumbo con 185.0 Ton DBO/día".

4.5. EL FENÓMENO URBANO

El fenómeno urbano en Colombia comenzó en el presente siglo, asociado con los intentos de industrialización orientados a sustituir importaciones de productos manufacturados que antes de la Primera Guerra Mundial eran traídos preferentemente de Europa pero que, por razones del conflicto, se vieron afectadas y posteriormente de los Estados Unidos, donde la gran crisis económica de los años 30 y luego la Segunda Guerra Mundial alteraron el flujo de bienes, servicios y productos, lo cual generó la necesidad

y el propósito de fabricarlos en el país, con el fin de atender tales necesidades.

En Colombia infortunadamente, uno de los hechos que aceleró este proceso migratorio hacia las ciudades fue la violencia política iniciada en los años 50, que continúa con otras motivaciones, afectando la seguridad de la población campesina, la cual fue llevada a la única opción de refugiarse en las áreas urbanas.

Este fenómeno originó otra serie de problemas por el crecimiento físico desordenado de las ciudades, por el muy alto ritmo de crecimiento demográfico y la absoluta imposibilidad de los administradores del Estado de suministrar adecuados servicios públicos y sociales y de construir, con la celeridad requerida, la infraestructura que permita la existencia de condiciones de vida adecuadas para los nuevos y antiguos ciudadanos.


Es de anotar, además, la aparición de conflictos de orden social relacionados principalmente con el insuficiente empleo y la precariedad de las viviendas, expresados en la proliferación de trabajos informales y la tugurización de las áreas urbanas, por la imperiosa necesidad de albergue y refugio de oleadas de campesinos que, en definitiva, contribuyen a alimentar los llamados "cinturones de miseria".


Otro impacto social negativo es el relacionado con la transformación de los hábitos y costumbres de la población, con todas las secuelas que el cambio en los patrones culturales significa para la mayoría de la población de un país

que pasó, en menos de 50 años, de ser típicamente rural y de población dispersa, a convertirse en un territorio con predominio de la población urbana, concentrada, con modos de vida bien diferentes.

En las migraciones campesinas hacia las ciudades han incidido notoriamente las diferencias espaciales en el desarrollo, debidas a múltiples causas, algunas de ellas ancestrales, que han permitido la conformación de estructuras injustas e inequitativas para la mayoría de la población, cuya expresión más evidente es la concentración de la tierra y del ingreso. Las siguientes cifras, cuadros N^{os.} 13 y 14, ilustran la situación en lo referente a la magnitud del fenómeno urbano en Colombia:



PERÍODO	BOGOTÁ	COLOMBIA		
1.938-51	4.9	2.2		
1.951-64	7.0	3.3		
1.964-73	5.9	2.8		
1.973-85	3.8	2.2		
1.985-93	4.2	2.0		
1.993-2.000	3.5	1.9		
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	TASAS DE CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO ANUAL (%)	CUADRO N° 13
				Fuente: DANE, 1.995

CIUDAD	CENSO DE 1.993	INCREMENTO 1.905 – 1.993		
BOGOTA	5.484.244	47 Veces		
CALI	1.847.176	49 Veces		
MEDELLIN	1.834.881	22 Veces		
BARRANQUILLA	1.090.618	26 Veces		
 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA	SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA	ENFOQUE AMBIENTAL DE LOS PROBLEMAS DEL RECURSO HÍDRICO	POBLACIÓN DE LAS MAYORES CIUDADES DEL PAÍS	CUADRO N° 14
				Fuente: DANE, 1.995

El fenómeno urbano en Colombia tiene características de irreversible; en la actualidad, cerca del 70% de su población

reside en núcleos urbanos, cifra que se incrementa continuamente en detrimento de la población rural.

4.6. OTROS FACTORES DE DETERIORO

Dentro de la problemática del recurso hídrico en Colombia es necesario mencionar que uno de los principales factores de deterioro de la calidad del agua es el provocado por la utilización desproporcionada de agroquímicos en las actividades productivas, lo cual trae como consecuencia cambios en las condiciones del recurso.

Los plaguicidas químicos se están utilizando cada vez a mayor escala; algunos han sido benéficos para la humanidad y han incidido en el incremento de la producción agropecuaria, pero al mismo tiempo han causado daños ambientales importantes.

Los hidrocarburos clorados como el DDT son de baja biodegradabilidad, circunstancia que, unida a su tendencia a concentrarse en los organismos a lo largo de la cadena alimentaria, hace que aumente su toxicidad para los seres vivos, incluyendo al hombre; de hecho, con el incremento en la utilización de sustancias químicas los seres humanos han quedado cada vez más expuestos a sus efectos, señalando que para muchos productos todavía no se sabe con certeza cuáles son los efectos que pueden causar sobre los seres vivos.

Todas las zonas de producción agrícola sufren el problema de los agroquímicos; la producción cafetera, por ejemplo, genera una carga orgánica de 3.7 millones de toneladas por año, que sumada a la contaminación de origen doméstico (1.5 millones de toneladas), resulta una cifra preocupante de 5.2 millones de toneladas anualmente.

La contaminación por agroquímicos en los cultivos de flores, papa, fresas y hortalizas, principalmente en la Sabana de Bogotá, pero también en otras áreas del país donde se practica una agricultura de tipo intensivo, en especial alrededor de las grandes ciudades, es otro grave problema de deterioro no suficientemente estudiado y evaluado, pero cuyos efectos se manifiestan por las afectaciones a los recursos agua y suelo, y también en la salud de las personas que consumen productos alimenticios contaminados.

Las zonas del país donde los problemas de contaminación por agroquímicos son mayores coinciden con las áreas productoras de arroz, algodón y flores, seguido de las destinadas a cultivos de papa, sorgo, banano y hortalizas, cultivos que por sus características y para una mayor rentabilidad económica, exigen su aplicación sistemática.

En cuanto a la contaminación producida por las actividades industriales es de anotar que, ante los escasos controles existentes y la falta de conciencia ambiental de que todavía adolecen muchos empresarios, la mayoría de las factorías vierten residuos a las fuentes hídricas sin los adecuados tratamientos.

En general, las áreas industriales aportan descargas que se caracterizan por contener grandes cantidades de metales pesados, cuyos efectos contaminantes se intensifican debido a la ubicación concentrada de tales áreas alrededor de las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín, Bucaramanga y Cartagena. El 75% de las industrias del país vierte sus desechos a la cuenca Magdalena-Cauca.

Las explotaciones petroleras y mineras constituyen otra fuente de contaminación física y química importante del recurso hídrico, y en general todas las actividades productivas lo hacen en mayor o menor grado.

Los hidrocarburos son prácticamente insolubles y al verterse sobre una superficie acuática forman una película que recibe con mayor incidencia la radiación solar desencadenando unas reacciones fotoquímicas que alteran el equilibrio hidrobiológico donde tienen ocurrencia, debido a que esta película interfiere la penetración de la luz y por consiguiente los procesos de fotosíntesis.

5. SÍNTESIS Y RECOMENDACIONES

5.1 LOS PROBLEMAS

A manera de conclusión de la reflexión realizada sobre la situación del recurso hídrico en Colombia, los problemas que afectan el medio ambiente y el bienestar de la población, se pueden sintetizar así:

- Irregularidad hídrica natural
 - Periodos de lluvia y sequía muy marcados.
 - Desigual distribución espacial de las lluvias y de la evapotranspiración, por factores topográficos y climáticos, propios de cada porción del territorio.
- Deterioro de la calidad del agua provocado por:
 - Vertimiento de aguas domésticas o servidas sin tratamiento alguno o insuficientemente tratadas.
 - Residuos industriales, en muchos casos con metales pesados.
 - Residuos de actividad minera que aportan sedimentos y metales pesados.
 - Residuos químicos tóxicos resultantes del empleo masivo de agroquímicos en la agricultura.

- Utilización de los cauces como receptores de residuos sólidos de toda clase.
- Eutroficación de las aguas, principalmente lénticas, por incremento de contaminación orgánica.
- Aumento diferencial de la demanda de agua por:
 - Crecimiento demográfico desigual, situación asociada a las migraciones campesinas y al fenómeno urbano.
 - Contrastes en la ocupación del territorio relacionados con el proceso del poblamiento histórico del país.
 - Tendencia al crecimiento de la demanda en ciudades, altiplanos y sectores de media montaña, por mayor cantidad de población y de las actividades productivas.
- Alteración de las condiciones naturales por:
 - Inadecuación entre las actividades productivas y condiciones naturales del territorio.
 - Destrucción de la vegetación protectora de nacimientos, rondas de cauces y páramos.

- Incremento de procesos erosivos que favorecen la sedimentación de cauces y la modificación de sus condiciones hidráulicas.
 - Empleo de prácticas agropecuarias de bajo nivel tecnológico.
 - Deterioro de los ecosistemas naturales que afecta la calidad y disponibilidad del recurso hídrico.
- Insuficiente tratamiento de aguas :
 - Limitada capacidad de tratamientos para potabilización y aguas residuales.
 - Escasa y precaria red de alcantarillado.
 - Consumo de agua de mala calidad que deteriora la salud de las personas.
 - Hábitos de consumo sin criterios de sostenibilidad:
 - Despilfarro en diferentes usos.
 - Creencia de que el agua utilizada no puede reutilizarse.
 - Desconocimiento del valor económico del agua, como recurso escaso.

- Deficientes y anticuadas tecnologías de aprovechamiento.
- Altas pérdidas en la conducción del agua potable.
- Otros problemas:
 - Conocimiento insuficiente del potencial hídrico, superficial y subterráneo.
 - Insuficiente inversión.
 - Deficiencias en la administración del recurso.

5.2 RECOMENDACIONES

5.2.1. Irregularidad hídrica

Esta situación obedece a hechos naturales que no es dable modificar, pero si planificar y ejecutar acciones de manejo del agua, dentro de programas de ordenamiento del territorio, para que los efectos adversos de tales condiciones se reduzcan al mínimo, buscando atenuar los impactos del exceso de agua en los periodos lluviosos y contar con adecuada provisión en las sequías.

Una medida sencilla, ambientalmente válida, si se tienen en cuenta las condiciones del territorio y las características de

sus ecosistemas, es almacenar parte del agua que cae en reservorios o pequeños embalses, la suficiente para atender los requerimientos establecidos en función de balances hídricos propios de cada espacio geográfico, según el régimen de lluvias y la confrontación entre la oferta natural y la demanda socioeconómica.

Su construcción debe cumplir con especificaciones técnicas que garanticen su estabilidad y no afectación al medio ambiente y a los recursos naturales, para lo cual es necesario tener en cuenta las eventuales alteraciones al equilibrio ecosistémico por la modificación de unos de sus elementos fundamentales, como es la cantidad de agua.

Si bien los impactos que se pueden causar en el área no son muy notorios, para un manejo ambiental responsable, es aconsejable estudiar y conocer previamente todas sus características con una visión holística y sistémica, basada en interacciones espaciales.

Contar con el agua necesaria en forma permanente no sólo permite atender los requerimientos domésticos y los diversos usos económicos, sino fomentar otras alternativas para generar nuevos ingresos y mejorar la dieta alimenticia de la población, temas ampliamente estudiados pero poco utilizados, quizás por la necesidad de cambiar hábitos y costumbres y propiciar adaptaciones a otras formas de vida.

Es bueno tener en cuenta que la construcción de reservorios es una alternativa sencilla, viable y práctica, para iniciar el manejo eficiente del agua en un territorio donde, además, pueden tener especial aplicación las políticas de desarrollo sostenible, con la participación conjunta del Estado y las comunidades locales.

El país, con sus especiales características geográficas, debe pensar en grande hacia la solución total del problema, con la construcción de distritos de riego y drenaje, embalses multipropósito y otras macroestructuras, pero mientras esto sea factible, dadas las limitaciones financieras y técnicas principalmente, se puede empezar con pequeñas acciones pero que en conjunto, pueden ser un buen comienzo de solución.

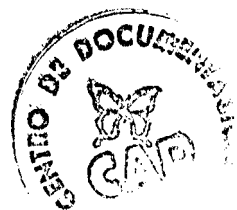
5.2.2. Deterioro de la calidad del agua

El efecto inmediato del deterioro en la calidad es la disminución de la oferta del recurso; a este respecto, son abundantes los estudios y propuestas de solución, que en definitiva se circunscriben a controlar los vertimientos y mejorar la calidad del agua, tarea aparentemente sencilla pero que está supeditada a intereses económicos y políticos que entorpecen y dificultan las acciones en este sentido, en lo cual también juega papel importante la creencia de que el agua es un recurso ilimitado y abundante en el país, como también en la gran capacidad del agua de absorber la contaminación, lo cual ha convertido muchos de los cauces en alcantarillas a cielo abierto que sólo conducen aguas negras.

La legislación ambiental incluye normas e instrumentos de gestión, así como parámetros de calidad rigurosos; la dificultad estriba en su aplicación y cumplimiento porque se tienen que solucionar problemas resultantes de muchos años de contaminación descontrolada. El caso del río Bogotá es un ejemplo patético de ello, donde se encuentran todas las formas de deterioro de calidad, con estudios y análisis de diversa clase que sustentan la necesidad de solucionar a la mayor brevedad tan aberrante situación, pero que se dilata en el tiempo por los altísimos costos que significan y las prioridades que la escasez de recursos imponen.

Desde el punto de vista ambiental, es mejor anticiparse a la contaminación y para ello, quienes hacen uso del agua, deben devolverla a los cauces en igual o mejor condición a la que tenía en el momento de la captación, tarea nada fácil, pero que debería ser criterio básico de orientación para que las instituciones encargadas de conceder autorizaciones de uso de aguas y del manejo del recurso hídrico en general, la hagan realizable.

El postulado que hizo carrera en muchos estamentos de que "quien contamina paga" no puede entenderse como una autorización para deteriorar el medio ambiente a través de un valor económico pues éste, cualquiera que sea, no compensa los daños de los ecosistemas acuáticos, muchos de ellos irreversibles. Es mejor que las empresas, las ciudades y demás fuentes poluentes destinen parte de sus recursos financieros a tratar el agua usada antes de devolverla a los cauces para que sigan su curso.



De otra parte, es bueno mencionar que uno de los principales factores para lograr resultados exitosos en la gestión ambiental es el de la concertación entre las diferentes partes involucradas, las administraciones, los industriales, los políticos, las comunidades, etc.

En lo referente a los depósitos de residuos sólidos o basuras de toda clase, en su mayoría orgánicos, que contaminan las aguas ya sea en forma directa o por los lixiviados que salen de los basureros, es mucho lo que hay por hacer. A nivel del país, son pocos los municipios que cuentan con rellenos sanitarios, los cuales por lo regular son simples basureros donde no hay selección de residuos ni control efectivo de su operación, con el efecto evidente de que en lugar de ser una solución ambiental se convierten en otra fuente de contaminación.

En Colombia se producen aproximadamente 18.000 toneladas de residuos sólidos diariamente, unas 14.000 de origen residencial, el 22% en Bogotá y el 16.7% en las ciudades de Cali, Medellín y Barranquilla, pero buena parte de ella no es recolectada; la producción diaria de basura por persona en el país es de 0.59 kg y en Bogotá de 0.7 kg, pero en los estratos altos este promedio sube a 1.0 kg/hab/día.

El hecho que causa más inquietud es que, en la práctica, más del 75% de los residuos no se tratan ni se disponen técnicamente, sino que son arrojados directamente a los cursos de ríos y quebradas provocando su deterioro.

Soluciones como la selección de basuras para reciclar las que sean susceptibles de serlo, la incineración de residuos que no contaminen la atmósfera y la creación de verdaderos rellenos sanitarios, son acciones que se ventilan permanentemente, pero es necesario pasar a la acción antes que el problema alcance mayores dimensiones, ya de por sí muy preocupante.

5.2.3. Aumento diferencial de la demanda

Por obedecer a circunstancias relacionadas con el poblamiento del territorio y el proceso histórico de conformación de la Nación, algunos de cuyos resultados son la existencia de disparidades en el desarrollo, concentración de la riqueza, altos niveles de pobreza y conflictos sociopolíticos permanentes, con fuerte y diferencial presión sobre los recursos naturales y el medio ambiente, las posibles soluciones se enmarcan dentro de un contexto más amplio, el del ordenamiento territorial del país como política de Estado que define cuál es el modelo de sociedad futura deseable y posible, para beneficio del territorio, de sus recursos y del medio ambiente, pero sobre todo de sus gentes.

Sólo a través de acciones ordenadoras que reflejen las políticas estatales y la estrategia de desarrollo en los órdenes social, cultural, económico y ambiental, teniendo en mente los modelos de sociedad y territorial futuros deseados y probables, se podrán solucionar, o al menos atenuar en una primera fase, los problemas derivados de la demanda dispar del agua y de los demás recursos asociados, advirtiendo que

nunca se podrá lograr la total uniformidad, pero si disminuir las desigualdades en la búsqueda de un equilibrio ambientalmente sano.

El país está en mora de adoptar un plan nacional de ordenamiento territorial, guía y marco de referencia para lograr que el desarrollo y organización de los diferentes espacios que lo conforman, se haga con criterios de eficiencia, equidad e integración, llevando a la práctica el principio universal del desarrollo sostenible para que con la utilización racional y responsable de los recursos naturales, se favorezca un desarrollo socioeconómico equilibrado que permita mejorar el nivel de vida de todos los habitantes del territorio nacional y, al mismo tiempo, la preservación de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad ambiental.

5.2.4. Alteración de las condiciones naturales

Las alternativas de solución a los problemas del recurso hídrico causados por la alteración, generalmente descontrolada, de las condiciones naturales, pueden abordarse desde diferentes perspectivas coherentes, complementarias e interdependientes: el ordenamiento territorial, la educación y la participación comunitaria.

El ordenamiento territorial, como un marco de referencia e imagen deseada del país futuro que se quiere para las generaciones venideras, de acuerdo con lo mencionado en el numeral precedente, desarrollado en los diferentes niveles espaciales, desde el nacional hasta el municipal urbano y rural, sin dejar de lado el contexto internacional que el mundo

actual hace imperativo, probablemente con mayor intensidad en los próximos años.

La educación como instrumento indispensable en la formación de una nueva sociedad basada en el respeto de los derechos fundamentales y en la preeminencia del interés colectivo sobre el individual, con un componente ambiental fuerte que propicie e impulse el principio referente a que los recursos existentes en el planeta son para utilizarlos, pero adecuadamente, sin destruirlos ni deteriorarlos y, por el contrario, mejorarlos para lograr mayor calidad ambiental como factor de bienestar de la población. En consecuencia, la educación no solamente como instrucción y capacitación sino, fundamentalmente, como formación integral del ser humano.

La participación comunitaria en un proceso de mejoramiento de calidad del recurso hídrico es decisiva, precedida de una tarea educativa, de orientación y guía, que permita su auténtica promoción, la cual comienza con el fortalecimiento de la conciencia comunitaria de sus miembros para que, con el esfuerzo individual y de las pequeñas comunidades junto con la intervención del Estado, se puedan resolver más eficientemente los problemas que las afectan, los cuales en definitiva repercuten en la presión sobre los recursos naturales y en el deterioro de la calidad ambiental.

¿Cómo se puede prohibir a un campesino que tenga cultivos limpios en laderas, práctica ambientalmente negativa, si con su escaso producido puede alimentar precariamente a su familia, o tumbar un árbol si su madera la utiliza como combustible básico en su hogar?. Estos hechos evidentes y varios más, sintomáticos de la alteración del equilibrio natural, son debidos a la situación de pobreza y de injusticia social en que la mayoría de la población colombiana tiene que sobrevivir.

Otra cosa es la destrucción de la vegetación protectora de cauces y nacimientos o, más grave aún, de los páramos reguladores del sistema hídrico para cultivos de papa o ganadería extensiva por empresarios que únicamente tienen en cuenta la rentabilidad económica, sin considerar los daños que puedan causar; estos delitos ecológicos deben castigarse drásticamente, sin contemplaciones, si se quiere tener un futuro ambientalmente mejor.

5.2.5. Insuficiente tratamiento de aguas

Como se indica en el numeral 4.4 y en los cuadros N^{os} 9,10 y 11, los datos sobre potabilización de agua para consumo humano son parciales, incompletos y en parte contradictorios; con los datos existentes puede deducirse que el 49% de las áreas urbanas del país no disponen de agua potable, que menos del 10% de las plantas potabilizadoras funcionan adecuadamente para suministrar agua apta para consumo humano y que el 35% de las empresas de acueducto carecen de este tipo de plantas, cifras nada

alentadoras para un país aquejado de múltiples problemas en la salud de sus habitantes, agravados por el consumo de agua de mala calidad.

La solución a esta situación consiste en mejorar y hacer eficiente la infraestructura de potabilización y atacar al mismo tiempo las causas que la originan y los diferentes problemas asociados; las acciones no pueden ser puntuales ni sectoriales, por el contrario, deben ser armónicas y complementarias.

El panorama del tratamiento de aguas residuales es más desolador; en efecto, menos del 5% de los municipios del país tratan sus aguas servidas y, como se anotó en el tema correspondiente, el 97% de las aguas domésticas y el 95% de las resultantes de actividades agrícolas se arrojan a los cauces sin tratamiento alguno.

Aspecto importante dentro de esta problemática es el de la infraestructura sanitaria; a los datos existentes sobre precariedad del cubrimiento en el servicio, hay que añadir que muchos de los alcantarillados se han construido siguiendo parámetros tecnológicos europeos o norteamericanos, válidos en situaciones geográficas y climáticas muy diferentes.

Recomendaciones de carácter general, ambientalmente apropiadas, propuestas en eventos científicos relacionados con el uso sostenible del agua y el medio ambiente, aplicables en el territorio colombiano, son las siguientes:

- Dada la escasez de recursos financieros, las infraestructuras de potabilización y conducción, como las de tratamiento de aguas residuales, deben ser de bajo costo e indispensable la participación comunitaria en su construcción y operación.
- Las decisiones de localización deben tener en cuenta criterios ambientales y análisis espaciales interrelacionados.
- Conviene mejorar la información para evitar sobredimensionamiento de obras y especificaciones exageradas, con lo cual se reducen costos y se mejora la eficiencia.
- Indispensable realizar investigaciones en el medio tropical tendientes a lograr parámetros propios y no depender de tecnologías y modelos extraños al medio colombiano.
- Considerar siempre alternativas para tener opción de seleccionar la de menor impacto ambiental.
- Procurar la construcción simultánea de infraestructura de agua potable (planta de potabilización y sistemas de conducción), alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

- Favorecer la construcción de sistemas separados de alcantarillado: de agua lluvia para su eventual utilización con ligero tratamiento y de aguas servidas que van directamente a la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Diseño de la red de alcantarillado que tenga en cuenta la protección de la salud y el bienestar de la población y garantice su autolimpieza con la velocidad del agua que transporta.
- División de la red de alcantarillado en microcuencas para evitar, en lo posible, interceptores y colectores de gran tamaño.

5.2.6. Hábitos de consumo

Este es uno de los temas esenciales para el manejo sostenible del recurso hídrico, mediante una serie de acciones de realización inmediata.

Implica un cambio de mentalidad acerca del uso apropiado del agua y la toma de conciencia sobre la urgente necesidad de ahorrar en su utilización ante las amenazas de desabastecimiento en el futuro, para lo cual se combinan campañas educativas, de comunicación y de divulgación en todos los niveles, la investigación y desarrollo de tecnologías encaminadas a disminuir los consumos, mejorar la eficiencia de las empresas encargadas de los acueductos en aspectos administrativos para reducir costos y técnicos en cuanto a

eliminar las altas pérdidas en la conducción del líquido, acciones todas que para mayor eficacia requieren la dirección y coordinación continua del Estado.

Desde los años 80 se vienen discutiendo y analizando estos temas y se han tomado medidas en beneficio del manejo responsable del recurso a través de normas y reglamentos para hacer viable la ejecución de programas concretos, con dificultades derivadas de la falta de continuidad en el tiempo. Programas como el de Cultura del Agua del Ministerio de Desarrollo y la Estrategia Nacional del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, junto con proyectos específicos de las corporaciones autónomas regionales, son pruebas fehacientes de las inquietudes alrededor del adecuado manejo del recurso.

La Ley 373 de 1997 creó el marco legal para un programa del uso eficiente y ahorro de agua que contempla entre varios temas importantes, la reducción de pérdidas en los sistemas de acueducto, el reuso obligatorio del agua, la instalación de medidores de consumo para los diferentes usos, la necesidad de mayor investigación científica y actualización de la información, el valor económico del agua y la protección de zonas especiales; la puesta en práctica de las normas establecidas permitirán avanzar hacia el uso sostenible del recurso y, con ello, a la solución de los graves problemas que lo aquejan.

El ahorro en los distintos tipos de consumo es cada vez más necesario y ya se han identificado varias alternativas posibles y aconsejables desde la óptica ambiental.

Para el ser humano existe un límite mínimo biológico de consumo de agua para su recuperación, el cual está comprendido entre 1.8 y 2.5 litros diarios, cifra que se aumenta con las necesidades del mundo moderno y de la calidad de vida (baño, aseo, alimentación, lavado de ropas, etc.) a volúmenes entre 20 y 40 litros diarios por habitante (/h/d) en países pobres; algunas medidas internacionales ubican este límite en 80 l/h/d y la OMS en 100 l/h/d dependiendo, en todo caso, de las condiciones climáticas y de las costumbres de la población.

Según el Departamento Nacional de Planeación, el consumo urbano de agua en Colombia varía entre 159 y 216 l/h/d, con valores mayores en los estratos socioeconómicos altos. De otra parte, es conocido que el consumo se exagera cuando no hay medidores, con cifras hasta de 600 l/h/d. Estimativos de consumo en zonas rurales señalan cifras comprendidas entre 80 y 140 l/h/d. Ante esta situación es imprescindible cambiar los hábitos de consumo y la implantación de tecnologías que contribuyan al ahorro del agua.

Las acciones contempladas para optimizar el uso del agua en la población, sin afectar su calidad de vida, tienen que ver con la racionalización del consumo, la aplicación de tecnologías que favorezcan el ahorro y la optimización del funcionamiento de la infraestructura de conducción, además de mejorar la información indispensable para sustentar debidamente los planes de ahorro, en primera instancia, medir y analizar los diferentes consumos puesto que se observan grandes variaciones en los datos disponibles.

Entre los cambios de actitud vale la pena insistir sobre las siguientes acciones recomendadas para el hogar, si se tiene en cuenta que allí los mayores consumos, según el DNP, son el lavado de ropa (27.2 %), ducha (20.9%), sanitario (19.9%) y lavado de platos (15.5%):

- Utilizar la lavadora al tope de su capacidad.
- No dejar la llave abierta mientras se enjabona, se afeita o lava los dientes.
- Disminuir la cantidad de agua que sale con el empleo de compresores pulverizadores.
- Cerrar la llave al jabonar la loza.
- Usar el balde para lavar el carro.
- Usar regadora manual para el riego de plantas y jardines.
- Utilizar cisternas de menor capacidad, 5 a 7 galones por descarga.
- Adaptar ahorradores de agua en la ducha que permitan pasar sólo entre 6 y 8 galones por minuto.
- Instalar orinales en las viviendas.

- Procurar la instalación en las viviendas de dos sistemas de conducción, uno de agua potable para el consumo y otro que recoja el agua lluvia y la utilizada en la ducha y lavadora para diferentes usos en el hogar.

La reducción de pérdidas en los sistemas de conducción es otra tarea urgente si se tiene en cuenta que, según datos del Ministerio de Desarrollo, el 37.8% del agua potable se pierde antes de llegar al consumidor, cifra que es superior al 60% en algunos lugares (en Bogotá es del 31%). El programa Nacional de Pérdidas de Agua espera reducir a 30% el desperdicio promedio de agua en el país y bajar de 26.1% m³ a 18.0 m³ el nivel de consumo mensual por usuario, a corto plazo.

En el país aproximadamente el 67% del agua se utiliza en agricultura, de ahí la importancia de optimizar su uso en las prácticas de riego e introducir modificaciones en las costumbres de la población, como en las normas jurídicas que regulan la concesión de aguas.

Un vegetal necesita agua para vivir y producir, requerimiento que es propio de cada especie, variable en función de sus etapas fenológicas, la cual toma del suelo, del aire y de la lluvia que cae sobre ella; la cantidad disponible de agua depende a su vez de las condiciones climáticas, edáficas, geológicas y fisiográficas del territorio, variable a lo largo del año, principalmente por razones de la distribución temporal de las lluvias.

En estas condiciones, un manejo adecuado del recurso hídrico para uso agrícola, debe propiciar el que las plantas y cultivos tengan justamente el agua que necesitan, teniendo en cuenta las características anotadas, lo cual se logra con la operación eficaz de los distritos de riego; infortunadamente en el país este tipo de acondicionamientos técnicos para el manejo del agua todavía no se han extendido suficientemente.

Acciones concretas e inmediatas tienen que ver con la educación y capacitación de los agricultores sobre el funcionamiento de los ciclos de las plantas y las necesidades reales de agua, el empleo de técnicas adecuadas de irrigación y el cambio de mentalidad en algunos sectores que insisten, por ejemplo, en anegar los cultivos para satisfacer los requerimientos hídricos.

A su vez las entidades responsables de la gestión del recurso hídrico y de la concesión legal de aguas, podrían considerar estos elementos y con el apoyo de especialistas en biología, agronomía y suelos, establecer las exigencias reales de los cultivos, espaciales y temporales, para que las autorizaciones de uso no sean fijas sino variables en función de las necesidades, tarea bastante difícil dadas las actuales limitaciones en el adecuado conocimiento del país y de sus recursos naturales.

En los distritos de riego también es necesario actuar, pues gran parte del agua se filtra por los canales de distribución, en algunos lugares hasta el 60% del agua que entra.

5.2.7. Otras acciones

Para apoyar las acciones descritas anteriormente es absolutamente necesario profundizar en el conocimiento del potencial hídrico del país, tanto superficial como subterráneo.

La verdad es que en algunas zonas del país se cuenta con abundante información, pero se carece de ella en la mayoría del territorio; una buena gestión debe basarse en una red hidroclimática y limnimétrica, ojalá sistematizada, operativa y funcional, de amplio cubrimiento, con varios años de funcionamiento que permita contar con los datos necesarios para hacer análisis estadísticos y elaborar modelos de acuerdo con la intención de complementar el inventario nacional de aguas y fortalecer los sistemas de información sobre el recurso.

Es conveniente también mejorar las políticas de calidad en la gestión de las empresas prestadoras de servicios de agua, puesto que las soluciones casi siempre han estado encaminadas a aumentar la cobertura sin tener en cuenta las implicaciones negativas que puedan tener. En general han predominado, en las decisiones, criterios económicos y administrativos en el sentido de cuánto van a disminuir sus ingresos frente a la reducción del consumo y, por tanto, han considerado más seguro, financieramente, atender la mayor demanda con un incremento de la oferta.

De manera complementaria, conviene revisar la estructura tarifaria con la finalidad de disminuir costos fijos y subsidios, esto es, que el agua por ser un recurso escaso tiene un valor económico y necesariamente, su consumo debe pagarse. La Comisión Reguladora de Agua Potable estableció en 1.995 unos rangos de consumo de hasta 20 m³ por mes, considerado básico y subsidiable, complementario entre 20 y 40 m³ y suntuario mayor de 40 m³ mensuales; a partir de estas diferenciaciones es posible avanzar y ajustar las políticas para estimular el ahorro efectivo del agua asociado a la reducción de costos por menor consumo.

6. BIBLIOGRAFÍA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – HIDROPLÁN LIMITADA. Estudio para la determinación de módulos de consumo para beneficio hídrico. Bogotá: CAR, 1.995.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Resultados del censo de población y vivienda de 1993. Bogotá: DANE, 1.994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan del agua 1995-1998. Bogotá: DNP, 1.994.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estrategia para la gestión ambiental del agua. Bogotá: IDEAM, 1.996.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN – MINISTERIO DE SALUD. La salud en Colombia. DNP: Bogotá, 1.990.

HENAO SARMIENTO, Jesús. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá: USTA – RNR, 1.998.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS MINERÍA Y QUÍMICA. Estudio hidrogeológico cuantitativo de la Sabana de Bogotá. Bogotá: INGEOMINAS, 1.996.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estructura urbano regional colombiana. IGAC: Bogotá, 1.989.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Distribución espacial de la población colombiana. IGAC: Bogotá, 1.990.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. La población en el proceso de formación del país colombiano. IGAC: Bogotá, 1.991.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. La mortalidad en Colombia. Bogotá: INS, 1.986.

MARÍN, Rodrigo. Estadísticas sobre el recurso agua en Colombia. Bogotá: HIMAT, 1.992.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES. Introducción al análisis de la planificación hidrológica. Madrid: MOPT, 1.993.

MINISTERIO DE SALUD. Calidad del agua, salud de todos. Bogotá: Minsalud, 1.996.

MINISTERIO DE SALUD – ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. El agua un recurso invaluable. Bogotá: Minsalud, 1.992.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Memoria técnica de la estrategia nacional del agua. Bogotá: Minambiente, 1.996.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Aguas limpias para Colombia al menor costo. Bogotá: Minambiente, 1.997.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. La meteorología y la hidrología para el desarrollo sostenible. Ginebra: OMM, 1.992.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Informe sobre la salud en el mundo. Ginebra: OMS, 1.996.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. La salud y el ambiente en el desarrollo humano sostenible. Washington: OPS-OMS, 1.996.

ROLDÁN, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1.992.

SORZANO, Guillermo. Por nuestro medio ambiente, propuesta para la creación del Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá: 1.993.

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE
CUNDINAMARCA – CAR**

SUBDIRECCIÓN CIENTÍFICA

CUADERNOS TÉCNICO - CIENTÍFICOS

SERIE DE PUBLICACIONES APERIÓDICAS

Nº	TÍTULOS PUBLICADOS	AUTOR	NIVEL
0	PICOCENTRALES HIDROELÉCTRICAS INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN Y MONTAJE	MIGUEL ANGEL ZABALETA RODRÍGUEZ	A
1	INVENTARIO DE POZOS SUBTERRÁNEO GUÍA PARA DILIGENCIAR EL FORMULARIO SC-005/09-97	OSCAR VILLALBA TORRES, EDITH ALAYÓN CASTRO, EUFRASIO BERNAL DUFFO, JULIAN FERREIRA TOVAR	A
2	APORTE A LA RECUPERACIÓN DE ESPECIES VEGETALES EN EXTINCIÓN, MICROPROPAGACIÓN, GERMINACIÓN Y EMBRIOGÉNESIS DEL RAQUE (<i>Vallea stipularis</i>)	XAVIER MARQUÍNEZ CASAS BEATRIZ CHAPARRO RICO ANA MYRIAN CARO NOREÑA	C
3	ORDENACIÓN Y DESARROLLO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS PROPUESTA CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA PARA CUENCAS MEDIANAS	HUGO ALEJANDRO SANCHEZ VALBUENA	B
4	ESTUDIO DE LA PROPAGACIÓN DE ESPECIES NATIVAS CON TÉCNICAS "IN VITRO" Y "EX VITRO"	BEATRIZ CHAPARRO RICO ANA MYRIAN CARO NOREÑA AURA ESTHER SUAREZ PINTO XAVIER MARQUÍNEZ CASAS	B
5	TOMA MANEJO Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA	EUFRASIO BERNAL DUFFO	B
6	JIFFY POTS COMO ALTERNATIVA DE SUSTITUCIÓN DE SUELO.	XAVIER MARQUÍNEZ CASAS BEATRIZ CHAPARRO RICO	B
7	MANUAL DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO AMBIENTAL	GUILLERMO GONZÁLEZ VILLEGAS	B
8	ENFOQUE AMBIENTAL DE LA PROBLEMÁTICA DEL RECURSO HÍDRICO	HUGO ALEJANDRO SÁNCHEZ VALBUENA	B