

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL
Y GESTIÓN DEL TERRITORIO**



**ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR EL SERVICIO
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS**

AUTORA: LIC. NIYURAY SUÁREZ

CARACAS, 2011

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL
Y GESTIÓN DEL TERRITORIO**

**MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL
Y GESTIÓN DEL TERRITORIO**

**ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR EL SERVICIO
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS**

AUTORA: LIC. NIYURAY SUÁREZ
Trabajo de grado que se presenta
Para optar al Título de Magister
Scientiarum en Análisis Espacial
y Gestión del Territorio

TUTOR

M.Sc. FREDDY APONTE

AGRADECIMIENTO

Solo hay una persona a quien le debo todo...

*Gracias **MI DIOS** por darme la vida y dejarme estar en este mundo, permitiéndome ser tan dichosa y privilegiada al darme unos **PADRES, ESPOSO, HIJA**, en fin una **FAMILIA** maravillosa, a quienes también les agradezco porque sin ellos no hubiese podido alcanzar una de las metas más importantes de mi vida, graduarme.*

*Gracias a todos mis **FAMILIARES** y **AMIGOS**, por haber estado en los momentos que en realidad los necesitaba, brindándome su estímulo constante y apoyo incondicional.*

*A mi **TUTOR, PROFESOR, FREDDY APONTE** por su valiosa ayuda, apoyo, consejos, y disposición en la culminación de este proyecto.*

*Al grupo de **PROFESORES** que imparten sus conocimientos en el postgrado, en especial a Vidal Saéñz y al revisor Orlando Cabrera por haberme asesorado y orientado durante el desarrollo del Trabajo de Grado.*

Gracias a todos, porque de una u otra manera me proporcionaron su colaboración para culminar uno de mis más anhelados sueños, ser Magister Scientiarum en Análisis Espacial y Gestión del Territorio.

A todos ustedes...

GRACIAS!!!

DEDICATORIA

*A **DIOS** por ser mi guía, ayudarme a cumplir cada una de mis metas y por ser mi apoyo en las dificultades.*

*A mis **PADRES** que han luchado por darme lo mejor día a día para hacerme una persona de bien, guiándome por el camino correcto, inculcándome valores, principios y enseñanzas para no desmayar hasta alcanzar las metas propuestas y así obtener el éxito que ellos tanto anhelan para mi, y no caer en la absurdidad, con sus sabios consejos para así vivir la vida llena de luz y felicidad.*

*A mi **ESPOSO E HIJA “MI REGALITO DE DIOS”, MI FAMILIA**, la luz de mi vida, mi estímulo y soporte para luchar día a día, quienes me acompañan y están a mi lado siempre.*

*A todos mis **FAMILIARES** (Hermanos, Hermanas, Tíos, Tías, Abuelos, Abuelas, Primos, Primas, Entre otros.) que han estado siempre pendiente de mi bienestar y me han brindado tanto cariño y apoyo para alcanzar mis metas.*

*A mis **AMIGOS** por haberme apoyado en los momentos que los necesitaba, brindándome apoyo y ánimos para culminar este proyecto.*

Para todos ustedes, éste, uno de mis logros más importante...

Magister Scientiarum en Análisis Espacial y Gestión del Territorio!!!



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL
Y GESTIÓN DEL TERRITORIO**

**ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR EL SERVICIO DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO
METROPOLITANO DE CARACAS**

**Trabajo de grado que se presenta para optar al Título de Magister
Scientiarum en Análisis Espacial y Gestión del Territorio**

**AUTORA: Lic. Niyuray Suárez
TUTOR: M.Sc. Freddy Aponte
AÑO: 2011**

RESUMEN

En Venezuela, la demanda del servicio de agua potable, supera a la oferta, debido a que cada persona consume hasta el doble de lo estimado (250 litros diarios) (INOS, 1968), aunado a esto, está la ineficiencia institucional, la vulnerabilidad del servicio al cambio climático, el aumento de asentamientos humanos no controlados, la deficiencia operativa de la infraestructura por instalaciones deterioradas, entre otros aspectos, que originan la problemática de la escasez del agua potable.

El Distrito Metropolitano de Caracas, integrado por los municipios Libertador (Distrito Capital), Sucre, Chacao, Baruta y El Hatillo (estado Miranda); no escapa de esta realidad, ya que existen causantes que afectan el futuro del servicio de abastecimiento de agua potable, situación que se evidencia actualmente, con el racionamiento del mismo, es por ello que esta investigación tiene como objetivo general, formular estrategias, basadas en el plan nacional de gestión integral de recursos hídricos. que permitan optimizar el abastecimiento y la continuidad en el suministro del servicio con la finalidad, que la población tenga una cobertura espacial eficiente y así mejorar su calidad de vida.

Para dar cumplimiento a dicho objetivo, fue necesario emplear diversos métodos y/o herramientas: Sistemas de Información Geográfica (Mediante la aplicación de la herramienta superposición de mapas) y la matriz geográfica; el primero permitió conocer la oferta, la demanda, así como las restricciones y la cobertura espacial del servicio y con el segundo se ponderaron las diversas variables consideradas en la investigación, donde se obtuvo una matriz síntesis que permitió conocer la entidad espacial (municipio) con mayor problema y así, por orden de prioridades, aplicar las estrategias que coadyuven a mejorar la prestación del servicio en el área en estudio.

Palabras claves: Abastecimiento, agua potable, estrategias, cobertura, métodos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
RESUMEN	
I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1.- Planteamiento y formulación del problema	5
1.2.- Objetivos de la investigación	13
1.2.1.- Objetivo general.....	13
1.2.2.- Objetivos específicos	13
1.3.- Justificación de la investigación	14
II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1.- Bases teóricas.....	17
2.2.- Antecedentes de la investigación.....	32
III. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1.- Tipo y diseño de la investigación	37
3.2.- Variables, indicadores.....	38
3.3.- Método y resultados.....	46
3.3.1.- Sistema de Información Geográfica (SIG)	47
3.3.2.- Matriz geográfica.....	48
3.4.- Etapas o fases de la investigación.....	50
IV. RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURALES CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS	
4.1.- Localización y ubicación	58
4.2.- Unidades geomorfológicas	59
4.3.- Elementos climáticos.....	62

4.4.- Red hidrográfica	66
4.5.- Sistema de abastecimiento de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas	68
4.5.1.- Fuentes de abastecimiento.....	69
4.5.2.- Obras de captación	72
4.5.3.- Sistema de producción.....	73
4.5.4.- Sistema de distribución	76
V. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA COBERTURA ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS	
5.1.- Dinámica poblacional.....	82
5.2.- Oferta del servicio de agua potable	86
5.3.- Demanda del servicio de agua potable	88
5.4.- Cobertura del servicio de agua potable	92
VI. PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS QUE MEJOREN EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS	
6.1.- Aplicación del método matriz geográfica.....	101
6.2.- Propuestas de estrategias	107
CONCLUSIONES	111
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	114

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Unidades geomorfológicas del Distrito Metropolitano de Caracas.....	60
Cuadro 2. Temperatura media mensual, precipitación media mensual y evaporación media mensual del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989 (Estación climatológica Observatorio Cagigal)	62
Cuadro 3. Volúmenes medios anuales escurridos en las regiones 4 y 6 según COPLANARH de Venezuela.....	70
Cuadro 4. Embalses principales y embalses compensatorios del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas	72
Cuadro 5. Aducciones, y estaciones de bombeo del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.....	77
Cuadro 6. Población total y crecimiento poblacional del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios	83
Cuadro 7. Oferta del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010.....	87
Cuadro 8. Demanda residencial del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	88
Cuadro 9. Demanda total del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	89
Cuadro 10. Demanda según uso del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas	91
Cuadro 11. Cobertura del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010	92
Cuadro 12. Viviendas ocupadas con servicio de agua potable, según formas de distribución del Distrito Metropolitano de Caracas, 2001	94

Cuadro 13. Balance de oferta y demanda residencial del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	96
Cuadro 14. Balance de oferta y demanda total del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	97
Cuadro 15. Balance de superávit y total de demandas del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010	99
Cuadro 16. Matriz síntesis	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Unidades geomorfológicas del Distrito Metropolitano de Caracas	61
Gráfico 2. Temperatura media mensual (°C) del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989	63
Gráfico 3. Precipitación media mensual (mm) del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989	64
Gráfico 4. Evaporación media mensual (mm) del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989 (Estación climatológica Observatorio Cagigal)	65
Gráfico 5. Población total en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios	83
Gráfico 6. Población total del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios....	84
Gráfico 7. Crecimiento intercensal del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios	85
Gráfico 8. Oferta del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	87
Gráfico 9. Demanda residencial del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	89

Gráfico 10. Demanda total del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	90
Gráfico 11. Demanda según uso del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010	91
Gráfico 12. Cobertura del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010	93
Gráfico 13. Viviendas ocupadas con servicio de agua potable en porcentaje, según formas de distribución del Distrito Metropolitano de Caracas, 2001	95
Gráfico 14. Balance de oferta y demanda residencial del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	96
Gráfico 15. Balance de oferta y demanda total del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010	98
Gráfico 16. Balance de superávit y total de demandas en porcentaje del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Sistema de Variables para la propuesta de estrategias para optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas	45
Tabla 2. Clasificación utilizada para la elaborar el mapa de pendientes	61
Tabla 3. Problemas que afectan a las principales cuencas de abastecen al Distrito Metropolitano de Caracas	71
Tabla 4. Propuestas de estrategias que mejoren el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas	108

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Componentes generales de un sistema de abastecimiento de agua potable.....	29
Figura 2. Sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas	68
Figura 3. Altitud y distancia en el Distrito Metropolitano de Caracas con respecto a la localización del sistema de abastecimiento de agua potable.....	80
Figura 4. Formas de distribución y horario del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas	93

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama 1. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable según fuentes de abastecimiento	35
Diagrama 2. Etapas o fases de la investigación	56

LISTA DE MAPAS

- Mapa 1. Mapa base
- Mapa 2. Unidades geomorfológicas
- Mapa 3. Gradiente de pendiente
- Mapa 4. Aguas subterráneas
- Mapa 5. Sistema de abastecimiento de agua potable
- Mapa 6. Distribución de la población
- Mapa 7. Crecimiento geométrico de la población
- Mapa 8. Oferta del servicio de agua potable
- Mapa 9. Demanda del servicio de agua potable
- Mapa 10. Cobertura del servicio de agua potable
- Mapa 11. Síntesis

INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico, es de gran importancia para los seres humanos porque es vital para el desarrollo de sus actividades, motivo por el cual, el servicio de abastecimiento de agua potable, requiere ser planificado y controlado para así lograr su eficaz funcionamiento y por ende, un suministro eficiente.

Ahora bien, el Distrito Metropolitano de Caracas es un espacio geográfico donde es evidente la necesidad de proponer estrategias que mejoren el servicio de abastecimiento de agua potable, porque presenta problema de escasez que afecta el futuro de dicho abastecimiento. Dicho problema, es causado, entre otros aspectos, por la contaminación de sus fuentes, que además, se encuentran lejanas a su entorno; la ineficiencia institucional, porque no se aplican medidas para evitar las pérdidas del recurso por roturas o filtraciones de tuberías; la vulnerabilidad del servicio al cambio climático, lo que puede ocasionar el aumento de las temperaturas, y por ende, el descenso de las precipitaciones, esto, influye en la disminución del almacenamiento del agua; el crecimiento de los asentamientos humanos acelerados y no controlados, mayormente, en zonas de altas pendientes, que trae consigo el aumento de la demanda del servicio no prevista, es decir, no planificada por el organismo encargado en el suministro del mismo, además, de los altos costos de inversión y energía eléctrica para transportar el agua desde las zonas bajas hasta las altas.

Por lo anteriormente planteado, esta investigación tiene como objetivo general, formular estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable en el área en estudio, basadas en el plan nacional de gestión integral de los recursos hídricos, las cuales se elaboraron, una vez aplicado el método matriz geográfica, donde se relacionaron todas las variables estudiadas (geomorfología, pendiente, clima, hidrografía, población, oferta y demanda del servicio de agua potable), para así obtener una síntesis, que permitió conocer la unidad espacial (municipio) con mayor problema de escasez del servicio y por ende, la prioridad de ejecución de dichas estrategias; todo esto, con la finalidad que la población tenga una cobertura espacial eficiente y continua del mismo y así mejorar su calidad de vida.

Para alcanzar el objetivo planteado, el presente Trabajo de Grado está estructurado en seis capítulos, desarrollados de una manera jerárquica para así lograr la comprensión del lector, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I: aborda todo lo relacionado con el problema de investigación, tales como: planteamiento y formulación del problema, objetivos (general y específicos), y justificación de la investigación.

Capítulo II: se expone todo lo referente al marco teórico o referencial de la investigación, específicamente las bases teóricas relacionadas con el sistema de abastecimiento de agua potable.

Capítulo III: consta del marco metodológico desarrollado para la elaboración de esta investigación, donde se describen el tipo y diseño de la misma, los métodos y las diversas etapas que se llevaron a cabo para lograr los objetivos propuestos.

Capítulo IV: se establece la relación entre las características físico-naturales con el sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas con la finalidad de conocer sus potencialidades y restricciones.

Capítulo V: corresponde al análisis de la distribución de la población y su relación con la cobertura actual del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.

Capítulo VI: se realiza la aplicación del método matriz geográfica, donde se obtuvo la síntesis al relacionar las variables en estudio, para así proponer las estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.

An aerial photograph of a coastal city, likely San Francisco, showing a large bay with a bridge in the distance. The foreground features a road and some greenery. The text is overlaid on the image.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.- Planteamiento y formulación del problema

El planeta tierra cuenta aproximadamente con las dos terceras partes de su superficie, de agua, pero no toda es potable, sólo el 3% es dulce, la mayor de ella se encuentra en regiones polares, glaciares y picos nevados en forma congelada; y menos del 1% de la cantidad disponible, es destinada para usos humanos, de la cual, gran parte de las reservas de esta última están contaminadas por el desarrollo de las actividades humanas, lo que trae como consecuencia que uno de cada cuatro habitantes del planeta no tenga acceso al agua potable, a pesar de ser un líquido vital en sus vidas y para el desarrollo de sus actividades (UNESCO, 2008; Glynn y Heinke, 1999).

Venezuela, después de Brasil, cuenta con la mayor reserva hídrica de Latinoamérica, debido a sus caudalosos ríos (Palmitesta, 2003). Además de contar con 106 embalses, de los cuales 71, que representan el 67%, fueron construidos para el consumo humano (MARN, 2006). Es por esto, que en el país se podría cubrir sin limitaciones, la demanda poblacional en cuanto al servicio de agua potable. Sin embargo, se evidencia escasez del mismo, ya que sólo el 87% de la población venezolana está cubierta (González, 2000). Por lo que, la población debe almacenarlo para así satisfacer sus necesidades, lo que mayormente, trae como consecuencia, la

generación de vectores que ocasionan enfermedades, debido principalmente, al mal uso de la técnica de almacenamiento (Palmitesta, 2003).

Asimismo, en el territorio nacional, la mayor concentración de la población (94%) se emplaza al norte del Orinoco, donde drenan el 15% de las aguas superficiales; mientras que, el 6% restante de la población venezolana habita al sur del Orinoco donde drenan el 85% de las aguas superficiales (MARN, 2006; INE 2001). Es decir, que en el país, la población está concentrada donde el recurso hídrico es escaso, lo que ocasiona que la demanda del servicio de abastecimiento de agua potable supere la oferta del mismo; motivo por el cual, dicho servicio debe planificarse de manera minuciosa, para así garantizarle un suministro eficiente y continuo a la población.

Entre otras causas, que originan la problemática de escasez del servicio de agua potable en el país, están: el agotamiento y contaminación de las fuentes de abastecimiento, originadas por los procesos de urbanización e industrialización acelerada y sin una adecuada planificación (González, 2000); los altos costos de captación y conducción del agua, en su mayoría el agua es captada en fuentes lejanas al lugar de consumo; la ineficiencia institucional, las empresas hidrológicas regionales, mayormente, no evitan las pérdidas de agua, no contabilizadas por fugas en la red de distribución (rupturas o filtraciones en tuberías) que llegan al 30% (5,4 m³/seg.), las cuales no son utilizadas sino que pasan a formar parte de las aguas

servidas (AIPOP, s.f.; Martínez, 2000); el recurso no se recicla, las aguas residuales de origen doméstico y comercial se descargan en los cuerpos de agua, sin ningún tratamiento previo (MARN, PNUD Y GEF, 2005); los sistemas de facturación y cobranza son deficientes, las tarifas por el servicio generalmente no cubren los costos del suministro; existe poca conciencia ciudadana sobre la convivencia con los recursos naturales (Mac-Quhae, s.f.).

Además, de las causas anteriormente expuestas, se encuentra la vulnerabilidad del servicio de abastecimiento de agua potable al cambio climático en Venezuela; el elemento de variabilidad climática con mayor incidencia en los elementos climáticos (precipitación y temperatura) es el ENOS, que consta de dos fenómenos, La Niña y El Niño. El primero, produce enfriamiento (las temperaturas disminuyen y aumentan las precipitaciones). El segundo, origina calentamiento (aumenta de temperatura, déficit pluviométrico, por lo que, produce época de sequías más fuerte de lo normal). En 1997-1998 y 2001 a 2003 se evidenciaron períodos de sequía, el último afectó a los embalses del norte del país, específicamente a los que surten de agua a Caracas, lo que produjo racionamientos en el servicio, que tardó más de 3 años para poder estabilizar el nivel normal de los mismos (MARN, PNUD Y GEF, 2005).

Igualmente, el crecimiento de asentamientos humanos no controlados, es decir de forma anárquica, sin planificación, mayormente en zonas de altas pendientes trae como consecuencia el aumento de la demanda del servicio y complejidad en el

sistema de bombeo, por los grandes desniveles que complican el bombeo de agua, una parada violenta, producto de interrupciones del servicio eléctrico, puede producir fracturas de tuberías y daños en las bombas o en los motores (Duran y Torres, 2002; AIPOP, s.f.).

También, la ocupación humana y de sus actividades dentro de una cuenca (unidad territorial del recurso hídrico) con embalses, tiende a generar riesgos de deterioro de los mismos y contaminación del agua almacenada, lo que tiene una incidencia significativa en la calidad de las aguas y en la capacidad de almacenamiento (Flores y Domínguez, s.f.).

Aunado a lo anterior, en las ciudades venezolanas, existe inequidad en el suministro del servicio, porque en las zonas planificadas, cada persona consume hasta 500 litros al día, es decir, duplica lo estimado (250 litros diarios, según INOS, 1968), mientras que, el volumen utilizado por las familias que habitan en zonas no planificadas, para todos sus usos se encuentra entre 20 y 50 litros por persona (Palmitesta, 2003).

En el Distrito Metropolitano de Caracas, integrado por los municipios Libertador (Distrito Capital), Sucre, Chacao, Baruta y El Hatillo (estado Miranda), se evidencia, esta realidad, porque existen causantes que afectan el futuro del servicio de abastecimiento de agua potable, tales como: la contaminación y lejanía de sus

fuentes, la ineficiencia institucional, el crecimiento acelerado y sin planificación de los asentamientos humanos, tomas ilegales al sistema, la falta de conciencia de la población con respecto al uso del recurso (uso irracional del recurso), etc., que afectan el suministro óptimo de dicho servicio.

Es importante señalar, que el acueducto metropolitano, para los años 60' contaba con cinco embalses principales que facilitaban el abastecimiento, lo que se traducía para el momento en 7.100 l/s, distribuido a través del sistema Tuy I. Para los años 80' existió un crecimiento poblacional y de actividades conexas que trajo un incremento en la demanda del servicio de agua y por lo que se ejecutaron mejoras al sistema de distribución, con la incorporación de los sistemas Tuy II y Tuy III, así como la puesta en servicio de seis embalses más, lo que permitió incrementar el aporte de todas las fuentes de agua a 16.800 l/s., aumento que no fue solo para el consumo del área en estudio, sino también de las áreas vecinas. Con las modificaciones anteriores, se cubrió la demanda total del servicio hasta mediados de los años 90', pero, a partir de ese momento comienza un crecimiento acelerado de la población, lo que generan situaciones problemáticas para el abastecimiento del servicio (De Lisio, 2001).

En síntesis, el sistema de abastecimiento del agua potable, carecía de un plan para dirigir la evolución de la ciudad de Caracas; por lo que, el mismo, fue producto del crecimiento poblacional, es decir, iba apareciendo a medida que la población

aumentaba y consigo la demanda del servicio, (Marcano, 1993). En otras palabras, la expansión urbana de la ciudad, se originó de forma acelerada y descontrolada, lo que afectó el funcionamiento del sistema de abastecimiento del servicio. Además, la disponibilidad de las fuentes hídricas para satisfacer la demanda del mismo provienen de otras entidades (estados Miranda y Guárico), por lo que requiere un complejo sistema de bombeo, alimentadores, estanques de almacenamientos, entre otros, y a su vez gran cantidad de energía eléctrica para transporta el agua (Guilarte, 1994).

Actualmente, el Distrito Metropolitano de Caracas recibe el suministro de agua potable de diferentes embalses interconectados por un sistema de tuberías y estaciones de bombeo (Sistemas Tuy). La infraestructura hidráulica con la que cuenta el área en estudio es la siguiente: 9 embalses: Lagartijo, Camatagua, Taguaza, La Mariposa, La Pereza, Ocumarito, Quebrada Seca, Taguacita y Macarao (los últimos 6 son embalses compensatorios), algunos están ubicados en zonas con alto grado de impacto humano, y se ha reflejado en la disminución de sus volúmenes; 14 plantas de tratamiento entre las que destacan Caujarito, La Mariposa y La Guairita y 147 estaciones de bombeo encargadas de transferir el agua. Cabe acotar que, los mayores aportes de agua al acueducto metropolitano provienen de las cuencas de los ríos Guárico y Tuy y presentan un aporte anual del 8,17% y 6,70% (4.689 y 3.847 $m^3 \cdot 10^6$) respectivamente (Hidrocapital, 2009).

Sin embargo, al contrastar para el año 2001, la demanda (2.133.020 m³/d) y la oferta (1.555.200 m³/d) del servicio de agua potable en el área en estudio se evidencia, un déficit de 577.820 m³/d (MARN e HIDROVEN, 2001). Ante esta situación y debido al crecimiento poblacional, los habitantes buscan solventar el problema, incorporándose al sistema por medio de tomas ilegales, que traen pérdidas económicas y de agua ya potabilizada; por ende, afectan el funcionamiento del sistema de abastecimiento por daños a la red (INDIA, 2005).

En resumen, el abastecimiento de agua para una ciudad tiende a modificarse a medida que aumenta la demanda del recurso. Cuando el crecimiento poblacional se realiza de manera no planificada se hace complejo el funcionamiento, operación, y mantenimiento del sistema; lo que genera situaciones problemáticas en torno a aspectos vinculados a la ingeniería hidráulica (adecuación del sistema de abastecimiento de agua a los nuevos requerimientos); sociales (demanda creciente, problemas en la salubridad pública, falta de participación activa de la población en la resolución de los problemas presentes); económicos (altos costos del funcionamiento, inversión, mantenimiento y baja recaudación); y físico-ambiental (aumento de las demandas en las fuentes existentes y la búsqueda de fuentes alternativas para el abastecimiento, mayor generación de aguas residuales no controladas ni tratadas) (Brito, 2006).

En este orden de ideas, se deben proponer estrategias para así asegurar la estabilidad del servicio para la población actual y futura bajo un equilibrio integral, tal y como se ha realizado en otros países, como es el caso de Colombia, específicamente en el municipio de Guapi, Departamento del Cauca, donde, a través del apoyo técnico, material, institucional y humanitario se han implementado acciones como la construcción de estructuras para la instalación de tanques de recolección y tratamiento de agua y filtros para la potabilización de agua con la finalidad de garantizarle a la población un óptimo servicio de abastecimiento de agua potable, tanto en calidad como en cantidad (Fundación Futuro con Amor para Colombia, s.f.).

En base a todo lo anteriormente expuesto, y a la carencia de formulación, aplicación y/o ejecución de estrategias que coadyuven a que en el área en estudio exista un suministro eficiente del servicio de abastecimiento de agua potable, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles serían las estrategias que permitirían optimizar el servicio de abastecimiento del agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas?

1.2.- Objetivos de la investigación

1.2.1.- Objetivo general

Formular estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.

1.2.2.- Objetivos específicos

- 1.- Identificar la distribución de la red del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas con la finalidad de conocer sus potencialidades y restricciones.

- 2.- Analizar la distribución de la población y su relación con la cobertura actual del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.

- 3.- Proponer estrategias que mejoren el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.

1.3.- Justificación de la investigación

El Geógrafo debería ser el profesional principal en el equipo multidisciplinario para la ordenación el territorio, debido a su visión integral del espacio, la cual le suministra la capacidad de analizarlo de manera objetiva. Es por esto, que el geógrafo como integrante de la dinámica espacial, no puede ser indiferente ante los diversos acontecimientos de índole territorial, como la expansión urbana y el aprovechamiento de los recursos naturales, sin aportar posibles soluciones a los diferentes problemas que se derivan de dichos sucesos; siendo la planificación el medio de gestión, bajo los lineamientos generales de la política de ordenamiento territorial (Guilarte, 1994); proceso que consta, principalmente de tres fases: diagnóstico y análisis espacial, planificación y gestión de los recursos en estrecha relación con las actividades realizadas por el hombre en el medio, a los efectos de definir y aplicar las estrategias que permitan el adecuado aprovechamiento, restauración y conservación de los mismos bajo un desarrollo sustentable (Gómez, 1994; Recalde y Zapata, s.f.).

Ahora bien, el recurso hídrico es uno de los más importante para la vida, porque todas las actividades humanas están relacionadas con el agua, es decir, es un factor indispensable para su desarrollo y para mejorar la calidad de vida de la población.

Sin embargo, actualmente, en el Distrito Metropolitano de Caracas, existen diversos aspectos que inciden en la optimización del servicio de abastecimiento del agua potable, tal como: el cambio climático y los fenómenos que se han acarreado producto del mismo (períodos de sequías que intensifican los problemas de abastecimiento de agua potable); la explotación o uso indebido del recurso, pareciera que el mismo se va haciendo finito en el tiempo; y la falta de conciencia de la población va desligada de un aprovechamiento sustentable del recurso.

Asimismo, la falta de estrategias y políticas que permitan enfrentar problemas como los que se han originado en Venezuela, causados principalmente, por la afectación del cambio climático y por los asentamientos humanos cercano a las cuencas altas de los ríos que abastecen los principales embalses; y a su vez, permitiría proteger el recurso de los efectos adversos. Situación que se evidencia en el área en estudio, además, que la mayor parte del agua potable que se consume en esta ciudad no proviene de la misma, así como la falta de mantenimiento de los sistemas de interconexión, se hace necesario formular estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable y así coadyuven a mejorar la prestación del mismo, porque de no hacerlo, se podría originar una crisis del recurso, el cual será muy compleja y difícil de solucionar, ya que requerirá de mucho tiempo para equilibrar la situación.

An aerial photograph of a large stadium, likely the Estadio Nacional in Lima, Peru. The stadium has a prominent red roof and is surrounded by a large crowd of people. The surrounding area is a mix of greenery and urban development.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

II. MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se presentan y describen las teorías e investigaciones relacionadas al servicio de agua potable, las cuales permiten el desarrollo de esta investigación.

2.1.- Bases teóricas

Los recursos naturales deben ser aprovechados de una manera sustentable, con la finalidad de resguardarlos para las generaciones futuras. En cuanto al recurso hídrico, no existe desarrollo sustentable, sino existe el agua porque todas las actividades humanas están relacionados con ella, por lo tanto, es un factor indispensable para el desarrollo, además, su disponibilidad origina una mejor calidad de vida (Cañizalez, et al, 2006).

Ahora bien, para que exista el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos, es necesario, el manejo integrado de los mismos, debido, a que es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua de una manera sostenible y con efectividad de costos con el fin de maximizar el bienestar social (Asociación Mundial para el Agua (GWP) y Comité de Consejo Técnico (TAC), s.f.).

Para lograr el manejo integral de los recursos hídricos, se requiere tener una visión desde la misma perspectiva (integral), referido en este caso, al agua potable; la cual no sólo considera la prestación del servicio como tal; sino también la zona productora del recurso y las implicaciones sobre la fuente receptora, una vez que ésta haya sido usada; teniendo en cuenta, la integración de los diferentes actores sociales y enfocado a que el recurso debe ser considerado como un bien social, económico, vulnerable y finito (Gómez, et al, s.f.). En este sentido, el agua debe ser administrada bajo una visión de conservación, con el fin de no causar daños a su capacidad y calidad de producción y así, no afectaría su utilización en el futuro (Arias, et al, 1983).

Por lo anteriormente expuesto, el recurso hídrico requiere de planificación, una de las etapas de ordenación territorial, proceso en el cual puede considerarse diferentes metodologías, pero, básicamente contienen tres momentos en su proceso de gestión: el análisis y diagnóstico, que aborda y define la realidad de la región; la planificación, que propone la adecuación de las actividades conforme la capacidad del territorio y objetivos definidos, es decir, se plantean las estrategias; y la gestión, donde se ejecutan y aplican las propuestas (Recalde y Zapata, s.f.).

Ahora bien, la planificación es un proceso que consta de fases continuas (definición de objetivos, diagnóstico, prospectiva, la selección de instrumentos para alcanzar los objetivos y definición de mecanismos para implementar y revisar lo

planificado), interactivas en la práctica para la toma de decisiones en torno al mantenimiento y/o transformación de una realidad, considerando para ello, la distribución de recursos (monetarios, humanos, culturales y naturales) y el cumplimiento de algunos requisitos, como lo son: la minimización de costos, la maximización de beneficios y el mantenimiento de equilibrios dinámicos entre las fuerzas sociales que poseen los recursos, desean poseerlos o se ven afectados por el uso de los mismos, todo esto, con la finalidad de disminuir los conflictos y así lograr que la sociedad funcione de manera armónica (Castellano, 2010).

Asimismo, la planificación implanta un medio de estructuración coherente, dirigida al establecimiento del espacio geográfico con el mayor aprovechamiento de los recursos, lo que genera menor impacto, con la premisa de asegurar la continuidad de este aprovechamiento, no sólo en la actualidad, sino de forma similar en el futuro, mejora paulatinamente las formas de monitoreo, aprovechamiento, distribución, ingresos y gastos que se obtienen de los recursos naturales, y así alcanzan la optimización (Delgado, et al, 1990). Dicha optimización, puede obtenerse mediante la implementación de estrategias, que pueden ser, el desarrollo y aplicación de técnicas, tales como: planes o líneas de acción para alcanzar los objetivos planteados (Molins, 1998).

En resumen, la planificación, es la concepción y formulación de objetivos, políticas y estrategias, lo que establece los medios necesarios para la coordinación y

control de ejecución de planes, programas y proyectos para obtener un desarrollo armónico y equilibrado entre los diversos actores de la actividad económica y social, así como entre las distintas regiones del país (Castellano, 2010).

Dentro de la planificación del espacio geográfico, se encuentra la planificación de los servicios básicos públicos, considerados como actividades, entidades u órganos públicos o privados con personalidad jurídica, creados con la finalidad de satisfacer las necesidades de la población, mediante obras de infraestructuras (Melgen, s.f.). En esta temática, se consideran dos conceptos de gran importancia para saber la eficiencia del servicio, los cuales son: la oferta (disponibilidad), y la demanda (requerimiento).

Ejemplo de uno de los servicios básicos públicos, es el abastecimiento de agua potable a la población, el cual, no es más, que un servicio público, específicamente domiciliario; que se define como la distribución de agua apta para el consumo humano. En otras palabras, es la entrega de agua a los suscriptores o usuarios mediante la utilización de tuberías de agua, incluida su conexión y medición, así como los procesos asociados de captación, conducción, almacenamiento y potabilización (Asamblea de la República Bolivariana de Venezuela, 2001). En resumen, el agua es entregada a los usuarios, mediante un sistema, que comprende un conjunto de elementos relacionados entre sí, de manera, que un cambio en el estado

de cualquiera de ellos altera el resto de los elementos, transformando al todo el conjunto (Schaefer, 1975).

El sistema de abastecimiento de agua potable es un sistema social, porque se basa en las acciones recíprocas y relaciones interdependientes de los miembros de una población. Es decir, que este tipo de sistema, se considera social, porque incluye personas y cosas, donde se relacionan los elementos físicos (fuente de abastecimiento, obras de captación, la aducción y el equipo de tratamiento, depósito regulador, línea matriz, red de distribución y acometida domiciliaria) y los elementos sociales (usuarios, operadores, responsables e inspectores) (*Op. cit.*, 1975).

Es importante señalar, que el sistema de abastecimiento de agua potable, dependerá de las posibilidades, que tengan los recursos de producirse y deshacerse residuos con eficacia, así como, de su capacidad para controlar las pérdidas de calidad que afectan a su funcionamiento. Esto depende, a su vez, de la configuración y el comportamiento de las personas que organizan, mantienen y participan en dichos sistemas (Brito, 2006).

Asimismo, uno de los aspectos principales, para lograr la sostenibilidad de los sistemas de agua está asociado con la identificación, evaluación y valoración de los riesgos, deficiencias y limitaciones que afectan el adecuado funcionamiento y aprovechamiento por parte de los usuarios, para que se establezcan y ejecuten las

acciones de mejoramiento requeridas para asegurar la calidad del servicio en su conjunto (Asociación Mundial para el Agua (GWP) y Comité de Consejo Técnico (TAC), s.f.).

En síntesis, el sistema de abastecimiento de agua potable, es aquel que permite, que llegue el agua a las viviendas de los habitantes de alguna localidad, es decir, se traslade desde el lugar de captación al punto de consumo, en condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad; debido a, que este servicio es indispensable para las comunidades tengan una buena calidad de vida y funcionamiento de sus actividades, satisfaciendo así, sus necesidades (Jiménez, s.f.). A continuación se describen los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable según su fuente de abastecimiento (Figura 1 y Diagrama 1) (Guilarte, 1994):

1.- Fuentes de abastecimiento: son los recursos hídricos disponibles para la explotación, básicamente permanentes y suficientes, pudiendo ser superficiales o subterráneas, suministrando el agua por gravedad o bombeo. La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto, debe estar lo suficientemente protegida y cumplir dos propósitos fundamentales: 1.- Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado; y 2.-

Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma (Heredia, 2008). Es decir, que el abastecimiento del agua potable a la población urbana puede realizarse a través de fuente de aguas superficiales y/o subterráneas, donde, sin importar, cuál sea la fuente de abastecimiento, es importante evaluar las características de las mismas con la finalidad de establecer las formas de aprovechamiento (Guilarte, 1994).

1.1.- Fuentes de aguas superficiales: son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Pueden ser corrientes que se mueven en una misma dirección y circulan continuamente (ríos y quebradas) o estancadas (lagos y lagunas).

1.2.- Fuentes de aguas subterráneas: es el resultado de la infiltración de la precipitación en el suelo, sin embargo, no todas las aguas que se infiltran pasan a ser subterráneas ni pueden ser aprovechadas. Dentro de las aguas subterráneas se tienen los pozos, manantiales, acequias, aljibes, galerías, etc.

2.- Obras de captación: son obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial y/o subterránea de las fuentes de abastecimiento, es decir, estructuras colocadas directamente en las fuentes, a fin de captar el recurso y conducirlo a la línea de aducción (Valdez, 1994). Dependiendo del origen

de la fuente de abastecimiento se tienen dichas obras, tal como se menciona:

2.1.- Para aguas superficiales: en este tipo de fuente se encuentran: embalse, presa y dique, el primero, se define como grandes depósitos artificiales de agua, por lo general cierra un valle mediante un dique o presa en el que se almacenan las aguas de un río, produciendo grandes reservas de agua para su utilización como fuente de energía o para el riego y suministro de agua potable. La segunda, es una barrera fabricada con piedra, hormigón o materiales sueltos, que se construye en la cuenca de los ríos con la finalidad de embalsar el agua para su posterior aprovechamiento (abastecimiento de agua a poblaciones, regulación general de la corriente del río, aprovechamiento industrial de su energía, hacer navegables ciertos canales o tramos de río y defender de los daños producidos por las crecidas e inundaciones, entre otros). Por último, el dique, es un terraplén natural o artificial, paralelo al curso de un río.

2.2.- Para aguas subterráneas: en este tipo de fuente se encuentran: acequia, aljibe, galería, pozo y manantial. La primera, es un canal por donde se conducen las aguas para regar. La segunda, es un depósito, mayormente subterráneo destinado a almacenar agua potable, procedente de la lluvia, recogida de los tejados de las casas o de las acogidas, conducida mediante canalizaciones. La tercera, es una estructura aproximadamente horizontal o ligeramente inclinada, es construida para

alcanzar un acuífero con la finalidad de captar las aguas subterráneas. El pozo, es una perforación desde la superficie hasta el acuífero, construido con la finalidad de extraer el agua del acuífero mediante una bomba y un sistema de tuberías. Por último, el manantial, fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas, puede ser permanente o temporal, la cual se origina por la infiltración del agua precipitada, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable.

3.- Sistema de producción: este sistema está constituido por las estaciones de bombeo, plantas de tratamiento y aducción, el cual tiene como función bombear, potabilizar y conducir el agua captada a los sistemas de distribución (Hidrocapital, s.f.).

3.1.- Para aguas superficiales: en este tipo de fuente se encuentran: estaciones de bombeo (toman el agua directa o indirectamente de las fuentes y la eleva a las plantas de tratamiento); embalses compensadores (depósitos artificiales reguladores de agua destinado a almacenar parte de los volúmenes requeridos por la población a fin de garantizar su entrega de manera continua y permanente. Además tiene como objetivo garantizar las presiones requeridas en los aparatos sanitarios de las viviendas); plantas de tratamiento (conjunto de estructuras destinadas a dotar el agua de la fuente de la calidad necesaria para el consumo humano, es decir

potabilizarla); y aducción (tubería que conduce agua desde la obra de captación hasta el estanque de almacenamiento, debe satisfacer condiciones de servicio para el día de máximo consumo, lo que garantiza la eficiencia del sistema).

3.2.- Para aguas subterráneas: en este tipo de fuente se encuentra el sistema de bombeo.

4.- Sistema de distribución: medio de transporte para conducir el agua, después de ser potabilizada, a la población con el fin de abastecerla de manera eficiente (Arocha, 1980).

4.1.- Para aguas superficiales: en este tipo de fuente se encuentran: alimentadores (tubería que conduce el agua hacia los estanques de almacenamiento, bien sea por gravedad o por bombeo); estaciones de rebombeo; estanques de almacenamiento (regulan las variaciones de consumo, mantienen las presiones requeridas por el servicio para la red de distribución y mantiene almacenada la cantidad de agua necesaria para satisfacer las demandas y atender situaciones de emergencias); red de distribución (conjunto de tuberías y accesorios destinados a conducir las aguas a todos y cada una de los usuarios a través de las calles) y niveles de distribución (tramo de tubería que conduce las aguas desde la red de distribución hasta el interior de la vivienda. En este tramo de tubería se colocan los contadores o medidores que son equipos destinados a medir la

cantidad de agua que utiliza cada usuario y esta puede ser medida volumétricamente o por el caudal).

4.2.- Para aguas subterráneas: en este tipo de fuente se encuentra la red de distribución.

5.- Uso del agua: Indiferentemente del tipo de fuente de abastecimiento el servicio puede ser demandado para la agricultura, abastecimiento de la población, industrias y comercios, etc. (Guilarte, 1994).

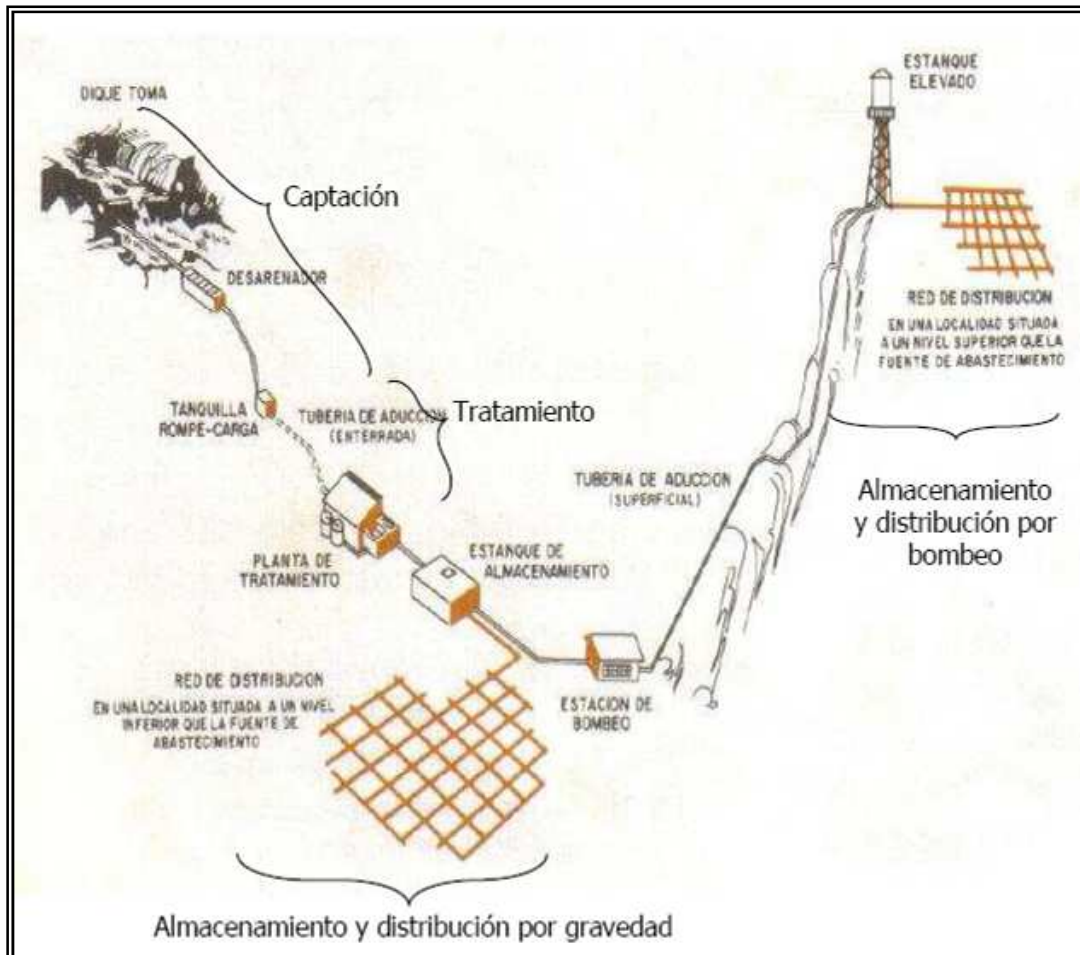
En resumen, los componentes generales de un sistema de abastecimiento de agua potable son: las fuentes de abastecimiento, las obras de captación, los sistemas de producción y los sistemas de distribución, dependiendo su fuente cada uno de ellos tienen sus elementos en específico (Diagrama y Figura 1). En un sistema, donde la fuente de abastecimiento es superficial (ríos, quebradas y lagos), el recurso hídrico es retenido, captado y conducido por los embalses, presas y diques (obras de captación), el cual es enviado a los sistemas de producción (estaciones de bombeo, embalses compensadores y plantas de tratamiento) para bombear el agua a las plantas de tratamiento y así ser potabilizada, porque para ser consumida necesita que cumpla con algunos parámetros físico-químicos; por último, es conducida a los sistemas de distribución (alimentadores, estaciones de rebombeo, estanques de almacenamiento, red de distribución y niveles de distribución), aquí, primero llega a los alimentadores, luego es transportada a los estanques de almacenamiento, y finalmente, es llevada a

través de tuberías, a la red de distribución, la cual su forma y tipo dependen de las características topográficas, la vialidad, y la ubicación de las fuentes de abastecimiento con respecto a la localización de la población; en función de esto, dicha red se divide en niveles de suministro, establecidos con relación a la altitud donde se emplaza la población, las estaciones de bombeo y los estanques, con la finalidad de definir círculos cerrados de abastecimiento interconectados por tuberías.

Cuando, en un sistema, la fuente de abastecimiento es subterránea (acuíferos), el agua se capta a través de varios tipos de infraestructuras (obras de captación), tales como: galerías, manantiales, aljibes, acequías y pozos, donde el último, es el que generalmente se utiliza. Luego que el agua es captada, se extrae mediante una bomba (sistema de producción); posteriormente es conducida por un sistema de tuberías (sistema de distribución), almacenada y tratada para ser utilizada.

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable es muy importante; porque permite conocer los caudales y las presiones que ocurren en las tuberías de conducción y distribución del agua potable a la población. De esta manera, se puede analizar y cuantificar el funcionamiento del sistema integrado por cámaras de captación, tuberías de conducción, reservorios, tuberías de distribución y válvulas que forman parte del sistema de abastecimiento de agua potable (Velasco, 2006).

Figura 1. Componentes generales de un sistema de abastecimiento de agua potable



Fuente: Arocha, 1980.

Es importante señalar, que el abastecimiento de agua potable a la comunidad, está influenciado por tres factores básicos: cantidad, calidad y emplazamiento. La cantidad, se define como la mínima que necesita la comunidad para satisfacer sus necesidades, debido a, que si el suministro es inferior a la misma se producen restricciones que afectan de forma negativa al desarrollo de las actividades humanas.

La Calidad, segundo factor básico, se considera como aquella necesaria para servir a los usos para los que ha sido previsto, con garantías de eficacia. Por último, el emplazamiento, que no es más que llevar el agua a su punto de consumo (Franco, 2008).

Ahora bien, es importante definir, la oferta y la demanda, en relación a este servicio. La primera, volúmenes de agua potable disponible para el centro de consumo, en cuanto a la cantidad y calidad requerida, la cual está determinada por la capacidad máxima de las instalaciones que componen el sistema de abastecimiento. La segunda, cantidad de agua promedio que los usuarios del sistema, pretenden utilizar de acuerdo a sus usos y costumbres. De no existir limitaciones técnicas ni administrativas en el servicio, el consumo y la demanda deberían ser iguales para la misma fecha (INOS, 1985).

De igual manera, es necesario acotar, información referente a los métodos y/o herramientas empleados para la formulación de estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable, tal como: el Sistema de Información Geográfica (SIG) y la matriz geográfica, los cuales se detallan a continuación:

- 1.- El Sistema de Información Geográfica (SIG):** conjunto de herramientas que permiten almacenar, recuperar, transformar, desplegar, etc., datos espaciales del mundo real espacialmente referenciados, los cuales ayudan

en la toma de decisiones. Uno de los procesos más usado es la superposición de mapas, definida como un procedimiento simple, donde se combinan dos o más coberturas temáticas y cuyo resultado es una nueva cobertura temática compuesta, lo cual permite la generación de un mapa síntesis (Bosque, 1992). Los Sistemas de Información Geográfica comprenden 5 componentes, como los son: hardware, equipo de computación donde opera el sistema de información geográfica; software, programas, donde se encuentran las funciones y las herramientas que se requieren para generar, almacenar, analizar y desplegar información geográfica; datos, componentes más importantes del SIG, son geográficos y tabulares relacionados, pueden recopilarse en diversas fuentes: organismo, campo, empresas privadas, etc.); personas, especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema; y métodos, modelos de las actividades propias de cada organización (SQUADRA, Consultores Asociados, s.f.).

2.- La Matriz Geográfica: método de dominio matemático considerado como tabla de doble entrada. En la matriz propuesta por Berry, las columnas son las unidades espaciales y las filas son las variables, esta forma de ordenar los datos, difiere del tratamiento matricial tradicional. Dangermond en 1983 adaptó el esquema de Berry, reorganizando la información en la matriz (variables y/o atributos en columnas y unidades espaciales en las filas), la cual permite conocer los atributos y localización espacial de un

objeto, y a su vez, se pueden deducir relaciones espaciales existentes entre diferentes objetos (Buzai, et al, s.f.).

2.2.- Antecedentes de la investigación

En Venezuela, se han realizado diversas investigaciones de gran importancia, referentes al servicio de abastecimiento de agua potable y su gestión, entre ellas, se encuentran:

COMISIÓN DEL PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS (COPLANARH) (1972), publicó el plan nacional de aprovechamiento de los recursos hidráulicos, donde se plantearon un conjunto de estrategias, con la finalidad de proteger las aguas de los efectos adversos, producidos por las actividades antrópicas en las áreas urbanas y rurales, y a su vez, garantizar los caudales para otros destinos. Además, de controlar el aprovechamiento racional de los recursos hidráulicos.

MARCANO, F. (1993), realizó un estudio que denominó “la crisis del agua en Caracas: elementos para el análisis de la política urbana”, donde planteó la problemática del agua potable y del saneamiento en Caracas, considerando los factores urbanos, sociales, políticos; además, de la relación entre el Estado y los actores sociales que explican la crisis del servicio para el momento.

GONZÁLEZ, A. (2000), elaboró el informe nacional sobre la gestión del agua en Venezuela, donde hizo un diagnóstico general del país, y luego detallado del manejo integral de los recursos hídricos con el que formuló el análisis prospectivo con la finalidad de tener una idea de la situación futura de dichos recursos.

CAÑIZALES, A., PEÑUELA, S., DÍAZ, D. y OTROS, (2006), realizaron el proyecto de gestión integrada de los recursos hídricos en Venezuela, con el objetivo de tener una visión del sector, basada en la opinión de expertos, el cual fue presentado en el IV Foro Mundial del Agua en México.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (2006). Elaboró y publicó el libro denominado “recursos hídricos de Venezuela”, herramienta para responder a los principios de conservación de los recursos naturales y calidad de vida de la población, expresados en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

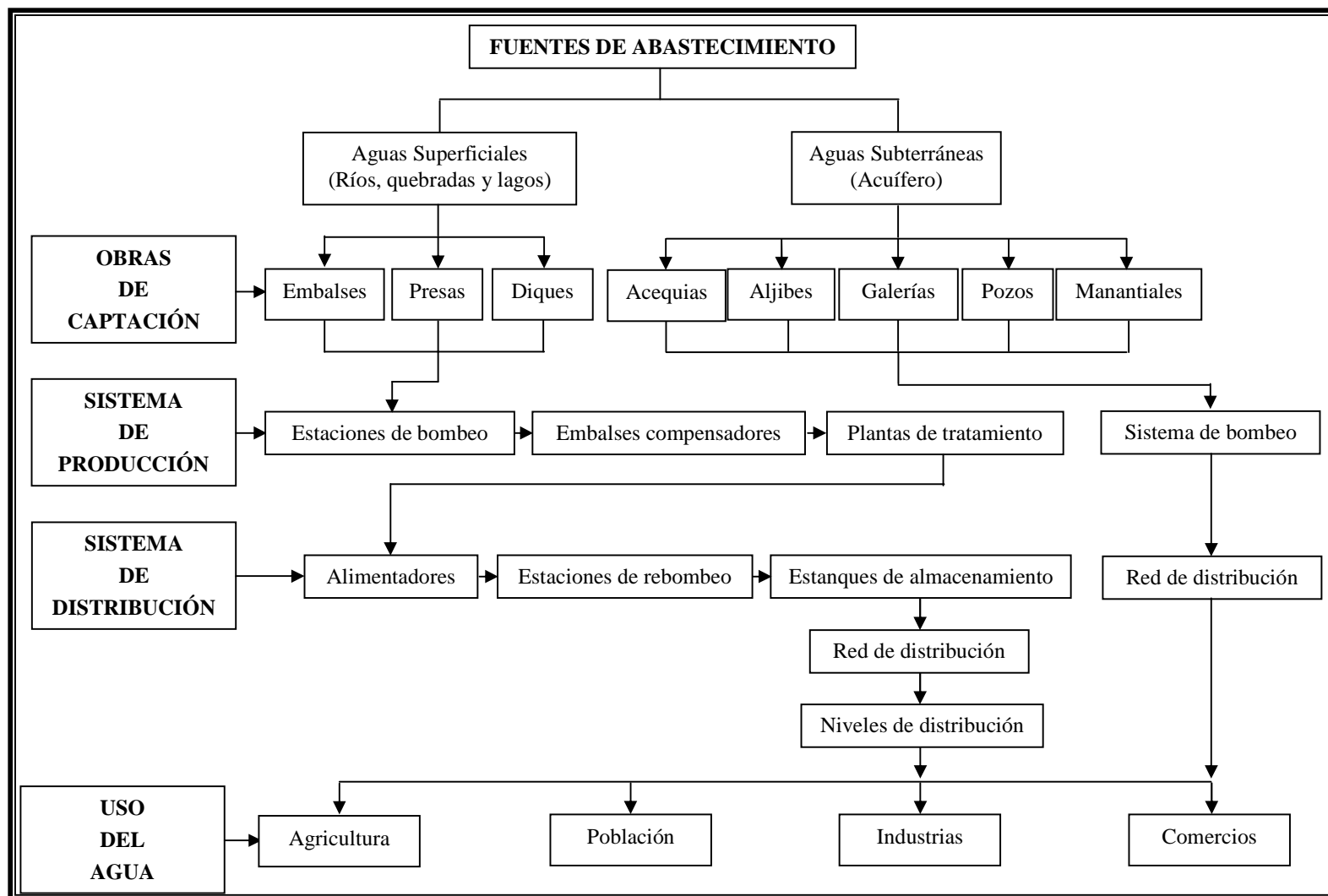
LEÓN, J. y PORTILLO, A. (2008) Marco jurídico regulador de la cogestión del recurso agua en Venezuela, los autores, realizaron una revisión y análisis del marco jurídico que regula al recurso hídrico en Venezuela, donde concluyeron que, tanto los aspectos a tomar en cuenta como los actores que deben participar en la gestión del mismo, están definidos, por lo que si se cumple lo establecido en las leyes, el acceso al agua para toda la población de Venezuela podrá ser una realidad tangible.

HIDROVEN, (s.f.). Plan nacional de gestión integral de los recursos hídricos, está caracterizado por un conjunto de aspectos políticos que forman parte de la nueva geopolítica nacional, donde se plantearon políticas basadas en las estrategias del plan de desarrollo de la nación 2007-2013, ajustadas al sector de los recursos hídricos, entre ellas: ordenar el territorio asegurando la base de la sustentación ecológica, mejorar el hábitat de los principales centros urbanos, conservar y preservar ambientes naturales y generar alternativas ante la explotación de los recursos no renovables.

Ahora bien, las investigaciones, anteriormente señaladas, son una pequeña extracción del gran grupo que existen, en torno a la temática en estudio. En ellas, se evidencian, que en el país se tiene el interés de expertos, y por ende, instrumentos técnicos y jurídicos que coadyuvan a solucionar la problemática de escasez de agua potable en el territorio nacional y específicamente en el Distrito Metropolitano de Caracas.

Sin embargo, esta problemática persiste y ha evolucionado a transcurrir el tiempo, motivo por el cual se hace imprescindible la formulación de estrategias, concertadas en el manejo y visión integral de los recursos hídricos que conlleve consigo el aprovechamiento sustentable de los mismos.

Diagrama 1. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable según fuentes de abastecimiento



Fuente: Elaboración propia en base a Guilarte, 1994.

A scenic view of a lake with a forested hill in the background and a boat on the water. The text is overlaid on the image.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

III. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

En pro del desarrollo de esta investigación es necesario indicar la metodología, que comprende los pasos y métodos a utilizados para lograr los objetivos planteados. En resumen, la metodología incluye el tipo y diseño de investigación, las variables e indicadores, los métodos y resultados, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación (Arias, 2006).

3.1.- Tipo y diseño de la investigación

El tipo de investigación es el grado de profundidad y alcance con que se pretende abordar el objeto en estudio. En resumen, permite determinar el enfoque, los pasos a seguir, las técnicas y los métodos a emplear en la indagación (*Op. cit.*, 2006).

Ahora bien, el tipo de investigación que se llevó a cabo para este trabajo es descriptivo-correlacional, porque permitió especificar las propiedades del sujeto del problema, tales como su localización, unidades geomorfológicas, elementos climáticos, red hidrográfica y el sistema de abastecimiento de agua potable. Además de permitir, medir la relación entre dichas variables dando respuesta al objetivo de investigación.

Referente al diseño de la investigación, es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado, abordando el objeto de estudio con sentido analítico (Arias, 2006).

El diseño que se aplicó en esta investigación es no experimental-transversal, debido a que la investigación se basó en la observación y análisis del problema sin alterarlo y se planteó en un momento específico con la finalidad de medir y caracterizar la situación.

3.2.-Variables e indicadores

La variable es una cualidad o atributo de un objeto, susceptible a sufrir cambios porque puede variar de una o más maneras. Además sintetiza lo que se quiere conocer de las unidades de análisis. Mientras que, el indicador es la forma, como se mide dicha cualidad (*Op. cit.*, 2006).

En este sentido, para llevar a cabo cualquier investigación, es importante la operalización de las variables con la finalidad de cumplir con los objetivos definidos. A continuación se presentan por objetivos específicos, las variables estudiadas con sus respectivos indicadores, las cuales fueron especializadas y relacionadas con el propósito de cumplir con el objetivo de investigación (Tabla 1). Dichas variables e indicadores se describen a continuación:

Objetivo específico 1: Identificar la distribución de la red del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas con la finalidad de conocer sus potencialidades y restricciones. Las variables estudiadas para alcanzar el mismo son las siguientes:

- 1.- Unidades geomorfológicas:** con esta variable se identificó el tipo de relieve preponderante, en cuanto a superficie en el área en estudio, según Alfred Zinck, expresado en kilómetros cuadrados (Km^2) y su equivalente en porcentaje (%).

- 2.- Niveles de pendiente:** esta variable permitió conocer las zonas con mayor dificultad de acceso al servicio de agua potable por el gradiente de pendiente que presenta, expresado en porcentaje (%) y en grados ($^\circ$).

- 3.- Elementos climáticos:** la descripción de las variables climáticas permitió conocer el clima predominante en el área en estudio, según la clasificación climática de Koeppen. Dichas variables se describen a continuación:
 - 3a.- Precipitación:** con los registros pluviométricos analizados se conoció el promedio anual en milímetros (mm) del área en estudio, así como los meses del año que presentan el valor máximo y el mínimo.

3b.- Temperatura: con la data analizada se conoció el promedio anual y los meses del año donde se registran las máximas y mínimas temperaturas, expresadas en grados centígrados ($^{\circ}$ C).

3c.- Evaporación: al igual que en la variable anterior, la data analizada permitió conocer el promedio anual y los meses del año que presentan el valor máximo y el mínimo de evaporación, expresada en milímetros (mm).

4.- Red hidrográfica: aquí se realizó la descripción de la variable, la cual permitió realizar el inventario de la hidrografía que posee el área en estudio y su potencial para ser incorporado o no al sistema de abastecimiento del agua potable.

5.- Sistema de abastecimiento de agua potable: se identificó la distribución espacial de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable en el área en estudio. Dichos componentes y/o variables se describen a continuación:

5a.- Fuentes de abastecimiento: se identificaron espacialmente las fuentes de abastecimiento, así como los problemas que presentan cada una de ellas. Además se realizó el inventario de las mismas, permitiendo inferir que son fuentes superficiales.

5b.- Obras de captación: se realizó la descripción e inventario de las principales obras de captación del sistema de abastecimiento, entre las cuales se encuentran el embalse Lagartijo, Camatagua y Taguaza, donde se conoció la capacidad de almacenamiento de cada uno (MM m³).

5c.- Sistema de producción: se realizó la descripción e inventario del sistema de producción, constituido por los embalses compensadores (La Mariposa, La Pereza, Ocumarito, Quebrada Seca, Taguacita y Macarao); 14 plantas de tratamiento, donde destacan Caujarito, La Mariposa y La Guairita; y por último las estaciones de bombeo, que para este sistemas son 147.

5d.- Sistema de distribución: se realizó la descripción e inventario de esta variable, donde se conoció que el sistema de abastecimiento del área en estudio, cuenta con 3 sistemas de distribución (Sistema Tuy I, II y III), además de conocer el caudal de cada uno de ellos (m³/s).

Ahora bien, el desarrollo y alcance de este objetivo se logró mediante la relación de las variables físico-naturales con el sistema de abastecimiento de agua potable en el área en estudio, donde se identificó como principal restricción del acueducto metropolitano, que sus fuentes de abastecimiento provienen de otras entidades, las cuales, requieren de mayor inversión para su funcionamiento.

Objetivo específico 2: Analizar la distribución de la población y su relación con la cobertura actual del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas. Las variables estudiadas para alcanzar el mismo son las siguientes:

- 1.- Distribución de la población:** con esta variable se conoció la unidad espacial (municipio) que conforma el área en estudio, donde se concentra la mayor o menor población, expresada en número de habitantes (N° de hab.) y en porcentajes (%).
- 2.- Crecimiento poblacional:** al igual que en la variable anterior, se conoció el municipio que conforma el área en estudio que presenta el menor o mayor crecimiento poblacional, expresado en porcentajes (%).
- 3.- Densidad poblacional:** con esta variable se conoció la unidad espacial que presenta la mayor o menor densidad de población, expresada en habitantes por kilómetros cuadrados (hab./Km²).
- 4.- Oferta del servicio de agua potable:** aquí se conoció el municipio que presenta la mayor oferta del servicio de agua potable y el que presenta la menor oferta, expresada en litros por segundo (l/s), litros diarios (l/día) y porcentajes (%). Cabe acotar, que al relacionar esta variable con la

población, se comprobó que existe una relación directamente proporcional entre ambas, porque en la entidad espacial donde se emplaza la mayor población es donde existe la mayor oferta del servicio.

5.- Demanda del servicio de agua potable: al igual que en la variable anterior, con esta se conoció el municipio que presenta la mayor y menor demanda del servicio de agua potable, expresada en litros por segundo (l/s), litros diarios (l/día) y porcentajes (%). Se consideró para el cálculo de la demanda, la población por municipios y el indicador para el consumo del servicio por habitantes, el cual es 250 litros diarios por persona. Además se pudo constatar la relación directamente proporcional de esta variable con la distribución de la población, es decir, en el municipio donde existe mayor población, es el que presenta la mayor demanda residencial del servicio.

6.- Demanda del servicio de agua potable según su uso: es similar a la anterior, excepto que aquí se consideraron todos los usos (incluyendo la residencial), además de la población flotante (personas residenciadas en áreas vecinas pero que laboran y/o estudian en el área en estudio), lo que permitió conocer la demanda real en el área en estudio.

7.- Cobertura del servicio de agua potable: aquí se conoció la cobertura del servicio, según el organismo competente, así como el número de viviendas que cuentan con el mismo, su forma de distribución y la continuidad de dicho servicio. Además se realizó el contraste de la oferta con las demandas del servicio, expresada en litros por segundo (l/s), litros diarios (l/día) y porcentajes (%), donde se verificó que existe déficit del mismo.

El desarrollo y alcance de este objetivo, se obtuvo a través de la interrelación entre la dinámica poblacional y la cobertura espacial del sistema de abastecimiento de agua potable en el área en estudio, donde se confirmó que existe un déficit, producido primordialmente, por las restricciones que presenta dicho sistema para satisfacer la demanda, las cuales, se deben principalmente, al asentamiento de la población en zonas de difícil acceso por sus altas pendientes.

Objetivo específico 3: Proponer estrategias que mejoren el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas. Para lograr el alcance de este objetivo, se aplicó el método matriz geográfica, donde se relacionaron todas las variables estudiadas y así se obtuvo la síntesis de las mismas. Para posteriormente, formular las estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable de acuerdo a la prioridad de cada municipio para la ejecución y aplicación de dichas estrategias.

Tabla 1. Sistema de variables para la propuesta de estrategias para optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas

Objetivo general	Objetivos específicos	Variables	Indicador
<p style="text-align: center;">Formular estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.</p>	<p>1.- Identificar la distribución de la red del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas con la finalidad de conocer sus potencialidades y restricciones.</p>	Unidades geomorfológicas.	Km ² , %
		Niveles de pendiente.	%, °
		Red hidrográfica.	Inventario.
		Precipitación.	mm
		Temperatura.	°C
		Evaporación.	mm
		Fuentes de abastecimiento.	Inventario.
		Obras de captación.	Inventario, capacidad (MM m ³).
		Sistema de producción.	Inventario.
	<p>2.- Analizar la distribución de la población y su relación con la cobertura actual del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.</p>	Sistema de distribución.	Inventario, caudal (m ³ /s).
		Distribución de la población.	N° de hab., %
		Crecimiento poblacional.	%
		Densidad de la población.	hab./Km ²
		Oferta del servicio de agua potable.	l/s, l/día, %
		Demanda del servicio de agua potable.	l/s, l/día, %
		Demanda del servicio de agua potable según su uso.	l/s, l/día, %
	<p>3.- Proponer estrategias que mejoren el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas.</p>	Cobertura del servicio de agua potable.	N° de viviendas; l/s, l/día, %
		Relación de todas las variables.	

Fuente: Elaboración propia, 2010.

3.3.- Métodos y resultados

En primer lugar, es importante mencionar, que los datos fueron obtenidos de las estadísticas generadas por los Organismos competentes en la temática en estudio, tales como:

- 1.- HIDROCAPITAL;
- 2.- Instituto Nacional de Estadísticas (INE);
- 3.- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB);
- 4.- Alcaldías de los municipios: Libertador, Baruta, Chacao, Sucre y El Hatillo.
- 5.- Entre otros organismos.

Es importante acotar que, las estadísticas generadas y utilizadas para la realización de esta investigación son aquellas que permiten medir la cobertura del servicio de abastecimiento de agua potable de la población emplazada en el área en estudio.

Asimismo, para el procesamiento de dichas estadísticas se emplearon métodos y/o herramientas, el primero de ellos es el Sistema de Información Geográfica (SIG) y el segundo la matriz geográfica, tal como se señala a continuación:

3.3.1.- Sistema de Información Geográfica (SIG)

El análisis espacial se puede llevar a cabo mediante operaciones (lógicas y matemáticas) ejecutadas por los Sistemas de Información Geográfica (SIG), definido como un conjunto de herramientas que permiten almacenar, recuperar, transformar, desplegar, etc., datos espaciales del mundo real espacialmente referenciados, los cuales ayudan en la toma de decisiones. Entre los procesos más comunes de dicha herramienta, está la superposición de mapas, procedimiento simple donde dos o más coberturas temáticas (por ejemplo tipo de vegetación, curso de los ríos, red de carreteras, tipo de suelo) son combinadas y el resultado es una nueva cobertura temática (o mapa) compuesta (Bosque, 1992).

Este conjunto de herramientas permitieron realizar el conjunto de mapas temáticos, tales como: (unidades geomorfológicas, pendiente, sistema de abastecimiento, densidad de población, oferta y demanda del servicio de agua potable, etc.). Es importante señalar, que los mapas de unidades geomorfológicas y pendiente se obtuvieron mediante un mapa topográfico y la aplicación de un Modelo Digital del Terreno (MDT).

Luego de la realización de los diferentes mapas temáticos, con la aplicación de la superposición de mapas (proceso SIG) se obtuvo el siguiente mapa:

1.- Mapa de cobertura del servicio de agua potable: síntesis, producto de las funciones de superposición gráfica (unión) de las capas que contiene la información atributiva y espacial de las variables de los mapas oferta y demanda del servicio de agua potable contemplados en el segundo objetivo específico, la cual permitió conocer cuál es la cantidad de población que está cubierta por el servicio de agua potable, y así saber si existe o no déficit del recurso hídrico.

3.3.2.- Matriz geográfica

La matriz geográfica es un método preciso de dominio matemático, utilizada en geografía desde 1964 por Berry y modificada por Dangermond en 1983, la cual es el resultado de la relación de las unidades espaciales y las variables. Surge a partir de tres perspectivas de análisis: un sentido vertical o regional, uno horizontal o sistemático y otro en profundidad (diferentes matrices superpuestas) o temporal (Chorley y Haggett, 1971).

Con la aplicación de este método, se realizó una matriz, donde se ponderaron las diferentes variables en estudio, lo que permitió obtener la síntesis y la espacialización de la misma (mapa síntesis). Posteriormente, en orden de prioridades, se plantearon las soluciones del problema de la investigación, es decir, se formularon las estrategias que permitan optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable

en el área en estudio. Dicho método permitió obtener como resultado el mapa síntesis y las propuestas de estrategias, los cuales se describe a continuación:

1.- Mapa síntesis: es el resultado que se obtuvo con la aplicación del método matriz geográfica, usando para ello, una tabla donde se ponderaron las variables contempladas en los objetivos específicos 1 y 2, los cuales permitieron conocer la entidad espacial (municipio) en el Distrito Metropolitano de Caracas que presenta la mayor problemática en cuanto al servicio de agua potable se refiere.

2.- Propuestas de estrategias: luego de la elaboración del mapa síntesis, producto de la aplicación del método matriz geográfica, se procedió a formular las estrategias que coadyuven a mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas, basadas en el plan nacional de gestión integral de los recursos hídricos, las cuales se aplicarán de acuerdo al orden de prioridades de ejecución de las mismas en cada municipio.

3.4.- Etapas o fases de la investigación

La metodología empleada para llevar a cabo esta investigación consta de 6 etapas o fases, las cuales contempla los procedimientos para su ejecución; las mismas se describen a continuación (Diagrama 2):

Etapa I. Recopilación de la información: en esta etapa se realizó la búsqueda, recopilación, revisión y selección de información bibliográfica (libros, documentos, tesis, periódico); cartográfica (mapas y planos) y estadística tanto en bibliotecas, mapotecas, instituciones como vía Internet; relacionados con los objetivos de la investigación; lo que permitió definir y delimitar el problema a investigar.

Etapa II. Clasificación y procesamiento de la información: luego de haber recopilado toda la información bibliográfica, cartográfica y estadística, se procedió a la clasificación y procesamiento de las mismas, lo que permitió la redacción de los capítulos que conforman el proyecto (capítulo I. El problema de investigación, capítulo II. Marco teórico y capítulo III. Marco metodológico), así como los capítulos para el análisis (capítulos IV y V) que posteriormente ayudaron a la elaboración del capítulo de propuestas (capítulo VI). Además se elaboró una base de datos estadística espacial y atributiva en el software Excel para la realización de mapas temáticos, cuadros y gráficos.

Es importante acotar que, se hizo el cálculo de diversas variables, tal y como se señala a continuación:

a.- Crecimiento absoluto: con la finalidad de determinar el crecimiento intercensal de la población a través de los años de estudio. Calculado de la siguiente manera:

$$CA = \text{Población censal posterior} - \text{Población censal anterior.}$$

b.- Crecimiento geométrico: con la finalidad de obtener de forma porcentual las tasas de crecimiento intercensal de la población, se aplicó la siguiente fórmula:

$$r = \left[\left(\frac{\text{pob. final}}{\text{pob. inicial}} \right)^{\frac{1}{ti}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

ti: tiempo intercensal.

c.- Población 2010: se estimó la población por municipios para el año 2010 mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Px = P_{\text{base}} * (1 + (r/100))^{ti}$$

Donde:

Px = población a estimar;

P_{base} = población base o inicial;

r = tasa de crecimiento anual o crecimiento geométrico;

ti = tiempo intercensal o de proyección.

d.- Demanda residencial del servicio de agua potable: se obtuvo multiplicando la cantidad de población por municipios por el estándar de consumo del servicio por personal (250 l/día/p), tal y como se detalla a continuación:

$$\text{Demanda} = \text{Población} * \text{estándar}$$

e.- Demanda del servicio de agua potable según uso 2010: se estimó mediante la aplicación del método de regresión lineal, teniendo como base las demandas por uso para los años 1980 y 1990, mediante la siguiente fórmula:

$$Y = a + bx$$

Donde:

y= variable dependiente, para este caso la demanda por uso 2010;

x= variable independiente, para este caso los años;

a= intercepto;

b= pendiente.

Etapa III. Elaboración de la cartografía base y temática: en esta fase se diseñó y elaboró de manera digital la cartografía base a escala 1:25.000, la cual permitió, junto con la base de datos espacial y atributiva, resultado de la

fase anterior, la realización de la cartografía temática (mapa de unidades geomorfológicas, pendientes, sistemas de abastecimiento de agua potable, densidad de población, oferta, demanda y cobertura del servicio de agua potable, entre otros), donde se expresan espacialmente las variables en estudio, y además facilitan el análisis e interpretación de los resultados. Es importante acotar, que la escala de presentación y/o publicación de los mapas es 1:165.000.

Etapa IV. Análisis e interpretación de los resultados: se analizaron e interpretaron los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos empleados (Sistemas de Información Geográfica y Matriz Geográfica), tales como: mapas, gráficos, cuadros, entre otros. Entre los resultados se tienen: mapa de cobertura del servicio de agua potable, mapa síntesis y propuestas de estrategias.

Etapa V. Elaboración de las propuestas: después de la aplicación del método matriz geográfica, se formularon las propuestas de estrategias para optimizar el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas, tomando en cuenta todas las variables en estudio y el orden de prioridades para la aplicación y ejecución de dichas estrategias.

En resumen, las estrategias se formularon, bajo la estructura metodológica de ordenación territorial, la cual consta de 3 fases: análisis y diagnóstico, planificación y gestión territorial, pero en esta investigación sólo se llegó a la segunda etapa, por lo que se recomienda otra investigación que desarrolle y ejecute la tercera. Dicha metodología se describe a continuación:

1.- Análisis y diagnóstico territorial: en esta etapa se realizó el diagnóstico y el análisis espacial de la temática en estudio, la cual permitió conocer la situación del servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas. Esto, mediante la elaboración de cada uno de los mapas temáticos (unidades geomorfológicas, sistema de abastecimiento de agua potable, distribución de la población, oferta del servicio, demanda de servicio, etc.), los cuales se realizaron, luego de la recopilación, clasificación y procesamiento de la información de todas fuentes (bibliográfica, internet, organismo, etc.). Dicho procesamiento se hizo, en un documento excel, que posteriormente se relacionó, con el mapa base, donde se hizo un joint de atributos de tabla, siendo el campo en común, unidades territoriales (municipio), aquí se conoció el comportamiento de cada una de las variables en el área de estudio por municipio. Posteriormente, en el software de Sistema de Información Geográfica (SIG), se usó la herramienta de superposición de mapas, específicamente Unión (herramienta de análisis) de las coberturas de los mapas temáticos oferta y demanda del servicio, donde se obtuvo el mapa de cobertura del servicio de agua potable, que permitió tener un visión del

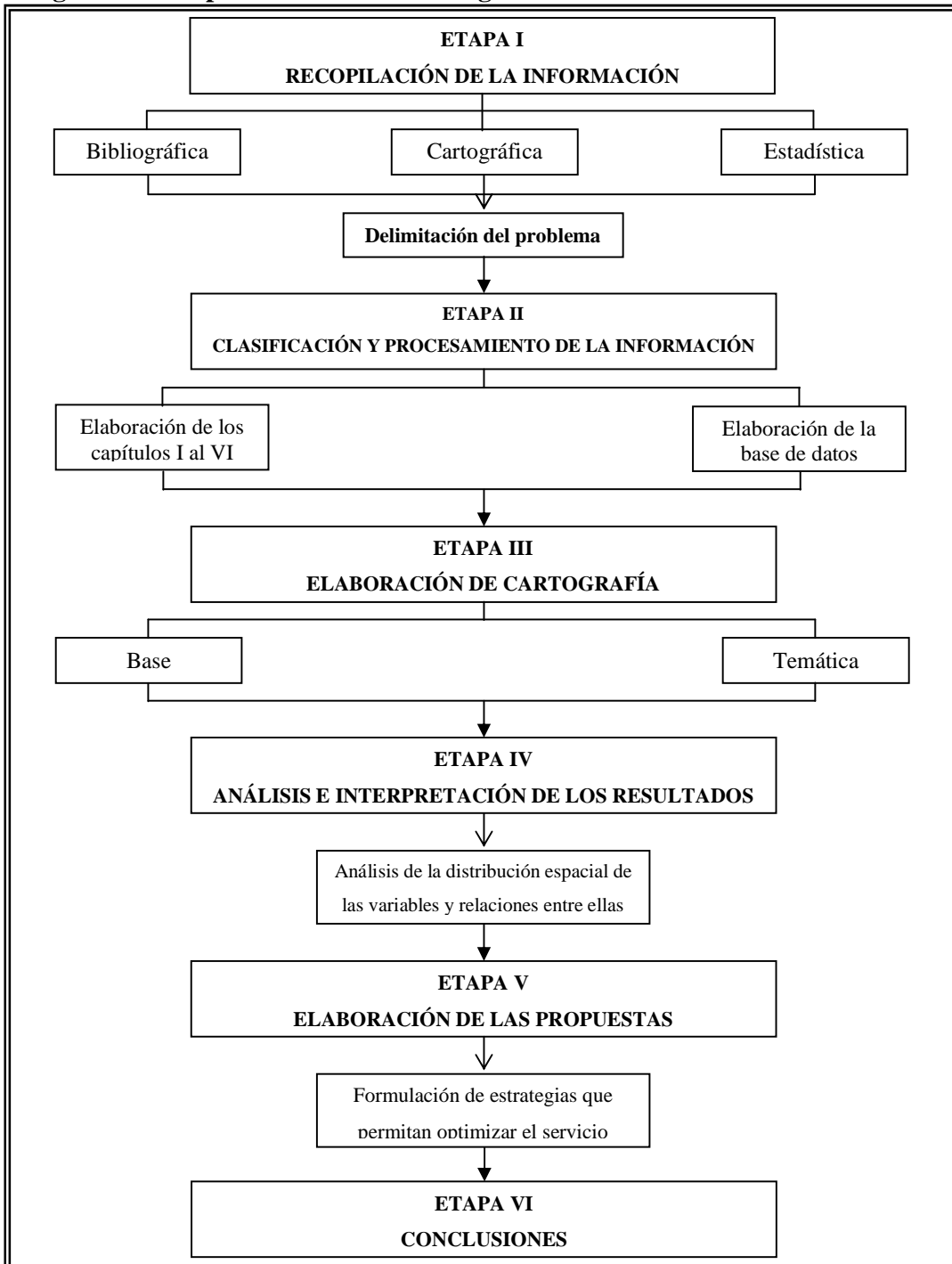
comportamiento del servicio en el área en estudio, y a su vez, de la existencia o no de déficit del mismo. Finalmente, se aplicó el método de matriz geográfica (matriz de doble entrada) con la finalidad de tener una síntesis (mapa síntesis) de la problemática en el área en estudio, para lo cual se realizó lo siguiente: se seleccionaron las variables con mayor relevancia, se procedió a ponderarlas, considerando diversos criterios, donde las que presentan mayor valor son las negativas, mientras aquellas, que muestran menor valor, son las positivas. Posteriormente se realizó la sumatoria para obtener el valor total por municipios, luego se construyó el intervalo de clases, mediante el método de Sturge, para así saber cuáles unidades espaciales corresponderían a cada uno de ellos y obtener el mapa síntesis.

2.- Planificación territorial: aquí se plantean las propuestas de estrategias con la finalidad de solventar la problemática en estudio, y así mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable. Dichas estrategias se formularon en base al plan nacional de gestión integral de los recursos hídricos.


3.- Gestión territorial: en esta fase se aplican y ejecutan las propuestas, por lo que da apertura a una nueva investigación. Se recomienda que las mismas sean aplicadas de acuerdo al orden de prioridad de municipios (mapa síntesis).

Etapa VI. Conclusiones: en esta fase se realizaron las conclusiones, recomendaciones generales y se dejó asentado el alcance de los objetivos planteados para esta investigación.

Diagrama 2. Etapas o fases de la investigación



Fuente: Elaboración propia, 2010.



**CAPÍTULO IV. RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-NATURALES CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS**

IV. RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURALES CON EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

4.1.- Localización y ubicación

El Distrito Metropolitano de Caracas se encuentra en la provincia fisiográfica de la Cordillera de La Costa, específicamente en la vertiente sur de la Serranía del Interior, localizada entre las coordenadas geográficas $10^{\circ}20'00''$ y $10^{\circ}36'00''$ de Latitud Norte; $66^{\circ}42'00''$ y $67^{\circ}10'00''$ de Longitud Oeste (Mapa 1).

Igualmente, el área en estudio se localiza al norte de Venezuela, situada en la Región Capital, entre los límites internos de la Zona Protectora del Área Metropolitana y el límite norte del Parque Nacional Waraira Repano. Conformada político-administrativamente por los municipios: Libertador (Distrito Capital), Sucre, Chacao, Baruta y El Hatillo (estado Miranda) con una superficie aproximada de $780,01 \text{ Km}^2$, la cual representa el 0,1% de la superficie nacional. Limita al Norte con el estado Vargas; al Sur con los municipios: Guaicaipuro, Carrizal, Los Salias, Cristóbal Rojas y Paz Castillo del estado Miranda; al Este con los municipios: Plaza y Paz Castillo del estado Miranda y al Oeste con el estado Vargas y el municipio Guaicaipuro del estado Miranda.

4.2.- Unidades geomorfológicas

El Distrito Metropolitano de Caracas se encuentra en la provincia fisiográfica de la Cordillera de La Costa, específicamente en la vertiente sur de la región natural Serranía del Interior, integrada por seis unidades geomorfológicas (valle, glacis, planalto, sistema de lomas y colinas, montaña baja y montaña baja), las cuales se describen a continuación (Mapa 2, Cuadro 1 y Gráfico 1):

El valle posee una superficie de 94,23 km² (12,1%), ubicadas en el centro y sur-oeste del área en estudio con pendientes muy bajas que oscilan entre 0 a 15%. (Mapas 2 y 3, Cuadro 1, Gráfico 1 y Tabla 2).

El glacis presenta una superficie de 34,27 km², es la segunda unidad geomorfológica con menor extensión, representada por un 4,4%; al igual que la anterior, posee pendientes muy bajas, que oscilan entre 0 a 15%, ubicada al centro-norte del Distrito Metropolitano de Caracas (Mapas 2 y 3, Cuadro 1, Gráfico 1 y Tabla 2).

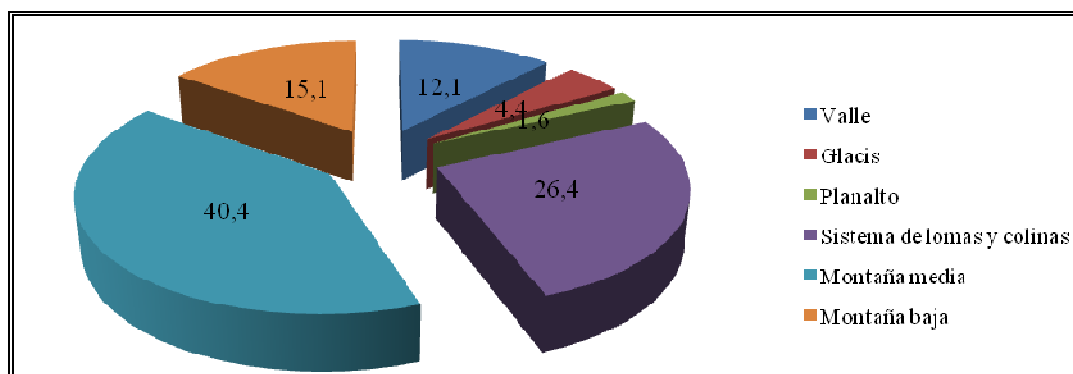
El planalto es la unidad con menor extensión, situada al sureste en el área en estudio con 12,14 km² (1,6%), con pendientes de bajas a medianas entre 15 a 50% (Mapas 2 y 3, Cuadro 1, Gráfico 1 y Tabla 2).

La montaña media es la unidad geomorfológica que presenta mayor superficie con 314,22 km² representada por un 40,4%, ubicado al norte del Distrito Metropolitano de Caracas con pendientes muy altas, es decir superiores al 100%; seguida del sistema de lomas y colinas con extensión de 205,66 km² (26,4%), ubicado en toda su extensión con pendientes de bajas a medianas entre 15 a 50%. Por último se tiene, la montaña baja, siendo la tercera en cuanto a superficie se refiere, con 119,48 km² (15,1%) ubicado en toda su extensión con pendientes de medianas a altas entre 30 a 100% (Mapas 2 y 3, Cuadro 1, Gráfico 1 y Tabla 2).

Cuadro 1. Unidades geomorfológicas del Distrito Metropolitano de Caracas

Unidades geomorfológicas	Superficie	
	Km ²	%
Valle	94,23	12,1
Glacis	34,27	4,4
Planalto	12,14	1,6
Sistema de lomas y colinas	205,66	26,4
Montaña media	314,22	40,4
Montaña baja	119,48	15,1
Total	780,01	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a Zinck, 1974 e interpretación del mapa topográfico y modelo digital del terreno (MDT).

Gráfico 1. Unidades geomorfológicas del Distrito Metropolitano de Caracas

Fuente: Elaboración propia en base a Zinck, 1974 e interpretación del mapa topográfico y modelo digital del terreno (MDT).

Tabla 2. Clasificación utilizada para la elaborar el mapa de pendientes

Clasificación	Rango de Pendiente	
	Porcentajes (%)	Grados (°)
Muy baja	0 – 15	0 – 8.5
Baja	15 – 30	8.5 – 16.7
Mediana	30 – 50	16.7 – 26.6
Alta	50 – 100	26.6 - 45
Muy alta	>100	>45

Fuente: Elaboración propia en base a Suárez, 1998.

En resumen, el Distrito Metropolitano de Caracas se encuentra mayormente, en áreas con relieve de montañas con alturas que oscilan entre 1000 a 2000 msnm y pendientes abruptas (superiores al 80%), situación que ha influido en la estructura urbana y en las opciones de abastecimiento de agua potable para el desarrollo de las actividades socio-económicas que en él se desarrollan (Mapas 2 y 3, Cuadro 1 y Gráfico 1).

4.3.- Elementos climáticos

La caracterización climática se realizó en base a los datos de la estación climatológica Observatorio Cagigal, por ser una estación de primer orden y ofrecer un período largo de registros, del que se consideró 10 años, desde 1980 a 1989, lo que permite representar adecuadamente las condiciones climáticas promedio del área en estudio. Dicha estación se encuentra localizada en las coordenadas 10°30'25" de latitud Norte y 66°55'39" de longitud Oeste. De acuerdo a la data registrada en esta estación, las características climáticas generales presentes en el área en estudio son: temperatura media de 21 °C, precipitación media de 784,7 mm y evaporación media de 1.638,5 mm (Cuadro 2 y Gráficos 2, 3 y 4), por lo que podría decirse que según la clasificación climática de Koeppen, el clima predominante del área en estudio es clima tropical lluvioso de sabana isotérmico (Aw).

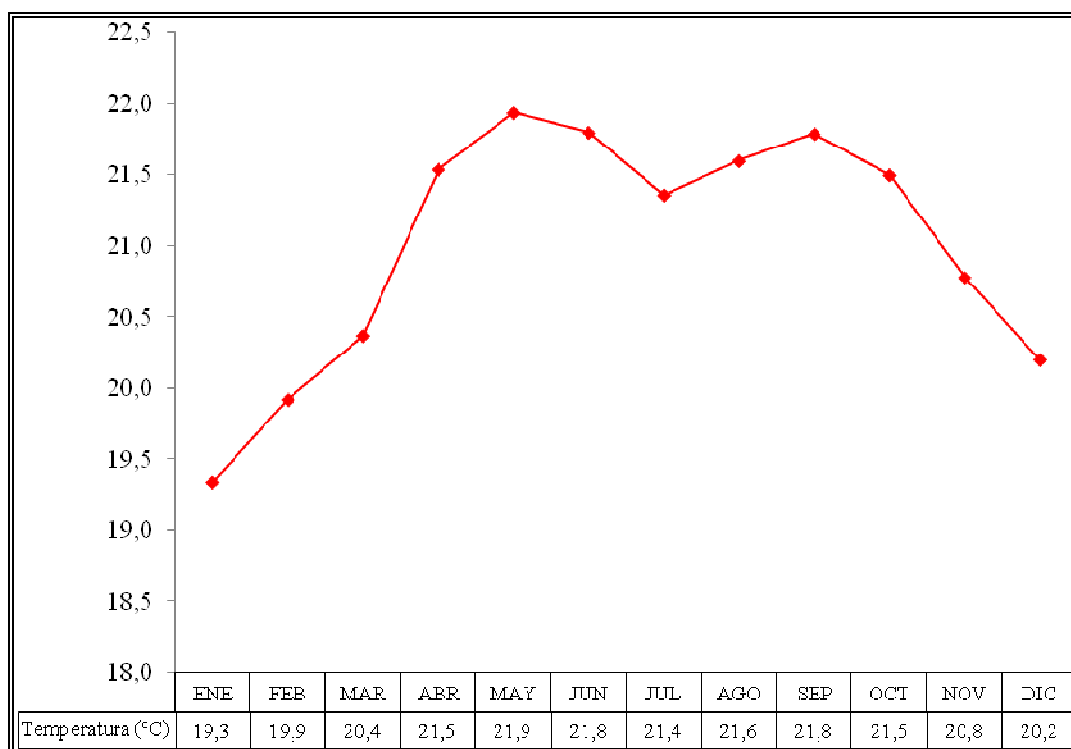
Cuadro 2. Temperatura media mensual, precipitación media mensual y evaporación media mensual del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989 (Estación climatológica Observatorio Cagigal)

Elementos climáticos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Annual
Temperatura (°C)	19,3	19,9	20,4	21,5	21,9	21,8	21,4	21,6	21,8	21,5	20,8	20,2	21,0
Precipitación (mm)	15,0	14,3	5,2	51,2	88,3	89,8	97,6	92,3	123,6	95,4	77,3	34,8	784,7
Evaporación (mm)	122,1	121,5	170,8	163,2	143,9	138,9	140,2	135,5	136,9	127,9	121,3	116,2	1.638,5

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por la Dirección de Hidrología y Meteorología-MinAmb, 1980-1989.

Con respecto a la temperatura, el promedio anual en el área en estudio es aproximadamente de 21°C para el período 1980-1989 (Estación climatológica Observatorio Cagigal), registrándose las máximas temperaturas en los meses mayo (21,9°C), junio (21,8°C) y septiembre (21,9°C). Mientras que los valores mínimos se presentan entre los meses diciembre-febrero, de 20,2°C, 19,3°C y 19,9°C respectivamente (Gráfico 2). Es importante señalar que este elemento climático se caracteriza por ser uniforme en Venezuela, donde la isothermicidad no supera los 5 °C.

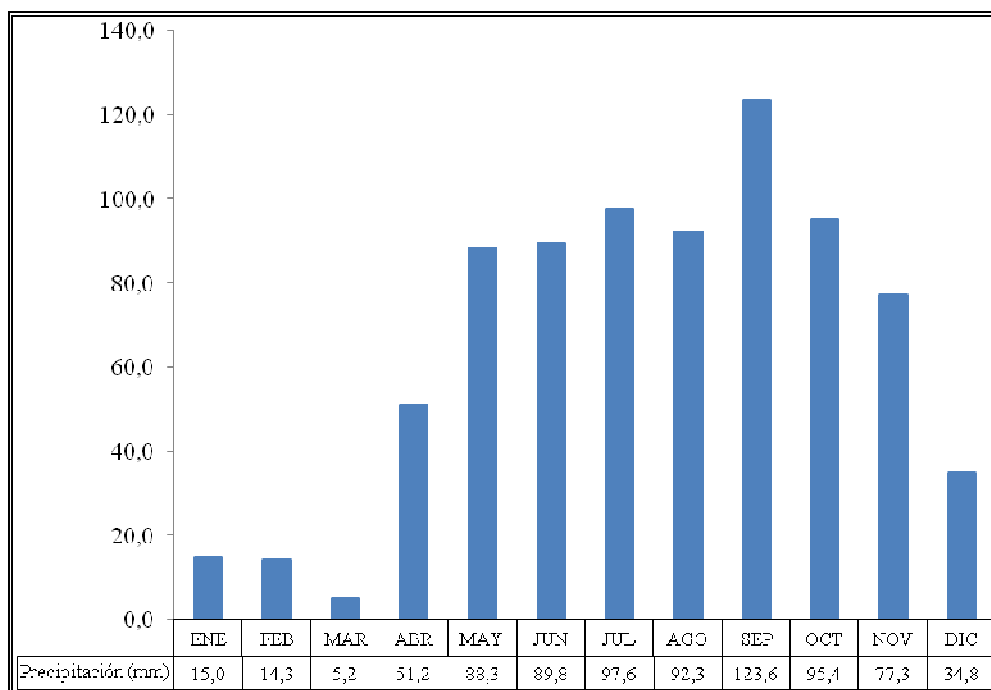
Gráfico 2. Temperatura media mensual (°C) del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por la Dirección de Hidrología y Meteorología-MinAmb, 1980-1989.

Asimismo, para el análisis de la precipitación en el área en estudio se disponen de registros pluviométricos medios mensuales de 10 años sucesivos (1980-1989), correspondientes a la Estación Climatológica Observatorio Cagigal. De acuerdo a los registros analizados, el promedio anual es de 784,7 mm, con un máximo de 123,6 mm en el mes de septiembre y un mínimo de 5,2 mm en el mes de marzo. El período seco va de diciembre a marzo con una duración de 4 meses y lluvias mensuales menores a 34,8 mm; mientras que el período húmedo es desde mayo a noviembre con una duración de 7 meses y lluvias mensuales superiores a 88,3 mm; por ende, el mes de transición es abril con lluvias de 51,2 mm (Gráfico 3).

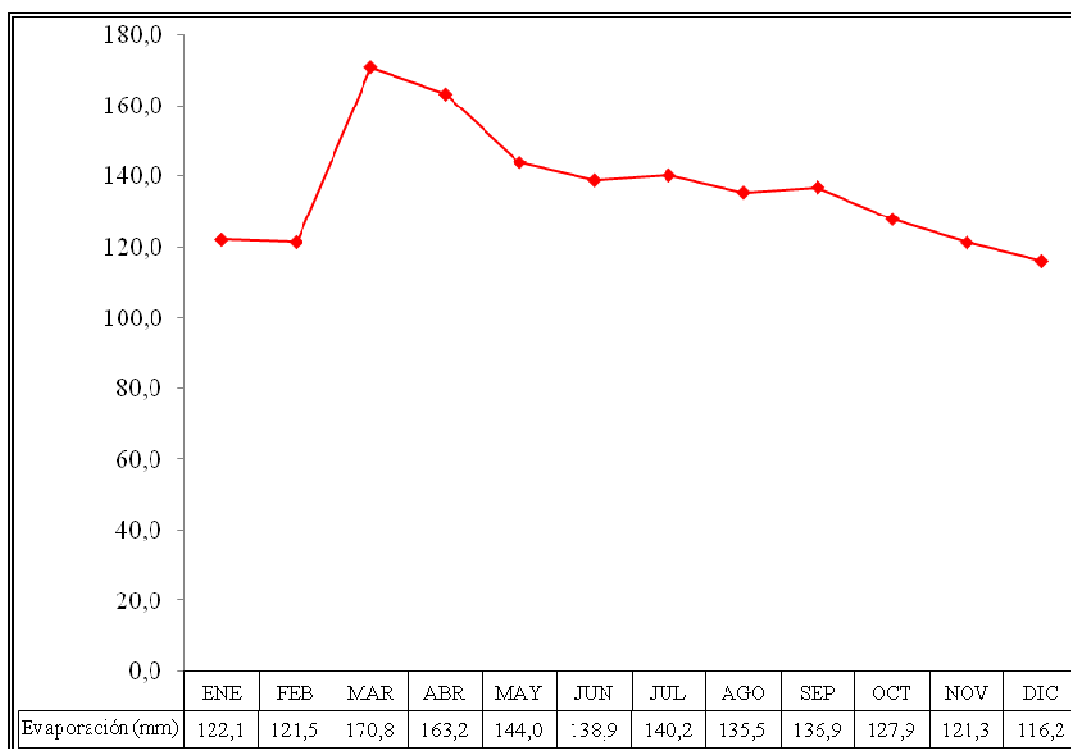
Gráfico 3. Precipitación media mensual (mm) del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por la Dirección de Hidrología y Meteorología-MinAmb, 1980-1989.

Ahora bien, la evaporación posee una distribución variable en el transcurso del año, con promedio anual de 1.638,5 mm, presentándose los valores máximos en los meses marzo y abril, con 170,8 mm y 163,2 mm respectivamente. Mientras que los valores mínimos se muestran en los meses de noviembre (121,3 mm) y diciembre (116,2 mm), lo que corresponde este último mes al inicio del período seco (Gráfico 4).

Gráfico 4. Evaporación media mensual (mm) del Distrito Metropolitano de Caracas para el período 1980-1989 (Estación climatológica Observatorio Cagigal)



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por la Dirección de Hidrología y Meteorología-MinAmb.

4.4.- Red hidrográfica

El Distrito Metropolitano de Caracas se caracteriza por poseer recursos hídricos, representados por las subcuencas del río Guaire y de la quebrada Tacagua, donde el 87,3% de las aguas que escurren en el área en estudio corresponden a la primera subcuenca y el 12,7% restante a la segunda (Brito, 2006).

Ahora bien, la subcuenca del río Guaire, abarca una superficie aproximada de 1.222 km², su curso principal corresponde al río Guaire, el cual nace de la confluencia de los ríos Macarao (8,6 km de longitud) y San Pedro (12,4 km de longitud) con una longitud de 18,5 km, equivalente al 86,6% del total de su recorrido hasta la confluencia con el río Tuy por su margen superior derecha. Dicho río recorre el área en estudio en dirección Oeste-Este, donde sus principales afluentes o tributarios son las quebradas Catuche, Caroata, Anauco, Chacaíto, Sebucán, Tócome, Maripérez, entre otras (por su margen izquierda) Paují, Guairita, Baruta, Seca, el río El Valle, etc. (por su margen derecha).

En este mismo orden de ideas, la subcuenca de la quebrada Tacagua posee una superficie aproximada de 93,5 km², su curso principal de agua corresponde a la quebrada Tacagua, la cual nace al Norte de Catia (parroquia Sucre del municipio Libertador) a unos 1.400 m.s.n.m., entre los 10°32'46'' de Latitud Norte, y los 66°55'50'' de Longitud Oeste, con una extensión de 18 km aproximadamente.

Sin embargo, el aprovechamiento de estos cuerpos de agua (río Guaire y quebrada Tacagua) con respecto al sistema de distribución de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas es muy bajo, debido a sus limitados caudales. Además, el río Guaire posee un alto grado de contaminación porque es usado como drenaje de las aguas servidas producidas por la población emplazada en el área en estudio.

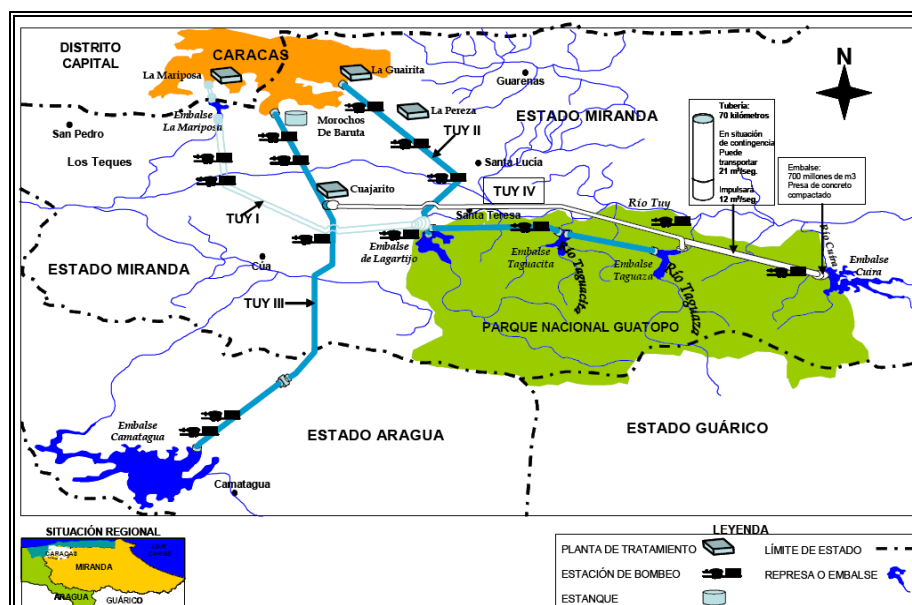
Es importante señalar, que en el Distrito Metropolitano de Caracas, debido a, que posee relieve abrupto se encuentran acumulación de aguas subterráneas o acuíferos con potencial medio, los cuales pueden usarse como fuentes alternas para el sistema de abastecimiento de agua potable y así optimizar el servicio (Mapa 4).

Dichas aguas pueden ser usadas en el sistema de abastecimiento para el fortalecimiento del suministro en algunos sectores, debido a, que desde hace varias décadas han sido utilizadas como forma alternativa de suministro, mediante la construcción sistemática de pozos (Montero, s.f.).

4.5.- Sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas

El sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas cuenta con la siguiente infraestructura hidráulica: 9 embalses: Lagartijo, Camatagua, Taguaza, La Mariposa, La Pereza, Ocumarito, Quebrada Seca, Taguacita y Macarao, de los cuales, los últimos 6 son embalses compensatorios; 14 plantas de tratamiento, entre las que destacan Caujarito, La Mariposa y La Guairita y 147 estaciones de bombeo (Mapa 5 y Figura 2). A continuación se describe cada uno de los componentes del sistema.

Figura 2. Sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas



Fuente: Hidrocapital, 2010.

4.5.1.- Fuentes de abastecimiento

Como se mencionó anteriormente las fuentes de abastecimiento constituye el elemento más importante del sistema para el suministro de agua potable. Pero el Distrito Metropolitano de Caracas se ubica en la Región 6 (Central) de COPLANARH, la tercera en menor productividad del recurso hídrico, representado por el 0,76% del total nacional, motivo por el cual aprovecha también los recursos de la Región 4 (Llanos Centro Occidentales) para el abastecimiento de agua potable, dicha región aporta 7,38% del total nacional (COPLANARH, 1969).

Ahora bien, en el área en estudio se encuentran las siguientes fuentes de suministro para el sistema de abastecimiento de agua potable como lo son: el río Guaire, el río Macarao, el río El Valle y las quebradas de la vertiente sur del Parque Nacional Waraira Repano. Sin embargo, estas fuentes no son suficientes para satisfacer la demanda de dicho servicio y además se encuentran contaminadas, motivo por el cual, se ha tenido que recurrir a fuentes más distantes, lo que genera una dependencia de dicho sistema. Debido a, que los mayores aportes de agua al acueducto metropolitano provienen de las cuencas de los ríos Guárico y Tuy, las cuales presentan un aporte anual nacional del 0,66% y 0,55% respectivamente (Mapa 5 y Cuadro 3).

Cuadro 3. Volúmenes medios anuales escurridos en las regiones 4 y 6 según COPLANARH de Venezuela

Regiones	Subregión	Denominación	Área (km ²)	Volumen medio anual (m ³ *10 ⁶)	Rendimiento unitario (m ³ *10 ⁶ /km ²)	Porcentajes regiones	Porcentajes nacionales
4	4C	Guárico	34.996	4.689	0,13	8,17	0,66
	Total Región 4		143.832	52.065	1	90,67	7,38
6	6D	Tuy- Barlovento	10.656	3.847	0,36	6,70	0,55
	Total Región 6		19.494	5.355	1	9,33	0,76
Total Regiones 4 y 6			163.326	57.420	2	100	8
Total Nacional			912.954	705.530	6	1228,72	100

Fuente: Elaboración propia en base a información suministrada por COPLANARH, 1969.

En este mismo orden de ideas, la cuenca del río Guárico posee una superficie de 2.119,4 km². Dicha cuenca satisface más del 60% de la demanda de agua para consumo humano del Distrito Metropolitano de Caracas (Pineda, et al, 2006).

Asimismo, la cuenca del río Tuy posee una superficie de 7.194 km², la cual representa una de las fuentes de recursos hídricos más relevante de la parte Centro–Norte del país, para el desarrollo de las actividades humanas, mediante su represamiento en los embalses: La Mariposa, Lagartijo, Ocumarito, Quebrada seca, etc. Dicha fuente por su alto grado de contaminación se encuentra desincorporada durante la mayor parte del año (Tabla 3).

Tabla 3. Problemas que afectan a las principales cuencas de abastecen al Distrito Metropolitano de Caracas

Cuenca	Principales problemas	Factores generadores
Río Tuy	Reducción de la capacidad productiva hídrica de la cuenca.	<ul style="list-style-type: none"> - Grado de intervención que presenta la cuenca. - Prácticas de cultivos inadecuados. - Deforestación.
	Contaminación de los cuerpos de agua para el abastecimiento urbano.	<ul style="list-style-type: none"> - Descarga de desechos urbanos, industriales y agroindustriales a los ríos y quebradas. - Uso indiscriminado de agroquímicos.
	Aumento en los procesos de erosión.	<ul style="list-style-type: none"> - Deforestación.
	Reducción de la vida útil de los embalses y aumento de los costos de operación y mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas agrícolas inadecuadas. - Incendios.
Río Guárico	Disminución de la productividad agrícola.	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de planificación en el uso del espacio. - Prácticas de cultivo inadecuadas. - Sobrepastoreo.
	Disminución de la vida útil de los embalses.	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de cultivos inadecuadas. - Quema y tala. - Alto grado de intervención.
	Contaminación de las aguas con agroquímicos y desechos urbanos e industriales.	<ul style="list-style-type: none"> - Descargas de desechos urbanos, industriales y agrícolas. - Uso inadecuado de agroquímicos.

Fuente: Elaboración propia en base a información suministrada por el MARNR, 1979.

En conclusión, puede decirse que el grado de contaminación de los cuerpos de agua, causa el deterioro de la calidad de las mismas, por lo que requieren ser protegidos con la finalidad de disminuir dicha afectación y evitar el emplazamiento de población en toda su extensión.

4.5.2.- Obras de captación

Es importante recalcar, que las obras de captación son las estructuras que se colocan directamente en las fuentes de abastecimiento con la finalidad de captar el recurso. Las principales obras de captación en el sistema de abastecimiento de agua potable del Distrito Metropolitano son los embalses Lagartijo, Taguaza y Camatagua. Además de contar con embalses 6 compensatorios como: La Mariposa, La Pereza, Ocumarito, Quebrada Seca, Taguacita y Macarao, los cuales forman parte del sistema de producción (Mapa 5 y Cuadro 4).

Cuadro 4. Embalses principales y embalses compensatorios del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas

Embalses	Área (ha)	Capacidad (MM m3)	Año de construcción
La Mariposa	54	8	1946-1949
Quebrada Seca	95	7	1960-1961
Lagartijo	451	80	1960-1962
Camatagua	7.000	1.543	...1968
La Pereza	4,2	8	1966-1969
Ocumarito	75	7	1967-1969
Taguacita	19	120	...1984
Taguaza	649	184	1986-1997
Macarao	2 ^{da} etapa	13	1975 y 1999

Fuente: Elaboración propia en base a información suministrada por Hidrocapital, 2010.

Ahora bien el embalse Lagartijo se encuentra en el estado Miranda, específicamente sobre el río del mismo nombre a 4 kilómetros de San Francisco de Yare. Fue construido entre 1960 y 1962, con el objetivo de abastecer de agua potable a la población emplazada en la ciudad de Caracas, al igual que a la de San Francisco

de Yare y Santa Teresa del Tuy. El mismo, tiene la capacidad para almacenar alrededor de $80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie total de 451 ha. El segundo, el embalse Taguaza está ubicado sobre el río Taguaza, en el estado Miranda, específicamente en el Parque Nacional Guatopo, cerca de la población de Aragüita, municipio Acevedo. Fue construido entre 1986 y 1997 con una capacidad para almacenar $184 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie de 649 ha. El último, el embalse Camatagua, denominado Ing. Ernesto León, está ubicado al sur del estado Aragua, a 5 kilómetros de la población Camatagua, sobre el río Guárico. Fue construido aproximadamente en 1968 para fines de riego y abastecimiento de la población del Distrito Metropolitano de Caracas, El Sombrero, Camatagua, San Casimiro, San Sebastián, San Juan de Los Morros, entre otras. Dicho embalse tiene una capacidad de almacenamiento de $1.543 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie total de 7.000 ha (Hidrocapital, 2010).

4.5.3.- Sistema de producción

Este sistema de producción está constituido por los embalses compensadores, las plantas de tratamiento y las estaciones de bombeo. El sistema de abastecimiento del área en estudio cuenta con 6 embalses compensadores, 14 plantas de tratamientos y 147 estaciones de bombeo (Mapa 5).

Entre los embalses compensadores se encuentran: La Mariposa, La Pereza, Ocumarito, Quebrada Seca, Taguacita y Macarao (Cuadro 4). El primero, el embalse

La Mariposa está ubicado en el estado Miranda, en la carretera nacional Las Mayas, a 8 kilómetros de Caracas. Fue construido entre 1946 y 1949 con la finalidad de abastecer a sectores del oeste del Distrito Metropolitano de Caracas, posee una capacidad máxima de almacenamiento de $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie de 54 ha. Cabe acotar que, su fuente de abastecimiento es principalmente el río El Valle y otras provenientes del Sistema Tuy I, del cual se le extraen entre 3.000 y 4.000 l/s con la finalidad de garantizar un volumen almacenado de reserva (Hidrocapital, 2010).

El segundo, el embalse La Pereza se encuentra en el estado Miranda, a 18 kilómetros de Petare. Fue construido entre 1966 y 1969 para funcionar como embalse compensador en caso de falla del Sistema Tuy II. Desde este embalse se traslada por gravedad el agua a la planta de tratamiento La Guairita. El mismo tiene una capacidad máxima de almacenamiento de $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie de 4,2 ha. El tercero, el embalse Ocumarito al igual que los dos anteriores, se ubica en el estado Miranda, a 5,5 kilómetros al sur-oeste de Ocumare del Tuy. Fue construido entre 1967 y 1969 con la finalidad de regular los caudales del río Ocumarito, de igual manera, está en capacidad de recibir agua de Camatagua. Dicho embalse abastece de agua a los habitantes de los Valles del Tuy medio y posee una capacidad para almacenar $7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie total de 75 ha (*Op. cit.*, 2010).

El cuarto, el embalse Quebrada Seca está situado en el estado Miranda, entre Santa Teresa del Tuy y Yare. Fue construido entre 1960 y 1961 con la finalidad de

servir como reservorio para las aguas del río Tuy. Posee una capacidad para almacenar $7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie total de 95 ha. El quinto, el embalse Taguacita también ubicado en el estado Miranda vía Santa Teresa, a 16 kilómetros del Parque Nacional Guatopo. Fue construido aproximadamente en 1984, para formar parte del Sistema Tuy II, el cual posee una capacidad máxima de almacenamiento de $120 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en una superficie de 19 ha. El último, el embalse Macarao ubicado en el Sur-Oeste del Distrito Capital, sobre el río del mismo nombre con una capacidad máxima de almacenamiento de $13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Hidrocapital, 2010).

En cuanto a las plantas de tratamiento, el sistema cuenta con 14, entre las que destacan Caujarito, La Mariposa y La Guairita. La primera, la planta de tratamiento Caujarito está ubicada en el estado Miranda, específicamente en la Carretera Nacional La Raiza, vía Charallave, Sector Caujarito, opera desde 1978, con una producción máxima es de 15.000 l/s y su rango de operación actual es de 7.000 l/s. Esta planta forma parte del sistema Tuy III, de la cual utiliza como fuente de abastecimiento, el agua proveniente de los embalses: Camatagua y Lagartijo y el río Tuy. La segunda, la planta de tratamiento La Mariposa, al igual que la anterior, se encuentra en el estado Miranda, opera desde 1951, la sala A y desde 1956, la sala B con una producción máxima es de 4.300 l/s y su rango de operación actual oscila entre 3.000 y 4.000 l/s. La misma forma parte del sistema Tuy I, donde utiliza como fuente de abastecimiento, el embalse La Mariposa, el cual recibe el agua proveniente de los embalses: Camatagua, Quebrada Seca, Lagartijo y el río Tuy (*Op. cit.*, 2010).

La tercera planta de tratamiento es Ciudad Caracas, conocida como La Guairita, también ubicada en el estado Miranda, exactamente al final de la Av. Principal de Macaracuay, opera desde 1967, con una producción máxima de 7.500 l/s. Dicha planta forma parte del sistema Tuy II, utiliza como fuente de abastecimiento, los embalses: Lagartijo, Taguacita, Taguaza que se trasvasa a este último, Quebrada Seca y La Pereza, y el río Tuy (Hidrocapital, 2010).

Por último, el sistema cuenta con 147 estaciones de bombeo, encargadas de proporcionar la energía requerida para elevar el agua desde cotas bajas hasta cotas muy altas a través de 3.000 km de redes de tuberías, para nutrir a los sectores ubicados entre cotas que van desde los 800 m como la urbanización La California hasta los 2.000 m como la parroquia El Junquito (*Op. cit.*, 2010).

4.5.4.- Sistema de distribución

El sistema de distribución es el medio de transporte para conducir el agua hasta la población, después de ser potabilizada. El sistema metropolitano cuenta con 3 en funcionamiento y uno en construcción, tal como se detalla a continuación (Cuadro 5):

Cuadro 5. Aducciones, y estaciones de bombeo del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas

Aducción	Longitud (km)	Fuente y cota de toma (msnm)	Sitio de entrega y cota (msnm)	Estaciones de bombeo y N° de grupo	Caudal máximo (m ³ /s)	Tratamiento
Tuy I	36,3	Río Tuy (132,8) Embalse Lagartijo (159-189)	La Mariposa (981)	11-5 Intermedio-4 12-4 13-4 14-4	3,80	P/T La Mariposa
Tuy II	36,7		P/T La Guairita (945) La Pereza (1032-1096)	21-4 22-7 23-7 24-3	7,20	P/T La Guairita
Tuy III	75,1	Embalse Camatagua (260-300)	Estanque de Baruta (1080-1096)	31-5 Mamonal-5 32-6 33-6	17,40	P/T Caujarito
Taguacita- Tuy II	20,7	Embalse Taguacita (92-96)	Succión E/B-21-Lagartijo	Taguacita-4	4,00	P/T La Guairita
Taguaza-Taguacita	21,8	Embalse Taguaza (88-142)	A	-----	5,60	P/T La Guairita

Fuente: Elaboración propia en base a información suministrada por el MARN e HIDROVEN, 2001.

El sistema Tuy I posee una longitud de 36,3 km con una capacidad de 3,8 m³/s y sus principales fuentes de abastecimiento son el Embalse Lagartijo, la toma de río Taguacita, dos tomas del río Tuy y el Embalse Quebrada Seca. El agua extraída del río Tuy es procesada en una planta de pre-tratamiento y luego se une a la proveniente de las otras fuentes para luego ser bombeada hasta el Embalse La Mariposa, en la parte Sur del valle de Caracas. El Tuy I, alimenta también las plantas de tratamiento La Peñita, del sistema de abastecimiento de los valles del Tuy Medio (Hidrocapital, 2010).


El sistema Tuy II posee una longitud de 36,7 km con una capacidad de 7,2 m³/s y sus principales fuentes de abastecimiento son al igual que el sistema anterior, el Embalse Lagartijo, la toma de río Taguacita, dos tomas del río Tuy y el Embalse Quebrada Seca. El agua es bombeada hasta el embalse compensador La Pereza y la planta de tratamiento Ciudad Caracas (La Guairita) (Hidrocapital, 2010).

El sistema Tuy III posee una longitud de 75,1 km con una capacidad de 17,4 m³/s y su principal fuente de abastecimiento es el Embalse Camatagua. El agua es bombeada hasta la planta de tratamiento Caujarito, en los valles del Tuy Medio; desde allí el agua se bombea hacia los estanques de Baruta y el embalse compensador Macarao (*Op. cit.*, 2010).

Es importante acotar que, actualmente se encuentra en construcción el sistema Tuy IV, el cual servirá como compensador de los sistemas Tuy II y III a través de conexiones de tuberías de aproximadamente 2.000 mm de diámetro, mediante 2 recorridos de 20 y 35 km respectivamente. Dicho sistema, trabajará por gravedad con una tubería de conexión, la cual enviará mediante la estación de bombeo de Taguacita las aguas del embalse Taguaza al embalse Taguacita, incorporándolas, de esta manera al sistema Tuy II. Además, las aguas del embalse Taguaza serán bombeadas desde su estación de bombeo hasta la planta de tratamiento de Caujarito, donde pasarán a formar parte del sistema Tuy III (Chiquin y Guerrero, 2002).

En resumen, el Distrito Metropolitano de Caracas del todo el sistema de abastecimiento de agua potable, sólo cuenta dentro de sus límites con obras de captación como lo son: el embalse Macarao y La Pereza. Además de la tubería de aducción que conduce el agua potable hasta las viviendas emplazadas en él.

Igualmente, la topografía que lo rodea representa una restricción para trasvasar el agua desde las cuencas circunvecinas, lo que ha generado el empleo de un sistema de abastecimiento muy complejo y vulnerable, afectando su eficiencia, debido a, que es necesario emplear gran cantidad de energía para elevar las aguas desde las zonas bajas hasta las zonas altas, porque la mayoría de las fuentes se encuentran en alturas menores del área en estudio, aunado a esto, la mayor parte de la población está emplazada en áreas con mayor altitud, lo que implica una mejor y mayor planificación del sistema de bombeo para satisfacer las demandas, ya que los grandes desniveles lo complican. Si se presenta una parada violenta, producto de interrupciones del servicio eléctrico, puede producir fracturas de tuberías y daños en las bombas o en los motores (Figura 3).



**CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y SU
RELACIÓN CON LA COBERTURA ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS**

V. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA COBERTURA ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

Para realizar el análisis de la cobertura del sistema de abastecimiento de agua potable se debe conocer la distribución espacial de la población en el Distrito Metropolitano de Caracas, así como la oferta existente y la demanda del servicio por los habitantes que se emplazan en el área en estudio.

5.1.- Dinámica poblacional

Según el último Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas en el año 2001, el Distrito Metropolitano de Caracas posee una población de 2.762.759 habitantes, la cual representa un 12% de la población total del país (23.054.210 hab.). Además, presenta una densidad poblacional de 7.048 hab/km² y se estima un crecimiento interanual de 0,3% y un crecimiento relativo del 2,9% (Cuadro 6).

Ahora bien, el municipio Libertador es el que posee la mayor cantidad de población con 1.836.286 habitantes para el año 2001, lo cual representa el 66% del total del Distrito Metropolitano de Caracas, seguido del municipio Sucre con 546.766

habitantes (19,8%); mientras que los municipios Baruta, Chacao y El Hatillo son los que tienen la menor población con 260.853; 64.629 y 54.225 habitantes, representando el 9,4%, 2,3% y 2% respectivamente. Situación que persiste al estimar la población para el año 2010 (Mapa 6, Cuadro 6 y Gráficos 5 y 6).

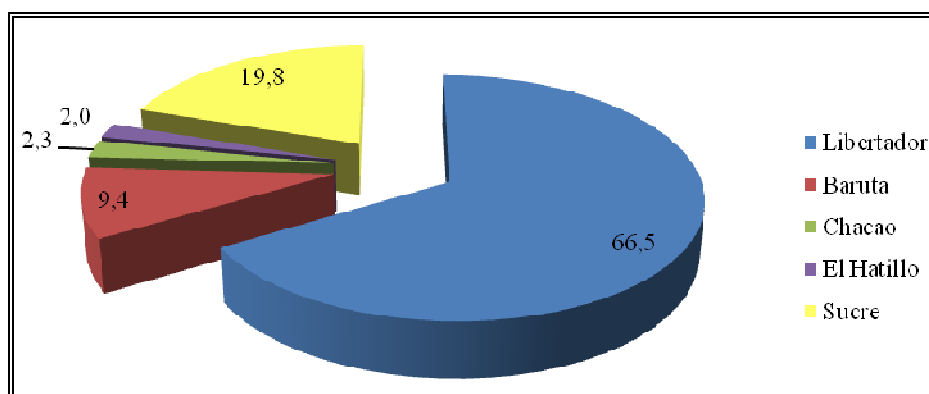
Cuadro 6. Población total y crecimiento poblacional del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios

Municipios	Sup (Km ²)	Población (hab.)				Densidad (Hab/Km ²)	Crecimiento poblacional		
		1990	2001	%	2010 ¹		Absoluto (hab.)	Relativo (%)	Geométrico (%)
Libertador	378,42	1.823.222	1.836.286	66,5	1.847.044	4.880,94	13.064	0,7	0,1
Baruta	83,46	249.115	260.853	9,4	270.867	3.245,47	11.738	4,7	0,4
Chacao	18,92	66.897	64.629	2,3	62.831	3.320,86	-2.268	-3,4	-0,3
EL Hatillo	126,07	45.799	54.225	2,0	62.260	493,85	8.426	18,4	1,7
Sucre	173,14	500.868	546.766	19,8	587.430	3.392,81	45.898	9,2	0,8
Total	780,01	2.685.901	2.762.759	100	2.830.432	7.048	76.858	2,9	0,3

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1990 y 2001.

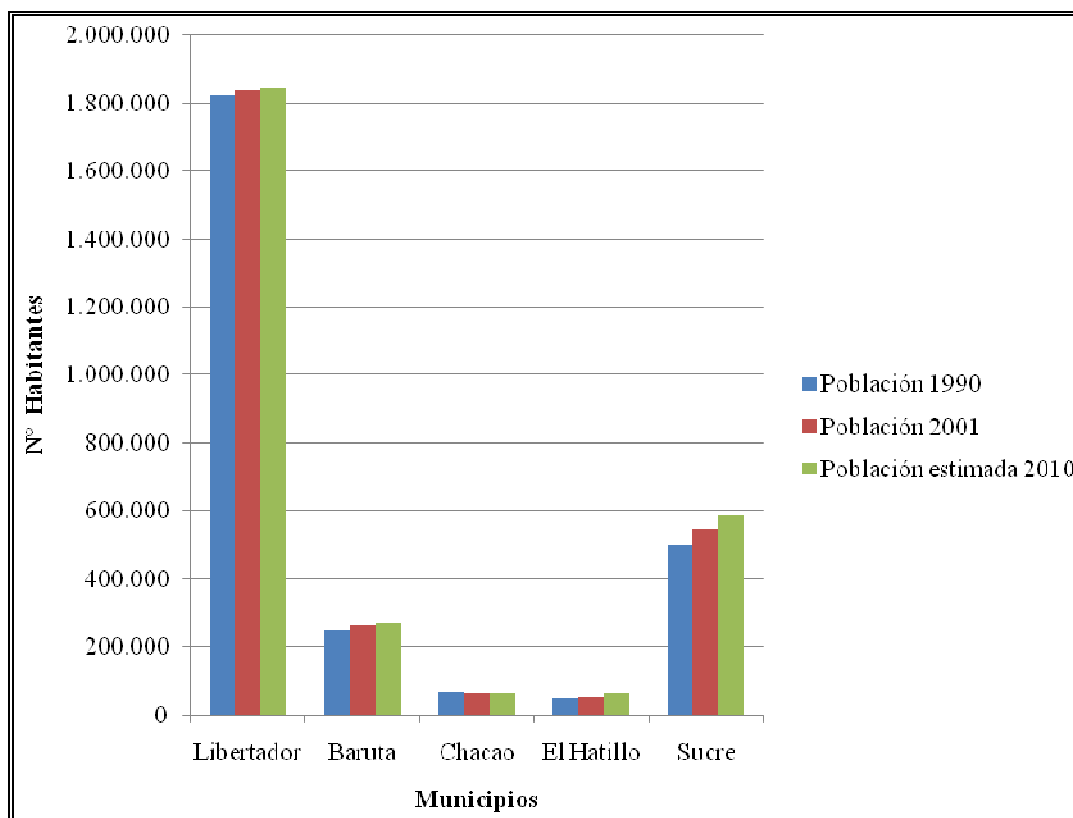
¹Población estimada en base a Censo de Población y Vivienda, 2001.

Gráfico 5. Población total en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1990 y 2001.

Gráfico 6. Población total del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios



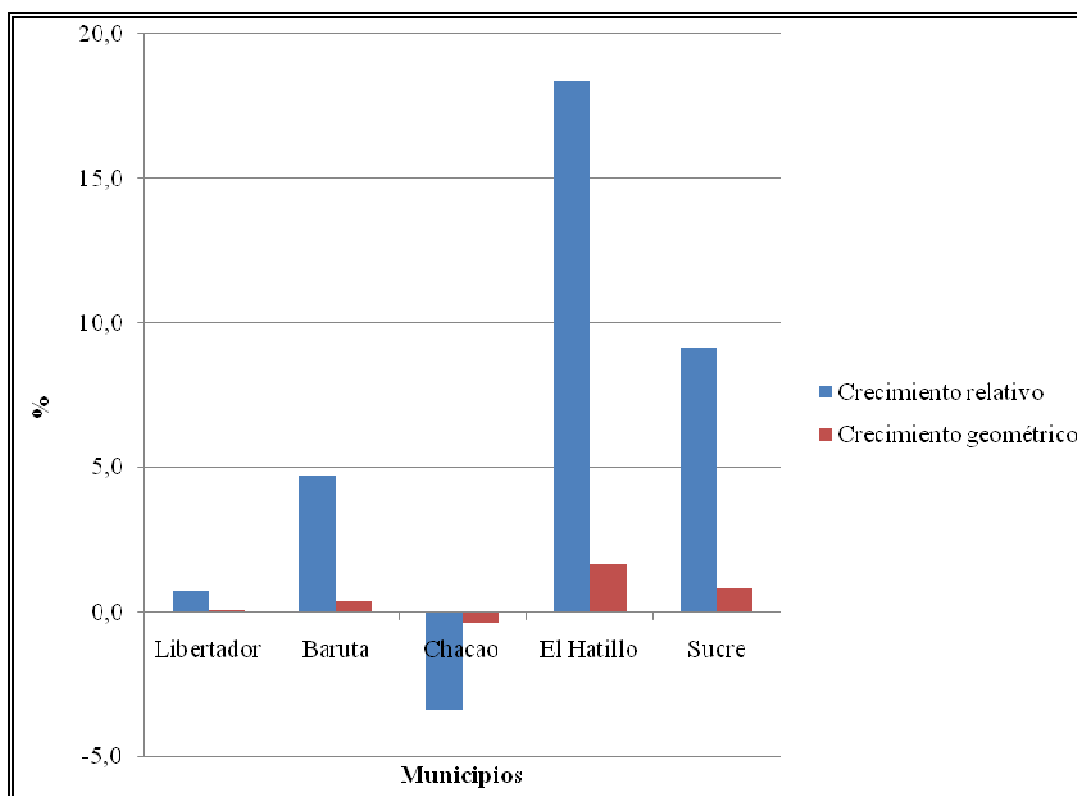
Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1990 y 2001.

En cuanto a la densidad poblacional, el municipio que posee la mayor es Libertador con 4.880,94 hab/km²; seguido de Sucre (3.392,81 hab/km²), Chacao con 3.320,86 hab/km² (a pesar de ser el segundo con menor cantidad de población, pero, a su vez, es el que tiene la menor extensión); Baruta (3.245,47 hab/km²) y por último El Hatillo (493,85 hab/km²) (Cuadro 6).

Asimismo, si se analiza el crecimiento relativo y el crecimiento geométrico por municipios, el que posee mayores valores es El Hatillo 18,4% y 1,7%

correspondientemente (siendo este municipio el que presenta menor cantidad de habitantes); seguido de Sucre con 9,2% y 0,8% respectivamente; siendo el municipio Chacao el que posee menor crecimiento relativo con -3,4% y a su vez menor velocidad crecimiento interanual con -0,3% (Mapa 7, Cuadro 6 y Gráfico 7).

Gráfico 7. Crecimiento intercensal del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1990 y 2001.

5.2.- Oferta del servicio de agua potable

La oferta de agua que aporta el sistema metropolitano es proporcional a la cantidad de habitantes emplazados en cada uno de los municipios, por tal motivo, la misma ha ido ascendiendo a medida que aumenta la población a la cual abastece, evidenciándose en el período 1961-1981, el mayor incremento de la producción del sistema, donde registró un aumento de 5.000 l/s, esto debido a la existencia del sistema Tuy I y a la construcción de los sistemas Tuy II y Tuy III a finales de este período. Entre 1981-2001, se registra un aumento en la oferta del sistema alrededor de 1.200 l/s, ya que se realizaron ampliaciones de los sistemas ya construidos (Brito, 2006).

Es importante aclarar, que debido a la complejidad del funcionamiento del sistema metropolitano, la empresa Hidrocapital no dispone de información lo suficientemente clara y precisa sino referencial en cuanto a la distribución espacial de la oferta del sistema de abastecimiento de agua potable en los municipios que conforman el Distrito Metropolitano de Caracas (*Op. cit.*, 2006).

Ahora bien, el municipio que dispone de mayor oferta del servicio de abastecimiento de agua potable es el Libertador, representado por un 66,5% (11.964 l/s), seguido del municipio Sucre con un 19,8% (3.562 l/s); mientras que los municipios restantes (Chacao, Baruta y El Hatillo) disponen de menor oferta del

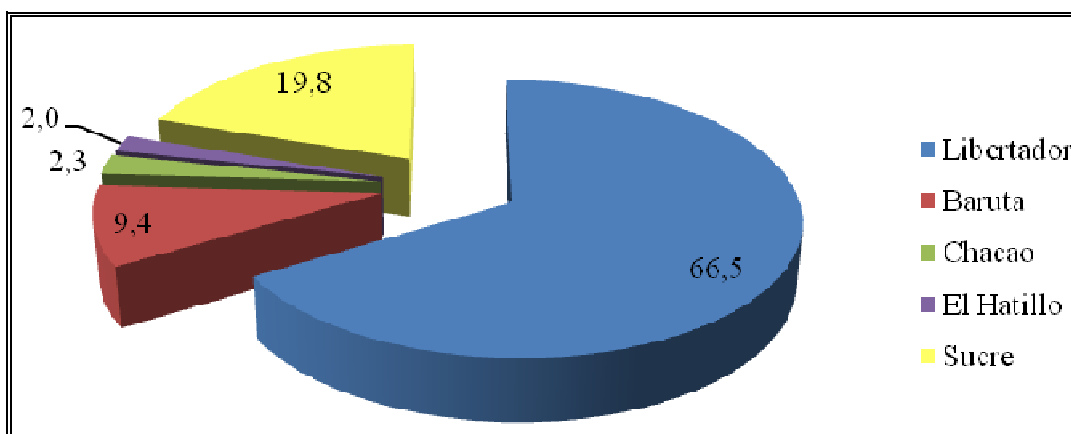
servicio para abastecer a la población emplazada en ellos (Mapa 8, Cuadro 7 y Gráfico 8).

Cuadro 7. Oferta del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010

Municipios	Oferta		
	l/s	l/día	%
Libertador	11.964	1.033.689.600	66,5
Baruta	1.700	146.880.000	9,4
Chacao	421	36.374.400	2,3
El Hatillo	353	30.499.200	2,0
Sucre	3.562	307.756.800	19,8
Total	18.000	1.555.200.000	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Gráfico 8. Oferta del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

5.3.- Demanda del servicio de agua potable

Para obtener la demanda teórica por municipio se consideró la población total estimada para el año 2010 y el estándar manejado en la actualidad por la empresa Hidrocapital para áreas urbanas (250 l/d/hab ó 0,25 m³/d/hab).

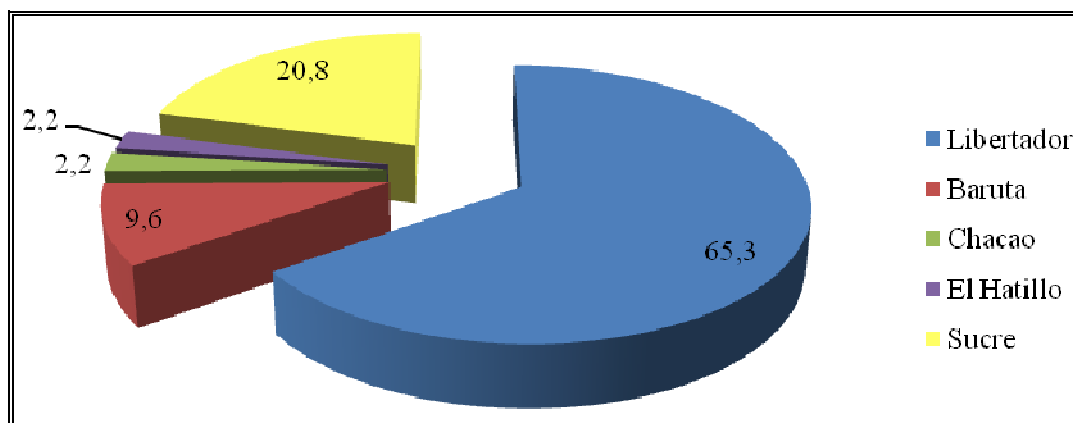
Con base a lo anteriormente planteado, se observa que la mayor demanda residencial del servicio de agua potable para el año 2010, se concentra en los municipios que presentan la mayor población: Libertador, Sucre y Baruta con un 65,3%, 20,8% y 9,6% respectivamente. Siendo los municipios Chacao y El Hatillo los que presentan la menor demanda y por ende, la menor población (Cuadro 8 y Gráfico 9).

Cuadro 8. Demanda residencial del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010

Municipios	Población 2010	Demanda residencial		
		l/s	l/día	%
Libertador	1.847.044	5.344,5	461.761.081	65,3
Baruta	270.867	783,8	67.716.760	9,6
Chacao	62.831	181,8	15.707.669	2,2
El Hatillo	62.260	180,1	15.564.958	2,2
Sucre	587.430	1.699,7	146.857.595	20,8
Total	2.830.432	8.189,9	707.608.062	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Gráfico 9. Demanda residencial del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

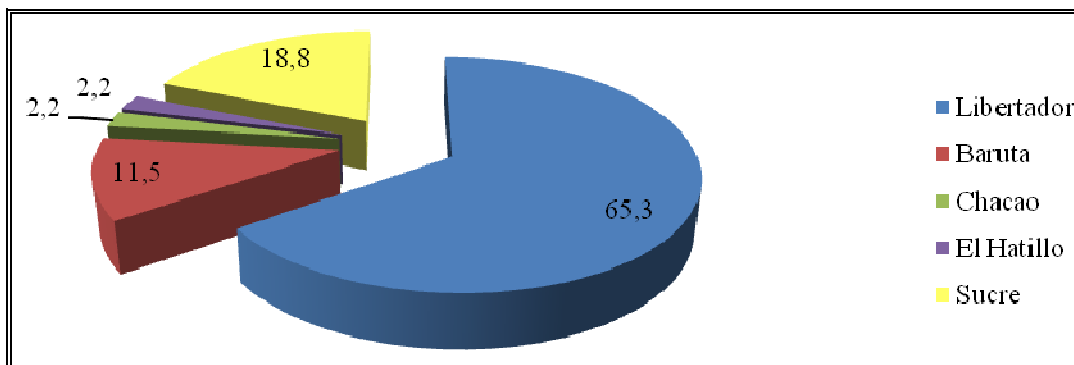
Asimismo, según Hidrocapital existe una demanda total del servicio de agua potable por municipios, donde se considera la demanda según sus usos, entre las que se encuentran: la doméstica o residencial, la comercial, la industrial, la educacional, entre otras, donde se observa el mismo patrón de distribución espacial de la demanda residencial (Mapa 9, Cuadro 9 y Gráfico 10).

Cuadro 9. Demanda total del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010

Municipios	Demanda total		
	l/s	l/día	%
Libertador	12.380,2	1.069.647.443,5	65,3
Baruta	2.171,7	187.636.024,9	11,5
Chacao	421,0	36.374.400,0	2,2
El Hatillo	412,5	35.640.691,7	2,2
Sucre	3.562,0	307.756.800,0	18,8
Total	18.947,4	1.637.055.360,0	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrado por Hidrocapital, 2010.

Gráfico 10. Demanda total del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Igualmente, el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), estimó en el año 1985 las demandas unitarias (demanda según uso) hasta el año 2000. En otras palabras, calculó el volumen de agua requerido en promedio para desarrollar una actividad urbana (comercio y servicio, público-educacional, industrial, la flotante y pérdidas), de las cuales, la que posee mayor demanda es la industrial, representada por un 38%, seguida de las pérdidas y público-educacional con un 28,7% y 17,3% respectivamente; mientras, la que tiene menor demanda del servicio es la flotante con un 2,1%, constituida por las personas que habitan en otras ciudades pero que se encuentran en el área de estudio por diversas razones, tales como (turismo, viajes de negocios, etc.) (Cuadro 10 y Gráfico 11).

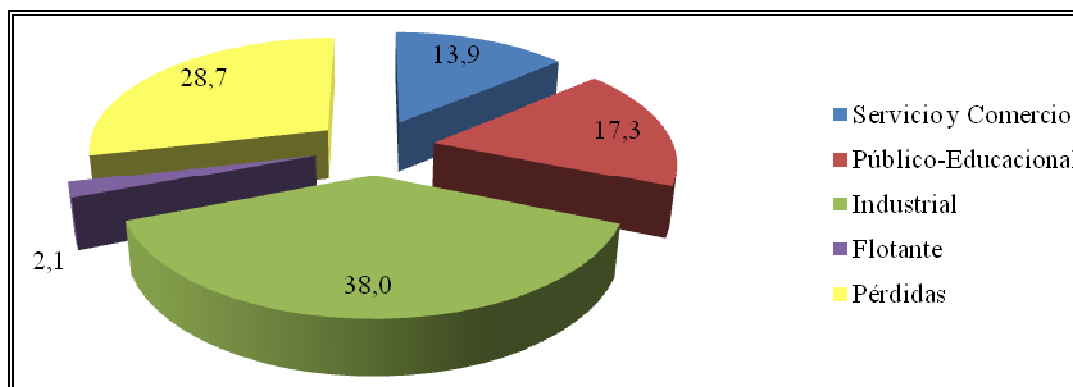
Cuadro 10. Demanda según uso del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas

Demanda según uso	1980		1990		2010 ¹		%
	(l/s)	(l/día)	(l/s)	(l/día)	(l/s)	(l/día)	
Servicio y Comercio	1.208,2	104.387.000	1.660,7	143.488.000	2.565,9	221.690.000	13,9
Público-Educacional	1.592,9	137.629.000	2.129,2	183.963.000	3.201,7	276.631.000	17,3
Industrial	2.971,1	256.706.000	4.320,5	373.289.000	7.019,2	606.455.000	38,0
Flotante	197,8	17.089.000	264,1	22.817.000	396,7	34.273.000	2,1
Pérdidas	2.808,8	242.681.996	3.640,8	314.563.238	5.304,7	458.325.722	28,7
Total	8.778,8	758.492.996	12.015,3	1.038.120.238	18.488,2	1.597.374.722	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), 1985

¹Demanda estimada en base a Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), 1985.

Gráfico 11. Demanda según uso del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), 1985

¹Demanda estimada en base a Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), 1985.

5.4.- Cobertura del servicio de agua potable

Una vez explicada la oferta y la demanda del servicio de agua potable en el área en estudio, es importante señalar, cómo es la cobertura de dicho servicio, que según Hidrocapital, es del 95% para todo el Distrito Metropolitano de Caracas, donde los municipios que poseen el 100% de abastecimiento son Chacao y Sucre; seguidos por Libertador, El Hatillo y Baruta con 98%, 91% y 86% respectivamente (Cuadro 11 y Gráfico 12).

Cuadro 11. Cobertura del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas, por municipios 2010

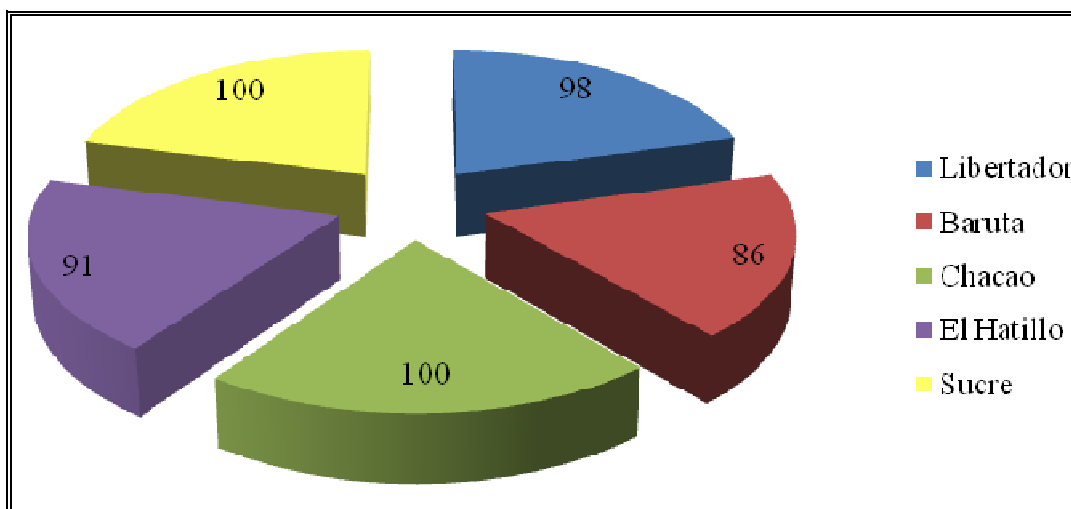
Municipios	Cobertura (%)
Libertador	98
Baruta	86
Chacao	100
El Hatillo	91
Sucre	100
Total	95

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Ahora bien, las formas de distribución del servicio de agua potable en los municipios son diversas, entre las que se encuentran: acueducto o tubería, camión cisterna, pila pública o estanque, pozo con tubería o bomba, pozo manantial protegido y otros medios (aljibes, jagüeyes, ríos, quebradas y agua de lluvia). Dicha distribución puede ser continua o fraccionada, tales como: servicio continuo, diurna, nocturna, cada 48 horas, de 5 a 7 días, de 7 a 15 días y de 18 a 23 días. Los

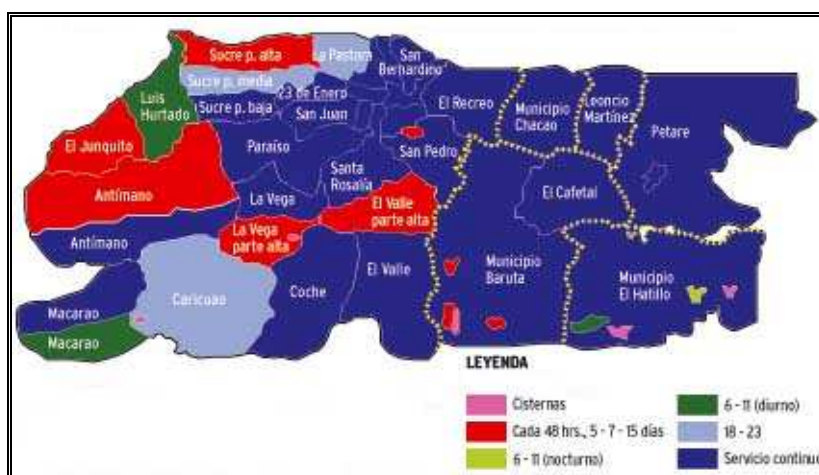
municipios que poseen mayor cubrimiento de servicio continuo son los ubicados en el estado Miranda (Figura 4).

Gráfico 12. Cobertura del servicio de agua potable en porcentaje del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Figura 4. Formas de distribución y horario del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas



Fuente: Hidrocapital, 2010.

Asimismo, y tomando en consideración, las formas de distribución anteriormente mencionadas, la mayoría de las viviendas ocupadas emplazadas en el área en estudio obtienen el servicio de agua potable mediante acueductos o tuberías (96%), es decir, a través del sistema de abastecimiento de dicho servicio. Sin embargo, el 4% de viviendas restantes lo obtienen por otros medios, como lo son: pozos con tuberías o bombas (1,4%), camiones cisternas (1%), pozo o manantial protegido y pila pública (0,5% y 0,4% respectivamente) (Cuadro 12 y Gráfico 13). El municipio Libertador (Distrito Capital) es el que posee mayor cobertura por red de tuberías y el menor acceso al servicio continuo; mientras que, los municipios pertenecientes al estado Miranda son los que tienen mayor porcentaje de cubrimiento por camiones cisternas y a su vez, mayor abastecimiento del servicio de manera continua (Cuadro 12 y Figura 4).

Cuadro 12. Viviendas ocupadas con servicio de agua potable, según formas de distribución del Distrito Metropolitano de Caracas, 2001

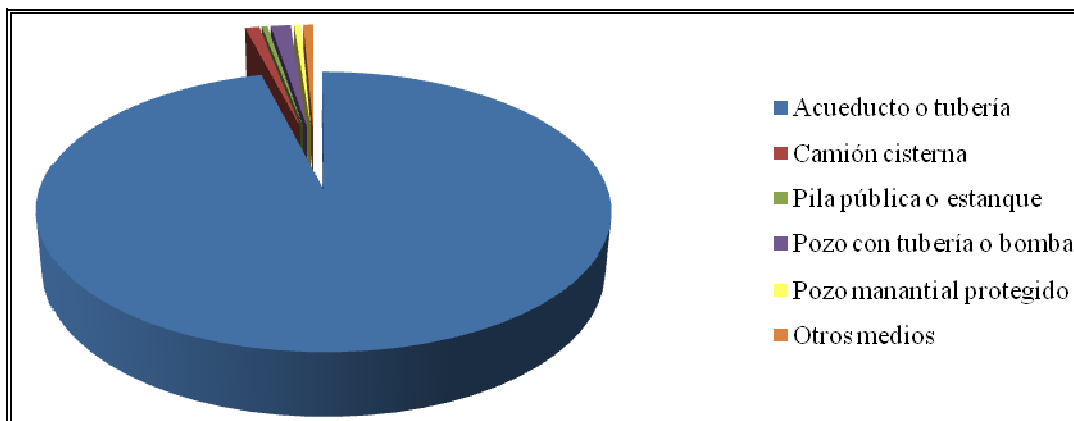
Municipios	Acueducto o tubería	Camión cisterna	Pila pública o estanque	Pozo con tubería o bomba	Pozo manantial protegido	Otros medios ¹	Total
Libertador	432.934	1.107	1.581	4.625	1.225	1.304	442.776
Baruta	58.560	1.516	303	1.363	597	1.034	63.373
Chacao	14.508	376	75	338	148	256	15.701
El Hatillo	12.173	315	64	283	124	215	13.174
Sucre	122.748	3.177	636	2.856	1.252	2.166	132.835
Total	640.923	6.491	2.659	9.465	3.346	4.975	667.859
%	96,0	1,0	0,4	1,4	0,5	0,7	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1990 y 2001.

¹Aljibes o jagüeyes, ríos, quebradas, agua de lluvia.

Nota: Se excluyen las viviendas clasificadas como refugios y otra clase.

Gráfico 13. Viviendas ocupadas con servicio de agua potable en porcentaje, según formas de distribución del Distrito Metropolitano de Caracas, 2001



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1990 y 2001.

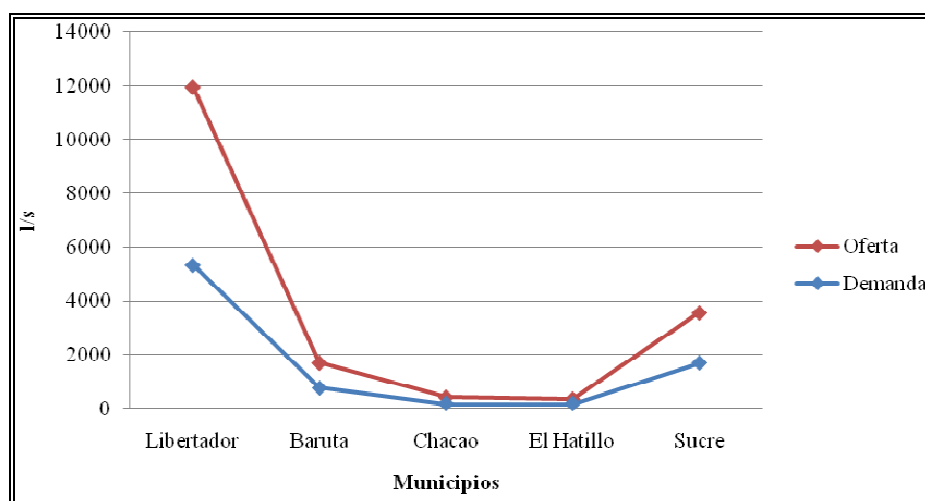
Después de conocer la cobertura y la forma de distribución del servicio de agua potable, se realizó, el contraste entre la oferta y demanda residencial del servicio de agua potable, donde se percibió un balance positivo según los datos obtenidos para el año 2010, donde se observa que la oferta (18.000 l/s) es superior a la demanda (8.189,9 l/s), resultando, de esta relación un superávit de 9.810,1 l/s (Cuadro 13 y Gráfico 14).

Cuadro 13. Balance de oferta y demanda residencial del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010

Municipios	Oferta		Demanda residencial		Oferta/Demanda residencial		
	(l/s)	(l/día)	(l/s)	(l/día)	(l/s)	l/día	%
Libertador	11.964	1.033.689.600	5.344,5	461.761.081	6.619,5	571.928.519	67,5
Baruta	1.700	146.880.000	783,8	67.716.760	916,2	79.163.240	9,3
Chacao	421	36.374.400	181,8	15.707.669	239,2	20.666.731	2,4
El Hatillo	353	30.499.200	180,1	15.564.958	172,9	14.934.242	1,8
Sucre	3.562	307.756.800	1.699,7	146.857.595	1.862,3	160.899.205	19,0
Total	18.000	1.555.200.000	8.189,9	707.608.062	9.810,1	847.591.938	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Gráfico 14. Balance de oferta y demanda residencial del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Teóricamente, la oferta del sistema de abastecimiento de agua potable satisface la demanda residencial del servicio. Sin embargo, cuando se considera la demanda total, donde incluye las demandas según su uso (comercio y servicio, público-educacional, industrial, la flotante y pérdidas) se observa que existe un déficit

de dicho servicio (balance negativo), representado por un 5%, traduciéndose esto en -947,4 l/s, evidenciándose, que los municipios que presentan mayor déficit son Baruta y Libertador con 49,8% y 43,9% respectivamente, seguido del municipio El Hatillo con 6,3%; mientras que los municipios Chacao y Sucre no poseen déficit (Mapa 10, Cuadro 14 y Gráfico 15).

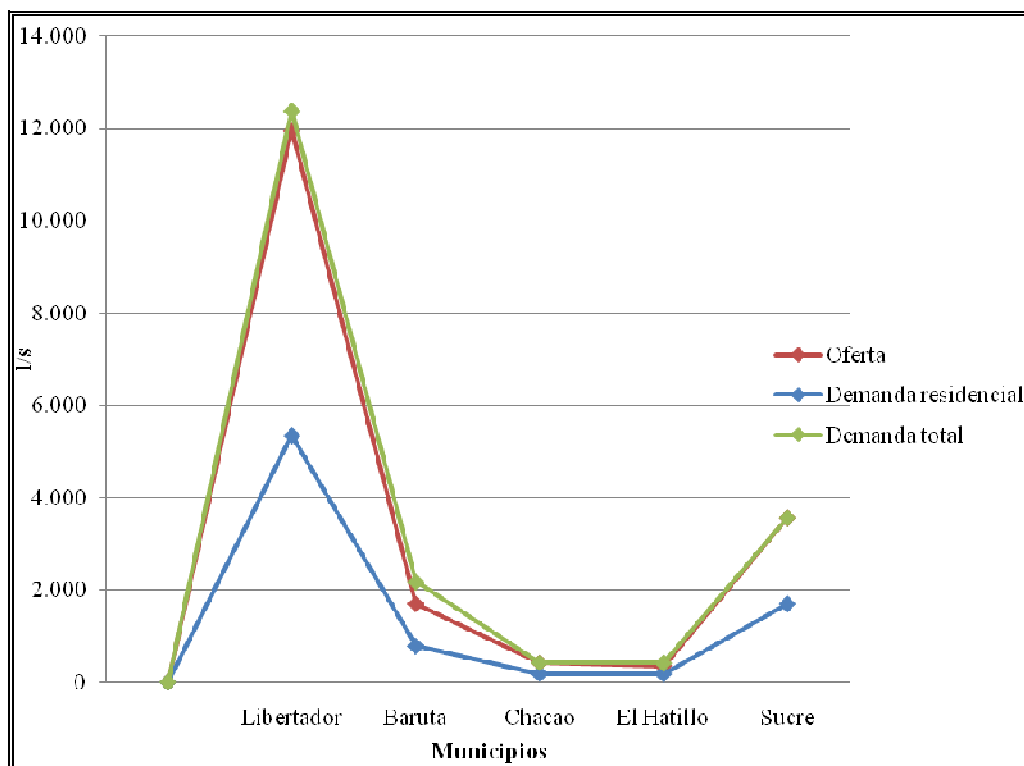
Cuadro 14. Balance de oferta y demanda total del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010

Municipios	Oferta		Demanda total		Oferta/Demanda total		
	(l/s)	(l/día)	(l/s)	(l/día)	(l/s)	l/día	%
Libertador	11.964	1.033.689.600	12.380,2	1.069.647.443,5	-416,2	-35.959.680	43,9
Baruta	1.700	146.880.000	2.171,7	187.636.024,9	-471,7	-40.754.880	49,8
Chacao	421	36.374.400	421,0	36.374.400,0	0,0	0	0,0
El Hatillo	353	30.499.200	412,5	35.640,691,7	-59,5	-5.140.800	6,3
Sucre	3.562	307.756.800	3.562,0	307.756.800,0	0,0	0	0,0
Total	18.000	1.555.200.000	18.947,4	707.608.062	-947,4	-81.855.360	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

Dicho déficit, se debe, entre otras causas, a las restricciones que presenta el sistema para satisfacer la demanda del servicio, que vienen dada por el emplazamiento de la población en espacios con niveles de cota y pendientes altas, el cual dificulta el abastecimiento, lo que implica invertir mayores recursos en infraestructura, maquinaria y mano de obra, involucrando aumento de costos para proporcionar el servicio a esas áreas. Además, otras de las causas que convierten este balance negativo, es el alto consumo de las industrias emplazadas en toda el área en estudio.

Gráfico 15. Balance de oferta y demanda total del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas por municipios, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Hidrocapital, 2010.

En síntesis, se puede decir, que no solamente se cuenta con la demanda residencial, la cual se obtuvo considerando la cantidad de población por municipio y el estándar establecido por el organismo competente del servicio de agua potable (Hidrocapital), sino que también existe la demanda total, resultado de la sumatoria de las demandas según uso.

Ahora bien, si además se consideran las demandas según uso, calculadas por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) en el año 1985, se observa que

existe mayor déficit del servicio de agua potable, representado por un 65,3%, traduciéndose esto en -8.678 l/s (Cuadro 15 y Gráfico 16).

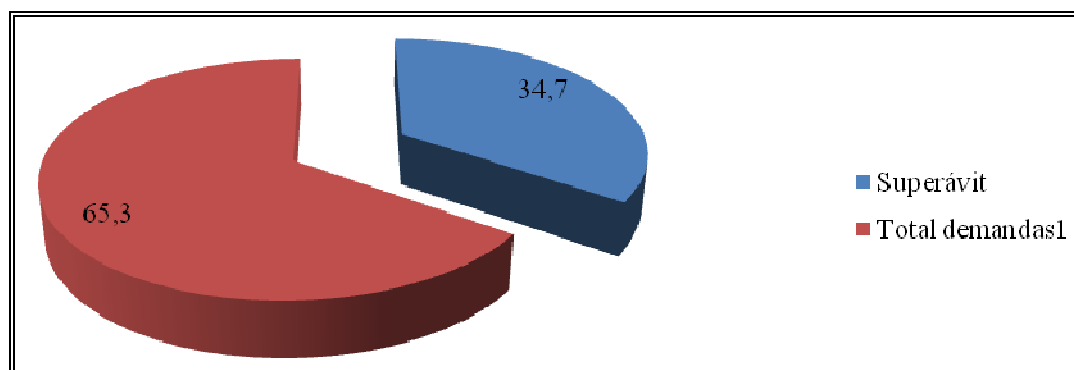
Cuadro 15. Balance de superávit y total de demandas del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010

Balance	2010		
	(l/s)	(l/día)	%
Superávit	9.810,1	847.592.640	34,7
Total demandas ¹	18.488,2	1.597.380.480	65,3
Total	-8.678,1	-749.787.840	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), 1985 e Hidrocapital, 2010.

¹Demanda según uso, estimada en base a Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), 1985

Gráfico 16. Balance de superávit y total de demandas en porcentaje del servicio de agua potable del Distrito Metropolitano de Caracas, 2010



Fuente: Elaboración propia en base a datos suministrados por Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), 1985 e Hidrocapital, 2010.

Al realizar el contraste de dichas demandas con la oferta, se observa la exigencia del servicio en las demandas según su uso, donde la industria es la que posee el mayor porcentaje, seguidas de las pérdidas y el público-educacional con un 41,1% 23,9% y 18,1% respectivamente (Cuadro 10).



**CAPÍTULO VI. PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS QUE MEJOREN
EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS**

VI. PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS QUE MEJOREN EL SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

6.1.- Aplicación del método matriz geográfica

Luego de haber realizado el análisis de las características físico-naturales y de las características poblacionales que tienen correspondencia con el sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas, se procedió a aplicar el método de matriz geográfica con la finalidad de relacionar todas las variables, lo que permitió obtener la síntesis del objeto de estudio, de la cual se realizaron las propuestas de estrategias que coadyuvarán a mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable en el área en estudio. Tal como se presenta en la matriz síntesis, producto de dicha relación, donde, luego de seleccionar las variables, se procedió a ponderarlas, considerando para cada una de ellas, diversos criterios, de los cuales, los que presentan mayor valor son los negativos y por ende, los positivos son los que tienen menor valor (Cuadro 16). A continuación se describen:

- 1.- Unidades geomorfológicas:** en esta variable se consideraron las unidades con mayor preponderancia en cuanto al abastecimiento del agua potable por municipio, tomando en cuenta la dificultad de traslado por la altitud referenciada en el tipo de unidad geomorfológica. Por lo que: valle

equivale a 1, glacis a 2, planalto a 3, sistema de lomas y colinas a 4, montaña baja a 5 y montaña media a 6.

2.- Gradiente de pendiente: al igual que a la variable anterior, se tomaron en cuenta las pendientes con mayor predominio en cada uno de los municipios, teniendo como referencia la siguiente relación a mayor pendiente mayor dificultad de traslado del recurso a la población. Por lo que: pendientes de 0-15% equivale a 1, pendientes de 15-30% a 2, pendientes 30-50% a 3, pendientes de 50-100% a 4 y pendientes de >100% a 5.

3.- Pozos o acuíferos: los municipios que posean entre 0 a 10 pozos equivale a 3, de 10 a 20 pozos equivale a 2 y más de 20 pozos a 1.

4.- Fuentes de abastecimiento: los municipios que dentro de sus límites tengan algún cuerpo de agua de gran importancia para el abastecimiento de agua potable, se ponderan con 1, y aquellos que no posean con 2.

5.- Obras de captación: al igual que a la variable anterior, los municipios que posean alguna infraestructura de este tipo se pondera con 1 y aquellos que no tengan con 2.

6.- Sistemas de producción: en esta variable se consideraron los municipios que posean tanto plantas de tratamientos como estaciones de bombeos, realizando una sumatoria de ambas. Los que posean plantas de tratamientos se ponderan con 1 y los que no tienen con 2, mientras que para las estaciones de bombeo es al contrario.

7.- Sistemas de distribución: los municipios que por su extensión atraviese un solo sistema de distribución se pondera con 2, y aquellos que los atraviesen 2 ó más sistemas con 1.

8.- Población (hab.): para ponderar esta variable se consideró que a mayor cantidad de población, valor más alto y a menor cantidad de población valor más bajo, por lo que los criterios son los siguientes: los municipios que presentan población entre 62.260 a 270.867 habitantes se ponderan con 1; entre 270.867 a 587.430 habitantes con 2 y superiores a 587.430 habitantes con 3.

9.- Crecimiento poblacional geométrico (%): al igual que en la variable anterior, se consideró que a mayor porcentaje de crecimiento poblacional valor más alto y a menor porcentaje de crecimiento poblacional valor más bajo, por lo que los criterios considerados en esta variable son los

siguientes: municipios con crecimiento poblacional geométrico de -0,3 a -0,1% se ponderan con 1, de -0,3 a 0,8% con 2 y mayores de 0,8% con 3.

10.- Densidad poblacional (hab./km²): al igual que en las dos variables anteriores, los municipios que presentan mayor densidad poblacional tienen el indicador más alto, mientras aquellos que posean la menor densidad población, el indicador más bajo, por lo que los criterios considerados para ponderar esta variable son los siguientes: los municipios que presentan entre 0 a 500 habitantes por kilómetros cuadrados se ponderan con 1; entre 500 a 3.500 con 2 y superiores a 3.500 con 3.

11.- Oferta del servicio (l/s): para ponderar esta variable, los municipios que presentan menor oferta del servicio se corresponde al valor más alto y aquellos que presenten mayor oferta se corresponden al valor más bajo por lo que: los municipios que presenten oferta entre 353 a 1.700 l/s se ponderan con 3, de 1.700 a 3.562 l/s con 2 y los superiores a 3.562 l/s con 1.

12.- Demanda del servicio (l/s): a diferencia de la variable anterior, la relación es directamente proporcional, es decir los municipios que presenta menor demanda, corresponde al valor más bajo y los que tengan mayor demanda al valor más alto; por lo que: aquellos que posean

demandas entre 350 a 450 l/s se ponderan con 1, de 450 a 3.600 l/s con 2 y los superiores a 3.600 l/s con 3.

13.- Cobertura del servicio (l/s): a diferencia a la variable anterior, la relación es inversamente proporcional, por lo que los municipios que presenten un balance entre -500 a -400 l/s se ponderan con 3, de -400 a -55 l/s se con 2 y entre -55 a 0 l/s con 1.

14.- Servicio continuo: en esta variable se ponderan con 1 aquellos municipios que tengan servicio continuo de agua potable, mientras que, los municipios que no posean con 2.

15.- Servicio por otros medios: para ponderar esta variable, se tomó en cuenta el número de viviendas por municipios que obtienen el servicio de agua potable por otros medios distintos a acueductos o tuberías (pozos con tuberías o bombas, camiones cisternas, pozo o manantial protegido y pila pública), por lo que, en los municipios con mayor número de viviendas con el acceso al servicio de esta manera, corresponden al mayor indicador que es 5 y los que posean menor número de viviendas se ponderan con 1.

16.- Total: es la sumatoria de todas las variables por municipios, los cuales se espacializaron para así obtener el mapa síntesis.

Cuadro 16. Matriz síntesis

Variables	Unidades geomorfológicas	Gradiente de pendiente	Fuente de abastecimiento	Pozos o acuíferos	Obras de captación	Sistema de producción	Sistema de distribución	Población (hab.)	Crecimiento poblacional geométrico (%)	Densidad de la población (hab./km ²)	Oferta del servicio (l/s)	Demanda del servicio (l/s)	Cobertura del servicio (l/s)	Servicio continuo	Servicio por otros medios	Total
Libertador	6	5	1	2	1	4	1	3	1	3	1	3	3	2	5	41
Baruta	5	4	2	3	2	2	2	1	2	2	3	2	3	2	3	38
Chacao	6	5	2	1	2	3	2	1	1	2	3	1	1	1	2	33
El Hatillo	5	4	2	3	2	3	2	1	3	1	3	1	2	2	1	35
Sucre	6	5	2	3	1	3	2	2	2	2	2	2	1	1	4	38

Fuente. Elaboración propia, 2011.

Luego de tener el valor síntesis por municipios, se aplicó la fórmula del método de Sturge para obtener el intervalo de clases mediante la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{Ls - Li}{1 + (3,322 * \text{Log}(n))}$$

Donde:

IC: Intervalo de clases;

Ls: Límite superior;

Li: Límite inferior;

Log (n): Logaritmo del resultado del denominador.

Al aplicar la fórmula anteriormente señalada, se construyeron las clases, permitiendo así, obtener la leyenda del mapa síntesis, donde se evidencia que el municipio que requiere mayor atención y formulación de propuestas para mejorar el abastecimiento del servicio de agua potable es Libertador, seguido de los municipios Sucre y Baruta, y por último de los municipios El Hatillo y Chacao (Mapa 11).

Por lo anteriormente expuesto, y en pro de mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable se consideraron los municipios de acuerdo a su nivel de prioridad, tal como se indica a continuación:

- 1.- Alta prioridad: Municipio Libertador;
- 2.- Mediana prioridad: Municipios Sucre y Baruta;
- 3.- Baja prioridad: Municipios El Hatillo y Chacao.

6.2.- Propuestas de estrategias

Tomando en cuenta lo señalado en el punto anterior, y lo planteado en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, específicamente, en su artículo 374, donde indica que el agua es insustituible para la vida y el desarrollo de las actividades humanas; y a lo expuesto en la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento, particularmente, en su artículo 3, numeral b, establece, que todos los ciudadanos deben tener acceso al servicio de agua

potable; se formularon estrategias para optimizar dicho servicio (Tabla 4), basadas en el Plan Nacional de Gestión Integral de los Recursos Hídricos (HIDROVEN, s.f.); considerando que las mismas tienden a modificarse a medida que aumenta la demanda del recurso en un espacio geográfico en específico.

Tabla 4. Propuestas de estrategias y sus políticas que mejoren el servicio de abastecimiento de agua potable en el Distrito Metropolitano de Caracas

Estrategias	Políticas
1. Ordenar el territorio asegurando la base de la sustentación ecológica.	- Proponer la ejecución de políticas públicas para el diseño y cumplimiento de planes de desarrollo urbano-local, porque los crecimientos no planificados dentro del área en estudio, específicamente en zonas de altas pendientes y por ende, de difícil acceso, dificultan el suministro de cualquier servicio, que para este caso, es el agua potable. En dicha planificación se debe considerar el crecimiento de la población y su incidencia a corto, mediano y largo plazo, debido a que trae consigo el incremento de la demanda de dicho servicio, por lo cual se deben realizar mejoras en el sistema, proponiendo para ello la construcción de obras.
2. Mejorar la calidad de vida de la población.	<p>- Mejorar la continuidad del servicio agua potable, para lo cual se deben aumentar los horarios de abastecimiento, disminuyendo el tiempo de corte del mismo.</p> <p>- Diseñar proyectos de mantenimiento y construcción de tanques, los cuales sean ubicados en zonas con mayor altitud y pendiente, donde trabajarían por gravedad con la finalidad de que sean considerados al momento de aplicar un plan</p>

2. Mejorar la calidad de vida de la población.	<p>alternativo para el suministro del servicio de agua potable al presentarse cualquier contingencia en el sistema.</p>
	<p>- Mantener, rehabilitar, modernizar y ampliar periódicamente los componentes del sistema de abastecimiento del servicio de agua potable directamente por el personal capacitado, la cual evitaría la pérdida del recurso por averías y fallas en dicho sistema.</p>
	<p>- Propuestas y/o actualización del catastro del servicio de agua potable, la cual permite conocer la demanda real y los suscriptores del mismo de manera detallada y general, permitiendo de esta manera mayores ingresos, ya que se podría aplicar medidas para incluir más clientes, evitando así las tomas ilegales.</p>
	<p>- Propuestas y/o actualización del Sistemas de Información Geográfica del servicio, y además publicarlo en la web, con la finalidad de promover la participación de los suscriptores en la supervisión, fiscalización y control de la prestación de dicho servicio mediante la consulta, donde los usuarios pueden denunciar las tomas ilegales y notificar si en su comunidad o en áreas adyacentes a la misma, existe alguna falla o avería en la red de tuberías, lo cual evitaría la pérdida y el uso irracional del recurso, y a su vez enriquece el SIG.</p>
	<p>- Proponer la aplicación de la legislación correspondiente sobre los infractores, imponiéndole sanciones por incumplimiento de las condiciones de prestación del servicio.</p>
	<p>- Retomar los proyectos de mejoramiento de los componentes del sistema, como por ejemplo el del embalse Macarao.</p>
	<p>- Acelerar la construcción del embalse sobre el río Cuira.</p>
	3. Conservar y

<p>preservar ambientes naturales.</p>	<p>diseño de programas, talleres, campañas educativas que permitan crear conciencia a la población, en cuanto a la importancia de dicho recurso para el desarrollo de sus actividades diarias, promocionando de esta manera el aprovechamiento racional del mismo y además del pago oportuno de la tarifa establecida para la prestación del servicio de agua potable.</p>
<p>4. Generar fuentes alternas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar proyectos que permitan la protección de los cuerpos de aguas, evitando el emplazamiento de población en toda su extensión y así disminuir el alto grado de contaminación porque interviene directamente en la calidad de las mismas. - Incentivar al organismo encargado al saneamiento de los cuerpos de agua, ubicados dentro del área en estudio, para que, de esta manera sean considerados como fuentes alternas de abastecimiento del servicio de agua potable, los cuales ayudarían a que el sistema no dependa de cuencas ubicadas en otras entidades, y a su vez, se reducirían los costos y dificultades en el traslado. - Elaborar estudios que permitan cuantificar los acuíferos o pozos de aguas subterráneas y determinar su potencial como fuente alterna de abastecimiento del servicio de agua potable. Además de reactivar los ya existentes. - Controlar el alto consumo de las industrias, mediante la construcción de plantas de tratamiento que permitan reutilizar el recurso para ser usado como fuente alterna en dicho uso.

Fuente. Elaboración propia en base a HIDROVEN, s.f.

CONCLUSIONES

Entre la población y la demanda de los servicios básicos, existe una relación directamente proporcional, porque a medida que aumenta la población, aumenta la demanda de los mismos. Ellos, son necesarios para tener una mejor calidad de vida, motivo por el cual requieren ser planificados; situación que no ocurre en Venezuela y se evidencia por la falta de aplicación de políticas que permitan el equilibrio entre ambas variables; lo que ocasiona déficit y agotamiento de los servicios.

El servicio de abastecimiento de agua potable, es uno de los más importantes, demandados y escasos, tanto, que se han creado políticas dentro de la planificación que permiten racionar el recurso, por lo que, la población tiene acceso al mismo de manera parcial y fraccionada. Situación que se ha evidenciado en el Distrito Metropolitano de Caracas, debido a diversos factores, como lo son: el patrón de crecimiento poblacional, la pérdida de calidad de los cuerpos de agua, la deficiente gestión, la conservación del recurso, las pérdidas de agua, las descargas residuales, entre otros, los cuales inciden en el deterioro de estas fuentes.

Por tal motivo, para promover la optimización del servicio de abastecimiento de agua potable, se plantearon en el capítulo VI de esta investigación, estrategias basadas en el plan nacional de gestión integral de los recursos hídricos, las cuáles serán un insumo para la elaboración de estrategias definitivas. La aplicación y

ejecución de dichas estrategias, se debe hacer, de acuerdo al nivel de prioridad en cuanto a la problemática de escasez del agua potable de cada municipio que integran el área en estudio. Es importante acotar, que estas estrategias son de índole geográfica, por lo cual, se recomienda realizar estudios, desde otra perspectiva que contribuyan a mejorar este servicio, vital para la población, como por ejemplo, el de ingeniería.

Cabe acotar, que una de las dificultades que presenta el sistema del servicio de abastecimiento de agua potable, es que sus fuentes y obras de captación se localizan en estados circunvecinos al área en estudio, como por ejemplo los Embalses Camatagua y Lagartijo. Aunado a esto, se debe incentivar la protección de los cuerpos de aguas, ya que están siendo intervenidas por los emplazamientos de población. Siendo esta, una de las estrategias propuestas en esta investigación.

En este mismo orden de ideas, se deben considerar los acuíferos o pozos de aguas subterráneas como alternativas para el abastecimiento en diferentes usos, así como el mantenimiento y construcción de tanques ubicados en zonas altas que permite abastecer a la población en las zonas más altas del área en estudio.

Asimismo, como base de una buena planificación espacial, es necesario la elaboración e implementación de políticas públicas que permitan el diseño y cumplimiento de planes de desarrollo urbano-local y estatal, ya que ellos dan a

conocer la ubicación de los recursos y las posibles zonas de expansión urbana así como la demanda actual de los servicios básicos e inferir la futura.

Considerando, que la planificación es la base para hacer sustentable los recursos, que parecen hacerse finitos en el tiempo, se debe crear conciencia en cuanto al aprovechamiento de los mismos, y principalmente, cuando se trata del recurso agua, el cual se ve afectado en gran medida por la necesidad de la población de obtener viviendas sin importar si se encuentran emplazadas dentro, a lo largo o en la cabecera de los ríos que son afluentes de las principales fuentes de abastecimiento del agua potable que actualmente se consume.

Para finalizar, se puede señalar que una de las limitaciones que se presentan a la hora de elaborar este tipo de estudio, y que va en detrimento de las soluciones, es la falta o no disponibilidad de las estadísticas que reflejen la demanda y oferta real a nivel local, las cuales permitirían formular propuestas detalladas y por ende, la alta accesibilidad al servicio por parte de la población. A pesar de esta situación, se logró cumplir con los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación, desde la identificación de la distribución de la red del sistema de abastecimiento de agua potable; el análisis de la distribución de la población y su relación con la cobertura actual del sistema hasta la formulación de propuestas de estrategias que mejoren dicho servicio en el Distrito Metropolitano de Caracas.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. AGUAS DE CASTILLA-LA MANCHA (s.f.). *Embalses*. España. Documento en línea. Disponible en: <http://www.acim.es/secciones/04infoEmbalses.htm>. [Recuperado 2009, Marzo 19].
2. ARIAS, F. (2006). *El Proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Quinta edición. Caracas, Venezuela: Episteme. 143 pp.
3. ARIAS, M., PIRONDINI, L. Y SILVESTRE, H. (1983). *El agua en el medio ambiente urbano. Edición Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. III Congreso venezolano de conservación*. Guanare.
4. AROCHA, S. (1980). *Abastecimiento de agua – Teoría y diseño*. Caracas, Venezuela: VEGA.
5. ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (2009). *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*. Gaceta Oficial N° 5908 Extraordinario de fecha 19/02/2009.
6. ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (2001). *Ley Orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento*. Gaceta Oficial N° 5568 Extraordinario de fecha 31/12/2001.
7. ASOCIACIÓN INTEGRAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS (AIPOP) (s.f.). *Crisis en la disponibilidad de agua en Venezuela*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://www.aipop.org/site/uploads/c823d3a0-9535-4f35.pdf>. [Recuperado 2011, Abril 02].
8. ASOCIACIÓN MUNDIAL PARA EL AGUA (GWP) Y COMITÉ DE CONSEJO TÉCNICO (TAC) (s.f.). *Manejo integrado de recursos hídricos*. Suecia. Documento en línea. Disponible en: <http://www.gwpforum.org/gwp/library/TAC4sp.pdf>. [Recuperado 2009, Junio 08].
9. BOISIER, S. (1981). *La Planificación del Desarrollo Regional en América Latina*. Santiago de Chile.
10. BOSQUE, J. (1992). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid, España: Ediciones Rialp, S.A. 450 pp.

11. BRICEÑO, M. (2005). *Consideraciones teórico – metodológicas sobre la ordenación del territorio*. Documento en línea. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24088/2/articulo2.pdf>. [Recuperado 2011, Noviembre 02].
12. BRITO, A. (2006). *Aproximación al estudio de sustentabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en el Área Metropolitana de Caracas. Período 1961-2001 y tendencia al año 2021*. Trabajo de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 1-31.
13. BUZAI, G., DE LA CUÉTARA, O Y BAXENDALE, C. (s.f.). *El hecho geográfico como unidad de tratamiento matricial. Revalorización en geoinformática y actuales perspectivas de aplicación en la investigación en geografía*. Documento en línea. Disponible en: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal6/Nuevastechnologias/Sig/39.pdf>. [Recuperado 2011, Abril 08].
14. CAÑIZALES, A., PEÑUELA, S., DÍAZ, D. y OTROS (2006). *Gestión integrada de los recursos hídricos en Venezuela*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://aveagua.org/GIRH%20Final%20Marzo%202006.pdf>. 2-60. [Recuperado 2009, Junio 06].
15. CASTELLANO, H. (2010). *Planificación: herramientas para enfrentar la complejidad, la incertidumbre y el conflicto*. Segunda edición. Caracas, Venezuela: CENDES. 213 pp.
16. CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (1998). *Las estrategias desarrolladas en el proyecto estrategias participativas para el abastecimiento de agua (EPAA)*. Canadá. Documento en línea. Disponible en: http://archive.idrc.ca/library/document/088119/index_s.html. [Recuperado 2009, Junio 22].
17. CHIQUIN, A. y GUERRERO, E. (2002). *Evaluación, diagnóstico y propuestas para la optimización del acueducto la ciudad universitaria*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 76-80.
18. CHORLEY, R. y HAGGETT, P. (1971). *La geografía y los modelos socio-económicos*. Segunda edición. Madrid, España: Colección Nuevo Urbanismo. 437 pp.

19. COMISIÓN DEL PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS (COPLANARH) (1969). *Inventario nacional de aguas superficiales*. Caracas.
20. COMISIÓN DEL PLAN DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS (COPLANARH) (1972). *Plan nacional de aprovechamiento de los recursos hidráulicos (Versión preliminar)*. Caracas.
21. CRISTÓBAL, F. (2005). *Cambio y equidad del servicio del agua en Venezuela*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/403/40305910.pdf>. *Cuadernos del CENDES*, **59**: 145-159 [Recuperado 2011, Octubre 22].
22. DE LISIO, A. (2001). *La evolución urbana de Caracas. Indicadores e interpretaciones sobre el desarrollo de la interrelación ciudad-naturaleza*. CENAMB – Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Caracas.
23. DELGADO, M., MÉNDEZ, E. (1990). *Planificación Territorial: Medio ambiente y calidad de vida*. Caracas.
24. DOMÍNGUEZ, M. (2004). *Uso y manejo del agua urbana como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo*. México. Documento en línea. Disponible en: http://www.mda.cinvestav.mx/eh02b_g04.html. [Recuperado 2009, Junio 03].
25. DURÁN, J. y TORRES, A. (2002). *Problemas de abastecimiento de agua y desarrollo urbano sustentable: el caso de la zona metropolitana de Guadalajara*. México. Documento en línea. Disponible en: <http://chapala.110mb.com/documentacion/linea/estatal/jalisco/guadabastecimiento.pdf>. 1-17. [Recuperado 2009, Junio 22].
26. DURÁN, J. y TORRES, A. (2006). *Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media*. México. Documento en línea. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/138/13803605.pdf>. *Rev. Espiral*, **36**: 129-162 [Recuperado 2009, Junio 22].
27. FLORES, P. y DOMÍNGUEZ, E. (s.f.). *Estrategias para el mejoramiento de la calidad del agua en fuentes de abastecimiento de agua potable*. México. Documento en línea. Disponible en: <http://www.cepis.org.pe/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/20.pdf>. [Recuperado 2009, Junio 22].

28. FOCUS (2003). *Los Recursos hídricos (IWRM): Un camino hacia la sostenibilidad*. Documento en línea. Disponible en: http://www.waterlandpeople.net/pdf/es/info_General/Focus_1_03_Manejo_Integrado_Recursos_Hidricos_ES.pdf. *Rev. FOCUS*, **1/03**: 1-16. [Recuperado 2009, Junio 15].
29. FRANCO, F. (2008). *Acueductos y alcantarillados*. Colombia. Documento en línea. Disponible en: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/docs_curso/introduccion.html. 2-7. [Recuperado 2009, Junio 22].
30. FUNDACIÓN FUTURO CON AMOR PARA COLOMBIA (s.f.). *Estrategia implementación agua potable Institución Guapi, Cauca*. Colombia. Documento en línea. Disponible en: <http://www.tupatrocinio.com/patrocinio.cfm/02328080080355576751546966504565.html>. [Recuperado 2009, Junio 22].
31. GÓMEZ, D. (1994). *Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico*. Ed. Instituto Tecnológico Geo-Minero de España. España: Agrícola Española, S.A. 238 pp.
32. GÓMEZ, C., JIMÉNEZ, C. y GARCÍA, M. (s.f.). *La gestión comunitaria como una alternativa en la prestación de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento*. Colombia. Documento en línea. Disponible en: http://objetos.univalle.edu.co/files/La_gestion_comunitaria_como_alternativa_en_prestacion_servicios.pdf. 1-13. [Recuperado 2009, Junio 08].
33. GONZÁLEZ, A. (2000). *Informe nacional sobre la gestión del agua en Venezuela*. Venezuela
34. GONZÁLEZ, F. (2010). *Sobre el fenómeno del niño*. El Diario de Los Andes. Documento en línea. Disponible en: diariodelosandes.com/content/view/104929/105696/. [Recuperado 2010, Enero 27].
35. GLYNN, H. HEINKE, G. (1999). *Ingeniería ambiental*. Segunda edición. México: Prentice Hall. 337-420 pp.
36. GUILARTE, M. (1994). *Posibilidades de aprovechamiento de las aguas subterráneas del Valle de Caracas, como fuente alterna de abastecimiento industrial y comercial*. Trabajo de Licenciatura. Universidad Central de Venezuela, Caracas, pp. 1-37.

37. GUZMÁN, E. (2008). *Agua: El recurso más vulnerable ante cambio climático*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://cienciaguayana.blogspot.com/2008/01/agua-el-recurso-ms-vulnerable-ante.html>. *Rev. Ciencia Guayana*. [Recuperado 2009, Junio 08].
38. HEREDIA, M. (2008). *Sistema de abastecimiento de agua*. Documento en línea. Disponible en: <http://www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.html>. [Recuperado 2009, Junio 20].
39. HIDROCAPITAL (2009). *Infraestructura hidráulica*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: http://www.hidrocapital.com.ve/index.asp?spg_id=7. [Recuperado 2009, Marzo 05].
40. HIDROCAPITAL (s.f.). *Inventario y valorización de los activos del acueducto Metropolitano*. Caracas, Venezuela. 143 pp.
41. HIDROVEN, (s.f.). *Plan nacional de gestión integral de los recursos hídricos*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: http://www.hidroven.gov.ve/ls_plan1.php. [Recuperado 2011, Octubre 16].
42. HOYO, A., LÓPEZ, L. y ROMERO, M. (2010). *Presas*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Presas.pdf>. [Recuperado 2011, Febrero 15].
43. INSTITUTO ARAGONÉS DEL AGUA (s.f.). *Gestión del agua: Abastecimiento de agua potable*. España. Documento en línea. Disponible en: <http://portal.aragon.es/portal/page/portal/IAA/ABASTECIMIENTO/POTABLE>. [Recuperado 2009, Marzo 29].
44. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DEFENSA INTEGRAL AUTOGESTIONARIA (INDIA) (2005). *Informe sobre la observancia del derecho al agua en Venezuela*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: http://www.iniciativamercosur.org/agua_ve.pdf. 1-39. [Recuperado 2009, Marzo 23].
45. INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (INOS). (1985). *Aprovechamiento de los recursos hídricos – Abastecimiento al acueducto Metropolitano. Serie: Agua en el medio urbano*. Caracas.
46. INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (INOS). (1983). *Aprovechamiento de los recursos hídricos – Demandas teóricas de agua. Serie: Agua en el medio urbano*. Caracas.

47. INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (INOS). (1968). *Manual de Operación y Mantenimiento de Equipos e Instalaciones de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable*. Caracas.
48. INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (INOS) Y LA SOCIEDAD DE AGUAS DE MARSELLA. (1991). *Estudio de diagnóstico de los sistemas de aducción, tratamiento y de distribución de agua de la ciudad de Caracas*. Caracas.
49. JICA, (2000). *Estudio sobre el plan básico de prevención de desastre en el Distrito Metropolitano de Caracas en La República Bolivariana de Venezuela*.
50. JIMÉNEZ, R. (s.f.). *Red de abastecimiento de agua potable*. Documento en línea. Disponible en: <http://www.arqhys.com/contenidos/red-agua.html>. [Recuperado 2009, Marzo 29].
51. MAC-QUHAE, C. (s.f.). *Algunas medidas de ahorro de agua potable en la edificación*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos29/ahorro-agua/ahorro-agua.shtml>. [Recuperado 2011, Noviembre 02].
52. MARCANO, F. (1993). *La crisis del agua en Caracas: elementos para el análisis de la política urbana*. Caracas, Venezuela: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. 257 pp.
53. MARTELO, M. (2009). *Cambio climático: Generalidades y efectos en Venezuela*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://www.fundacite-merida.gob.ve/drupal/files/ponencias/Cambio%20Climatico%20Generalidades%20y%20efectos.pdf>. [Recuperado 2009, Junio 21].
54. MARTÍNEZ, N. (2000). *El proceso de ocupación en la cuenca del embalse La Mariposa y sus efectos de deterioro en el embalse y sus aguas*. Caracas. Documento en línea. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=72102503&iCveNum=0>. *Rev. Terra Nueva Etapa*, **25**: 27-56. [Recuperado 2009, Marzo 23].
55. MELGEN, D. (s.f.). *Evolución del concepto de servicio público y surgimiento del derecho público económico*. Documento en línea. Disponible en: <http://www.eliasmelgen.com/publicaciones/Evolucion.pdf>. [Recuperado 2009, junio 23].

56. MINISTERIO DEL AMBIENTE (2006). *Recursos hídricos de Venezuela*. Caracas, Venezuela: Fundambiente. 167 pp.
57. MINISTERIO DEL AMBIENTE (2009). *Responsables de la hidrología y meteorología de Suramérica se reúnen en Venezuela*. Documento en línea. Disponible en: http://www.minamb.gob.ve/index.php?option=com_content&task=view&id=1761&Itemid=43. [Recuperado 2010, Enero 27].
58. MINISTERIO DEL AMBIENTE (1979). *Resultados de la investigación acerca de la información existente en el área de la cuenca del río Guárico*. Caracas.
59. MINISTERIO DEL AMBIENTE e HIDROVEN (2001). *Abastecimiento de agua a la Región Metropolitana de Caracas Serie: Agua en el medio urbano*. Caracas.
60. MINISTERIO DEL AMBIENTE (MARN), PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) Y FONDO MUNDIAL PARA EL AMBIENTE (GEF) (2005). *Primera comunicación nacional en cambio climático de Venezuela*. Caracas, Venezuela: Cooperativa Prographic. 141 pp.
61. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (2002). *Decreto número 22*. Colombia. Documento en línea. Disponible en: <http://faolex.fao.org/docs/texts/col44452.doc>. [Recuperado 2009, Octubre 12].
62. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000*. Colombia. Documento en línea. Disponible en: <http://www.cra.gov.co/portal/www/resources/titulod.pdf>. 206 pp. [Recuperado 2009, Junio 22].
63. MOLINS, M. (1998). *Teoría de la planificación*. Comisión de Estudios de Postgrado. Facultad de Humanidades y Educación. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela: Litopar, C.A. Artes Gráficas 161 pp.
64. MONOGRAFÍAS. COM (s.f.). *Embalses*. Documento en línea. Disponible en: www.monografias.com/.../embalses/embalses.shtml. [Recuperado 2009, Marzo 19].

65. MONTERO, R., YANEZ, C. Y BOLÍVAR, J. (s.f.). *Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de la región Nor -Central del Valle de Caracas, Distrito Capital, Venezuela*. Documento en línea. Disponible en: www.coordinv.ciens.ucv.ve/investigacion/genci/.../H9A-236.pdf. [Recuperado 2011, Marzo 07].
66. LEÓN, J. y PORTILLO, A. (2008) *Marco jurídico regulador de la cogestión del recurso agua en Venezuela*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29509/1/articulo7.pdf>. [Recuperado 2011, Junio 20].
67. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) (2001). *Informe sobre la evaluación mundial del abastecimiento de agua y el saneamiento en 2000*. Documento en línea. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/2000globs1.pdf. 1-6. [Recuperado 2009, Junio 08].
68. PALMITESTA, R. (2003). *La crisis del agua potable... y algunas maneras de aliviarla*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://www.analitica.com/va/economia/opinion/4738614.asp>. [Recuperado 2009, Marzo 05].
69. PÉREZ, A. (2010). *Fenómeno climático El Niño seguirá afectando al mundo hasta el mes de junio*. Agencia Carabobeña de Justicia. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: <http://www.acn.com.ve/index.php/internacional/64-internacional/5484-fenomeno-climatico-el-nino-seguira-afectando-al-mundo-hasta-el-mes-de-junio>. [Recuperado 2010, Enero 27].
70. PINEDA, C., MACHADO, D., CASANOVA, E. y Otros. *Evaluación física de tierras de la cuenca alta del río Guárico con fines de producción sustentable de agua*. Documento en línea. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v56n3/art05.pdf> [Recuperado 2011, Marzo 07].
71. RED NACIONAL DE ACCIÓN ECOLÓGICA (RENACE) (2003). *Uso y manejo sustentable de los recursos hídricos*. Chile. Documento en línea. Disponible en: http://www.agua.org.mx/images/stories/BibliotecaG/docs/agua_y_pueblos_origi_narios/uso%20manejo%20sustentable%20de%20recursos%20h%EDdricos.%20renace.pdf. 1-46. [Recuperado 2009, Junio 03].

72. RECALDE Y ZAPATA, (s.f.). *Ordenación del territorio. Instrumento en la gestión de los recursos naturales*. Serie Publicaciones del Área de Investigación del INTA EEA La Rioja. Documento en línea. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/larioja/info/documentos/descarga/LaOrdenaciondelTerritorio.pdf> [Recuperado 2011, Noviembre 02].
73. RIVERA, M. (2007). *Seminario taller internacional: Gobernabilidad en agua y saneamiento*. Honduras. Documento en línea. Disponible en: http://www.rashon.org.hn/publicaciones/Memoria_Gobernabilidad.pdf. 1-11. [Recuperado 2009, Junio 08].
74. SCHAEFER, M. (1975). *Conceptos de la teoría general de los sistemas aplicados a la administración*. Ginebra. Documento en línea. Disponible en: [http://whqlibdoc.who.int/php/WHO_PHP_59_\(chp2\)_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/php/WHO_PHP_59_(chp2)_spa.pdf). 35-66. [Recuperado 2009, Junio 22].
75. SECRETARÍA DE PROTECCIÓN CIVIL (s.f.). *Informe del grupo de trabajo sobre "Armonización conceptual y terminología"*. Colombia. Documento en línea. Disponible en: http://www.proteccioncivil.org/es/Asociacion_Iberoamericana_de_Organismos_Gubernamentales_de_Defensa_y_Proteccion_Civil/glosario.html. [Recuperado 2009, Junio 21].
76. SQUADRA, Consultores Asociados, s.f.). *Generalidades de los sistemas de información geográfica*. Paraguay. Documento en línea. Disponible en: <http://squadra.com.py/GeneralidadesSIGSQ.pdf>. [Recuperado 2011, Noviembre 02].
77. SUÁREZ, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. UIS
78. TORRES, R. (2009). *Fenómeno de El Niño y sus efectos sobre Venezuela*. Estación Hidrográfica de Punto Fijo (DHN). Documento en línea. Disponible en: www.dhn.mil.ve/noticia/noticia3.html. [Recuperado 2010, Enero 27].
79. UNESCO (2008). *El agua y la seguridad. Buscar estrategias cooperativas para hacer frente a los retos*. Alemania. Documento en línea. Disponible en: <http://www.auswaertiges-amt.de/diplo/es/Aussenpolitik/Themen/EnergieKlima/080327-Wasser-Sicherheit.html>. [Recuperado 2009, Junio 22].

80. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA (UCV) (2006). *Guía informativa*. Caracas- Venezuela: Comisión de Estudios de Postgrado de La Facultad de Humanidades y Educación. 65 pp.
81. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR (UPEL). (2006). *Manual de trabajo de grado, de especialización y maestría y tesis doctoral*. Cuarta Edición. Caracas – Venezuela: FEDUPEL. 230 pp.
82. VALDEZ, E. (1994). *Abastecimiento de agua potable*. Distrito Federal, México. Documento en línea. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/36277410/Abastecimiento-De-Agua>. [Recuperado 2011, Febrero 15].
83. VELASCO, J. (2006). *Estudio y diseño para el mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable en el Distrito de San Mateo de Huanchor*. Perú. Documento en línea. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/pruebas1/bibliofia/Tesis/2006/Estudio%20y%20dis e%C3%B1o%20para%20el%20mejoramiento.pdf>. 1. [Recuperado 2009, Junio 22].
84. VIZCAÍNO, E. (2000). *Integración de servicios públicos el agua, Bogota Distrito Capital y sus municipios circunvecinos*. Colombia. Documento en línea. Disponible en: http://dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/100/1/mi_1024.pdf. [Recuperado 2009, Marzo 23].
85. WIKIPEDIA, LA ENCICLOPEDIA LIBRE (s.f.). *Red de abastecimiento de agua potable*. Documento en línea. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Abastecimiento_de_agua_potable. [Recuperado 2009, Junio 22].
86. ZAMBRANO, C. (2009). *Factores naturales y sociales inciden en cambios climáticos en Caracas*. Venezuela. Documento en línea. Disponible en: http://www.abn.info.ve/reportaje_detalle.php?articulo=477. [Recuperado 2009, Marzo 23].
87. ZINCK, A. (1974). *Definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos*. Curso de entrenamiento en Agrología-CIDIAT. Ministerio de Obras Públicas. Caracas – Venezuela. 116 pp.