

Prof. A. Rivas Lopez

TRABAJO ESPECIAL

ESTUDIO PRELIMINAR

PARA EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LA
ESTACION EXPERIMENTAL "Dr. JAIME HENAO JARAMILLO"

Profesor Tutor: Marco Polo Rivero

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por los Bachilleres:

GISELLE OCHOA MOLINA Y
ANTONIO MEDINA PUERTA

para optar al Título
de:

INGENIERO HIDROMETEOROLOGISTA
(Opción Hidrología)

Caracas Mayo 1.984

TESIS
OM
84

TRABAJO ESPECIAL

ESTUDIO PRELIMINAR

PARA EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LA
ESTACION EXPERIMENTAL "Dr. JAIME HENAO JARAMILLO"

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por los Bachilleres:

GISELLE OCHOA MOLINA Y
ANTONIO MEDINA PUERTA

para optar al Título
de:
INGENIERO HIDROMETEOROLOGISTA
(Opción Hidrología)

Caracas Mayo 1.984

ESTUDIO PRELIMINAR

PARA EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LA

ESTACION EXPERIMENTAL "Dr. JAIME HENAO JARAMILLO".

Ing. Marco Polo Rivero

AGRADECIMIENTO:

Expresamos nuestro reconocimiento de gratitud al Profesor Marco Polo Rivero por la "Luz" que puso en nuestro camino; así como a los profesores - Jaime Ventura y David Pérez Hernández por la eficiente labor cumplida en el asesoramiento de este trabajo. Así mismo, damos las gracias a Jorge Vallejo, a Manuel Castrillo, a Manuel Odreman, a Andrés Sanz, Miguel Benezra, Francisco González y a todas aquellas personas que de una forma u otra contribuyeron para que este trabajo llegara a una feliz culminación.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
<u>AGRADECIMIENTO</u>	iii
<u>INDICE DE CONTENIDO</u>	iv
<u>INDICE DE CUADROS</u>	ix
<u>INDICE DE FIGURAS</u>	xi
<u>INDICE DE ANEXOS</u>	xii
<u>INTRODUCCION</u>	1
<u>OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION</u>	3
<u>JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION</u>	5
<u>CAPITULO I</u>	
<u>DELIMITACION DEL PROBLEMA</u>	
1.- Formulación del Problema	6
2.- Limitaciones de la Investigación	8
3.- Métodos usados para la Recolección de Datos	8
<u>CAPITULO II</u>	
<u>RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DEL SITIO</u>	
1.- Ubicación Geográfica	10
2.- Dependencias e Instalaciones que Funcionan Actualmente	11
3.- Desarrollos Futuros de la Estación	13

4.- Aspectos Hidrológicos	14
5.- Aspectos Geológicos. Suelos	20
6.- Clima y Relieve	26
6.1 Elementos Climáticos	26
6.1.1 Características Pluviométricas	26
6.1.2 Características Térmicas	29
6.1.3 Evaporación	31
6.2 Régimen Climático	31
7.- Vegetación y Fauna	34
8.- Aspectos Socio Económicos y Población	38
 <u>CAPITULO III</u>	
<u>MANEJO DEL AGUA EN LA ESTACION</u>	
1.- Infraestructura Existente o que Existió	41
2.- Red de Distribución Actual	48
3.- Disposición de Aguas Servidas y Desechos Sólidos	53
 <u>CAPITULO IV</u>	
<u>REQUERIMIENTOS ACTUALES DEL RECURSO HIDRICO</u>	
1.- Consumo Humano	55
2.- Consumo Animal	56
3.- Riego y Controles Fitosanitarios	56
4.- Consumo Industrial	57
5.- Demanda Neta Actual (DNA)	57

CAPITULO V

DEMANDAS FUTURAS (ESTIMADAS PARA LOS PROXIMOS 10 ANOS)

1.- Consumo Humano	58
2.- Consumo Animal	58
3.- Riego y Controles Fitosanitarios	59
4.- Consumo Industrial	59
5.- Demanda Neta Futura (DNF)	60

CAPITULO VI

MARCO TEORICO

1.- Formulación de Hipótesis	61
2.- Metodología a Emplear	62
2.1 Estimación del Gasto Superficial	62
2.1.1 Método del Balance Hídrico	62
2.1.2 Modelo de Majtenyi	65
2.1.3 Método del Coeficiente de Escorrentía	66
2.2 Estimación del Gasto Subterráneo	67

CAPITULO VII

INVENTARIO DE FUENTES SUPERFICIALES

1.- Recopilación de Datos	72
2.- Selección del Período de Estudio	72
3.- Trazado de Isoyetas	73
4.- Trazado de Isotermas	77
5.- Estimación del Escurrimiento Superficial	77

5.1 Método del Balance Hídrico	77
5.2 Modelo Majtenyi	80
5.2.1 Comprobación de la Aplicabilidad del Modelo en el Nucleo	80
5.2.2 Aplicación del Método	81
5.3 Método del Coeficiente de Escorrentía	83
6.- Integración de Resultados	85
7.- Distribución del Caudal en el Tiempo. Estudio de Variabilidad de las Quebradas	86
8.- Análisis e Interpretación de Resultados	86
 <u>CAPITULO VIII</u>	
<u>INVENTARIO DE FUENTES SUBTERRANEAS</u>	
1.- Limitaciones Para el Estudio de las Aguas Subterráneas	89
2.- Recopilación de Datos	90
3.- Aplicación del Método	91
4.- Interpretación de Resultados	94
 <u>CAPITULO IX</u>	
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	
1.- Conclusiones	95
2.- Recomendaciones	96
2.1 A Corto Plazo	96
2.2 A Mediano Plazo	97
2.3 A Largo Plazo	98

GLOSARIO

99

BIBLIOGRAFIA

105

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

	Página
<u>CUADRO N° 1</u>	
<u>RESUMEN DE AFOROS EN LA QUEBRADA TUCUSIAPON</u>	18
<u>CUADRO N° 2</u>	
<u>RESUMEN DE AFOROS DE LA QUEBRADA BERMUDEZ</u>	20
<u>CUADRO N° 3</u>	
<u>DESCRIPCION DEL PERFIL</u>	23
<u>CUADRO N° 4</u>	
<u>RESUMEN CLIMATOLOGICO DE LA ESTACION EL LAUREL</u> <u>(Período 1968 - 1980)</u>	27
<u>CUADRO N° 5</u>	
<u>BALANCE HIDRICO DE LA ESTACION EL LAUREL</u> <u>(Período 1968 - 1980)</u>	33
<u>CUADRO N° 6</u>	
<u>ESTACIONES SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO. UBI-</u> <u>CACION GEOGRAFICA Y PARAMETROS QUE MIDE</u>	74
<u>CUADRO N° 7</u>	
<u>PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE LAS ESTACIONES</u> <u>SELECCIONADAS. (Período 1956 - 1972)</u>	76
<u>CUADRO N° 8</u>	
<u>TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LAS ESTACIONES SE-</u> <u>LECCIONADAS. (Período 1956 - 1972)</u>	78
<u>CUADRO N° 9</u>	
<u>BALANCES HIDRICOS DE LAS ESTACIONES SELECCIONA-</u> <u>DAS. (Período 1956 - 1972)</u>	116

<u>CUADRO N° 10</u> <u>ESCURRIMIENTOS (MEDIDOS) MEDIOS ANUALES</u> <u>(Período 1956 - 1972)</u>	79
<u>CUADRO N° 11</u> <u>RESUMEN DE ESCURRIMIENTOS OBTENIDOS A LA SA-</u> <u>LIDA DE LA CUENCA</u>	85
<u>CUADRO N° 12</u> <u>CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LA QUEBRADA TU-</u> <u>CUSIAPON EN EL VERTEDERO. (Período 1971 -</u> <u>1973)</u>	87
<u>CUADRO N° 13</u> <u>DISTRIBUCION MENSUAL DEL ESCURRIMIENTO SUPER-</u> <u>FICIAL A LA SALIDA DE LA CUENCA</u> <u>(Período 1968 - 1980)</u>	87
<u>CUADRO N° 14</u> <u>RECARGA SUBTERRANEA INTER ANUAL EN LA CUENCA</u> <u>DE LA QDA. TUCUSIAPON (HASTA VERTEDERO)</u>	93

I N D I C E D E F I G U R A S

	Página
<u>Figura 1:</u> Croquis de Acceso a la Estación	10
<u>Figura 2:</u> Proyecto Planta Experimental del IDEC	15
<u>Figura 3:</u> Dimensiones del Vertedero de la Quebrada Tucusiapón en Metros	16
<u>Figura 4:</u> Patrón de Distribución de Suelos (Sección de Relieve)	22
<u>Figura 5:</u> Precipitación Media Mensual. Estación El Laurel (1968 - 1980)	28
<u>Figura 6:</u> Temperatura Media Mensual. Estación El Laurel (1968 - 1980)	30
<u>Figura 7:</u> Humedad Relativa Media Mensual. Estación El Laurel (1968 - 1980)	32
<u>Figura 8:</u> Modelo Tipo de Instalación de Pozos En el Laurel	46
<u>Figura 9:</u> Red de Distribución	50
<u>Figura 9-A:</u> SISTEMA N° 1	50
<u>Figura 9-B:</u> SISTEMA N° 2	51
<u>Figura 9-C:</u> SISTEMA N° 3	52
<u>Figura 10:</u> Hidrogramas Anuales. Estación Tucusiapón (1970 - 1973)	92

INDICE DE ANEXOS

	Página
<u>ANEXO 1:</u>	
Plano de la Estación con Límite Legal, Infra- estructura y Dependencias	108
<u>ANEXO 2:</u>	
Programa de Areas del IDEC	109
<u>ANEXO 3:</u>	
Isoyetas, Isotermas e Isolíneas de Escorrentía (Período 1956 - 1972)	115
<u>ANEXO 4:</u>	
Balances Hídricos de las Estaciones Selecciona- das. (Período 1956 - 1972)	116

I N T R O D U C C I O N

El trabajo que presentamos a continuación, tiene como objetivo fundamental, realizar un estudio preliminar para evaluar los recursos hídricos de un Nucleo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela; a fin de comprobar si las fuentes de aguas blancas existentes, son capaces de satisfacer las demandas de consumo según las diferentes actividades que se desarrollan en el Nucleo. Esto es debido, a que el mismo está atravesando por serios problemas de abastecimiento; y sus actividades, así como el consumo de las poblaciones o caseríos que de él dependen, se ven afectadas por la carencia de agua en ciertas épocas del año.

Este estudio se realiza como último requisito exigido por la Universidad Central para optar al Título de Ingeniero Hidrometeorologista, y surgió como una inquietud por realizar un trabajo de campo en el cual tuviéramos la oportunidad de aplicar los conocimientos de hidrología adquiridos en los últimos semestres de la especialidad.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se obtuvo un estimado de las demandas presentes y futuras de el Nucleo, en base a encuestas y entrevistas realizadas, a fin de compararlas con la producción de las fuentes.

Luego, se aplicaron tres métodos diferentes para la deter

minación del escurrimiento superficial a la salida de la cuenca contenida en la Estación Experimental; determinándose con ello, la cantidad de agua superficial media anual que se puede aprovechar. Se realizó un estudio de variabilidad de las quebradas que conforman la cuenca, para ver como se distribuyen los caudales en el tiempo; con lo cual se estima, que las fuentes superficiales no requieren de regulación para satisfacer tales demandas. Así mismo, se aplicó un procedimiento desarrollado por el Ing. David Pérez Hernández, para determinar la recarga inter anual hacia los acuíferos de el Nucleo; es decir, la cantidad de agua subterránea que se puede extraer sin agotar los acuíferos.

Aunque el cálculo de la cantidad de agua superficial y subterránea aprovechable en el Nucleo, se realizó por defecto, los resultados obtenidos demuestran que en El Laurel* existe suficiente agua tanto superficial como subterráneamente, para satisfacer las demandas presentes y futuras del Nucleo. Por lo cual se concluye que los problemas de abastecimiento existentes son debidos a la mala planificación y diseño de las instalaciones que conforman la red de distribución; así como al deficiente mantenimiento de los mismos.

*Nombre con el que se conoce la Estación

OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION

La presente investigación se orienta fundamentalmente a - demostrar si las fuentes de aguas blancas (superficiales y subterráneas) de el Laurel, son capaces de satisfacer las demandas netas de consumo presentes y futuras, según las diferentes actividades que allí se realizan; para dar las recomendaciones técnicas necesarias a mediano y largo plazo tendientes a lograr una red de distribución óptima, que satisfaga las necesidades de consumo de la Estación y las recomendaciones inmediatas, es decir a corto plazo, para subsanar momentáneamente la deficiencia del servicio.

Luego, se dará un enfoque descriptivo que recoja en forma breve y concisa, todas las características físicas, geográficas, geológicas, así como funcionamiento y actividades que se realizan en el Nucleo; de manera de presentar un reconocimiento general de la zona en estudio, basada en observaciones de campo e interpretación de lo observado, así como en la recopilación de datos, encuestas, entrevistas y bibliografía que pudieran servir de guía mas adelante para la ampliación de este estudio, o para la formulación de otros temas de investigación.

Para cumplir con el objetivo propuesto, se realizó un estudio hidrológico en base a 17 años de registro de diferentes - estaciones climáticas vecinas con registro largo; 12 años de re

climáticos

gistro de la estación climatológica El Laurel, y las bandas evaluadas de un limnógrafo que funcionó en la quebrada Tucusiapón, en una estación hidrométrica de vertedero triangular desde septiembre de 1970 a mayo de 1976; con lo cual, se obtuvo por una parte el escurrimiento superficial medio anual en la cuenca de El Laurel y su distribución en el tiempo; y por otra parte, una estimación de la recarga inter-anual hacia los estratos inferiores; es decir, el gasto subterráneo que se puede extraer de los acuíferos; a fin de compararlos con el consumo medio estimado y comprobar si tales fuentes son o no capaces de satisfacer las demandas del núcleo. Para ello, tuvimos que realizar mediciones de campo en distintos puntos de la cuenca (aforos); recuperar la estación hidrométrica de la quebrada Tucusiapón que se encontraba tapada por los sedimentos, para poder calibrar la estructura y obtener la constante del vertedero que nos sirvió para transformar los niveles registrados en la estación en caudales; y elaborar un censo poblacional para el análisis socio económico y para determinar las demandas de consumo humano.

JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La principal justificación para realizar este estudio, es la importancia que reviste para los habitantes y autoridades de el Nucleo, determinar:

- 1) si el problema de abastecimiento por el cual están atravesando, es debido a la carencia del recurso hídrico o al deficiente manejo del mismo
- 2) si es posible o no solucionarlo
- 3) de ser posible ¿cómo?

Esto es debido a que el sector no cuenta con una línea de aducción eficiente proveniente del INOS; tal vez porque su elevación es mayor que la elevación media de la ciudad de Caracas (aproximadamente 1250 m.s.n.m.), lo cual implicaría una inversión considerable y no justificada por lo pequeño de su población.

Por otra parte, consideramos que este estudio constituye un pequeño aporte a la resolución de los problemas que agobian a la Universidad Central; por cuanto con las conclusiones que de él se obtengan, se puede mejorar el desarrollo agrícola y pecuario del Nucleo, y la calidad de vida de sus habitantes. Esto redundaría en beneficios para la Universidad, específicamente para la Facultad de Agronomía a la cual pertenece el Nucleo, por cuanto un incremento en la actividad agrícola y pecuaria, se traduce en ingresos mayores para la Facultad.

C A P I T U L O I

DELIMITACION DEL PROBLEMA

1.- Formulación del Problema:

La Estación Experimental Dr. Jaime Henao Jaramillo, fué fundada en el año de 1.967 con el nombre de "Estación Experimental El Laurel", a través de un convenio entre el Ministerio de Agricultura y Cría y la Universidad Central de Venezuela; con el objeto de realizar investigaciones en el campo agrícola y pecuario para llevar información a la región montañosa de la Cordillera Central, debido a la baja rentabilidad de los cultivos existentes en la región. Actualmente depende de la Facultad de Agronomía de la U.C.V. y su función principal es la investigación y cultivo del café, enfermedades y control; la cría y ordeño de ganado vacuno para el comercio e investigación, y sirve como escenario para dictar charlas, cursos, seminarios y realizar trabajos de investigación en el campo agrícola y pecuario. Además, es fuente de trabajo de aproximadamente 100 obreros que viven dentro del Núcleo o en un caserío denominado La Peñita, situado a la izquierda de la carretera de entrada a la Estación.

Para satisfacer las demandas de consumo según las diferentes actividades que se realizan; el Laurel cuenta actualmente con una red de distribución de aguas blancas caracterizada por

el almacenamiento del agua proveniente de la extracción subterránea de un pozo, de la producción de un pequeño manantial y de una toma directa a una quebrada; en tanques de tipo australianos, redondos* de láminas de zinc corrugadas, fondo de concreto y expuestos a la intemperie; casi siempre localizados en puntos altos de la estación, que se abastecen por bombeo y de allí abastecen por gravedad las diferentes instalaciones del núcleo.

Sin embargo, este sistema no satisface los requerimientos de agua de el Laurel; ni siquiera las demandas de consumo humano, ya que los obreros que viven en el núcleo y sus alrededores reciben el agua una vez por semana y a veces, cada quince días; por lo cual, muchos de ellos se han visto en la necesidad de construir enormes tanques para almacenarla cuando llega, ya que no se sabe cuando volverá.

Por otro lado, en los meses de beneficio del café (septiembre a diciembre), toda el agua extraída va a la Central de Beneficio quedando sin agua hasta las oficinas e instalaciones principales del Núcleo, agudizándose así el problema existente.

Este hecho es debido fundamentalmente a que el diseño e instalación de la mencionada red, no cuenta con un estudio previo ni con un análisis objetivo y serio de las verdaderas demandas de consumo según las diferentes actividades que se realizan en el Núcleo.

* Es decir, cilíndricos de sección circular

2.- Limitaciones de la Investigación:

Es necesario aclarar que este trabajo no es un estudio final o acabado. Por el contrario consideramos que es la apertura para estudios mas profundos, debido principalmente a los siguientes motivos:

1) No hay datos suficientes para un estudio hidrológico completo; ni tiempo ni recursos para producirlos.

2) Limitaciones referentes al tiempo del estudio (1 año), y al tipo de trabajo que se realiza (trabajo especial).

Ademas posee las limitaciones referentes a la veracidad y confiabilidad de los datos obtenidos indirectamente (entrevistas, encuestas, etc).

3.- Métodos Utilizados para la Recolección de Datos:

Los datos recolectados, fueron principalmente registros climatológicos e hidrológicos cuya fuente es el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.). Así mismo se contó con entrevistas realizadas a los ingenieros: Fernando Key Sánchez, José Palacios, Francisco Pérez Rodriguez y Francisco González quienes estuvieron a cargo del diseño y construcción de la represa que se encuentra en el Nucleo; con el Dr. Jaime Henao Jaramillo, Presidente del Nucleo y a quien se debe la instalación de los pozos de aguas subterráneas, estanques, etc, y quien dirige casi todas las actividades que se realizan

en el mismo; con el actual director de la Estación: Ing. Agr. Miguel Benezra, quien nos orientó sobre las actividades en general, la distribución del agua y los proyectos futuros de la Estación.

Por otro lado fué necesario realizar una encuesta para determinar con exactitud la población del núcleo y aspectos socio económicos de sus habitantes.

por 11 → 1 ?
21 → 2
25 → 2

2.- Dependencias e Instalaciones que Funcionan Actualmente:

El principal cultivo que se está desarrollando en la zona es el café, del cual existen actualmente 35 hectáreas comerciales y 15 hectáreas para ensayos de investigación; además, hay 25 hectáreas de pastizales para alimentar al ganado y 8 hectáreas de cítricos.

En cuanto a las instalaciones existentes, hay:

a) Una unidad residencial de cursos permanentes donde funcionan las oficinas del Núcleo, biblioteca, comedor, etc, mejor conocido como Las Quintas; el cual sirve de escenario para charlas, foros, seminarios, cursos, así como hospedaje para investigadores y tesisistas. Tiene una población fija de 25 trabajadores y albergan un promedio de 40 personas diarias en 14 habitaciones de cinco camas cada una con su respectivo baño.

b) Un Centro Operacional o Central de Procesamiento del café denominado Los Mahomos, situado aproximadamente a 1235 m.s.n.m. y en el cual se beneficia el fruto del cafeto por vía húmeda; es decir, se realiza el siguiente proceso¹:

El café cereza, se deposita en una pila o sifón de recibo que, utilizando como medio de vehículo el agua, se conduce a las despulpadoras y cribas, donde por supresión mecánica del epicarpio, se retiran los productos de la digestión-fermentación del mucílago que envuelve al grano. Luego, por medio del agua el café es transportado a las pilas de fermentación donde permanece

de 36 a 72 horas; en esta etapa, se remueve el resto del mucílago que está compuesto principalmente por sustancias pépticas de tipo coloidal, se produce hidrólisis durante la fermentación y son fácilmente eliminadas al ser lavado el café. El grano completamente limpio se pone a secar, se tuesta y se empaca para ser llevado al mercado.

Lo que se quiere hacer notar, es que el proceso antes descrito requiere grandes cantidades de agua, de ahí que el problema de abastecimiento, se agudiza en los meses de beneficio del café.

c) Una Estación Climatológica del tipo C2 instalada en el año 1968, situada a 1249 m.s.n.m. muy cerca del Centro Operacional Los Mahomos, en una lomita cuyas vertientes izquierda y derecha conducen a afluentes de la quebrada Bermúdez*.

d) Un Centro Operacional, denominado Las Tapias situado entre los 1240 y 1270 m.s.n.m. donde se efectúa la cria y ordeño de 200 cabezas de ganado entre holandeses y americanos; y donde se encuentra una vivienda de tipo multifamiliar de 5 habitaciones donde se hospedan 7 obreros fijos que se abastecen de agua a través de un pequeño manantial.

e) Un Vivero donde se realizan los ensayos de investigación de diferentes cultivos y cuya ubicación se muestra en el plano de la estación (Ver Anexo 1).

*Una de las dos quebradas mas importantes que se encuentran en el Laurel. Ver Aspectos Hidrológicos

f) Dependencias del Instituto Experimental de la Construcción (IDEC): Es un Instituto, que depende de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela y cuyas instalaciones, se encuentran muy cerca de las oficinas del Nucleo. Su función principal, es realizar ensayos con nuevos materiales (fibra de vidrio, madera, metal, etc.) para el desarrollo de la construcción. Posee un área aproximada de 2,5 hectáreas, la cual fué cedida por la Facultad de Agronomía y donde actualmente se encuentra un galpón de fibra de vidrio, una grúa, una dosificadora de concreto, etc, y donde se proyecta construir el edificio sede, para mudar las oficinas que actualmente funcionan en la planta baja del edificio de la Facultad de Arquitectura en la U.C.V.

g) Un caserío, situado al otro lado de la carretera de entrada al Nucleo, denominado La Peñita y donde residen los obreros que laboran en el Laurel (ver Aspectos Socio Económicos y Población).

3.- Desarrollos Futuros de la Estación:

Como se ha dicho, en El Laurel funciona una sede del Instituto de Desarrollo Experimental para la Construcción (IDEC) que proyecta construir dentro del Nucleo su sede principal. Esto, podría ser favorable para el Nucleo desde el punto de vista de que un proyecto de tal envergadura, requiere una línea de aducción eficiente, que según informaciones* se estima provendrá

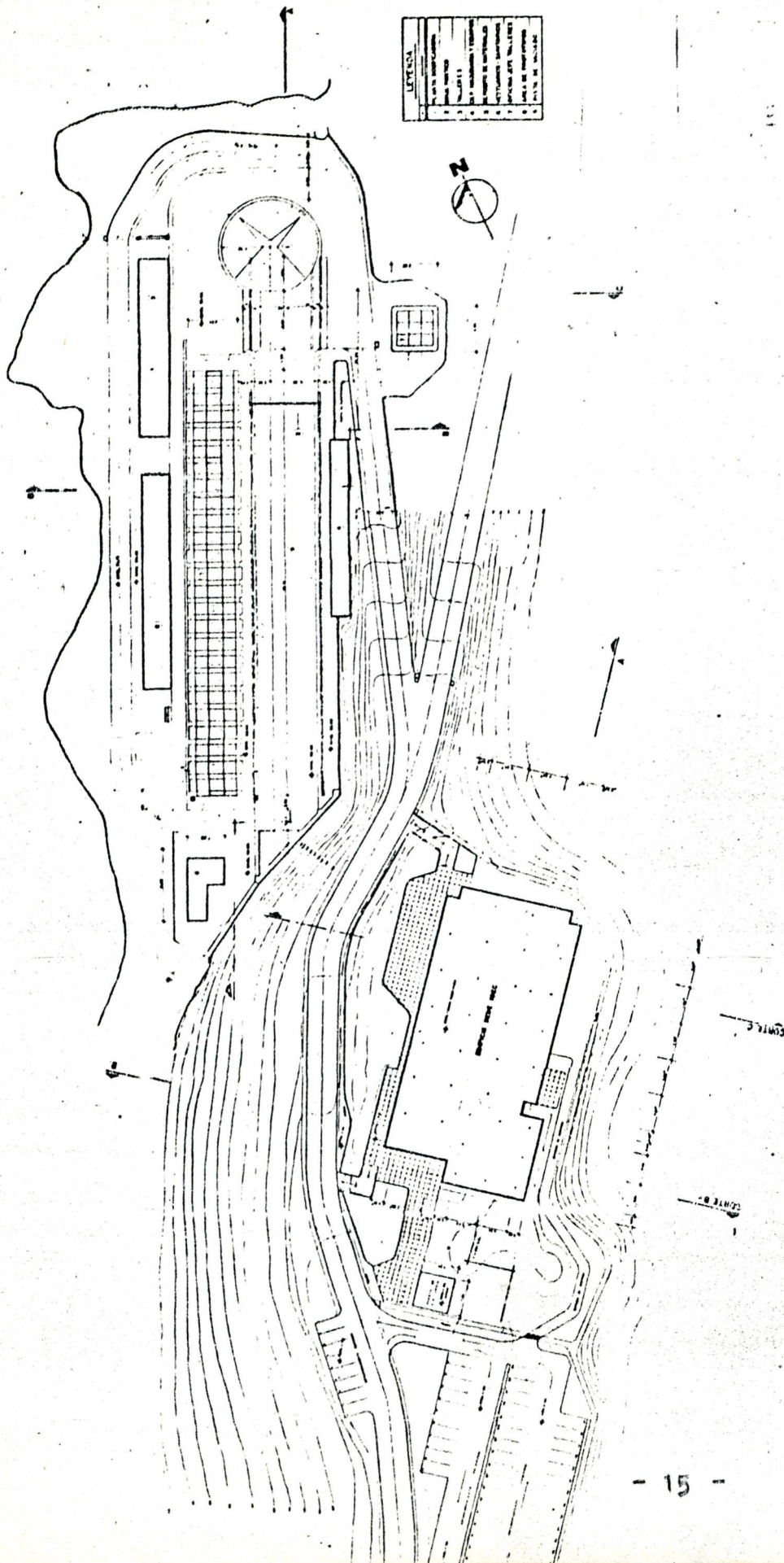


Figura 2: Proyecto Planta Experimental del IDEC

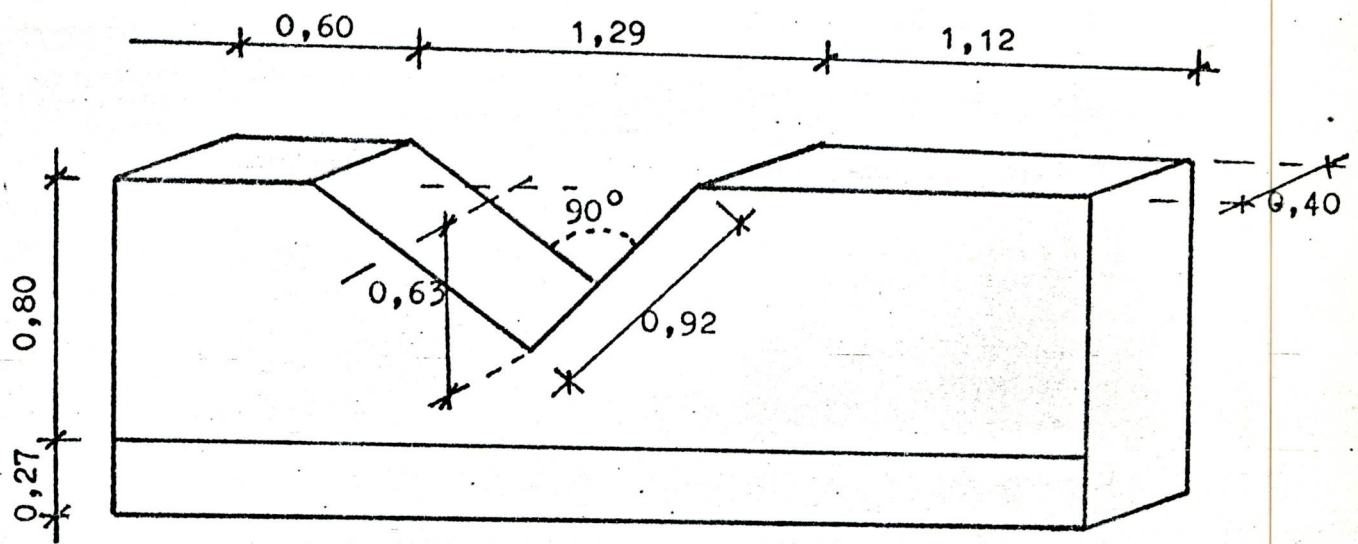


Figura 3: Dimensiones del Vertedero de la Quebrada Tucusiapón en Metros

métrica, fué instalada por el INOS en septiembre de 1.970, produjo datos hasta mayo de 1.976 y desde entonces se encontraba a bandonada; por lo cual, tanto el vertedero como la caseta del fluviógrafo, se encontraban tapados por una columna de sedimentos de aproximadamente 60 cms de espesor constituido principalmente por material proveniente de la descomposición de rocas y suelos, que debido a la intensa deforestación, son arrastrados por las lluvias; así como materia orgánica descompuesta debido a la vegetación selvática reinante en los alrededores.

El primer trabajo que nos propusimos, fué el de recuperar la estación, ponerla nuevamente en funcionamiento y participar a las autoridades competentes, en este caso al M.A.R.N.R. (zona 1) para que se hiciera cargo de ella; ya que el funcionamiento de esta estación hidrométrica, puede ser muy valiosa para controlar y mejorar el rendimiento de las actividades que se realizan en el Nucleo.

Por otro lado, en visitas de campo realizadas en diferentes oportunidades a la quebrada Tucusiapón, se efectuaron varios aforos por el método volumétrico y eventualmente por el de sección y velocidad, elaborándose con ellos el Cuadro N° 1 que se muestra a continuación.

La quebrada Bermúdez, fué subdividida en tres afluentes principales: Qda. N° 1, Qda. N° 2 y Qda. N° 3 (ver Anexo 1).

C U A D R O N° 1

RESUMEN DE AFOROS EN LA QUEBRADA TUCUSIAPON

FECHA	H(mts)	Q(lts/seg)
26-06-83	0,088	4,00
10-08-83	0,085	4,36
15-08-83	0,082	3,64
21-09-83	0,120	9,77
23-09-83	0,102	6,60
20-12-83	0,080	3,55
21-02-84	0,085	4,25
12-03-84	0,083	4,04

En la Qda. N° 1 se construyó una represa aproximadamente a 150 metros del Central de Beneficio y con una diferencia de altura de 50 metros por debajo. Por medio de bombeo, se llevaba agua de la presa a Los Mahomos, pero actualmente el vaso de la represa se encuentra completamente tapado por los sedimentos; y sobre él, se observó un gran aluvión rico en materia orgánica descompuesta (por lo que hay gran desprendimiento de gas metano), y una densa vegetación de charco o laguna.

En la Qda. N° 3, existe una pequeña toma encima de un dique inutilizado por los sedimentos, que a través de una bomba envía agua al central de beneficio.

La Quebrada Bermúdez, no cuenta con ningún tipo de mediciones según entrevista realizada a los Ingenieros Key Sánchez, José Palacios y Francisco González quienes estuvieron a cargo de la construcción de la represa. Sin embargo, a través de varios aforos que realizamos por el método volumétrico entre junio de 1983 y febrero de 1984 mostrados en el Cuadro N° 2, en los sitios de medición señalados en el Anexo 1; podemos decir que esta quebrada transporta un caudal medio aproximado de 2,76 lts/seg*.

*En realidad este caudal es un poco mayor si consideramos los afluentes que hay aguas abajo de los sitios de medición, pero debido a su difícil acceso y a las limitaciones de equipos y transporte no fué posible aforar.

C U A D R O N° 2

RESUMEN DE AFOROS EN LA QUEBRADA

BERMUDEZ

FECHA	$Q_t = Q_{da. 1} + Q_{da. 2} + Q_{da. 3}$
15-08-83	1,84 Lts/seg
21-09-83	4,85 Lts/seg
23-09-83	3,35 Lts/seg
20-12-83	1,69 Lts/seg
21-02-84	2,09 Lts/seg

$$\bar{Q} = 2,76 \text{ Lts/seg}$$

5.- Aspectos Geológicos. Suelos:

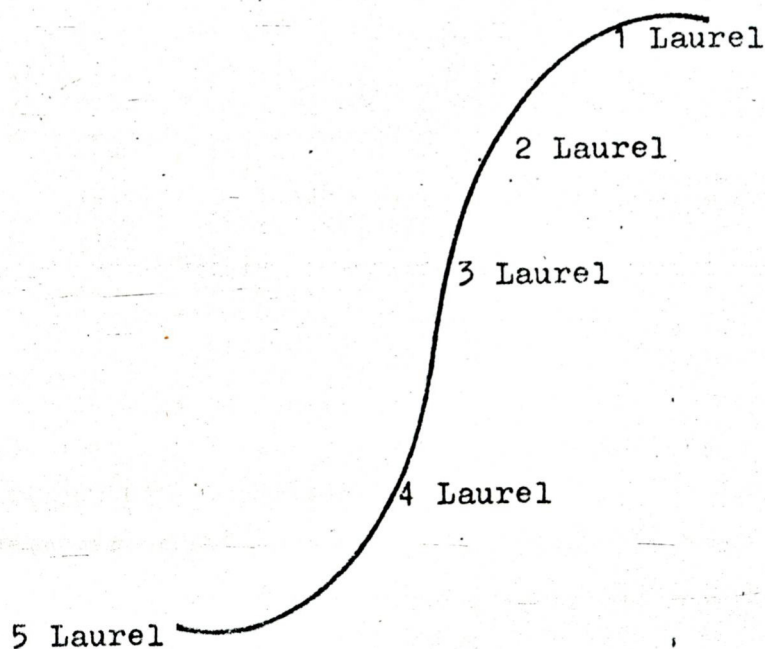
La estación Dr. Jaime Henao Jaramillo, está ubicada sobre un relieve bastante accidentado perteneciente al Sistema Orográfico Central en su sección costera, denominado Cordillera de la Costa; la cual, presenta una geología bastante simple. Se compone en general de neises y rocas esquistosas con alguna u otra variante; la profunda orogénesis ha favore

nificación, y por otro lado, considerando también que las formas de relieve, se repiten con determinada frecuencia, se puede establecer una especie de catena* en la cual se aprecia con una visión mucho más amplia la distribución de los suelos.

De esta manera, los suelos de la zona, seguirán un patrón que corresponde con los perfiles descritos a continuación (Cuadro N° 3) y en el siguiente orden desde el topo hasta el fondo de los drenajes naturales o quebradas (Figura 4).

Figura 4:

Patrón de Distribución de Suelos (Sección de Relieve)



* Catena: Sucesión de diferentes suelos provenientes generalmente de una roca madre semejante, pero variando según el relieve y el drenaje.

CUADRO N° 3

DESCRIPCION DEL PERFIL

Designación	Localización	Relieve	Drenaje	Vegetación natural	Características generales del perfil
Laurel 1	Topo de las ovejas (donde está la estación climatológica)	Topo de montaña, microrelieve ondulado, pendiente suave (5%). Forma convexa	externo medio e interno medio	arbustiva con dos estratos, superior ralo e inferior herbáceo (corchosa y canutillos)	predominan las texturas francas algo pesadas en el horizonte superficial y mas livianas con el incremento en la profundidad
Laurel 2	vertiente izquierda de la estación agroclimática	ladera de montaña con microrelieve ondulado y suave. pendientes con vexas de alrededor de 30%	externo rápido e interno medio	herbácea con campim melao, helechos y cortadera. Es trato superior bastante ralo.	los primeros 20 cms son de textura franco limosa luego, hasta los 115 cms franco arcillosas y en adelante, franco arenosas
Laurel 3	parte media entre el topo y la cumbre	ladera de montañas, pendientes alrededor del 40% con forma mas o menos plana	externo rápido e interno medio	arbustiva, dos estratos: superior ralo e inferior herbaceo y tupido	en general, texturas franco, predominando la arcilla en los primeros 35 cms, para luego ser un tanto mas liviana con la profundidad

C U A D R O N° 3
(continuación)

D E S C R I P C I O N D E L P E R F I L

Designación	Localización	Relieve	Drenaje	Vegetación natural	Características generales del perfil
Laurel 4	posición intermedia entre el tope y el fondo de la ladera	Ladera de montaña, microrelieve ondulado y suave pendientes de 40 % y forma plana.	externo rápido e interno medio	dos estratos, uno superficial boscoso y el inferior compuesto de arbustos y especies herbáceas	de 0 - 5 cms, franco limosos; de 5 - 40 cms franco arcillosos; 40 - 75cms franco y de 75 - 140 franco arenoso
Laurel 5	Fondo de la ladera	Terraza con microrelieve ondulado, pendiente suave, alrededor de 5%	externo medio e interno no malo	Bosque siempre verde con estrato superior e inferior bastante ralo	Sedimentos dispuestos en varias capas desordenadas con texturas bastante livianas. Predominan franco y franco arenosos. Presencia de una mesa de agua colgante permanente

*Tomado de la referencia 2

Lo que se quiere evidenciar, es que la secuencia de suelos varía de acuerdo con ciertos factores como lo son: longitud de la sección o ladera, forma y pendiente, extensión de los pequeños valles entre las colinas, etc.

La deforestación trae consigo una exposición plena de los suelos a los factores climáticos (impactos de las gotas de lluvia, vientos, etc.), este hecho, aunado al factor pendiente, contribuye en alto grado al arrastre de material hacia las zonas mas bajas, perdiéndose gran cantidad de materia orgánica superficial; es decir, se pierde suelo, con el agravante de lo poco profundo que son en ciertos sitios.

En general, el PH de los suelos varía de 4,2 a 7,85 es decir, son ácidos², cosa que se evidencia por el tipo de vegetación pequeña que predomina (helechos que son típicos de tales suelos). Debido a ello, para contrarrestar el efecto de la acidez, se acostumbra a cubrirlo con cal, (base que actúa como neutralizante) a fin de poder cultivar otras especies.

Así mismo, en el estudio de suelos realizado por el Instituto de Edafología de Maracay², se encontró deficiencia de minerales primarios: fósforo, potasio, calcio, etc, y poca actividad biológica.

6.- Clima y Relieve:

El conocimiento de las formaciones geológicas predominantes en El Laurel, nos explica mas que todo los procesos de modelado del relieve, tales como la erosión diferencial con su consecuencia en los tipos de pendientes, crestas romas o agudas, etc. A su vez la repercusión de estos detalles geomorfológicos en los climas y consecuentemente en los suelos y la vegetación.

En cuanto a los microclimas producto del relieve accidentado, se nos evidencia en las vertientes de Barlovento y Sotavento. En las primeras por recibir directamente los vientos alisios del sur cargados de humedad y posterior condensación y precipitación, encontramos una vegetación mas exuberante y probablemente un proceso de pedogénesis* mas intenso que en la cara o vertiente de sotavento. Con lo cual, se quiere destacar las consecuencias de una orografía accidentada en los climas, microclimas y lógicamente en la vegetación y suelos.

6.1 Elementos Climáticos:

6.1.1 Características Pluviométricas: La zona presenta dos períodos en el año, uno lluvioso que denominaremos invierno (mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre), y otro seco que denominaremos verano (noviembre, diciembre, ene

*Pedogénesis: Conjunto de procesos que conducen a la formación de suelos³

ro, febrero, marzo y abril), aunque estos términos no corresponden a su estricto significado (ver Figura 5).

Si utilizamos el criterio de Jackson² que considera un mes seco aquel en que ocurre menos de 50 mm de precipitación, para separar los meses húmedos de los secos, veremos que según el Cuadro N° 4 anexo, los meses húmedos son: de mayo a diciembre (8 meses) en los cuales ocurre el 90,1% del total de precipitación del año. Es de hacer notar, que las lluvias en la zona son de carácter orográfico, y en general del tipo denominado aguaceros con gotas grandes y corta duración; ocurriendo las máximas precipitaciones en los meses de junio a octubre. El período seco comprende los meses de enero, febrero y marzo. Las isoyetas para la zona en estudio fluctúan entre 1200 y 1350 mm (ver Anexo N° 3).

C U A D R O N° 4

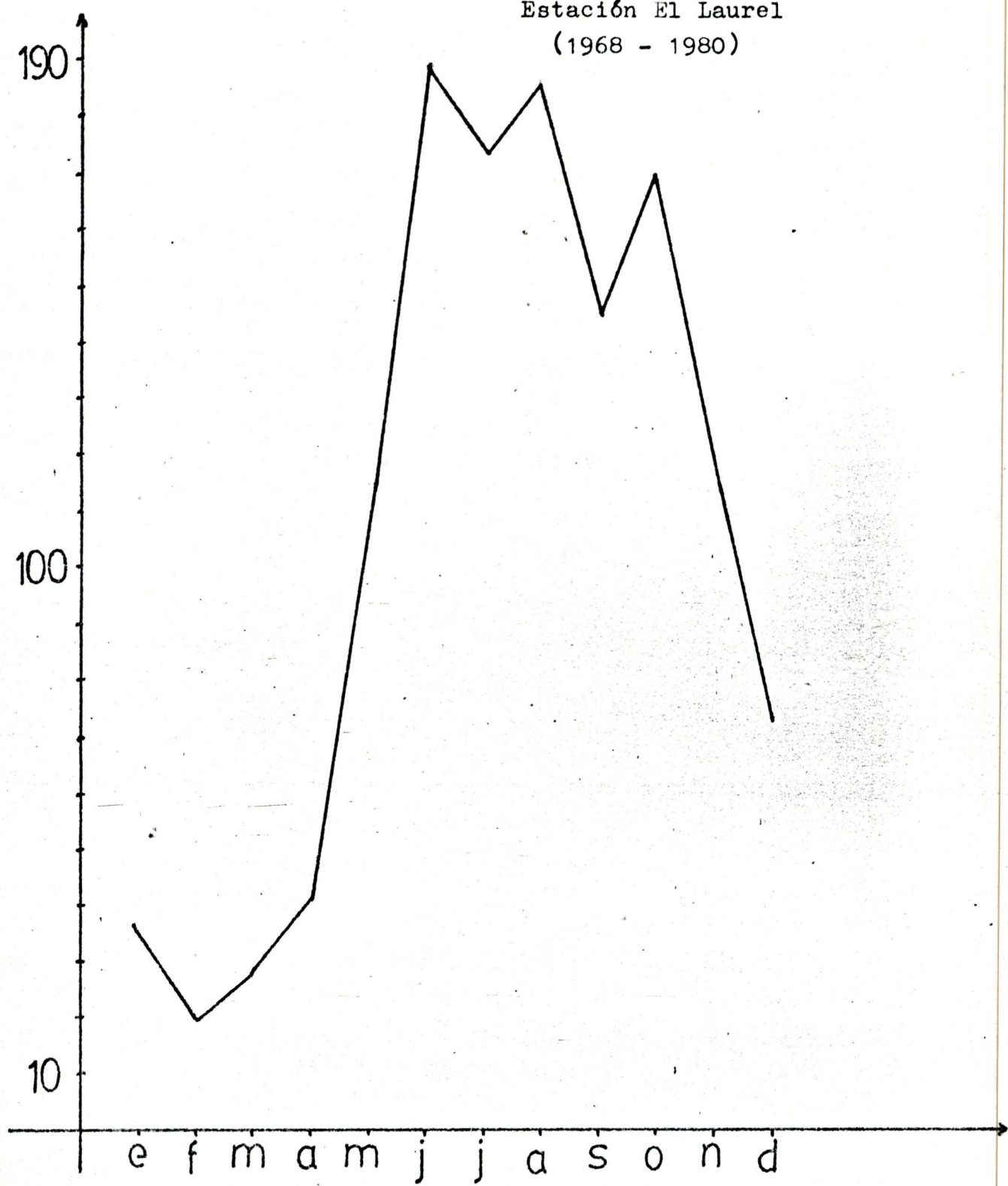
RESUMEN CLIMATOLOGICO DE LA ESTACION EL LAUREL. (Período 1968-1980)

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P (mm)	36,6	19,9	27,9	42,4	110,6	188,7	173,7	185,3	144,9	169,2	113,0	70,2	1282,4
T (°C)	17,8	18,4	19,0	19,7	20,3	19,8	19,5	19,8	20,0	19,9	19,4	18,4	19,3
E (mm)	89,7	105,4	132,7	124,3	118,8	110,4	106,6	113,0	109,1	106,2	85,0	82,2	1283,4
H _R (%)	83,4	80,5	78,4	79,2	81,3	84,5	85,6	85,2	85,2	85,8	86,8	86,3	83,5

P, T, E, H_R = ?

P(mm)

Figura 5: Precipitación Media Mensual
Estación El Laurel
(1968 - 1980)

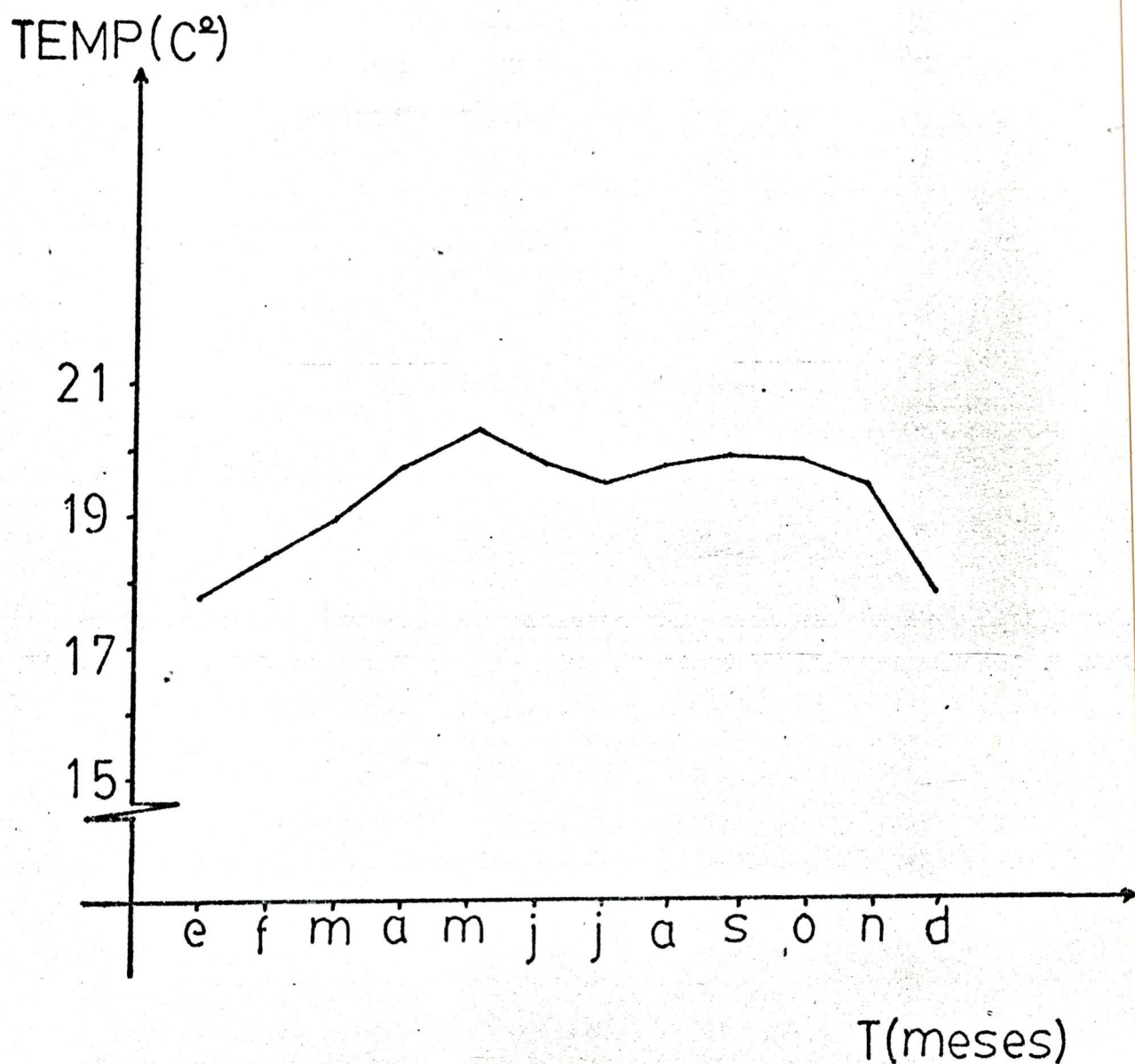


T(meses)

6.1.2 Características Térmicas: están afectadas fundamentalmente por la altitud sobre el nivel del mar de la Estación Experimental (aproximadamente 1250 m.s.n.m). En líneas generales, la zona es bastante homogénea en cuanto a temperatura; las isotermas anuales varían entre 18 °C (para las zonas por encima de los 1.500 m.s.n.m) y 20 °C (ver Anexo 3)

La variación anual de la temperatura media mensual en El Laurel, está entre 17,8 °C (enero) y 20,3 °C (mayo); es decir, la variación entre el mes mas frío (enero) y el mas cálido (mayo) es de 2,5 °C para el período considerado (1968 - 1980); los meses mas frios, corresponden a los meses relativamente secos (diciembre, enero, febrero y marzo). (Ver Figura 6)

Figura 6: Temperatura Media Mensual
Estación El Laurel
(1968 - 1980)



Un aspecto, que reviste gran importancia en la zona desde el punto de vista de los cultivos, es la alta humedad relativa: 83,5% anual (ver Figura 7) asociado con bajas temperaturas, factores que concurren hacia una precipitación relativamente alta en forma de rocío.

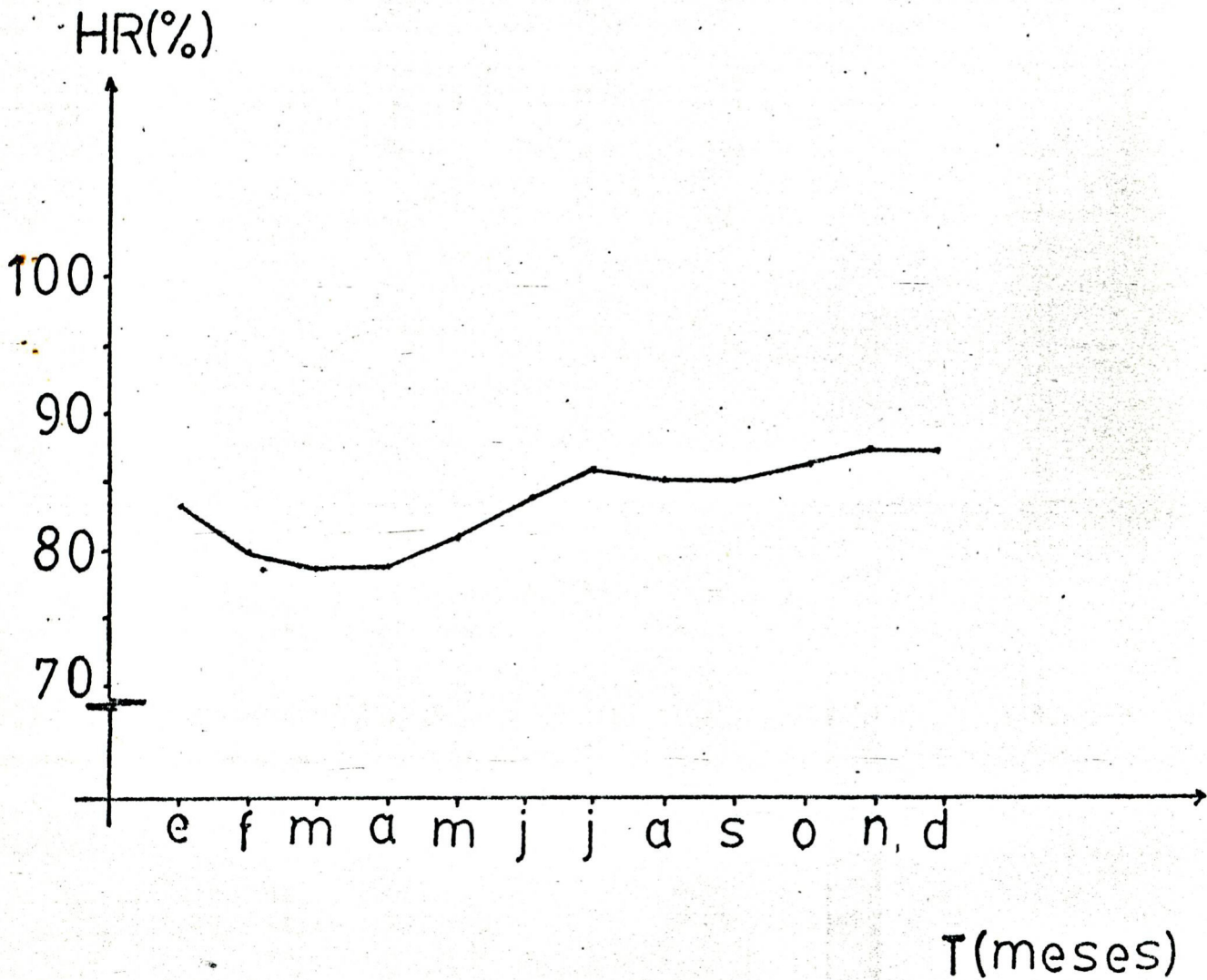
6.1.3 Evaporación: La evaporación anual, alcanza los 1283,4 mm; encontrándose que el 71,8% se acusa en el período de marzo a octubre, donde se tienen temperaturas un tanto más altas que el resto del año.

6.2 Régimen Climático:

El Régimen Climático, viene a ser el producto de la caracterización o conjunción de los elementos climáticos antes descritos.

Según la clasificación de Holdrige, la vegetación de la zona en estudio pertenece al grupo denominado "Bosque Húmedo Premontano". La relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación es aproximadamente 40,1% (ver Cuadro N° 5) y el coeficiente de escurrimiento es de 0,60 para las partes altas de la Estación (topos) y 0,29 para las partes bajas, por donde pasan las corrientes. Es decir, en las zonas donde se ha deforestado, el coeficiente de escurrimiento tiene que ser por lógica mayor que en las quebradas donde la ve-

Figura 7: Humedad Relativa Media Mensual
Estación El Laurel (1968 - 1980)



C U A D R O N° 5

BALANCE HIDRICO DE LA ESTACION EL LAUREL. (Período 1968 - 1980)

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
P (mm)	36,6	19,9	27,9	42,4	110,6	188,7	173,7	185,3	144,9	169,2	113,0	70,2	1282,4
E (mm)	89,7	105,4	132,7	124,3	118,8	110,4	106,6	113,0	109,1	106,2	85,0	82,2	1283,4
ETP*	36,0	42,3	53,1	49,7	47,6	44,2	42,7	45,3	43,7	42,6	34,2	33,1	514,5
ETR	36,0	42,3	53,1	49,7	47,6	44,2	42,7	45,3	43,7	42,6	34,2	33,1	514,5
ALMAC. (mm)	100	77,6	52,4	45,1	100	100	100	100	100	100	100	100	
Excesos	0,6	-	-	-	8,1	144,5	131,0	140,0	101,2	126,6	78,8	37,1	767,9
Déficits	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

* La ETP se obtuvo a partir de la fórmula desarrollada para la zona: $ETP = 0,519 + 0,396E$ por el Ing. Agr. Francisco Pérez Rodríguez, según la referencia 4 ✓

getación es densa, ya que la misma trae como consecuencia mayor infiltración, mayor retención y menor evaporación en los suelos. Así pues la cantidad de agua anual que escurre en la estación climatológica El Laurel para el período (1968-1980) es de 767.9 mm.

Según la Clasificación Climática de Thornthwaite, y en base a los valores obtenidos en el Cuadro N° 5, el clima en la región en estudio, es del tipo AC'₂ra'; es decir, clima super húmedo perteneciente a la región microtérmica de frío moderado con deficiencia de agua nula e índice de aridez muy bajo. La concentración de la eficiencia térmica es de 25,5%.

Luego, partiendo de los trabajos realizados recientemente por A. W. Goldbrunner en Venezuela⁵, y según la clasificación climática de Köppen, la región pertenece al tipo Aw"i lo cual significa, clima tropical cálido lluvioso de sabanas y bosques tropófilos, caracterizada fundamentalmente por presentar dos estaciones bien definidas: una lluviosa y otra seca, con dos máximos de precipitación.

7.- Vegetación y Fauna:

Los factores que condicionan la vegetación en el lugar son: a) Precipitación b) Temperatura c) Suelos y d) Relieve. Este último asociado con condiciones geológicas. A su vez,

la vegetación condiciona en gran parte microclimas que actúa como factor formador de suelos, de aquí la importancia de su estudio. En nuestro caso en particular, el relieve juega un papel relevante en cuanto a la distribución y composición de la vegetación; es el caso de una precipitación anual de 1282,4 mm con redistribución en el área condicionada por una topografía accidentada, lo cual genera condiciones hídricas diferentes en cada zona. Es decir, en las partes altas donde el suelo es muy superficial, las condiciones de humedad son muy desfavorables a la vegetación superior, y las mismas se van haciendo cada vez mas favorables a medida que descendemos desde el topo hasta el fondo de los drenajes naturales o quebradas. Las aguas provenientes de la precipitación, escurren por las laderas hacia las partes bajas, lo que ocasiona un ambiente muy húmedo que ha permitido el desarrollo de una vegetación boscosa donde encontramos dos estratos, uno superior con predominio de las siguientes especies: guamo blanco, guamo negro, bucare, laurel, majomo, pomarosa, cordoncillo negro, yagrumo, etc.; y un estrato inferior bastante ralo, con presencia de helechos, platanillo y otras especies pequeñas del estrato superior.

A medida que ascendemos desde el fondo de los drenajes naturales, hacia los topos, nos encontramos con una zona intermedia en la cual, las condiciones hídricas son inferiores que en

la parte mas baja, pero superiores que en los topos; esta situación ha permitido el desarrollo de un estrato inferior muy tupido, prácticamente un colchón vegetal con predominio de las siguientes especies: cortadera, helechos, canutillo, campin melao, etc. Luego, existe un estrato superior muy abierto con arbustos y árboles pequeños, observándose las siguientes especies: tampoco (copei), mantequillo, garrocho, tara, etc.

En los topos, observamos generalmente una cobertura herbácea con predominio fundamentalmente de campin melao y algunos helechos, también presenta un estrato arbustivo bastante ralo.

Un hecho de singular interés observado en el área, es que las vertientes o laderas expuestas a los vientos alisios del sur este directamente, presentan una vegetación boscosa que les cubre en su totalidad; es decir, no sigue la secuencia del perfil o sección transversal del relieve señalada, en cuanto a cobertura vegetal. Esto puede ser debido precisamente a la exposición directa a los alisios cargados de humedad, que al encontrarse con la barrera montañosa, asciende forzosamente, con lo cual, se enfría bruscamente, condensa y precipita (es de hacer notar, que generalmente estas vertientes son de mayor altura); Es decir, que la precipitación en esta zona del núcleo es relativamente mayor que en otras, lo cual conduce lógicamente

al desarrollo de este tipo de vegetación. Otro efecto probable, debe ser su exposición a la radiación proveniente de los rayos solares.

Además de la vegetación natural de la zona, se han desarrollado con fines comerciales, de investigación o simplemente ornamentales otros cultivos como son: el café, cítricos, cambur, níspero del japon, pinos caribes, etc.

Un aspecto por demás interesante y de mucha importancia, que debemos tomar en cuenta ya que influye también sobre la vegetación, es la consecuencia que sobre los suelos trae la deforestación. Al eliminar la vegetación natural que sirve de barrera al escurrimiento superficial, este aumenta considerablemente, con el agravante de la lenta infiltración de los suelos producto de su textura pesada. Así mismo, el aumento de las superficies expuestas directamente a la acción erosiva de la lluvia y el aumento de la escorrentía, conllevan a un arrastre cada vez mayor hacia las zonas mas bajas, con la consecuente destrucción de las carreteras de tierra y sedimentación de las partes bajas de la cuenca, incluyendo las estructuras hidráulicas. Este hecho se observa no solamente en las carreteras sin pavimentar, donde hemos observado cárcavas de casi un metro de profundidad; sino tambien, en la zona de cafetos a plena exposición solar, donde se ve la pérdida del horizonte superficial

en cierta magnitud.

Con respecto a la fauna existente en el Nucleo, es importante hacer notar, que en algunas zonas, todavía existe un hábitat natural de montaña, ya que el mismo no ha sido totalmente urbanizado; e incluso se pueden ver todavía especies que desde hace tiempo se han extinguido en el Valle de Caracas; tal es el caso de venados, acures, lapas, corales, macaureles, cascabeles y otras especies de reptiles y mamíferos. Así mismo, hemos podido observar una gran variedad de aves: colibríes, azulejos, pericos, turpiales, guacharacas, etc, y entre las especies llevadas al sitio, se encuentran unas 200 cabezas de ganado (entre holandeses y americanos) y una cria de cochinos que hay en las vaquerías.

8.- Aspectos Socio Económicos y Población:

En el Laurel, en las zonas comprendidas entre "La Peñita", "Las Filas" y alrededores de las oficinas del nucleo, habitan exactamente 173 adultos y 97 niños; un 63% de la población habita en casas y el 38% restante en ranchos, algunos de los cuales, no poseen ni los servicios mínimos (agua, luz, etc). Del 62% que habita en casa, el 10% posee pozo séptico particular, el resto incluyendo algunos ranchos posee una conexión a un séptico central instalado por la Estación a

N /

un lado de la carretera de entrada al núcleo, que divide las instalaciones del mismo con el caserío La Peñita. El 16,3 % de las viviendas poseen letrina, el 20 % no tiene regadera y el 98 % tiene instalaciones eléctricas y cocina por medio de bombona de gas. El 100 % de los inmuebles son propios; no existen viviendas arrendadas ni sub-arrendadas, y las que se encuentran en peores condiciones son las más nuevas, o que se han instalado más recientemente; es decir, los ranchos de las familias que tienen menos tiempo en el sector. El 60 % de las familias poseen uno o más vehículos; esto es debido fundamentalmente a lo distante que quedan los servicios de hospital, escuelas, farmacias, mercados, etc. y que el servicio de transporte en la zona es deficiente. El 46,8 % de la población tiene entre 7 y 12 años viviendo en el lugar; el 27,4 % tiene entre 2 y 6 años, el 17,6 % tiene entre 13 y 18 años y solo el 8,1 % tiene menos de 2 años. Con lo cual se quiere evidenciar, que el crecimiento demográfico de este sector es muy lento. Esto se explica si consideramos los siguientes aspectos:

1) Las fuentes de trabajo son muy limitadas en los alrededores, aparte de la Estación, solo se encuentra una casa de formación religiosa (Noviciato El Tabor) y el Club Monte Claro; en la primera, no existe ningún tipo de fuentes de

trabajo y en Monte Claro, los trabajadores casi en su totalidad viven en Caracas. 2) el sector no cuenta con los servicios mínimos para garantizar un bienestar social (agua, hospitales, escuelas, transporte, etc). El hospital mas cercano es el Periférico de Coche, aproximadamente a 13,6 Km del lugar; la escuela mas cercana queda a 500 metros por la carretera y es solo hasta el quinto grado de educación primaria; hay una bodeguita para casos de emergencia, pero en realidad la gente tiene que hacer sus compras en los mercados de Coche o de Baruta. No hay farmacia; el transporte es escaso y difícil. En la mayoría de las casas, el sistema de abastecimiento de aguas blancas es a través de pipotes que se llenan eventualmente cuando llega agua del nucleo o llueve; otras sin embargo poseen tanques de fibra de vidrio o de concreto y otras (muy pocas) utilizan sistemas pluviales para aprovechar el agua de lluvia. Así mismo, dos de las familias encuestadas se abastecen con agua subterránea proveniente de manantiales particulares y son los únicos que no tienen problemas con el agua en cuanto a cantidad y calidad. El 80% de las familias encuestadas manifestaron tener problemas de calidad del agua, que es turbia, que produce enfermedades gastrointestinales, y a veces viene con animales inferiores.

Por otro lado, el 87,1% de las familias que habitan en El

Laurel (al menos uno de sus integrantes), son obreros del -
nucleo, muchos de los cuales fueron agricultores traídos con
sus respectivas familias del occidente del país (Táchira y -
Mérida) para el momento de la creación del nucleo, y que se
han ido reproduciendo allí mismo, por lo cual, muchos de e-
llos tienen parentesco consanguíneo.

C A P I T U L O I I I

MANEJO DEL AGUA EN LA ESTACION

1.- Infraestructura Existente o que Existió:

En El Laurel, fué instalada la infraestructura que se describe a continuación:

1) Una represa en el cauce principal de la quebrada Bermúdez, cuya ubicación se muestra en el plano de la Estación (Anexo 1) y cuyas características son las siguientes:

- Longitud de cresta: 26 metros
- Altura de Cresta: 10 metros
- Espesor de la Pantalla: 0,80 metros
- Costo Inicial: 100.000 bolívares
- Objetivo Principal: riego y abastecimiento rural

- Posee tres aliviaderos de ventana de aproximadamente cinco metros de longitud y 50 cms de altura.

La presa en cuestión, fué construída en el año de 1976. Su construcción estuvo a cargo del Ing. Rafael Dávila, en la parte de cálculo y estructura en sí (fué una presa de gravedad, pero tuvieron que armarla*). Colaboró el Ing. José del Carmen Pacheco y en la parte de Geología, el Ing. Carpóforo Olivares. El caudal de diseño, se obtuvo a partir de un hidrograma sintético por el método de Clark realizado por el Ing. Francisco González; y en la supervisión de la obra, trabajó el Dr. Fernando Key Sánchez. Está dotada de un drenaje interno a través de una compuerta de desarenador marca Johnson con un vástago y un volante arriba. La compuerta tiene aproximadamente 80 cms de diámetro y está a 50 cms por encima del fondo. El análisis de sedimentación para la construcción de la represa, se basó en un estudio realizado por la U.C.V. en el año 1964 sobre la Cuenca de Caracas: "Atlas Climatológico de Caracas" por el Dr. F. Key Sánchez, et al; y las muestras para el diseño, se tomaron en verano donde el acarreo es mínimo.

A través de una pequeña bomba, se enviaba agua de la represa al Centro Operacional Los Mahomos, que se utilizaba para el beneficio del café y para riego. Hubo un estudio -

*Entrevista realizada con el Ing. Palacios Nieves en la Facultad de Agronomía. Maracay 29-09-83

de aguas para abastecimiento, en el cual participó el Ing. Edgar Yáñez y se pensó en colocar una planta de tratamiento para el agua de la represa, la cual se almacenaría en los tanques de concreto que hay en la carretera (tanques N^{OS} 1 y 2) ya que están prácticamente en línea recta con la presa, y de allí, bombear a La Peñita y a los otros tanques que surten a las diferentes instalaciones.

Sin embargo, ocho meses después de construída la represa, comenzó a notarse una capa bastante considerable de sedimentos; en ese momento, ha debido de aplicarse correctivos; es decir, abrir la compuerta, cerrarla batir bien y abrir, de manera que el barro fuera saliendo poco a poco y como medida de prevención, dejar la compuerta abierta en invierno donde los requerimientos de agua son menores y la concentración de sedimentos es mayor debido al acarreo de la lluvia. Pero, esto no ocurrió así; la represa fué sedimentándose cada vez mas hasta llegar a sedimentarse totalmente (la capa de sedimentos llega hasta las ventanas de alivio), y es casi imposible su recuperación por cuanto está situada en una zona inaccesible (a 112,5 metros por debajo de la carretera mas cercana) donde no puede llegar ninguna retroescavadora. Además, no se puede subir la pared, por cuanto la estructura está calculada para esa altura de pantalla y si cambian las condiciones de la presa, habría que recalcularla,

ya que al aumentar los esfuerzos, se sale el esfuerzo al tercio medio de la base produciéndose el volcamiento.

El tipo de sedimento que contiene la represa, es una arcilla pesada del tipo montmorillonítica; es decir, arcilla expansiva, la mas fina de doble capa, que se contrae cuando se seca y se expande cuando se humedece, por lo cual es muy difícil trabajarla. Se estima que halla unos 13.000 m³ de sedimentos que se encuentra bastante consolidado, constituyendo un gran aluvión sobre el cual se ha desarrollado una densa vegetación típica de charcos o lagunas y donde se genera una gran actividad biológica.

2) Dos pozos de extracción subterránea con las siguientes características:

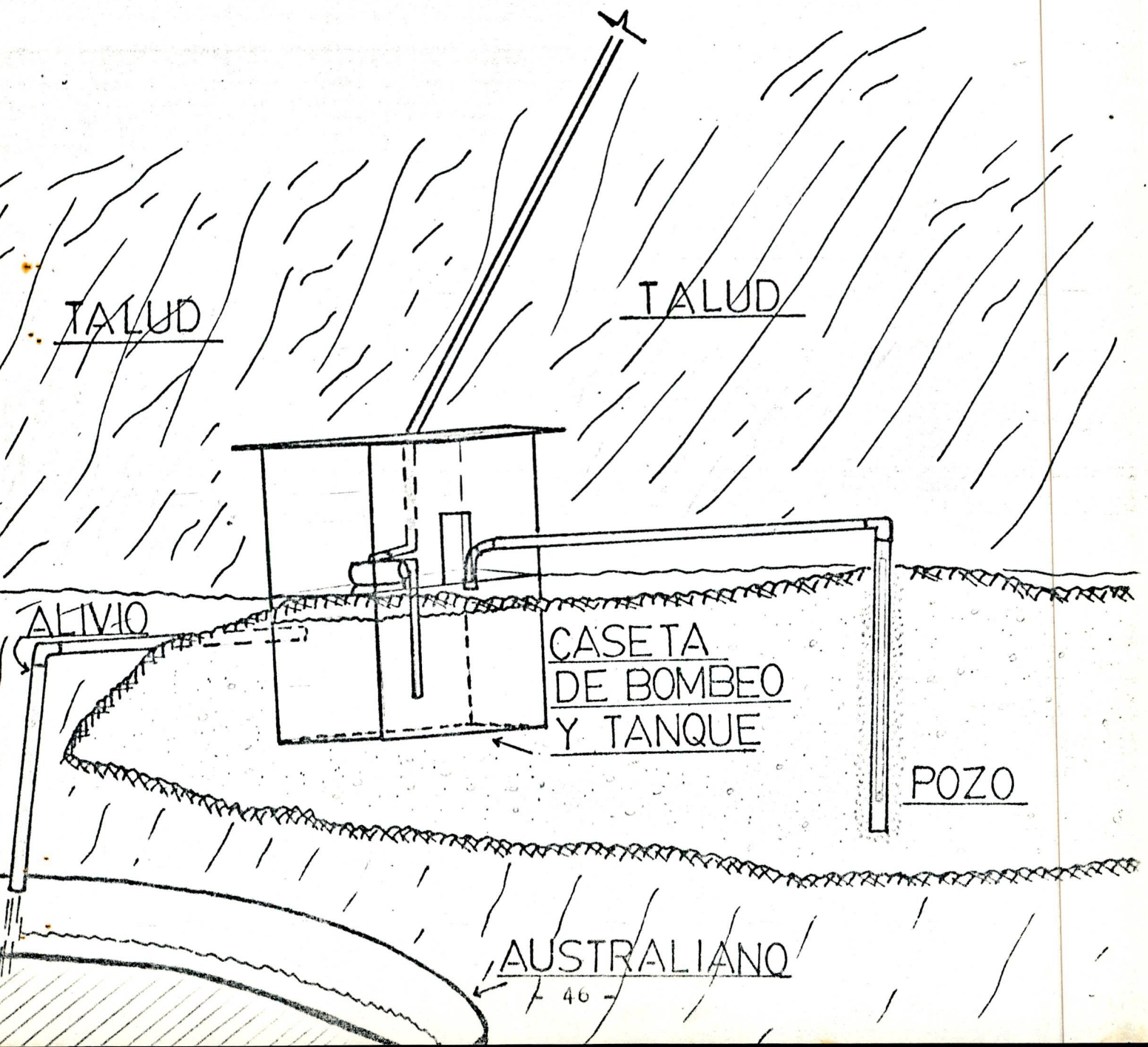
a) Pozo N^o 1: Está situado aproximadamente a 437,5 metros en línea recta hacia el sur de las oficinas del núcleo, y a una cota de 1257 msnm, al pie de una pequeña montaña. Por medio de bombeo, este pozo suministraba agua al tanque N^o 2 (ver Anexo 1), que abastecía por gravedad a la casa del caporal, parte del consumo del central cafetalero y por bombeo al caserío La Peñita. Funcionó durante 19 años luego de lo cual, se tapó, y al extraer el forro del pozo, estaba doblado como 30 grados (posiblemente debido a movimientos telúricos) y sumamente oxidado, debido a la acción erosiva del agua. El forro, tiene un diámetro de 20 cms. y el filtro interno de 18 cm. Su profundidad era de

54 metros aproximadamente.

b) Pozo N^o 2: Situado aproximadamente a 425 metros en línea recta hacia el sur-oeste de las oficinas y a una cota de 1243 m.s.n.m; fué instalado hace aproximadamente 23 años, al igual que el pozo N^o 1 y ambos poseen exactamente el mismo diseño. A través de una bomba centrífuga vertical (con maraca para evitar la entrada de asolve), se extrae el agua del pozo y se almacena en un tanque de concreto de aproximadamente 36.000 litros, construído debajo de una caseta de bloques (ver Figura 8). Dicha bomba, extrae un caudal de 0,42 lts/seg durante dos horas, descansa dos horas y vuelve a encenderse automáticamente. Los excedentes del tanque de concreto, van a un australiano por gravedad, y se utiliza para riego. Luego, en la caseta, se encuentra otra bomba de 35 H.P. conectada a una tubería de 4" que mediante un juego de llaves, manda agua a las oficinas del núcleo (donde se encuentra otro tanque del mismo tipo de 12.000 lts, que a través de otra bomba envía el agua al australiano N^o 1 para luego abastecer por gravedad las oficinas y eventualmente La Peñita y Los Mahomos) y/o al australiano N^o 4 (1280 m.s.n.m.) (ver Anexo 1) para riego de las plantaciones de café y cítricos. Del caudal extraído del pozo, se pudo notar la presencia de óxidos disueltos, por lo cual se presume que este forro está tan oxidado como el del pozo n^o 1. Según in

Figura 8:

Modelo Tipo de Instalación de Pozos
en El Laurel



formaciones de los técnicos, este pozo tiene una profundidad aproximada de 90 metros y al igual que el anterior, se encuentra situado al pie de una montaña.

El grave problema de los pozos, es el mal filtrado; ya que la gravilla utilizada es la misma para ambos pozos*, - sin recurrir a un análisis gravimétrico del material del acuífero; que al no hacerse, el pozo se azolva, los poros se tapan, la recuperación es lenta, los abatimientos son cada vez mayores y el rendimiento del pozo va mermando.

3) Un dique-toma situado en la vertiente derecha del Centro Operacional Los Mahomos, en la quebrada N° 3 (ver Anexo 1), el cual a través de una captación directa, abastecía a los Mahomos y a las Tapias; pero, este dique fué destruído por la fuerza de la corriente y por los sedimentos, y actualmente, a través de una tubería de 2" se capta el agua directamente de la Qda. y se almacena en el australiano N° 3 de 50 mil litros que por bombeo envía al australiano N° 2, también de 50.000 litros de capacidad, y de allí, por gravedad se abastece parte del consumo de los Mahomos.

Actualmente, se puede decir que existen tres sistemas de aducción en el Nucleo, que se muestran en la Figura 9.

Hay que agregar, que existe una tubería del INOS, proveniente del Sistema Tuy I, que se instaló hace aproximadamente dos a

*Entrevista realizada con el Ing. Palacios Nieves en Maracay Facultad de Agronomía el 29-09-83

ños con el objeto de abastecer todos los caseríos situados en los alrededores de El Laurel. Estas tuberías son de plástico y en realidad, nunca han prestado el servicio, ya que se revientan con frecuencia debido a la presión que soportan; sin embargo, eventualmente envían agua que es aprovechada por las personas que viven en la parte baja de La Peñita y por El Nucleo, ya que este posee una derivación hacia el tanque N° 1.

2.- Red de Distribución Actual:

Para explicar la red de distribución actual, se ha subdividido en tres sistemas muy simples que se muestran en las Figuras 9-A, 9-B y 9-C y que se describen a continuación:

Sistema 1: su fuente fundamental, es el pozo N° 2 que a través de un sistema de bombeo envía el líquido al australiano N° 1; de allí por gravedad se envía a la unidad residencial, a La Peñita y al IDEC. Eventualmente, cuando se requiere agua para riego, se envía agua del pozo al australiano N° 4 por medio de un juego de llaves, y en época de beneficio del café, se envía por gravedad desde el tanque N° 1 al tanque N° 2 y de allí, a los Mahomos (ver Figura 9-A).

Sistema 2: a través de una toma en la quebrada N° 3, se lleva el agua por gravedad al australiano N° 3 desde donde se bombea al australiano N° 2 y de allí, por gravedad se envía a

Los Mahomos (ver Figura 9 -B).

Sistema N° 3: capta el agua de un pequeño manantial, situado en la parte trasera de las vaqueras (ver Anexo 1) en un pequeño tanque de concreto desde el cual, por bombeo se envía a otro tanque mas arriba, para abastecer por gravedad a las vaqueras y casas vecinas. Este manantial, a pesar de que tiene muchos años fluyendo, no ha mermado nunca por lo cual, este es el sistema que mas eficientemente funciona con respecto a los dos anteriores (ver Figura 9-C).

Por otro lado, cabe señalar que los tanques australianos que se utilizan en los sistemas 1 y 2 anteriormente - descritos se encuentran a la intemperie, y por testimonio de algunos de los encuestados así como por experiencias propias, se pudo constatar la presencia de insectos, batracios, hojas secas, etc. que salen eventualmente por los grifos de las casas. Es decir, los tanques no tienen ningún tipo de mantenimiento ni el agua de tratamiento.

Ahora bien, a este hecho hay que agregar que las tomas en los australianos, se hace por debajo a través de una tubería de 4" con una rejilla rústica improvisada; lo cual facilita el paso de sólidos disueltos contenidos en el agua, que como se ha dicho es muy alcalina; lo que a largo plazo, puede acarrear serios problemas gastrointestinales a las personas que la ingieren. Poniendo en evidencia una vez mas, una

Figura 9:
Red de Distribución

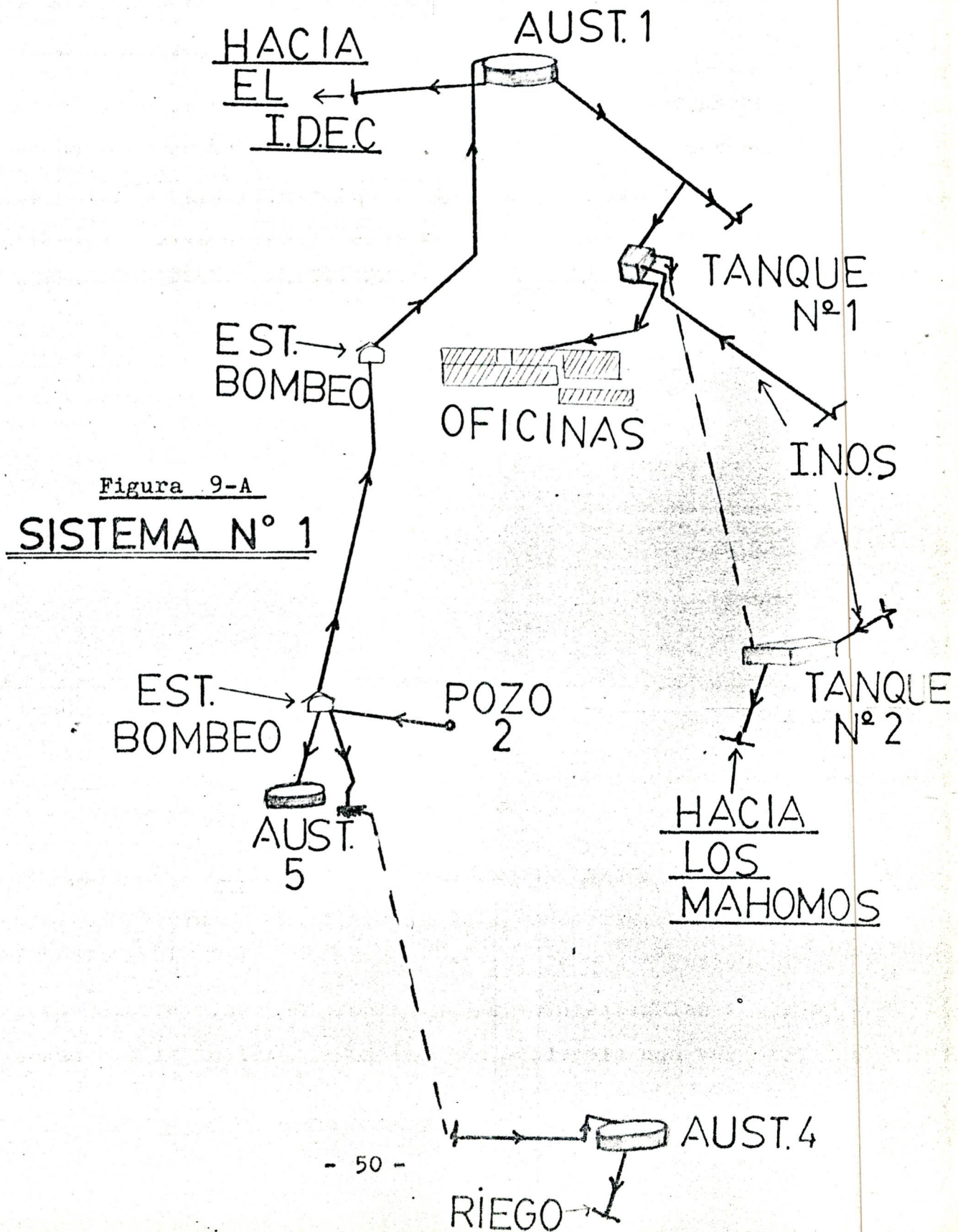


Figura 9-B
SISTEMA
Nº 2

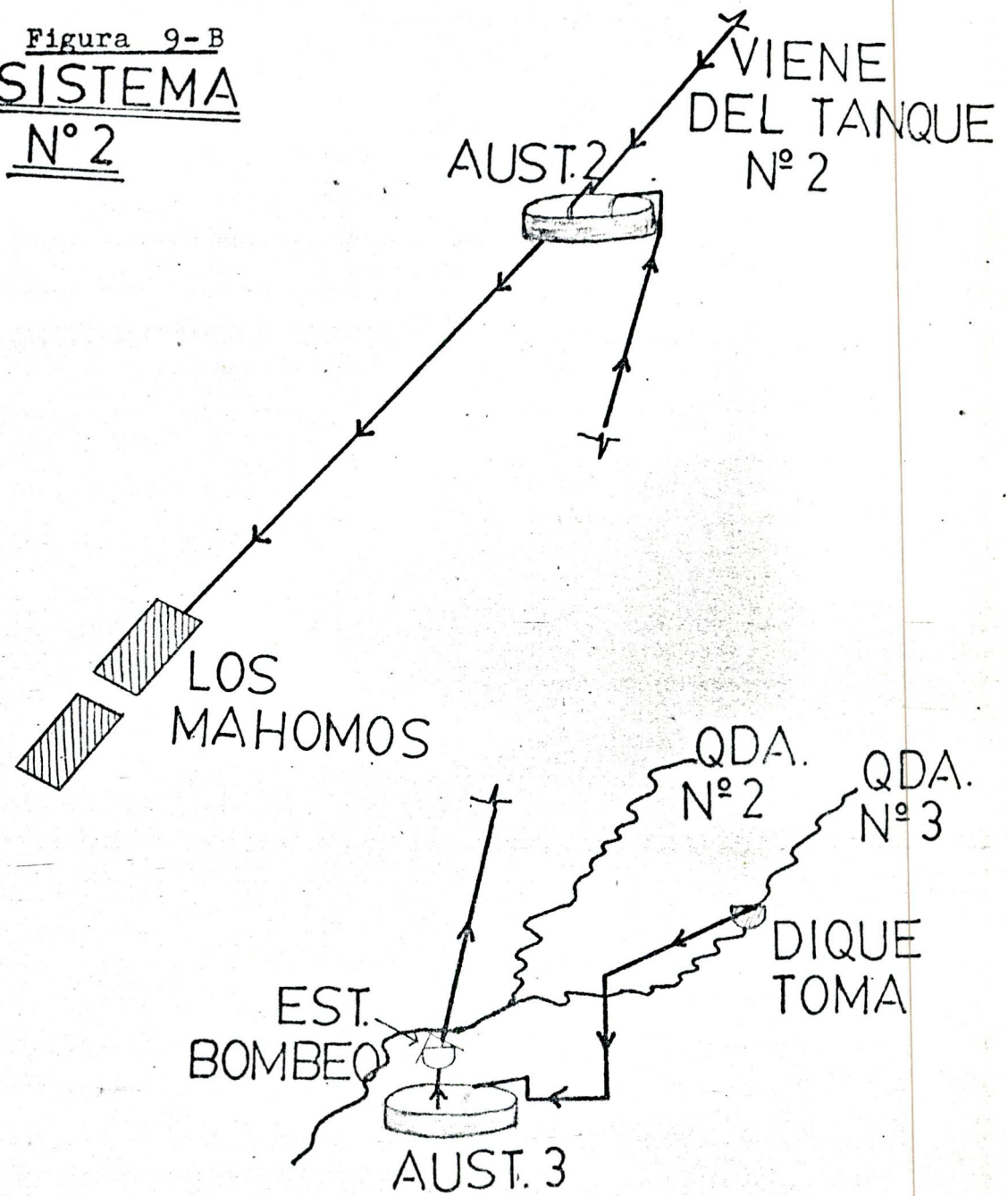
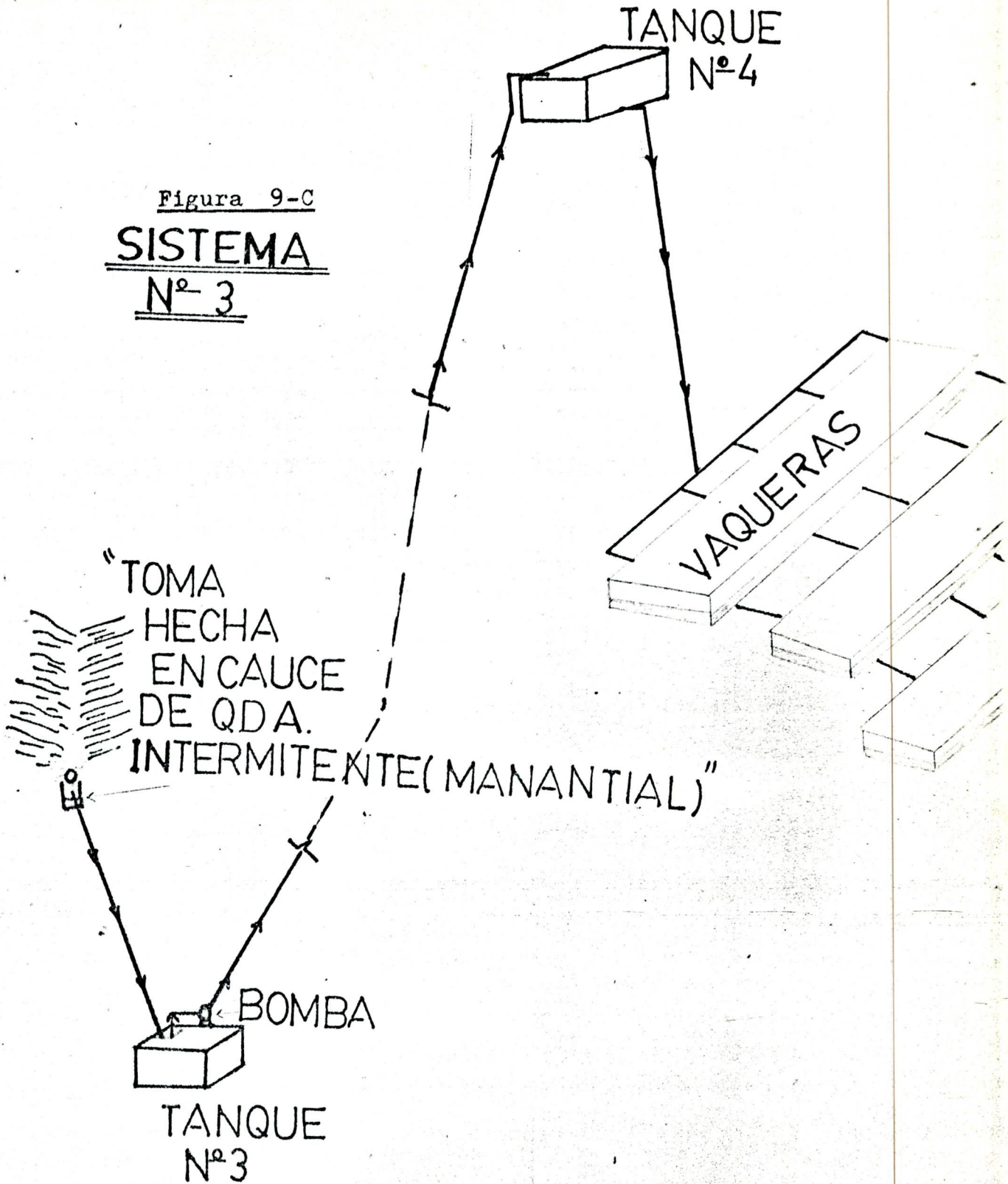


Figura 9-C
SISTEMA
Nº 3



total falta de mantenimiento y diseño de las instalaciones que conforman la red de distribución de aguas blancas.

3.- Disposición de Aguas Servidas y Desechos Sólidos

El sistema mas común de aguas servidas en la mayoría de las viviendas, es el pozo séptico. Algunas tienen su séptico particular; la mayoría sin embargo, descargan sus aguas negras a un séptico principal instalado por el nucleo para los habitantes de La Peñita a un lado de la carretera, muy cerca del tanque N° 2 (ver Anexo 1). Este séptico, no se construyó con los requerimientos necesarios para su correcto funcionamiento; es decir, no se hizo enclavado en la tierra con paredes impermeables y fondo de lecho filtrante. Por el contrario, se construyó una especie de tanque de concreto con fondo impermeable (también de concreto), en un talud cuyo drenaje natural conduce a las quebradas del nucleo. Como es de esperarse, al poco tiempo de construído el tanque se rebosó, y desde entonces vierte sus aguas negras sobre dicho talud; por lo cual, los gases desprendidos de la degradación de la materia orgánica que contienen dichas aguas, se pueden detectar a varios metros del lugar. Además tambien hay familias que descargan sus aguas negras y desechos sólidos, en las cunetas y/o taludes de la carretera, llegando a presen

tarse situaciones parecidas a la antes señalada.

Por otro lado, las aguas residuales del proceso de beneficio del café, cuya contaminación es debida principalmente a que están cargadas del mucílago ya soluble, rico en azúcares reductoras y no reductoras, pectinas y ácidos orgánicos (contiene de 800 a 900 mg/lt de sólidos en suspensión⁶), son vertidas en un australiano con un filtro en el medio que retiene parte de los sólidos en suspensión, desde donde son descargadas a través de un canal revestido conformado por una serie de tanquillas rompecargas a lo largo del talud, de manera que se vaya decantando sucesivamente hasta descargar a la quebrada Bermúdez. No se pudo efectuar un análisis físico químico de las aguas descargadas después de este proceso, pero se estima que la misma puede resultar una fuente de contaminación de las aguas superficiales de El Laurel.

En cuanto a los desechos sólidos, son dispuestos en los taludes de la carretera, tanto los de origen doméstico, como los de origen industrial, es decir los provenientes de los Mahomos y del IDEC; lo cual, a corto plazo puede acarrear serios problemas al núcleo.

C A P I T U L O I V

REQUERIMIENTOS ACTUALES DEL RECURSO HIDRICO

Los consumos se determinaron en base a las dotaciones de agua de las Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación y Reforma de Edificios vigente⁷ :

1.- Consumo Humano:

a) Unidad Residencial:

cant.	und.	concepto	dotación	lts/año
40	personas	Hospedadas para cursos o seminarios	200 lpd	2.920.000
8	personas	personal no residente	50 lpd	146.000
600	m ²	riego de áreas verdes - durante seis meses x año	2 lm ² d	219.000
80	m ²	oficinas	6 lm ² d	175.000
100	m ²	comedor	50 lm ² d	1.825.000
Sub Total:				5.285.200

b) Caserío La Peñita y alrededores de los Centros Operacionales y del Nucleo:

40	parcelas	hasta de 200 m ²	1.500 lp'd	21.900.000
Total:				<u>27.185.200</u>

2.- Consumo Animal:

a) Ganado Lechero:

200	cabezas	ganado holandés y americano	120 lcd	8.760.000
-----	---------	-----------------------------	---------	-----------

b) Porcino:

10	cabezas	cochino	10 lcd	36.500
----	---------	---------	--------	--------

Total: 8.796.500

3.- Riego y Controles Fitosanitarios:

a) Actualmente hay 35 hectáreas comerciales de café, 25 has. de pastizales para alimentar el ganado y 8 has. de cítricos, que ya establecidas no requieren riego ya que la precipitación es suficiente. Sin embargo, en la etapa de germinación en el vivero⁸, así como las has. para ensayos de investigación; requieren de una cantidad aproximada de riego de:

4.500	lpd	durante 8 meses al año	1.080.000
-------	-----	------------------------	-----------

b) Para controles fito sanitarios se requiere de 300 a 400 litros por hectárea de café por control, y se realiza un control cada 22 días en las plantaciones establecidas:

35	Has.	1 control cada 22 días	, 350 lhd	203.238
----	------	------------------------	-----------	---------

En el vivero, el control se hace cada 8 días, y se

⁸Entrevista en el Nucleo con Miguel A. Benezra y Técnicos de la Estación.

requieren 200 litros por hectárea por control:

3	has.	1 control cada 8 días	200 lhd	27.375
---	------	-----------------------	---------	--------

Total: 1.310.613

4.- Consumo Industrial:

Actualmente se recogen 1.500 quintales de café cereza al año (46 Kg/quintal) y para beneficiar 240 Kg de café, se requieren 1000 lts de agua:

69000	Kg.	por cada 240 Kg.	1.000 l/a	287.500
-------	-----	------------------	-----------	---------

10	trab.	número de trabajadores del Idec (por cada turno de 8 hrs o fracción)	80 ltd	292.000
----	-------	--	--------	---------

Total: 579.500

5.- Demanda Neta Actual (DNA):

DNA = 37.871.813 litros/año

es decir,

DNA = 37.872 m³/año + 10 % como margen de seguridad

DNA = 41.659 m³/año

C A P I T U L O V

DEMANDAS FUTURAS (ESTIMADAS PARA LOS PROXIMOS 10 AÑOS)

1.- Consumo Humano:

a) Unidad Residencial (Las Quintas):

El consumo para hospedaje, comedor, riego y oficinas de Las Quintas dentro de 10 años, se estima que será igual al consumo actual, por cuanto no hay proyectos de ampliación o remodelación:

Consumo de Las Quintas	lts/año 5.285.200
------------------------	----------------------

b) Caserío La Peñita, alrededores de los Centros Operacionales y del Nucleo:

Debido al tenue crecimiento demográfico en los últimos 20 años en la región (ver Aspectos Socio Económicos y Población), se incrementará la demanda actual en un 15 % para estimar la demanda futura:

27.185.200 lts/año x 1,15	31.262.980
---------------------------	------------

<u>Total:</u>	<u>36.548.180</u>
---------------	-------------------

2.- Consumo Animal:

a) Ganado lechero:

300	cabezas	capacidad máxima de las vaqueras	120 lcd	13.140.000
30	cabezas	porcino	10 lcd	109.500
<u>Total:</u>				<u>13.249.500</u>

3.- Riego y Controles Fitosanitarios:

Las demandas de riego y controles fito sanitarios en los próximos 10 años, se estima que serán iguales al consumo actual; ya que inicialmente, se pensó en sembrar fresas y ampliar la producción de café; pero, debido a la escasez de personal y fundamentalmente de presupuesto, tales proyectos no podrán llevarse a cabo. Sin embargo, incrementaremos el consumo en un 10 % como medida de seguridad:

1.310.613 x 1,10	<u>Total:</u>	<u>1.441.674</u>
------------------	---------------	------------------

4.- Consumo Industrial:

a) Beneficio del Café: Por los motivos antes expuestos, no se incrementará la producción de café; sin embargo, consideraremos un 10 % más del consumo actual:

287.500 x 1,10	316.250
----------------	---------

b) IDEC: Como se dijo anteriormente (ver Desarrollos Futuros), existe un proyecto de edificación de una planta experimental de la construcción en el área de El Laurel, que constará -

de las siguientes dependencias:

Nº	area (m ²)	Concepto	dotación diaria	consumo anual
1	1.390,6	talleres y depósitos de materiales y equipos	0,50 lm ² d	253.784
2	221,6	vestuarios-sanitarios y lavamopas	30,00 lm ² d	2.426.739
3	1.970,6	oficinas	6,00 lm ² d	4.315.701
4	207,4	locales para docencia - con capacidad para 94 personas	40,00 lpd	1.372.400
5	282,2	auditorios con capacidad para 100 asientos	3,00 lad	109.500
6	83,5	cafetería	50,00 lm ² d	1.524.240
7	51,8	caseta de vigilante, con dormitorio y sanitario	30,00 lm ² d	567.648
8	1.542,0	estacionamiento	2,00 lm ² d	1.125.660
9	6.170,5	zonas verdes	2,00 lm ² d	2.252.232
			SUB Total:	13.947.904
			Total:	14.264.154

5.- Demanda Neta Futura (DNF):

DNF = 65.503.508 lts/año

DNF = 65.504 m³/año

C A P I T U L O VI

MARCO TEORICO

1.- Formulación de Hipótesis:

Considerando la altura en que se encuentra la estación, el tipo de vegetación predominante (bosque húmedo premontano), la alta pluviosidad en la región y debido a las grietas y fallas que se observan en las formaciones geológicas, y a los aluviones que existen en la parte baja de la cuenca; se estima que existe abundante agua almacenada en el subsuelo. Esta aseveración está fundamentada además en el hecho de que existen varios manantiales que fluyen constantemente, y de que durante aproximadamente quince años se ha estado extrayendo agua en forma continua de los pozos sin que se agoten las reservas del acuífero.

Por otra parte, superficialmente y según aforos realizados en visitas de campo en distintos puntos de la cuenca, existe suficiente agua como para satisfacer al menos las demandas actuales del Nucleo.

Tales aseveraciones, nos llevan a formularnos la siguiente hipótesis:

Si existe suficiente agua aprovechable en el Laurel, y si la misma está distribuída proporcionalmente en el tiempo; de forma tal, que haga posible su regula-

ción en caso de que fuera necesario; entonces, el problema existente es debido a la mala planificación de los sistemas de aprovechamiento de dichos recursos y/o a un inadecuado mantenimiento de los mismos.

2.- Metodología a Emplear:

Para el cálculo de el gasto superficial medio anual a la salida de la cuenca de el Laurel, se emplearon tres métodos:

- Método del Balance Hídrico
- Modelo Majtenyi
- Método del Coeficiente de Escorrentía

y para el cálculo de la recarga subterránea inter anual, se implementó un procedimiento desarrollado por el Ing. David Pérez Hernández en la región oriental de la Faja Petrolífera del Orinoco, los cuales se explican a continuación.

2.1 Estimación del Gasto Superficial:

2.1.1 Método del Balance Hídrico⁹: En general, el método se basa en la implementación de la fórmula:

$$\bar{Q}_{\text{sup}} = \bar{P} - \overline{\text{ETR}} \dots\dots\dots 1$$

donde: \bar{Q}_{sup} = Escorrentía superficial media anual
 \bar{P} = Precipitación media anual
 $\overline{\text{ETR}}$ = Evapotranspiración real media anual

deducida a partir de la ecuación de balance hídrico para un año cualquiera "i":

$$W_i = P_i - ETR_i - Q_i \dots\dots\dots 2$$

donde: W_i = cambio de almacenamiento en el año "i" (mm)

P_i = Precipitación del año considerado (mm)

ETR_i = Evapotranspiración real para el año "i" (mm)

Q_i = Escurrimiento total del año "i" (mm)

El escurrimiento total Q_i es:

$$Q_i = Q_{sup_i} + Q_{sub_i} + B_i - R_i \dots\dots\dots 3$$

donde: Q_{sup_i} = Escorrentía superficial

Q_{sub_i} = Escorrentía subterránea

B_i = Extracción superficial

R_i = Aportación superficial

Sin embargo, el agua extraída se utiliza dentro de la misma cuenca por lo cual no se pierde y el término B_i se hace despreciable. No hay aportación superficial artificial y en caso de que hubiera aportación superficial natural, se compensara con la extracción superficial natural, con lo cual, el término R_i se hace despreciable y Q_{sup_i} por lo general, es muy superior a Q_{sub_i} , por lo cual también se desprecia y la ecuación anterior quedaría:

$$W_i = P_i - ETR_i - Q_{sup_i} \dots\dots\dots 4$$

Ahora bien, si se considera un período largo de n a-

ños, y se suman término a término las ecuaciones del balance hídrico de cada año, el término W_1 tiende a ser cero ya que el cambio anual de la cantidad de agua almacenada fluctúa de signo. De donde, la ecuación 4 puede expresarse con bastante aproximación como se muestra en la ecuación 1.

El procedimiento a seguir para la aplicación del método es el siguiente:

- a) Se selecciona un conjunto de estaciones circunvecinas de registro completo (común)
- b) Se selecciona un período largo de estudio (mayor de 10 años)
- c) Se trazan las isolneas de precipitación (isoyetas) media anual para el período
- d) A partir de la evaporación en tina medida, se obtiene la evapotranspiración potencial por cualquier método
- e) Se realiza un balance hídrico en cada estación, a fin de obtener la evapotranspiración real media anual para el período.
- f) Se trazan las isolneas de evapotranspiración real (isopletas) calculadas
- g) Se superponen los mapas de \bar{P} y \overline{ETR} y en los puntos de corte de isoyetas e isopletas, se anotan las diferencias numéricas $\bar{P} - \overline{ETR}$. En base a estas diferencias se trazan las isolneas de escorrentía ya que $\bar{Q} = \bar{P} - \overline{ETR}$
- h) Se ajustan las isolneas de escorrentía de forma tal que, integradas gráficamente en cada cuenca con registro, den a la salida de la misma un valor semejante a su correspondiente \bar{Q} medido.
- i) Se integran gráficamente cada uno de los mapas anteriores, encontrándose para la cuenca sin registro los va-

lores buscados.

2.1.2 Modelo de Majtenyi: Está destinado a la predicción de escurrimiento medio anual introducido por Majtenyi^{10*}. Presenta como entradas dos parámetros K y D que dependen de las condiciones físicas y climáticas de la cuenca en estudio. Los valores de K y D fueron estimados para el Valle de Caracas, a partir de un estudio de nueve corrientes entre ríos y quebradas con registro de escurrimiento (entre las cuales se encuentra el río Valle), obteniéndose así los valores promedios de:

$$K = 3,36$$

$$D = 1,33$$

que son los que se utilizarón en este estudio.

Los escurrimientos estimados, deben interpretarse como "flujo virgen"; es decir, aquel flujo sobre el cual, no han actuado procesos intensos creados por el hombre, ya que el modelo no tomó en cuenta procesos como urbanismo, deforestación y quema. Por lo cual, arroja resultados de carácter preliminar. Aunque en la actualidad se cuenta con modelos de una relativa alta precisión; no fueron usados en este estudio, debido a que requieren gran cantidad de datos o parámetros, cuyo proceso es largo y minucioso; además la región en estudio no cuenta con datos de escurrimiento suficientes para calibrar los modelos.

*Ver "Journal of Hydraulics Division". Proceedings of the American Society of Civil Engineers". July 1972. pp. 1171 - 1185

La ecuación de predicción que utiliza el modelo es:

$$Q_n = P_n \left[1 - \frac{1}{\sqrt{R_n^2 + K (D - R_n)}} \right]$$

donde: Q_n : promedio de escurrimiento para el período de n años (mm)

P_n : promedio de lluvia para el período de n años (mm)

R_n : P_n / L_n

L_n : $300 + 25 T_n + 0,05 T_n^3$

T_n : temperatura media del aire para el período de n años ($^{\circ}C$)

2.1.3 Método del Coeficiente de Escorrentía: Consis-

te en obtener el coeficiente de escorrentía promedio con los valores medidos en una sub-cuenca de la cuenca en estudio o en una cuenca vecina*, para un período determinado a través de la siguiente ecuación:

$$C_e = \bar{Q}_n / \bar{P}_n \dots\dots\dots 1$$

donde: C_e = Coeficiente de escorrentía promedio

Q_n = Esc. medio anual para el período de n años (mm)

P_n = Precipitación promedio de n años (mm)

Luego, conociendo la precipitación promedio para el período considerado y asumiendo el mismo coeficiente de escorrentía para la cuenca en estudio, se despeja el valor de \bar{Q}_n de la ecuación de características similares a la cuenca en estudio

ción 1 y se obtiene el caudal medio para el período en la cuenca problema.

2.2 Estimación del Gasto Subterráneo:

Como se dijo anteriormente, para evaluar las fuentes subterráneas, se realizó un análisis basado en la evaluación de la estructura recesional o de agotamiento de los hidrogramas¹¹ que se describirá a continuación. Este análisis, permite la caracterización de los flujos bases como dispositivo de suministro del agua subterránea.

Es de hacer notar, que este método ha sido aplicado con buenos resultados en acuíferos aluvionales de abundante flujo superficial; y es la primera vez que se aplica en quebradas de montaña. Sin embargo, a manera preliminar se aceptan los resultados que de él se obtengan, ya que su aplicación es independiente de las características geológicas del medio en el cual se aplica.

El método consiste en el análisis de las curvas de recesión de hidrogramas. La expresión matemática de una curva genérica de recesión en un río, puede deducirse admitiéndose que la rata de variación de caudal con respecto al tiempo, es proporcional al caudal registrado en cada instante considerado sobre

la curva de agotamiento del hidrograma; es decir:

$$\frac{dQ}{dt} = -\alpha Q$$

siendo: Q = caudal, t = tiempo, α = coeficiente de proporcionalidad con unidades de tiempo. De la ecuación anterior, se deriva la siguiente expresión, agrupando términos:

integrando:
$$\int_{Q_0}^{Q_t} \frac{dQ}{Q} = -\alpha \int_{t_0}^t dt$$

$$\ln Q \Big|_{Q_0}^{Q_t} = -\alpha t$$

$$\ln Q_t - \ln Q_0 = -\alpha t$$

de donde:

$$\frac{Q_t}{Q_0} = e^{-\alpha t} \quad \Rightarrow \quad Q_t = Q_0 \times e^{-\alpha t}$$

haciendo $K_r = e^{-\alpha t} \quad \Rightarrow \quad \boxed{Q_t = K_r^t \times Q_0} \dots \dots \dots (1)$

donde:

Q_t = caudal al cabo de un tiempo t

K_r = constante de recesión del hidrograma, menor que 1

La ecuación (1) puede escribirse:

$$Q_t = Q_0 \times 10^{-t/k}$$

o también:

$$Q_0 = Q_t \times 10^{t/k} \dots \dots \dots (2)$$

teniendo en cuenta, que el volumen de agua descargado durante un intervalo de tiempo "dt" es: $q \times dt = a$ a la disminución en el volumen almacenado "ds" durante el mismo intervalo; en otras palabras, es equivalente al volumen de agua subterránea suplido " V_s ", el cual se conoce como capacidad de retención potencial de la cuenca, y que se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$V_s = \int_0^{\infty} Q_t dt \quad , \text{ sustituyendo el valor de } Q_0 \text{ de la ecuación (2):}$$

$$V_s = \int_0^{\infty} 10^{-t/k} dt$$

haciendo: $t = -ku$

$dt = -K du$ y sustituyendo e integrando, queda finalmente:

$$V_s = K \times Q_0 / \ln 10 \quad \dots\dots\dots(3)$$

si consideramos el tiempo para el cual se produce una atenuación o reducción del caudal a la mitad del caudal inicial, es decir:

$$Q_0 / Q_t = 2 = 10^{t_0/k}$$

entonces: $K = 3.33 t_0$ con lo cual, haciendo algunos arreglos de unidades, la ecuación (3) finalmente se transforma en:

$$\boxed{V_s = 3,75 t_0 \times Q_0} \quad \dots\dots\dots(4)$$

donde: V_S = volumen total almacenado expresado en millones de metros cúbicos (10^6 m^3)

t_0 = tiempo en meses

Q_0 = caudal en m^3/seg

Ahora bien, a partir de los volúmenes almacenados calculados para hidrogramas de crecientes consecutivas; es factible diagnósticar las variaciones en las condiciones de recarga subterránea en las cuencas. En otras palabras, es posible ver los cambios de almacenamiento entre dos recesiones consecutivas, prolongando en forma lineal la curva de agotamiento de la primera recesión, hasta quedar en línea recta (verticalmente) con el punto donde comienza el aporte subterráneo de la segunda recesión. Y analíticamente, se puede resolver haciendo las siguientes consideraciones:

$$V_S = \int_0^{\infty} Q_t dt = \int_0^t Q_t dt + \int_t^{\infty} Q_t dt$$

$$\int_0^t Q_t dt = \int_0^{\infty} Q_t dt - \int_t^{\infty} Q_t dt = V_S - \int_t^{\infty} Q_t dt$$

donde $\int_0^t Q_t dt$, correspondería al volumen derivado de la descarga subterránea durante el período de una recesión; y el valor residual sería:

$$V_r = \int_t^{\infty} Q_t dt = V_S - \int_0^t Q_t dt$$

Si hacemos:

$$V_t = \int_0^t Q_t dt = - 3,75 t_0 Q_0 \left[10^{0,303 t/t_0} \right]_{t_0}^{t_d} \dots\dots 5$$

entonces:

$$V_r = V_s - V_t \dots\dots\dots 6$$

Luego, la recarga se estima por la expresión:

$$R_i = V_{s_i} - V_{r_{i-1}} \dots\dots\dots 7$$

siendo: V_{s_i} : capacidad de retención potencial para el año "i"

$V_{r_{i-1}}$: almacenamiento base residual disponible a partir de la recesión precedente, obtenido a través de la ecuación 6

C A P I T U L O V I I

INVENTARIO DE FUENTES SUPERFICIALES

1.- Recopilación de Datos:

Los datos seleccionados para el análisis presentado a continuación, tienen como fuente el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables. Debido a la localización geográfica de la Estación Experimental Dr. Jaime Henao Jaramillo, se trató de seleccionar tanto climática como hidrológicamente, todas aquellas estaciones de registro largo (mayor de 10 años) comprendidas entre los $10^{\circ}00'00''$ y $10^{\circ}40'00''$ de latitud norte y $66^{\circ}30'00''$ y $67^{\circ}30'00''$ de longitud oeste, de manera de abarcar un área amplia con un conjunto de estaciones bien distribuidas; permitiéndolo así, un buen trazado de isoclinas.

2.- Selección del Período de Estudio:

Se trató de seleccionar el mayor período de registro del conjunto de estaciones comprendidas en el área abarcada, que contaran con datos de precipitación, evaporación y/o temperatura las climáticas y de escurrimiento las hidrológicas; de manera de que el período seleccionado, abarca-

ra un buen número de estaciones que midieran los tres parámetros climáticos mencionados a fin de poder realizar con ellos los balances hídricos y obtener los escurrimientos - que luego se ajustarán con los escurrimientos medidos en las estaciones hidrométricas para el mismo período.

Debido a ello, el factor limitante fué la temperatura ya que en Venezuela, existen pocas estaciones de registro largo de este parámetro.

Partiendo de estas premisas, se seleccionó un período de 17 años desde 1956 a 1972, por cuanto después de este último año, existen muchas lagunas en los registros llevados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables.

Las estaciones seleccionadas, se muestran en cuadro - anexo a continuación (Cuadro N^o 6), donde se señala además localización geográfica de cada una y parámetros que mide.

3.- Trazado de Isoyetas:

El trazado de isoyetas, se realizó con los valores de precipitación anual para el período considerado (1956 - 1972) que se muestran en el Cuadro N^o 7 en un mapa escala 1:100000 que abarca el área considerada. El resultado fué extrapolado a un plano de una escala mas pequeña (aproximadamente 1 : 17.700) de manera de ampliar la región en estudio (ver Anexo

. C U A D R O N° 6

ESTACIONES SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO. UBICACION
GEOGRAFICA Y PARAMETROS QUE MIDE

ESTACION	SERIAL	LATITUD	LONGITUD	PARAMETROS		
				P	E	T
Agua Fria	1436	10°23'37"	67°10'49"	X	X	X
Alto ño Leon	1425	10°26'24"	67°09'36"	X		
Alto el Lagunazo	2169	10°25'25"	67°12'09"	X		
Alto Izcaragua	1417	10°27'41"	67°07'26"	X		
Alto la Lagunita	9344	10°24'	67°19'	X		
Altos de Pipe	0565	10°24'	66°19'	X	X	X
Baruta	5052	10°26'10"	66°52'23"	X		
Buena Vista	1434	10°25'00"	67°13'50"	X		
Caracas-Catia	0522	10°30'29"	66°56'48"	X		
Caracas-Cajigal	0531	10°30'	66°55'	X		
Caracas-Petare	0555	10°28'	66°47'	X	X	X
Charallave	0572	10°16'	66°51'22"	X		
Colonia Mendoza	0594	10°07'41"	66°49'50"	X	X	
Colonia Tovar	1433	10°12'	67°17'	X		
Colonia Tovar	1435	10°24'31"	66°17'39"	X		
Cúa Tovar	0582	10°08'45"	66°51'50"	X	X	
El Arado	1438	10°24'08"	67°09'14"	X		
El Carite	1434	10°24'	67°01'	X	X	X
El Jarillo	9343	10°22'00"	67°10'30"	X		
El Roble	1442	10°22'	67°14'	X		
El Vigía	5025	10°32'	66°48'	X		

C U A D R O N° 6

(continuación)

ESTACION	SERIAL	LATITUD	LONGITUD	PARAMETROS		
				P	E	T
Guarenas	0548	10°28'02"	66°37'00"	X		
Guatire	0559	10°28'02"	66°31'24"	X		
Guatire	0567	10°27'47"	66°32'13"	X	X	X
Hda. Tazon Cúa	5055	10°10'	66°55'00"	X		
La Mariposa	0563	10°24'41"	66°55'53"	X	X	X
La Peñita	1413	10°28'25"	67°13'46"	X		
Llano de Cura	1437	10°25'26"	67°08'	X		
Los Caracas	5011	10°37'26"	66°34'47"	X		
Los Teques	1448	10°21'	67°02'	X		
Macarao Dique	1426	10°26'	67°02'	X	X	X
Macuto	0508	10°37'14"	66°53'51"	X		
Maiquetía	0503	10°36'10"	66°58'48"	X		
Palo Gacho	1542	10°23'	66°31'	X		
Rio Grande	5015	10°34'20"	66°56'19"	X		
Sabaneta	1427	10°28'	67°02'	X		
San Diego de...	0561	10°20'49"	66°57'14"	X		
Sta. Epifanía	0549	10°17'30"	66°40'00"	X		
Sta. Lucía	0547	10°19'	66°40'	X		
Sta. Teresa T.	0578	10°13'	66°39'	X	X	X
Sitio Oropeza	1446	10°23'22"	67°05'00"	X		
Tacamahaca	5029	10°31'39"	66°43'20"	X		

C U A D R O N° 7

PRECIPITACION MEDIA ANUAL DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS

(Período 1956 -1972)

ESTACION	\bar{P} (mm)	ESTACION	\bar{P} (mm)
Agua Fria	1067,5	Guarenas	761,3
Alto No Leon	1042,2	Guatire	950,1
Alto El Lagunazo	897,2	Guatire	956,9
Alto Izcaragua	888,7	Hda. Tazón Cúa	1045,1
Alto La Lagunita	1266,5	La Mariposa	888,5
Altos de Pipe	1064,6	La Peñita	1300,7
Baruta	825,0	Llano de Cura	890,0
Buena Vista	1175,5	Los Caracas	994,7
Caracas-Catia	759,8	Los Teques	1045,8
Caracas-Cajigal	818,9	Macarao	779,7
Caracas-Petare	1096,6	Macuto	631,7
Charallave	934,5	Maiquetía	500,2
Colonia Mendoza	1115,9	Palo Gacho	1555,6
Colonia Tovar	1143,3	Rio Grande	1034,1
Colonia Tovar	1178,2	Sabaneta	897,2
Cúa Tovar	1016,5	Sn. Diego d'Altos	1299,9
El Arado	1178,9	Sta. Epifanía	1003,5
El Carite	923,5	Sta. Lucía	1029,5
El Jarillo	1176,9	Sta. Teresa del T	1152,1
El Roble	1098,8	Sitio Oropeza	1025,3
El Vigía	1111,0	Tacamahaca	1167,6

3) y así, poder visualizar bien la distribución de lluvia anual en El Laurel.

4.- Trazado de Isotermas:

Los valores de la temperatura media anual de las diferentes estaciones para el período considerado (1956 - 1972), se muestran en el Cuadro N° 8 anexo a continuación.

Al igual que las isoyetas, las isotermas se trazaron originalmente en un mapa a escala 1 : 100.000 cuyos resultados se extrapolaron al mapa que se muestra en el Anexo 3.

5.- Estimación del Escurrimiento Superficial:

5.1 Método del Balance Hídrico: Con las estaciones de registro completo de evaporación y precipitación, se obtuvieron las respectivas medias mensuales para el período de estudio (1956 - 1972), elaborándose un balance hídrico* para cada estación (Cuadro N° 9 que se muestra en el Anexo 4).

Como ya se dijo, en este estudio se considera que el escurrimiento superficial es: $\bar{Q} = \bar{P} - \overline{ETR}$; es decir, que los excesos que se obtuvieron en el balance, representan los escurrimientos de cada estación, los cuales fueron ploteados en el mapa (escala 1:100.000) y trazadas las isolneas de escurrimiento.

*El Coeficiente Evaporimétrico utilizado en los balances, se obtuvo a partir de la fórmula desarrollada para Venezuela por el Ing. A.J. Gabaldón según la referencia 12:

$$C_e = \frac{4,64 - \log \text{Evap. en tina (anual)}}{1,74}$$

C U A D R O N° 8

TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS

(Período 1956 - 1972)

<u>ESTACION</u>	<u>T̄ (°C)</u>
Agua Fria	15,4
Altos de Pipe	16,0
Caracas-Petare	20,5
El Carite	20,0
Guatire	24,2
La Mariposa	20,6
Macarao	21,8
Sta. Teresa del Tuy	26,6

Luego, se obtuvo la media anual de los escurrimientos medidos para el período en estudio, que se muestran en el Cuadro N° 10, se plotearon en el mapa y se ajustaron las isolineas de escurrimiento trazadas con los escurrimientos medidos. Estos valores fueron extrapolados a un mapa de escala menor que se muestra en el Anexo 3; en el cual se observa que el escurrimiento anual para el período considerado a la salida de la cuenca, es aproximadamente 100 mm.

Entonces:

$$\text{Esc} = 100 \text{ mm}$$

$$\bar{V} = 354.400 \text{ m}^3$$

$$\bar{Q} = 11,2 \text{ lts/seg}$$

C U A D R O N° 10

ESCURRIMIENTOS (MEDIDOS) MEDIOS ANUALES

(Período 1956 - 1972)

RIO	ESTACION	AREA (Km ²)	Qmed (m ³ /s)	Escurr. (mm)
Ocumarito	El Desecho	122,7	2,14	550
Guare	Rio Arriba	92,0	1,41	483
Alto Tuy	Colonia Tovar	1,7	0,05	927
Agua Fria	Agua Fria	26,0	0,07	84,9
Agua Fria	La Culebra	19,0	0,25	415
Tuy	Hda. Barrios	210,0	0,80	120
Turmero	Turmero	192,0	0,72	118
Tuy	El Vigía	3620	17,14	149
Tuy	Hda. Tazon	1180	5,25	140

5.2 Modelo Majtenyi:

5.2.1 Comprobación de la Aplicabilidad del Modelo en el Nucleo: Considerando que los escurrimientos en la zona protectora de Caracas,¹³ tienen características similares, es razonable pensar que los valores de \bar{K} y \bar{D} obtenidos por el MOP en la "Estimación de los Escurrimientos en los alrededores de la Ciudad de Caracas"¹⁰, se ajustarán a las quebradas de la Estación El Laurel. Sin embargo, con los datos de escurrimiento medidos en la quebrada Tucusiapón, se realizará una comprobación de la aplicabilidad del método:

Datos:

Area de la hoya (hasta el vertedero) = 577.593,75 m²

Precipitación Media Anual* (1971-1973) = 1080,1 mm

Temperatura Media Anual (1971-1973) = 19,4 °C

$\bar{K} = 3,36$ y $\bar{D} = 1,33$

Sabiendo que $\bar{Q}(1971-1973) = 0,18 \times 10^6$ m³/año

Aplicación del Método:

$$a) L_{(n)} = 300 + 25 \bar{T}_{(n)} + 0,05 \bar{T}_{(n)}^3$$

$$= 300 + 25 \times 19,4 + 0,05 \times (19,4)^3 = 1150,07$$

$$b) R_{(n)} = P_{(n)} / L_{(n)} = 1080,1/1150,07 = 0,94$$

c) Sustituyendo en la ecuación general del modelo:

*Debido a que la hoya es pequeña y en la región en estudio, se ha comprobado la presencia de un microclima, se considerará la lluvia promedio de la hoya igual a la precipitación media de la estación climatológica.

$$Q_n = P_n \left[1 - \frac{1}{\sqrt{R_n^2 + K (D - R_n)}} \right]$$

Sustituyendo:

$$Q_n = 1080,1 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{0,94^2 + 3,36 (1,33 - 0,94)}} \right]$$

Luego:

$$\underline{Q_n = 0,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}}$$

El escurrimiento estimado, está dando con un error del 11% con respecto al escurrimiento medido para los tres años; es decir, que el modelo se ajusta en un 89%, lo que implica que de manera preliminar, se puede aplicar este método en la región.

5.2.2 Aplicación del Método:

a) Cálculo del Escurrimiento Promedio para el Período - 1968 - 1980 en el Vertedero:

Datos: $\bar{P} = 1282,4 \text{ mm}$

$\bar{T} = 19,3 \text{ }^\circ\text{C}$

$\bar{K} = 3,36 \text{ y } \bar{D} = 1,33$

Aplicando las ecuaciones que utiliza el modelo se obtiene:

$L(1968 - 1980) = 1141,95$

$R(1968 - 1980) = 1,12$

$Q(1968 - 1980) = 366 \text{ mm}$

$$\bar{Q}_{\text{Tucusiapón}} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{seg} = 6,7 \text{ lps}$$

b) Cálculo del Escurrimiento Promedio a la Salida de la Cuenca para el Período Considerado (1968 - 1980):

Para ello, es necesario hacer las siguientes consideraciones:

1) La relación de caudales medios aforados de la Quebrada Tucusiapón con respecto a la Quebrada Bermúdez, es aproximadamente igual a la relación de caudales medios del período considerado.

2) Los aportes debidos a los afluentes de las quebradas aguas abajo de los puntos de medición (ver Anexo 1), se considerarán despreciables en este estudio; por lo cual, el caudal total a la salida de la cuenca se supondrá igual a la suma de los caudales aforados en los puntos de medición de las quebradas Tucusiapón y Bermúdez.

3) Según los aforos realizados en ambas quebradas para períodos semejantes que se mostraron en los Cuadros N^{os} 1 y 2, la relación $\bar{Q}_{\text{Tucusiapón}} / \bar{Q}_{\text{Bermúdez}}$ es aproximadamente igual a 2; es decir, que $\bar{Q}_{\text{Bermúdez}} = 0,5 \bar{Q}_{\text{Tucusiapón}}$

Ahora bien, partiendo de las suposiciones realizadas y del escurrimiento medio para Tucusiapón hasta el vertedero

obtenido en la parte 'a', obtendremos:

$$\bar{Q}(\text{total a la salida de la cuenca}) = 1,5 \bar{Q}_{\text{Tucusiapón}}$$

$$\bar{Q}_t = 1,5 \times 6,7 \text{ lps} = 10,1 \text{ lps}$$

$$\text{Esc}(1968-1980) = 90 \text{ mm}$$

$$V = 318.514 \text{ m}^3$$

5.3 Método del Coeficiente de Escorrentía;

Como se definió anteriormente, el coeficiente de escorrentía es la relación entre la lámina escurrida y la lámina precipitada. De tal manera, que para un período largo es factible hallarlo de la siguiente manera:

$$C_e = \bar{Q}_n / \bar{P}_n$$

donde: \bar{Q}_n : escurrimiento promedio de n años (mm)

\bar{P}_n : precipitación promedio de n años (mm)

Ahora bien, en nuestro caso se cuenta con escurrimientos promedios de los años 1971 a 1973 de la quebrada Tucusiapón* y la precipitación correspondiente; de tal manera que:

$$\bar{Q}(1971-1973) = \frac{0,18 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{0,58 \times 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} \times 10^3 \frac{\text{mm}}{\text{d}} = 310,3 \text{ mm}$$

* Ya que los otros dos años de registro presentan muchas lagunas; además, el período 1971-1973 comprende un año lluvioso y un año seco, como se puede observar en el Cuadro N° 12.

$$\bar{P}(1971-1973) = 1080,1 \text{ mm}$$

luego:

$$C_e = 0,29 \text{ mm}$$

Para obtener el escurrimiento medio para el período 69-80 a la salida de la cuenca por este método, partiremos de las siguientes suposiciones:

1) El coeficiente de escurrimiento medio para la quebrada Tucusiapón hasta el vertedero, es aproximadamente igual al coeficiente hallado para el período 1971-1973.

2) La precipitación media y la distribución de vegetación y suelos en toda la cuenca, son similares a las correspondientes al área de drenaje de Tucusiapón hasta el vertedero; de tal manera, que el coeficiente de escurrimiento sea el mismo para toda la cuenca.

En base a las suposiciones realizadas, al coeficiente de escurrimiento hallado y a la relación $\bar{Q}_{\text{total}} = 1,5 \bar{Q}_{\text{Tucusiapón}}$, se obtendrá el escurrimiento promedio para el período 68 - 80 a la salida de la cuenca:

$$C_e = \frac{\bar{Q}_{\text{Tucusiapón}}(68-80)}{\bar{P}_{\text{Tucusiapón}}(68-80)}; \text{ despejando } \bar{Q}_{\text{Tucusiapón}}$$

y sustituyendo:

$$\bar{Q}_{\text{Tucusiapón}}(68-80) = 0,29 \times 1282,4 \text{ mm} = 372 \text{ mm}$$

$$\text{Como: } A_{\text{Tuc.}} = 0,58 \times 10^6 \text{ m}^2 \implies \bar{Q}_{\text{Tuc.}} = 6,84 \text{ lts/seg}$$

de donde:

$$\bar{Q}_{\text{total}} = 1,5 \times 6,84 \text{ lts/seg} = 10,26 \text{ lts/seg}$$

$$\bar{V}_{\text{total}} = 323.640 \text{ m}^3$$

$$\overline{\text{Esc.}}_{\text{total}} = 91 \text{ mm}$$

6.- Integración de Resultados:

CUADRO N° 11

RESUMEN DE ESCURRIMIENTOS OBTENIDOS A LA SALIDA DE LA CUENCA

Método	Período	$\overline{\text{Esc.}}(\text{mm})$	$\bar{V}(\text{m}^3)$	$\bar{Q}(\text{lts/seg})$
Balance Hídrico	56-72	100	354.400	11,2
Majtenyi	68-80	90	318.514	10,1
Coefficiente de escorrentía	68-80	91	326.640	10,2

Según se observa en el Cuadro N° 11, el escurrimiento medio anual a la salida de la cuenca dá aproximadamente igual - por los tres métodos empleados en este estudio, a pesar de ha-

ber utilizado períodos diferentes; tal vez porque los dos períodos son mayores de 10 años, resultando una media aceptable.

7.- Distribución del Caudal en el Tiempo. Estudio de Variabilidad de las Quebradas:

Según los caudales medios mensuales registrados en el vertedero de la Quebrada Tucusiapón para el período 1971 - 1973, y los porcentajes mensuales del total de escurrimiento en el año, que se muestran en el Cuadro N° 12 anexo, se puede determinar de manera preliminar el escurrimiento medio mensual a la salida de la cuenca, suponiendo que la variación mensual de escurrimiento en la misma, es aproximadamente igual a la variación mensual mostrada en el Cuadro 12. En base a tal suposición, se obtuvieron los resultados mostrados en el Cuadro N° 13.

8.- Análisis e Interpretación de los Resultados:

- Según se muestra en el Cuadro N° 11, el volumen superficial medio anual producido por la cuenca, varía entre 318.514 y 354.400 m³; es decir, es siempre mayor que la demanda neta presente y futura.

- Motivado a la información recopilada, se realizó el análisis para diferentes períodos; sin embargo, los resul-

C U A D R O N° 12

CAUDALES MENSUALES DE LA QUEBRADA TUCUSIAPON (EN EL VERTEDERO)*

(Período 1971 - 1973)

año / mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1971	6,54	4,77	3,42	2,85	3,02	4,12	13,61	19,10	10,17	8,40	4,15	3,85	
1972	5,10	3,55	6,49	2,99	11,11	4,78	9,90	10,05	6,15	15,22	4,49	4,17	
1973	3,55	4,29	2,72	2,92	2,02	2,46	2,14	3,31	3,23	3,05	5,14	2,41	
\bar{Q} (lts/seg)	5,06	4,20	4,21	2,92	5,38	3,79	8,55	10,82	6,52	8,89	4,59	3,48	
Esc. (mm)	23,46	17,59	19,52	13,10	24,95	17,01	39,65	50,17	29,26	41,21	20,60	16,14	312,7
% del total	7,49	5,62	6,21	4,19	7,97	5,44	12,68	16,00	9,36	13,18	6,58	5,28	100,0

C U A D R O N° 13

DISTRIBUCION MENSUAL DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL A LA SALIDA DE LA CUENCA

(Período 1968 - 1980)

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vol Esc (m ³)	23968	17.984	19872	13.408	25.504	17.408	40.576	51.200	29.952	42.176	21.056	16.896

* en lts/seg

tados obtenidos son muy parecidos para los dos períodos considerados (1956 - 1972) y (1968 - 1980), según se muestra en el Cuadro N° 11.

- En el Cuadro N° 12 se puede reflejar la alta variabilidad de la Quebrada Tucusiapón, lo cual es frecuente en quebradas de montaña.

- Así mismo, considerando el consumo medio mensual constante; es decir,

$$\text{Consumo mensual} = \text{Consumo anual} / 12 = 5.460 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

(considerando la demanda futura)

y comparándolo con la producción mensual de la cuenca mostrada en el Cuadro N° 13, se observa que la producción siempre es mayor que el consumo; por lo cual, podemos inferir que las quebradas no requieren regulación para satisfacer las demandas del Nucleo; aunque para afirmar esto, es necesario elaborar la curva de consumo de la población y tener un registro de caudales a lo sumo de 20 años para escoger el Q_{\min} del río, que debe ser superior al gasto del día de máximo consumo para el período de diseño fijado¹⁴.

C A P I T U L O V I I I

I N V E N T A R I O D E F U E N T E S S U B T E R R A N E A S

1.- Limitaciones Para el Estudio de las Aguas Subterráneas:

a) A través de observaciones de campo realizadas, podemos inferir que existen dos acuíferos en la zona en estudio. Uno constituido por rocas fracturadas no homogéneas que dificultan su estudio; y otro en las partes bajas de la cuenca constituido por aluviones, con el cual se trabajó.

b) Los perfiles estratigráficos de los pozos, si es que existieron, actualmente no se sabe donde están; por lo cual no se pudo conocer la profundidad de los pozos, ni la estratigrafía de los acuíferos. Tampoco se tienen antecedentes de estudios geológicos en el sector.

c) No existen pozos de observación en la zona, y en el de extracción ya instalado, no se pudieron realizar pruebas de bombeo; primero porque el único pozo que está funcionando y que según se ha dicho, ya tiene alrededor de 15 años haciéndolo con un filtrado inadecuado (como consecuencia, su recuperación es lenta y los abatimientos son cada vez mayores), motivo por el cual, los resultados de la prueba no serían confiables; y segundo porque al hacerlo, se interrumpiría el servicio de abastecimiento que presta.

2.- Recopilación de Datos:

Los datos utilizados son fundamentalmente, los registros de caudales de la quebrada Tucusiapón, hasta el vertedero. Cabe señalar, que evaluadas las bandas del fluviógrafo de la estación hidrométrica de la quebrada (trabajo realizado a instancias del M.A.R.N.R. por la empresa P.D.C. Ingenieros), verificando las condiciones de instalación del vertedero y a través de los aforos realizados en dicha quebrada, que se mostraron en el Cuadro N° 1, se obtuvo la constante del vertedero a partir de la fórmula deducida por Barnes¹⁵ para vertederos triangulares de 90°:

$$Q = C \times H^{2,48}$$

donde:

Q = Caudal en pie³/seg

C = Constante característica de cada estructura

H = Altura o nivel en pie

La constante "C" resultó ser:

$$\underline{C = 3,46}$$

a partir de lo cual se procedió a transformar los niveles en caudales, obteniéndose los caudales medios mensuales mostrados en el Cuadro N° 12.

Dado que solo se cuenta con tres años de registro completo (1971-1973) y parte del año 1970, la aplicación del método se realizará con estos valores; a sabiendas de que para obtener

buenos resultados, se requerirá por lo menos de 10 años de registro consecutivo de caudales.

Sin embargo, se aplicó el método con los datos recopilados obteniéndose un resultado que tiene carácter "preliminar"; en base al cual, se darán las recomendaciones pertinentes según el caso.

3.- Aplicación del Método:

- a) Se graficaron los hidrogramas anuales según los datos obtenidos (ver Figura 10).
- b) Se trazaron las curvas de recesión para cada año
- c) Se determinaron los valores de:

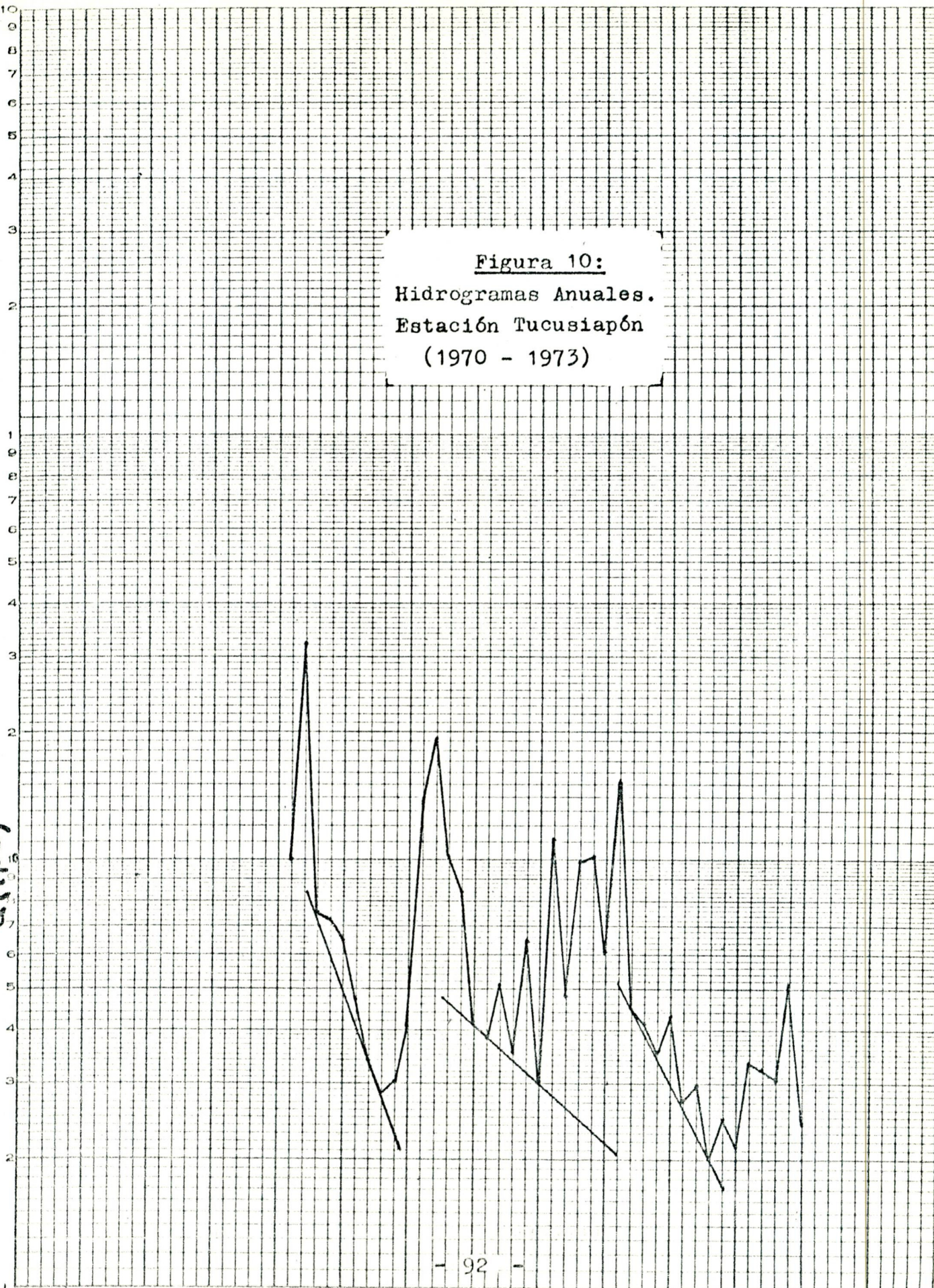
Q_0 = Caudal al Inicio de la Recesión

t_0 = Tiempo al cual, Q_0 se reduce a la mitad
(en meses)

t_d = Tiempo de la Recesión (meses)

Figura 10:
Hidrogramas Anuales.
Estación Tucusiapón
(1970 - 1973)

Q(ips)



4.- Se calculó el volumen de agua subterránea suplido:
 V_s = volumen total almacenado expresado en millones de m^3 pa
 ra cada año a través de la fórmula:

$$V_{s(i-1)} = 3,75 t_{o(i-1)} Q_{o(i-1)} \quad *$$

5.- Se calculó:

$$V_{t(i-1)} = V_{s(i-1)} \left[1 - \frac{1}{10^{0,303 t_d/t_o}} \right]$$

6.- $V_{r(i-1)} = V_{s(i-1)} - V_{t(i-1)}$

7.- Se calculó la recarga interanual para el año "i" de la siguiente manera:

$$R = V_{s(i)} - V_{r(i-1)}$$

Los resultados de este proceso para cada año, fueron tabulados en el Cuadro N° 14.

C U A D R O N° 14

RECARGA SUBTERRANEA INTER ANUAL EN LA CUENCA DE
LA QDA. TUCUSIAPON (HASTA VERTEDERO)

AÑO	(lps) Q _{med.}	(m ³ /s) Q _o 10 ⁻³	t _o (mes)	t _d (mes)	V _s (m ³)	V _t (m ³)	R (m ³)
1970	-	7,6	3,4	5,0	96.900	62.016	134.241
1971	7,0	4,1	11,0	5,0	169.125	45.664	39.086
1972	7,0	4,5	5,0	6,0	84.375	-	

* Ya que t_o es siempre cero

Ahora bien, para extrapolar los resultados mostrados en el cuadro anterior a toda la cuenca, partiremos de la siguiente suposición:

1) Las demás corrientes superficiales dentro de la cuenca de El Laurel, se encuentran sustentadas por el mismo acuífero (quizás sea lo mas probable por lo pequeño de la cuenca, y porque las dos quebradas nacen dentro de ella).

Con lo cual, considerando la menor recarga hallada, (como margen de seguridad): $R = 39.086 \text{ m}^3$ correspondiente a un área de drenaje de $0,58 \text{ Km}^2$; se obtendrá la recarga anual a la salida de la cuenca; es decir, para un área de $3,5 \text{ Km}^2$:

$$R_{\text{total}} = \frac{39.086 \times 3,5}{0,58} \text{ m}^3 = 235.864 \text{ m}^3 =$$

$$\underline{R_{\text{total}} = 0,24 \times 10^6 \text{ m}^3}$$

4.- Interpretación de los Resultados:

Considerando que se escogió la recarga de un año relativamente seco y sin embargo la recarga anual dió 27,8% mayor que la demanda neta futura; se puede decir que también subterráneamente se pueden abastecer todas las demandas del núcleo sin agotar el acuífero.

C A P I T U L O IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Conclusiones:

- En cuanto al agua superficial, se comprobó preliminarmente, que la producción anual de las quebradas es mayor que las demandas netas presentes y futuras de la Estación; motivo por el cual, se puede concluir que las fuentes superficiales son capaces de satisfacer las demandas del Nucleo.

- Según la distribución en el tiempo de las fuentes superficiales, se puede inferir que las mismas no requieren regulación para satisfacer las demandas del Nucleo. Sin embargo, para afirmar esto con mayor exactitud, es necesario realizar un estudio un poco mas profundo.

- Por otro lado, se puede afirmar que en el Nucleo hay disponibilidades de agua subterránea como para satisfacer tanto las demandas presentes, como las futuras, solamente aprovechando los volúmenes de recarga anual; es decir, sin agotar los acuíferos.

- Por lo expuesto anteriormente, se puede concluir que las fallas en el Sistema de Distribución de Aguas Blancas en la Estación Experimental Dr. Jaime Henao Jaramillo, se debe única

y exclusivamente a la mala planificación. Principalmente por:

- 1) Improvisación en el diseño e instalación de la infraestructura
- 2) Falta de mantenimiento de los materiales y equipos
- 3) Disposición indebida de las aguas servidas
- 4) Falta de tratamiento de las aguas blancas
- 5) Deforestación sin tomar en cuenta medidas preventivas para el arrastre de sedimentos

2.- Recomendaciones:

2.1 A Corto Plazo:

- Se recomienda que mientras no se instale una nueva red de distribución, se le haga un mantenimiento continuo a los Australianos 1 y 2 que son los que actualmente funcionan para suplir las demandas de consumo; y que se les coloque una malla protectora (es decir, tela metálica fina o de plástico).

- Se debe hacer un mantenimiento mas continuo a las bombas de los Sistemas 1 y 2 de manera de evitar las frecuentes interrupciones en el servicio.

- Se recomienda la inmediata construcción de un relleno sanitario para disponer de la basura, limpieza de los taludes donde se disponen actualmente los desechos sólidos y orientación a los pobladores de los caseríos vecinos para que esto no siga ocurriendo.

- La inmediata construcción de un pozo séptico bien diseñado, con sumidero, respiradero y lecho filtrante, para disponer debidamente de las aguas servidas de La Peñita y Las Fila-

las.

- También es importante para proyectos futuros en el Nucleo, el buen funcionamiento de la estación hidrométrica de la Quebrada Tucusiapón; para lo cual, se recomienda reanudar el convenio que existía entre la Facultad de Agronomía y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables, a fin de colocarle un observador que se encargue de cambiar las bandas del fluviógrafo y del mantenimiento de la misma.

2.2 A Mediano Plazo:

- Pavimentación de las vías, canalizaciones laterales (cunetas) y/o colocación de bateas y alcantarillados.

- Así mismo, en vista de la instalación futura de la sede del IDEC en el Nucleo, se recomienda iniciar un convenio entre las Facultades de Agronomía, Arquitectura e Ingeniería de la U.C.V. para elaborar proyectos alternos y estudios presupuestarios, tendientes a solucionar los problemas que actualmente presenta el Nucleo Experimental Dr. Jaime Henao Jaramillo, en El Laurel.

2.3 A Largo Plazo:

- Se recomienda, hacer un estudio hidrológico mas de tallado, apoyado en mediciones adicionales en otros puntos de la cuenca y realizadas durante un período de tiempo mas largo.

- Se recomienda un estudio de la infraestructura existente o que existió y un rediseño de la red de distribución actual, basada en las verdaderas demandas de consumo.

- Considerando el costo actual de dragado y lo consolidado que se encuentran los sedimentos en el vaso de la represa, se recomienda no recuperarla, hasta tanto no se haga un estudio de factibilidad económica de proyectos de aducción alternos; a fin de determinar si vale la pena o no su recuperación.

- Es de suma importancia la preservación y mantenimiento de la Estación Climatológica El Laurel, ya que ella constituye la base para una infinidad de estudios en climatología, hidrología, agrología, edafología, etc. Por lo cual, se recomienda que dicha estación no cese la producción continua y precisa, que hasta ahora ha mantenido.

G L O S A R I O

A

ACUIFERO: Es un estrato contentivo de agua, o una formación que es capaz de transmitir agua en cantidades suficientes como para permitir su explotación. Pueden ser no confinados o libres y - confinados, según que exista o no una mesa de agua o superficie libre a presión atmosférica.

AGUA SUBTERRANEA: Es el agua debajo de las superficies del suelo en zonas saturadas, donde la presión hidrostática es igual o mayor que la presión atmosférica. La cuantificación de los volúmenes y de los caudales de agua subterránea en varias regiones, es una tarea dificultosa; ya que los mismos vienen determinados en alto grado por la geología de la región. El tipo y arreglo - de las rocas y los suelos, son factores importantes y los mismos son a menudo altamente variables en un reservorio de agua - subterránea. Una dificultad mas, es la imposibilidad, de medir directamente muchas características críticas geológicas e hidráulicas del reservorio.

ALMACENAMIENTO MAXIMO DEL SUELO: Es la cantidad de agua máxima que puede almacenar un suelo determinado. Depende de la textura de los diferentes suelos, de la vegetación, etc. En este trabajo se trató de utilizar los coeficientes máximos estimados para Venezuela por el Ing. Juan Burgos¹⁶, sin embargo, resultaron -

muy altos, por lo que muchos balances daban escurrimiento cero; por lo cual, se utilizó 100 mm para todas las estaciones con - que se trabajó en este estudio, ya que este valor es el mas recomendado cuando se desconoce el Almacenamiento Máximo del suelo¹⁷.

APORTACION SUPERFICIAL (R): Es la aportación artificial o natural de agua a una cuenca, proveniente de otra, realizada superficialmente en cualquier punto de ella, excepto a la salida de la misma.

B

BALANCE HIDRICO: Es un cálculo, que tiene por finalidad contabilizar los aportes y las pérdidas de agua para obtener los cambios de almacenamiento de una cuenca determinada.

C

CAMBIO DE ALMACENAMIENTO (W): Es la variación de la cantidad de agua existente en una cuenca, tanto artificial como subterránea_{mente}, en un período de tiempo determinado. Por lo general, se expresa en milímetros.

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA: Es la relación entre la lámina escurrida y la lluvia caída en una cuenca específica y durante un tiempo determinado (mínimo un año). Se expresa en tanto por ciento (%) de la lluvia que escurre.

COEFICIENTE EVAPORIMETRICO: Es la relación para un sitio determinado, entre la evaporación en lago o embalse y la evaporación en una tina evaporimétrica.

CURVA DE AGOTAMIENTO: Es la parte del hidrograma no influenciada por escorrentías de aguas superficiales e hipodérmicas, estando por tanto producida por alimentación subterránea. La curva de agotamiento es mas característica cuanto mayor es el período sin precipitación, y en casos en que no haya agotamiento total en estiaje, la curva de agotamiento es asintótica a un caudal mínimo denominado caudal base.¹⁸

E

ESCORRENTIA SUBTERRANEA (Qsub): Es el agua que escurre subterráneamente a la salida de la cuenca y que no es susceptible a aforarse por métodos convencionales. Al igual que la escorrentía superficial, ha podido seguir cursos superficiales, subterráneos o combinados en su recorrido, pero es subterránea a la salida de la cuenca.

ESCORRENTIA SUPERFICIAL (Qsup): Es el agua que escurre superficialmente a la salida de la cuenca y que es susceptible a aforarse. Dicha escorrentía, ha podido seguir cursos superficiales, subterráneos o ambos a través de su recorrido por la cuenca, pero es superficial a la salida de la misma.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP): Es la máxima rata de ascensión del vapor de agua a la atmósfera por efecto de la evaporación de las superficies libres de tierra, de agua y por transpiración de las plantas. Depende de varios factores, entre otros: la temperatura, la velocidad del viento, la posición geográfica del lugar, etc. Existen varios métodos para la determinación de la Evapotranspiración Potencial⁵, entre ellos, el método de Thornthwaite, el método de Blaney y Criddle, el método de Turc, etc. Sin embargo, según estudios realizados en nuestro país por el Ing. Agrónomo Francisco A. Pérez Rodríguez⁴, resulta recomendable para la estimación de la evapotranspiración potencial, el uso de la evaporación en tina corregida por un factor K, como lo mas conveniente y aproximado; lo cual, viene a ratificar las determinaciones efectuadas por diversos investigadores extranjeros, por Padilla-Mathison-López en Cagua y por sus mediciones en campos de la Facultad de Agronomía de la U.C.V. Los resultados obtenidos, tambien demuestran que esta metodología es de factible a aplicación a diversos pisos térmicos y posiblemente a cualquier zona del país y es la que utilizaremos en este estudio, a partir de los coeficientes evaporimétricos presentados por el Ing. Arnoldo José Gabaldón en las Primeras Jornadas Venezolanas de Riego¹².

EVAPOTRANSPIRACION REAL (ETR): Es el vapor de agua que realmente sube a la atmósfera por efecto de la evaporación de las superficies libres de tierra y de agua, y por transpiración de las plantas. Depende de la Evapotranspiración Potencial, de la Precipitación y del agua almacenada en el suelo.

EXTRACCION SUPERFICIAL (B): Es la extracción, artificial o natural de agua de una cuenca, realizada superficialmente en cualquier punto de ella excepto a la salida de la misma. Si el agua extraída va a otra cuenca, hay que considerar la cantidad total extraída como pérdida de la cuenca original; en cambio, si se utiliza para algún fin dentro de la misma, solo se pierde parte de ella. Por ejemplo, en un aprovechamiento para acueducto, será la diferencia entre la cantidad consumida por la población y la cantidad de aguas cloacales.

H

HIDROGRAMA¹⁸: Se llama Hidrograma, a la función $Q = f(t)$ siendo $Q =$ caudal y $t =$ tiempo. El Caudal Q en un punto, se subdivide en aguas superficiales y subterráneas.

P

PRECIPITACION: Es el agua que cae de la atmósfera como producto de la condensación del vapor de agua. Aunque puede manifestarse en diversidad de formas en países de clima templado, en Venezuela se presentan casi exclusivamente en forma de lluvia.

RECARGA: Es la parte de la precipitación que alimenta a los acuíferos, se obtiene a partir del análisis de la curva de recesión de los hidrogramas consecutivos, por diferencia de los volúmenes totales almacenados de dos años consecutivos.

T

TRANSMISION LATERAL (Qsc o Qec): Es el agua que escapa o penetra subterráneamente de una cuenca a otra por debajo de las divisorias.

B I B L I O G R A F I A

- 1 Fernández Urpí, Mario. "Evaluación de los Sistemas Para Tratar las Aguas Residuales del Beneficio del Café". Oficina del Café. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificación. San José Costa Rica. Mayo 1977 pp. 23

- 2 Rosales Aníbal. "Reconocimiento de Suelos en la Estación Experimental El Laurel". Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología Maracay 1967

- 3 "Diccionario Enciclopédico Salvat". Editorial Orinoco. Novena Edición. Tomo IX pp.845. Caracas 1960

- 4 Pérez Rodríguez, Francisco A. "Correlación Entre el Uso Consuntivo Medido, La Evaporación en Tina Tipo A y Algunas Fórmulas Usuales de Estimación Para una Zona Tropical de unos 1200 m.s.n.m." Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Ingeniería Agrícola. Maracay Octubre 1974. pp. 28

- 5 Guilarte, Ramón J. "Hidrología Básica". Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Departamento de Meteorología e Hidrología. Caracas Septiembre 1978. pp. 667

- 6 Henao Jaramillo, Jaime. "Apuntes sobre Investigación del Tratamiento de Aguas Residuales Generadas en el Proceso de Beneficio Húmedo del Fruto del Cafeto". Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Febrero 1982.

- 7 "Gaceta Oficial de la República de Venezuela". N° 752
Extraordinaria. Caracas 26-02-62
- 8 Benacchio S, Sergio. "Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción - en el Trópico Americano". Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Maracay 1982
- 9 Curiel, José. "Métodos Para la Determinación Preliminar del Balance Hídrico en una Región". Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Hidráulicas. División de Planeamiento. Caracas Julio 1965. pp. 11
- 10 M.O.P. "Estimación de Escurrimientos en los Alrededores de la Ciudad de Caracas". Ministerio de Obras Públicas. División de Hidrología. Diciembre 1.975
- 11 Pérez Hernández, David. "Investigación de la Ocurrencia de las Aguas Subterráneas de la Región Oriental de la Faja Petrolífera de Venezuela". Universidad Central de Venezuela. Caracas 1984.
- 12 Gabaldón, Arnoldo J. "Variación Mensual de los Coeficientes Evaporimétricos en Venezuela y su Relación con la Evaporación Anual". Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Obras Públicas. Enero 1963.
- 13 Oficina Municipal de Planeamiento Urbano. Concejo Municipal del Distrito Federal. "Zona Protectora del Area Metropolitana de Caracas". VI Convención Nacional de Peritos Forestales. Noviembre 1972.

- 14 Arocha, Simón. "Abatecimiento de Agua. Teoría y Diseño" Ediciones Vega S.R.L. Caracas 1980 pp. 284
- 15 King, Horace. et al. "Hidráulica". Editorial Trillas. México 1980. pp. 154
- 16 Burgos, Juan. "Elementos del Balance Hidrológico y los Tipos de Clima de Venezuela, Estimados por el Método de Thornthwaite". Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Agronomía Tropical. N° 1-4 Maracay - 1965.
- 17 Guevara Diaz, José Manuel. "Indicaciones Para Clasificar un Clima por el Sistema de Thornthwaite". Publicaciones de la Escuela de Geografía. Universidad Central de Venezuela. N° 8 Caracas 1973.
- 18 Heras, Rafael. "Métodos Prácticos Para Estudio Hidrológico Completo de una Cuenca". Dirección General de Obras Hidráulicas. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid 1970. pp. 480.

ANEXO 1:

Plano de la Estación con Límite Legal

Infraestructuras y Dependencias

ANEXO 2:

Programa de Areas del IDEC

ANEXO 2:

PROGRAMA DE AREAS: EDIFICIO SEDE IDEC

UNIDAD ORGANIZATIVA

I. OFICINAS	DESCRIPCION	AREA NETA TOTAL m2
01. Consejo Técnico y Comité de Proyectos	01.00 Sala reuniones	34.56
	01.01 Depósito	11.52
		<u>46.08 m2</u>
02. Dirección	02.00 Despacho Director	8.64
	02.01 Despacho Sub-Director	8.64
	02.02 Secretaria y Espera	<u>28.80</u>
		46.08 m2
03. Coordinación General	03.00 Despacho Coordinador	8.64
04. Servicios Administrativos	04.00 Despacho Administrador	8.64
	04.01 Caja	5.76
	04.02 Archivo	5.76
05. Servicios Secretariales	05.00 Recepción y Espera	51.84
	05.01 Secretaría	51.84
06. Servicios Generales	06.00 Depósito	17.28
	06.01 Reproducciones y Proceduría	17.28
07. Unidad de Ingeniería	07.00 Jefatura de la Unidad	69.12
	07.01 Asesoría	
	07.02 Grupo de Trabajo	
	07.03 Reuniones	<u>69.12 m2</u>

I. OFICINAS	DESCRIPCION	AREA META TOTAL m ²
08. Unidad de Proyectos	08.00 Jefatura de la Unidad	} 51.84 51.84 23.04 <hr/> 126.72 m ²
	08.01 Asesoría	
	08.02 Grupo de Trabajo	
	08.03 Reuniones	
	08.04 Grupo Asistentes	
	08.05 Archivo	
09. Unidad de Producción	09.00 Jefatura de la Unidad	} 69.12 <hr/> 69.12 m ²
	09.01 Asesoría	
	09.02 Grupo de Trabajo	
	09.03 Reuniones	
10. Unidad de Modelos y Prototipos	10.00 Jefatura de la Unidad	} 51.84 <hr/> 51.84 m ²
	10.01 Asesoría	
	10.02 Grupo de Trabajo	
	10.03 Reuniones	
11. Unidad de Requerimiento de los Usuarios	11.00 Jefatura de la Unidad	} 51.84 362.88 337.12 34.56 <hr/> 786.40 m ²
	11.01 Asesoría	
	11.02 Grupo de Trabajo	
	11.03 Reuniones	
	11.04 Laboratorio (+ mezzanina)	
	11.05 Expansión Laboratorio	
	11.06 Depósito	
12. Grupo de Investigación Industria de la Construcción en Venezuela	12.00 Coordinación	} 69.12 <hr/> 69.12 m ²
	12.01 Asesoría	
	12.02 Grupo de Trabajo	
	12.03 Reuniones	

I. OFICINAS	DESCRIPCION	AREA NETA TOTAL m ²
13. Unidad de Docencia e Información	13.00 Jefatura de la Unidad	155.52
	13.01 Grupo de Trabajo	
	13.02 Preparación Material Docente	
	13.03 Laboratorio y Fotografía	
	13.04 Diagramación y Montaje	
	13.05 Centro de Información (Biblioteca)	
	13.06 Depósito	
		155.52 m ²
14. Expansión de Oficinas		466.56
		466.56 m ²
II. LOCALES DE USO COMUN	DESCRIPCION	AREA NETA TOTAL m ²
15. Docencia	15.00 2 Aulas (Capacidad 42 c/u.)	103.68
	15.01 Aula-Seminario (Capacidad 30)	69.12
	15.02 Seminario (Capacidad 22)	34.56
16. Auditorio	16.00 Sala	282.24
	16.01 Depósito	282.24 m ²
17. Información		9.00
		9.00 m ²
18. Area de Exposiciones		213.64
		213.64 m ²

II. LOCALES DE USO COMUN	DESCRIPCION	AREA NETA TOTAL m2
19. Servicios	19.00 Depósito Mantenimiento	5.76
	19.01 Depósito	5.76
	19.02 Depósito Basura	11.52
	19.03 Lavamanos	10.80
	19.04 Sanitarios Damas y Caballeros 1 c/pi_	69.12
	so	
	19.05 Montacargas	17.28
19.06 Sala de Máquinas Montacargas	11.52	
		<u>131.76 m2</u>

20. Cafetería	20.00 Cocina	}	23.04
	20.01 Depósito		
	20.02 Cava		
	20.03 Sanitario	}	60.48
	20.04 Expansión (Techado)		
			<u>83.52 m2</u>

21. Circulación	21.00 Escalera	59.28
	21.01 Circulación Horizontal	467.81
		<u>527.09 m2</u>

22. Aleros		691.79
		<u>691.79 m2</u>

SUB-TOTAL: 4,200.00 m2

III. OBRAS EXTERIORES	DESCRIPCION	AREA NETA TOTAL m2	
01. Caseta Vigilante	01.00 Dormitorio	}	34.56
	01.01 Sanitario		
	01.02 Cuarto de Con- troles		
	01.03 Cuarto de Electri- cidad	17.28	
			<u>51.84 m2</u>

III. OBRAS EXTERIORES	DESCRIPCION	AREA META TOTAL m2
02. Aceras y Pasos Peatonales		<u>829.50</u> 829.50 m2
03. Estacionamiento	03.00 Estacionamiento Empleados 03.01 Estacionamiento Visitantes 03.02 Vialidad Interna 03.03 Vialidad	1,422.00 120.00 210.00 <u>990.00</u> 2,742.00 m2
04. Zonas Verdes	04.00 Jardines 04.01 Areas de reforestación de taludes.	1,610.50 4,560.00 <u>6,170.50</u> m2
	SUB-TOTAL:	9,793.84 m2
	TOTAL:	<u>13,993.84</u> m2

ANEXO 3:

Isoyetas, Isotermas e Isolneas de
Escorrentia (Período 1956 - 1972)

ANEXO 3:

Isoyetas, Isotermas e Isolineas de
Escorrentía (Período 1956 - 1972)

ANEXO 4:

CUADRO N° 9: Balances Hídricos de las

Diferentes Estaciones Seleccionadas

C U A D R O N° 9-A

BALANCE HIDRICO. ESTACION AGUA FRIA

(Período 1956 - 1972)

Almac. Máximo: 100 mm

MES	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	Total
\bar{P} (mm)	31,9	14,6	24,3	49,2	119,4	179,4	159,1	132,9	125,5	109,2	78,3	47,3	1071,1	
\bar{E} (mm)	75,0	85,7	104,3	85,8	86,0	75,8	76,0	82,9	82,1	78,9	66,3	65,8	964,6	
C_e	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
ETP (mm)	71,3	81,4	99,1	81,5	81,7	72,0	72,2	78,8	78,0	75,0	63,0	62,5	916,4	
ETR (mm)	71,3	60,0	24,3	49,2	81,7	72,0	72,2	78,8	78,0	75,0	63,0	62,5	788,0	
Almacena- miento (mm)	0	0	0	37,7	100	100	100	100	100	100	100	84,8		
Déficits (mm)	-	21,4	74,8	32,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	128,5
Excesos (mm)	-	-	-	-	-	45,1	86,9	54,1	47,5	34,2	15,3	-	-	283,1

C U A D R O N° 9-B

BALANCE HIDRICO. ESTACION ALTOS DE PIPE
(Período 1956 - 1972)

Almac. Máximo: 100 mm

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
\bar{P} (mm)	42,7	17,1	18,4	39,5	99,4	177,2	159,6	132,8	100,2	129,9	89,0	58,8	1064,6
\bar{E} (mm)	84,8	93,4	125,6	106,1	95,3	86,3	93,1	98,7	97,4	92,7	81,9	77,0	1132,5
C_e	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
ETP (mm)	76,3	84,1	113,0	95,5	85,8	77,7	83,8	88,8	87,7	83,4	73,7	69,3	1019,3
ETR (mm)	76,3	73,0	18,4	39,5	85,8	77,7	83,8	88,8	87,7	83,4	73,7	69,3	857,4
Almacena- miento (mm)	55,9	0	0	0	13,6	100	100	100	100	100	100	89,5	
Déficits (mm)	-	11,1	94,6	56,0	-	-	-	-	-	-	-	-	161,7
Excesos (mm)	-	-	-	-	-	13,1	75,8	44,0	12,5	46,5	15,3	-	207,2

C U A D R O N° 9-C

BALANCE HIDRICO. ESTACION CARACAS-PETARE

(Período 1956 - 1972)

Almac. Máximo : 100 mm

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
\bar{P} (mm)	30,7	13,4	18,9	42,6	116,6	176,5	153,1	141,6	140,8	121,2	93,1	48,1	1096,6
\bar{E} (mm)	115,0	127,4	158,5	139,6	124,1	112,7	117,2	124,3	119,3	116,7	105,9	108,6	1469,3
C_e	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
ETP (mm)	98,8	108,3	134,7	118,7	105,5	95,8	99,6	105,7	101,4	99,2	90,0	92,3	1248,9
ETR (mm)	86,5	13,4	18,9	42,6	105,5	95,8	99,6	105,7	101,4	99,2	90,0	92,3	950,9
Almac. (mm)	0	0	0	0	11,1	91,8	100	100	100	100	100	55,8	-
Déficits (mm)	11,3	94,9	115,8	76,1	-	-	-	-	-	-	-	-	298,1
Excesos (mm)	-	-	-	-	-	-	45,3	35,9	39,4	22,0	3,1	-	145,7

C U A D R O N° 9-D

BALANCE HIDRICO. ESTACION COLONIA MENDOZA

(Período 1956 - 1972)

Almac. Máximo: 100 mm

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
\bar{P} (mm)	39,8	17,6	12,7	30,3	122,5	211,7	199,6	150,5	115,8	85,5	67,3	62,6	1115,9
\bar{E} (mm)	117,7	135,6	178,5	173,4	158,4	136,1	133,2	137,2	137,4	131,1	116,6	113,5	1668,7
C_e	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
ETP (mm)	95,3	109,8	144,6	140,5	128,3	110,2	107,9	111,1	111,3	106,2	94,4	91,9	1351,6
ETR (mm)	62,7	17,6	12,7	30,3	122,5	110,2	107,9	111,1	111,3	106,2	94,4	91,9	978,8
Almacenam. (mm)	0	0	0	0	0	100	100	100	100	79,3	52,2	22,9	-
Déficits (mm)	32,6	92,2	119,6	110,2	5,8	-	-	-	-	-	-	-	360,4
Excesos (mm)	-	-	-	-	-	1,5	91,7	39,4	4,5	-	-	-	137,1

C U A D R O N° 9-F

BALANCE HIDRICO. ESTACION EL CARITE

(Período 1956 - 1972)

Almac. Máximo: 100 mm

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
\bar{P} (mm)	22,3	10,1	11,2	32,9	94,1	155,8	137,9	120,7	99,0	115,1	79,2	45,2	923,5
\bar{E} (mm)	95,4	107,0	142,1	126,0	119,8	104,8	104,3	115,0	115,3	108,3	88,9	87,4	1314,3
C_e	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
ETP (mm)	83,0	93,1	123,6	109,6	104,2	91,2	90,7	100,1	100,3	94,2	77,3	76,0	1143,4
ERT (mm)	83,0	18,6	11,2	32,9	94,1	91,2	90,7	100,1	100,3	94,2	77,3	76,0	869,6
Almac. (mm)	8,5	0	0	0	0	64,6	100	100	98,7	100	100	69,2	-
Déficits (mm)	-	74,5	112,4	76,7	10,1	-	-	-	-	-	-	-	273,7
Excesos (mm)	-	-	-	-	-	-	11,8	20,6	-	19,6	1,9	-	53,9

C U A D R O N° 9-G

BALANCE HIDRICO. ESTACION GUATIRE

(Período 1956 - 1972)

Almac. Máximo: 100 mm

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
\bar{P} (mm)	38,4	10,6	9,1	23,7	71,9	203,8	181,1	121,2	85,0	66,9	82,3	62,9	956,9
\bar{E} (mm)	135,6	160,0	196,8	189,6	161,4	133,6	137,9	154,0	151,7	150,3	127,1	123,6	1821,7
C_e	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
ETP (mm)	107,1	126,4	155,5	149,8	127,5	105,5	108,9	121,7	119,8	118,7	100,4	97,6	1439,1
ETR (mm)	38,4	10,6	9,1	23,7	71,9	105,5	108,9	121,7	119,8	118,7	95,2	62,9	886,4
Almac. (mm)	0	0	0	0	0	98,3	100	99,5	64,7	12,9	0	0	-
Déficits (mm)	68,7	115,8	146,4	126,1	55,6	-	-	-	-	-	-	-	512,6
Excesos (mm)	-	-	-	-	-	-	70,5	-	-	-	-	-	70,5

BALANCE HIDRICO. ESTACION SANTA TERESA DEL TUY
(Período 1956 - 1972)

Almac. Máximo: 100 mm

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
\bar{P} (mm)	57,4	16,5	12,2	24,2	92,0	228,8	231,8	160,1	90,9	95,8	63,8	78,6	1152,1
\bar{E} (mm)	146,0	168,1	222,2	214,6	183,9	143,0	140,6	147,9	150,7	156,6	135,1	134,8	1943,5
C_e	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
ETP (mm)	113,9	131,1	173,3	167,4	143,4	111,5	109,7	115,4	117,5	122,1	105,4	105,1	1515,9
ETR (mm)	57,4	16,5	12,2	24,2	92,0	111,5	109,7	115,4	117,5	122,1	105,4	84,1	968,0
Almac. (mm)	0	0	0	0	0	100	100	100	73,4	47,1	5,5	0	-
Déficits (mm)	56,5	114,6	161,1	143,2	51,4	-	-	-	-	-	-	21,0	547,8
Excesos (mm)	-	-	-	-	-	17,3	122,1	44,7	-	-	-	-	184,1

NOTA: Los balances Hídricos de las estaciones "La Mariposa" y "Macarao" no se incluyen por cuanto dan excesos "cero"; es decir, no tienen escurrimiento superficial.

