

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"ESTUDIO Y DIAGNOSTICO DE LA CUENCA DE DR. ARROYO,
EN EL DISTRITO DE DESARROLLO RURAL
NUMERO IV, GALEANA, N.L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
PRESENTAN

FEDERICO PIMENTEL GARCIA
Y
RICARDO VAZQUEZ ESPARZA

040.551

FAZ

1992

C.5

T
GB568
.16
P5
c.1



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"ESTUDIO Y DIAGNOSTICO DE LA CUENCA DE DR. ARROYO,
EN EL DISTRITO DE DESARROLLO RURAL
NUMERO IV, GALEANA, N.L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
PRESENTAN

FEDERICO PIMENTEL GARCIA
Y
RICARDO VAZQUEZ ESPARZA

01104.6

T
GB 568
.16
P5



Control
de Calidad
F. tesis

BURJIL RANGEL FERRER
UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

Control

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

" TESIS "

"ESTUDIO Y DIAGNOSTICO DE LA CUENCA DE DR. ARROYO,
EN EL DISTRITO DE DESARROLLO RURAL
NUMERO IV, GALEANA, N.L."

ELABORADA POR:

FEDERICO PIMENTEL GARCIA
Y
RICARDO VAZQUEZ ESPARZA

ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

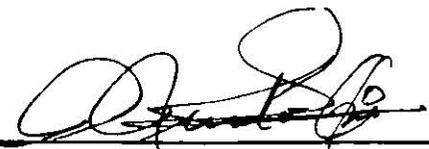
INGENIERO AGRICOLA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS



DR. JUAN FRANCISCO PISSANI ZUÑIGA
ASESOR PRINCIPAL

ING. ROBERTO CARRANZA DE LA ROSA
ASESOR AUXILIAR



ING. PEDRO RICARDO ORIA R.
ASESOR AUXILIAR

R E S U M E N

En forma general la cuenca de Dr. Arroyo se localiza entre las coordenadas $23^{\circ}30'$ al $23^{\circ}47'$ de latitud Norte y entre los meridianos $100^{\circ}04'$ al $100^{\circ}18'$ de longitud Oeste, con una superficie de 412.20 Km^2 , existiendo dentro de la cuenca, un nivel económico de el 24.95% de la población que es económicamente activa, habiendo una tendencia hacia el sector primario y el terciario con porcentajes del 38.57% y 38.48% respectivamente.

Así mismo los servicios públicos en la cuenca estudiada, son considerados como deficientes excepto el servicio de energía eléctrica, y considerandose en forma general que el abastecimiento de agua para consumo humano y animal la constituyen los aljibes y bordos.

En lo que respecta al clima de la cuenca de Dr. Arroyo corresponde al grupo de clima "B" (clima seco) con dos tipos: Semiseco templado (BS₁) y Seco (BS₀), los cuales respectivamente presentan los subtipos Semiseco Templado y seco semicálido.

De la misma manera se obtuvo que la precipitación media en la cuenca de Dr. Arroyo es de 474.45 mm la cual tiene una probabilidad del 52.65% y se presenta con un período de retorno de 1.9 años.

Así pues la cuenca de Dr. Arroyo se localiza dentro de la Provincia Geológica (VI), denominada Noreste de México, en

la Subprovincia Geológica (VIId) llamada Sierra Madre Oriental (S. M. O.), cuya mayor parte de las rocas que conforman la subprovincia Sierra Madre Oriental son de la edad Mesozoica, la constituyen los conglomerados, caliza-lutita al Norte y caliza,

-En los escurrimientos superficiales la calidad del agua es considerada como agua de salinidad media y de baja sodicidad (S₁), presentando avenidas de agua dentro de la cuenca en forma torrencial, es decir abundantes y rápidos, debido a las características morfométricas que presenta la red de drenaje

Así mismo la cuenca de Dr. Arroyo se localiza en la Provincia Fisiográfica "Sierra Madre Oriental" y en la Subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales, encontrándose suelos en un porcentaje del 50%, considerados como aptos para la agricultura,

En el uso potencial del suelo tenemos que la mayor parte de los suelos son de clase IV y VIII, cuyo factor limitante en el de clase IV es el agua, y en el clase VIII entre las limitantes que se pueden mencionar tenemos la poca profundidad, la pedregosidad la erosión y la falta de agua.

INDICE GENERAL

	Pág.
PROLOGO	I
INDICE GENERAL	II
INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	X
I.- INTRODUCCION.	1
1.1. Objetivos	3
II.- LOCALIZACION FISICA DEL AREA DE ESTUDIO.	
2.0.0. Situación geográfica.	4
2.1.0. Situación política.	4
2.2.0. Vías de comunicación.	6
III.-ASPECTOS SOCIOECONOMICOS.	
3.0.0. Demografía	8
3.0.1. Población.	10
3.0.2. Nivel económico.	10
3.1.0. Tenencia de la tierra	14
3.2.0. Servicios públicos	16

IV.- CLIMATOLOGIA.

4.0.0. Clasificación del clima	20
4.1.0. Climográfica de Gaussen	22
4.2.0. Precipitación	26
4.2.1. Intensidad de la lluvia	27
4.2.2. Duración y frecuencia de la lluvia	29
4.2.3. Distribución sobre la Cuenca	31
4.2.4. Probabilidad de lluvia	32
4.2.5. Precipitación media anual	34

V.- GEOLOGIA.

5.0.0. Localización y características generales de:	
Provincia-Subprovincia	37
5.1.0. Tectónica	39
5.2.0. Estratigrafía	42
5.3.0. Formaciones geológicas	45
5.3.1. Período Jurásico Superior	45
5.3.1.1. Formación Olvido	45
5.3.1.2. Formación La Casita	45
5.3.2. Período Cretácico	45
5.3.2.1. Formación Taraises	45
5.3.2.2. Formación Tamaulipas y Tamaulipas Inferior.	46
5.3.2.3. Formación Cuesta del Cura	46

5.3.2.4. Formación El Abra.	46
5.3.2.5. Formación Agua Nueva.	47
5.3.2.6. Formación San Felipe.	47
5.3.2.7. Formación Méndez	47
5.3.3. Período Terciario Superior	48
5.3.4. Período Cuaternario	48
5.3.4.1. Sedimentos Piedemonte (Qp) .	48
5.3.4.2. Sedimentos Transicionales (Qt)	49
5.3.4.3. Sedimentos Fluviales (Qf) .	49
5.3.4.4. Sedimentos Aluviales (Qb) .	49

VI.- HIDROGEOLOGIA.

6.0.0. Localización y distribución de los acuíferos	50
6.1.0. Características de los acuíferos.	51
6.2.0. Disponibilidad y calidad del agua	54
6.3.0. Areas de recarga y áreas de veda.	56

VII.- HIDROLOGIA.

7.0.0. Aguas superficiales	57
7.1.0. Localización y delimitación de:	60
7.1.1. Región Hidrológica.	60
7.1.2. Cuenca.	60
7.1.3. Subcuenca.	61

7.1.4. Cuenca Pequeña	61
7.2.0. Factores asociados con la Cuenca.	62
7.2.1. Area de la Cuenca	62
7.2.2. Forma de la Cuenca.	62
7.2.3. Pendiente de la Cuenca	63
7.2.4. Elevación de la Cuenca	73
7.2.5. Indices	77
7.2.5.0. Coeficiente de compacidad (K).	77
7.2.5.1. Relación de circularidad (RC).	78
7.2.5.2. Proporción de elongación (PE).	79
7.3.0. Caracterización morfométrica de la red de drenaje	80
7.3.1. Clases de corrientes	80
7.3.2. Orden de las corrientes	81
7.3.3. Longitud de tributarios	81
7.3.4. Densidad de corrientes.	82
7.3.5. Densidad de drenaje	83
7.3.6. Patrones de drenaje	84
7.3.7. Pendiente del cauce principal y su perfil longitudinal	85
7.4.0. Escurrimientos.	87
7.4.1. Escurrimiento medio anual	87
7.4.2. Escurrimiento máximo	91
7.4.3. Obras de entarquinamiento	97
7.4.4. Metodología para la realización de la obra derivadora.	98

VIII.- FISIOGRAFIA.

8.0.0. Localización y características generales:	
Provincia-Subprovincia-Sistema Terrestre . . .	.107
8.1.0. Clasificación y distribución de suelos. . .	.113
8.1.1. Características físicas y químicas de	
los suelos . . . . .	.120
8.2.0. Uso actual del suelo y vegetación . . .	.125
8.3.0. Uso potencial del suelo. . . . .	.132
8.4.0. Erosión del suelo. . . . .	.136

IX.- CONCLUSIONES.138
----------------------------	------

X.- RECOMENDACIONES146
-------------------------------	------

XI.- BIBLIOGRAFIA149
-----------------------------	------

XII.- ANEXO CARTOGRAFICO.	
---------------------------	--

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAG
2.1.- Centros de Apoyo dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo	6
3.1.- Población por localidad en la Cuenca de Dr. Arroyo	8
3.2.- Población económicamente productiva por localidad en la Cuenca de Dr. Arroyo.	13
3.3.- Relación de predios ejidales en la Cuenca de Dr. Arroyo.	15
3.4.- Relación de predios en conflicto dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo N.L.	16
3.5.- Poblaciones con servicios básicos públicos dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo.	19
4.1.- Categorías de las estaciones climatológicas en base al período de registro.	23
4.2.- Red de estaciones climatológicas de la Cuenca de Dr. Arroyo	26
4.3.- Intensidad máxima de la lluvia en 24 Hrs. estación de Dr. Arroyo	28
4.4.- Intensidad máxima de la lluvia en 24 Hrs.	

estación de Cerrito del Aire	29
4.5.- Probabilidad de lluvia, Cuenca Dr. Arroyo . . .	33
4.6.- Cálculo de precipitación media para la Cuenca de Dr. Arroyo por el método de las isoyetas	35
6.1.- Análisis químico del agua subterránea en los pozos dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo. . . .	55
7.1.- Análisis químico del agua superficial	59
7.2.- Pendientes y elevaciones en los puntos de intersección de la malla trazada para la Cuenca de Dr. Arroyo	65
7.3.- Análisis estadístico de pendientes	72
7.4.- Relación área elevación de la Cuenca de Dr. Arroyo, N.L..	77
7.5.- Cálculo del escurrimiento promedio ponderado para las 35 zonas de la Cuenca de Dr. Arroyo.	92
8.1.- Características del Sistema Terrestre de Dr. Arroyo.	110
8.2.- Unidades de suelos dentro del Sur de N.L. . .	111
8.3.- Unidades de suelos presentes en la Cuenca de Dr. Arroyo	112
8.4.- Unidades asociadas de suelos	119
8.5.- Características físicas y químicas de los	

perfiles representativos de las unidades de suelos en la Cuenca de Dr. Arroyo N.L. . . .	.124
8.6.- Características físico-químicas de los suelos de la Cuenca de Dr. Arroyo N.L. . . . .	.124
8.7.- Superficies sembradas y dotación de tierras a los ejidos en la Cuenca de Dr. Arroyo. . .	.126
8.8.- Clasificación de las clases de suelos existentes en la Cuenca de Dr. Arroyo . . .	.135

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAG
2.1.- Plano de localización de los Centros de Apoyo del Distrito de Desarrollo Rural No. IV Galeana, N.L.	5
4.1.- Climográfica de Gausson de la estación Dr. Arroyo, N.L.	24
4.2.- Climográfica de Gausson de la estación Cerrito del Aire, Dr. Arroyo N.L.	25
5.1.- Provincias Geológicas de México	38
5.2.- Tectónica de una parte del Noreste de México.	41
5.3.- Geología en el Sur del estado de N.L.	43
5.4.- Columna estratigráfica del área de Dr. Arroyo, N.L..	44
6.1.- Acuíferos del estado de N.L.	53
7.1.- Cuencas Hidrológicas	58
7.2.- Distribución de frecuencias de las pendientes analizadas, Cuenca Dr. Arroyo	71
7.3.- Distribución área elevación de la Cuenca de Dr. Arroyo.	75

7.4.- Patrones de drenaje en la Cuenca de Dr. Arroyo. . . . .	. 86
7.5.- Entarquinamiento de carácter temporal . . .	. 99
7.6.- Entarquinamiento de carácter permanente. .	.106
8.1.- Sistema Terrestre Dr. Arroyo (DA). . . .	.109
8.2.- Vegetación en el área de estudio . . . .	.128

I.-INTRODUCCION

El crecimiento demográfico en el país ha puesto de manifiesto un problema de gran importancia para la futura supervivencia de los seres humanos; tal problema es la necesidad de un correcto uso, manejo y conservación de dos recursos naturales básicos; el agua y el suelo.

En el caso de México es debido a que se cuenta con grandes superficie de zonas áridas y semiáridas, definidas principalmente por características climáticas debidas a la posición latitudinal en la cual se ubican dichas zonas.

Dentro del estado de Nuevo León particularmente en la zona sur, las condiciones imperantes de aridez y la falta de recursos hídricos suficientes, siempre han presentado un reto para las actividades agropecuarias, no obstante que se han hecho grandes esfuerzos para mejorar el nivel económico de los centros de población ejidal de la zona, así como de su infraestructura productiva.

De tal manera, que para determinar el uso más adecuado de los suelos y las aguas de cualquier entidad y poder planificar su óptima explotación y conservación, es necesario recurrir a una serie de estudios, como por ejemplo climatológicos, geológicos, edafológicos, hidrológicos, etc.

El presente estudio tiene como finalidad el análisis hidrológico de la zona Sur del municipio de Dr. Arroyo en Nuevo León, que aunadas a las características generales de

clima, suelo y vegetación, permitan hacer un análisis de las posibilidades de desarrollo agropecuario, forestal, minero y turístico en la Cuenca de Dr. Arroyo, y al mismo tiempo plantear recomendaciones para la localización de futuras obras y prácticas para lograr así su mejor uso, manejo y conservación del suelo y agua.

De la misma forma dentro del estudio integral de una cuenca, el análisis hidrológico constituye la investigación fundamental, y para ello se hace el estudio de la caracterización morfométrica en la cuenca hidrográfica que nos conduce al conocimiento de los valores del escurrimiento, permitiendo tener una idea del funcionamiento de la cuenca, es decir, la respuesta que dará a la acción de un factor incidente como la precipitación sobre la cuenca de Dr. Arroyo en el Sur del estado de Nuevo León.

1.1. OBJETIVOS :

a).- Estudio y diagnóstico de la cuenca de Dr. Arroyo en el Distrito de Desarrollo Rural No. IV Galeana, estado de Nuevo León; para el desarrollo de un manejo integral apropiado, tendiente a la conservación de los recursos agua-suelo.

b).- Presentar un expediente técnico que muestre los datos básicos encaminados a determinar las principales características que definen la cuenca de Dr. Arroyo, debido a la posición latitudinal en que se encuentra y así establecer las posibilidades de desarrollo agropecuario y forestal.

c).- Obtener un marco de referencia para la localización de las futuras obras que se pretendan instalar en los lugares donde se tengan problemas de fuerte impacto debido a las condiciones hidrológicas dentro de la cuenca de Dr. Arroyo.

II.- LOCALIZACION FISICA DEL AREA DE ESTUDIO

(CUENCA DR. ARROYO)

2.0.0 Situación geográfica

La cuenca de Dr. Arroyo se encuentra localizada dentro del Distrito de Desarrollo Rural No. IV Galeana, situada en la parte Sur del Estado de Nuevo León teniendo una superficie apoximada de 41,220 Has, entre las latitudes $23^{\circ}30'$ a $23^{\circ}47'$ al Norte del ecuador y los meridianos $100^{\circ}04'$ al $100^{\circ}18'$ de longitud al Oeste de Greenwich, con una altitud que oscila entre los 1,530 y 2,400 msnm. Fig. 2.1.

2.1.0 Situación política

(División Municipal y principales localidades.)

En el Estado de Nuevo León, la cuenca de Dr. Arroyo se encuentra limitando al Norte con los Municipios de Galeana y Arramberri, al Sur con Mier y Noriega, al Noreste colinda con el Municipio de Zaragoza, al Oeste con el Estado de San Luis Potosí y al Este con el Estado de Tamaulipas. Fig. 2.1.

Dentro de la cuenca está comprendida específicamente la Cabecera Municipal de Dr. Arroyo, así como también algunas poblaciones de las cuales entre las más grandes podemos mencionar Agua Nueva, Cerrito del Aire, Panales de Arriba, San José de las Flores, San Vicente la Puerta, Santa Rita, Los Albercones y el Alamo entre otros.

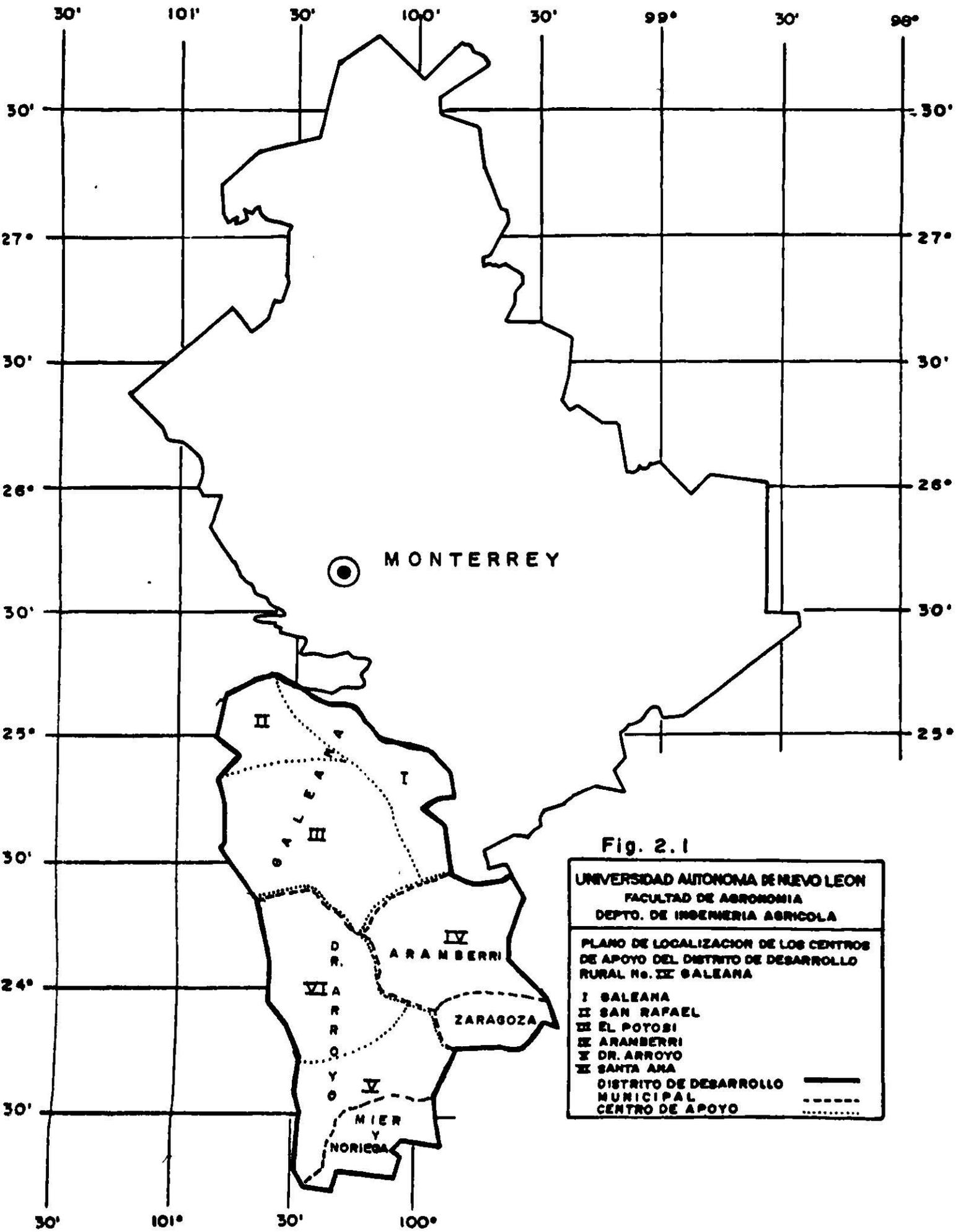


Fig. 2.1

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 DEPTO. DE INGENIERIA AGRICOLA

PLANO DE LOCALIZACION DE LOS CENTROS
 DE APOYO DEL DISTRITO DE DESARROLLO
 RURAL No. III GALEANA

I GALEANA
 II SAN RAFAEL
 III EL POTOSI
 IV ARAMBERRI
 V DR. ARROYO
 VI SANTA ANA

DISTRITO DE DESARROLLO ———
 MUNICIPAL - - - - -
 CENTRO DE APOYO

Así mismo la cuenca bajo estudio comprende dos centros de apoyo al desarrollo rural, de los seis que integran el Distrito, los cuales se presentan en el cuadro No. 2.1.; dichos centros de apoyo son el de Dr. Arroyo que abarca aproximadamente una extensión del 90% del área de la cuenca, proporcionando asesoría técnica y ayuda a los ejidos y poblaciones aledañas a la cuenca, el otro centro de apoyo denominado Santa Ana abarca sólo una pequeña parte del 10% de la superficie de la cuenca a la que prestan apoyo y asistencia técnica. Fig. 2.1.

Cuadro No. 2.1. Centros de apoyo dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo.

Centros de apoyo	Municipios	Area (Km ²)
Dr Arroyo.	Dr.Arroyo y Mier y Noriega	309.510 *
Sta. Ana.	Dr.Arroyo.	201.110 *

* Area ocupada dentro del Distrito de Desarrollo Rural No. IV, Galeana.

2.2.0 Vías de comunicación

Las principales vías de comunicación en la Cabecera Municipal de Dr. Arroyo al igual que en sus localidades dentro de la cuenca se considera como buenas pues existen vías rápidas de acceso a las poblaciones aledañas a Dr.

Arroyo.

Así pues se tiene acceso por la carretera estatal No. 61 que pasa por la población de Dr. Arroyo y une hacia el Poniente a 49 Km. con la población de Matehuala en el Estado de San Luis Potosí, y al Noreste a 154 Km. une el Municipio de Galeana, N.L., así también se tiene que hay comunicación vía carretera con el Municipio de Mier y Noriega hacia el sur de la cuenca, que principalmente comunican a la Cabecera Municipal con las poblaciones de San Vicente de la Puerta, Madrugadores, San Ramón, San Rafaelito, San José de Flores, entre otras, considerándose que las carreteras se encuentran pavimentadas y en buen estado como se muestra el plano de hidrología superficial del anexo cartográfico.

Básicamente las demás poblaciones se comunican por medio de caminos rurales, brechas y veredas, presentando dificultades para su acceso. En lo referente a la estructura vial en la Cabecera Municipal de Dr. Arroyo la mayoría de las calles se encuentran pavimentadas y continuas, con señalamientos urbanos algo deficientes.

En forma general las localidades de la cuenca están comunicadas por medio de terracerías transitables en tiempo de secas, comunicando principalmente a la Cabecera Municipal con dichas poblaciones.

Además dentro de la cuenca se cuenta con una aeropista de tierra hacia el lado suroeste de la Cabecera Municipal. (Ver anexo cartográfico plano hidrología superficial).

III.- ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

3.0.0. Demografía.

En cuanto a la demografía se refiere se establece que para el año de 1990 según datos obtenidos del XI Censo de Población y Vivienda INEGI, se cuenta con una población total de 36,946 habitantes dentro del municipio de Dr. Arroyo N.L., representando el 1.2% de la población total del Estado.

Una parte de ésta población se encuentra distribuida en las diferentes localidades comprendidas dentro de la cuenca de Dr. Arroyo, y son presentadas a continuación en el cuadro No. 3.1, mostrando la población total por localidad según sus características.

Cuadro No 3.1. Población por localidad en la Cuenca de-
Dr.Arroyo N.L.

Localidad	P O B L A C I O N				
	Total	Alfa- beta.	Analfa- beta.	Hombres	Mujeres
Dr.Arroyo.	6,025	3,184	437	2,927	3,098
Agua Nueva.	214	85	23	108	106
El Alamo	222	98	24	118	104
Los Albercones	291	124	30	150	141
Los Altitos	100	37	13	48	52
Los Arreezola	65	23	6	34	31
La Bolsa y Flores	58	25	11	28	30
Cerrito del Aire	180	84	12	90	90
Los Contra de - los Chavez.	42	16	5	23	19
La Escondida	---	---	---	---	---
La Escondida	141	57	22	81	60
El Jabalí	15	8	5	9	6
Los Lobera de Portillo.	98	43	11	50	48
Madrugadores	---	---	---	---	---
	39	22	3	19	32

Cuadro No. 3.1. (Continuación)

Localidad	P O B L A C I O N				
	Total	Alfa-beta.	Analfa-beta.	Hombres	Mujeres
Panales de Arriba	248	83	33	127	121
La Petaca	17	14	2	10	7
Presa de Quintero	80	33	12	37	43
Rancho Largo	89	54	6	39	50
El Refugio de las Viejas.	---	---	---	---	---
San Francisco de la Mesa.	19	7	1	8	11
San Isidro	21	8	3	12	9
Sn José de Flores	145	63	14	68	77
San José de los-Degollados.	12	7	22	8	4
San Juan de la - Reforma.	17	4	3	9	8
San Rafaelito	58	33	6	33	25
San Vicente de - la Puerta.	269	137	32	133	136
Santa Ines del - Bosque.	38	22	5	21	17
Santa Rita	446	161	62	241	205

Fuente : XI Censo General de Población y Vivienda 1990
INEGI.

La población total y la clasificación por sexo nos permite tener fundamentos para la planeación de los asentamientos humanos, conociendo el volumen de la población en cada una de las localidades, para mejorar en un futuro el nivel de bienestar de la población.

3.0.1. Población.

La población en el municipio de Dr. Arroyo para el año de 1990 fue de 36,946 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio anual de 0.7% en relación a 1980, teniendo una densidad de población de 6.1 habitantes por Km , presentando así uno de los promedio más alto dentro del Distrito de Desarrollo Rural No. IV Galeana.

En lo que respecta a la ubicación del número de habitantes por localidad se observa que dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo existe una gran concentración de localidades que presentan una población menor de 500 habitantes, y solo 10 localidades se exceden más de 100 habitantes, presentándose la Cabecera Municipal de Dr. Arroyo como una localidad que tiene más de 5,000 habitantes.

3.0.2. Nivel económico.

En la Cuenca de Dr. Arroyo el 24.95% de la población total es económicamente activa, es decir son las personas que se encuentran ocupadas y desocupadas temporalmente, pero que son capaces de realizar un trabajo productivo, el 40.84% de la población es inactiva, o sea la población que no realiza ninguna actividad económica, ni tiene empleo (estudiantes, jubilados, incapacitados para trabajar, personas dedicadas al hogar, etc.), y el 34.21% de la población son los habitantes menores de 12 años que no realizan ninguna actividad

económica.

Así mismo en el cuadro No. 3.2. se contemplan las distintas actividades que desempeñan los habitantes de las poblaciones en los diferentes sectores de actividad económica.

De tal manera que dentro del sector primario como una fuente de obtención de recursos se tiene una cifra del 38.57% del total de la población que es económicamente activa, y que se refiere principalmente a las labores relacionadas con el sector forestal, teniendo como principales productos a explotar en dicha actividad a la lechuguilla, palma y candelilla, además de otras actividades como la agricultura de temporal, ganadería, caza, silvicultura, y todo lo que se relaciona con estas actividades.

Como una segunda fuente para obtener los recursos, la población de la cuenca en estudio representa un porcentaje de 18.35%, desempeñándose en el sector secundario, realizando trabajos en cualquier actividad económica relacionada con la industria manufacturera, electricidad, agua y construcción. ver cuadro No. 3.2.

La población que está en el sector terciario comprende un porcentaje de 38.48% del total de la población que es económicamente activa, es decir son las personas que realizan cualquier actividad relacionada con el comercio, transporte, comunicación y servicios, en el cuadro No. 3.2 se muestra la distribución de la población en función de su actividad

económica.

De acuerdo al cuadro No. 3.2. se observa que para la cuenca de Dr. Arroyo la tendencia de las principales actividades económicas de la población es hacia el sector primario y terciario, es decir que la población se desempeña en labores agrícolas y pecuarias, siendo la agricultura de temporal la que se practica, obteniendo productos solo para autoconsumo y no para comercializarlos, en el sector pecuario el ganado que se cría es el caprino, debido a las condiciones que imperan en la vegetación, y en el sector terciario se tienen todas las actividades relacionadas con el transporte, servicio y comercio respectivamente.

Específicamente la tendencia de la población dentro de las actividades en el sector forestal, se tienen como principales productos a explotar la lechuguilla, palma y candelilla, además en las partes altas se realiza la comercialización de el producto obtenido del pino piñonero y talla de la palma.

Cuadro No. 3.2.

Población Económicamente Productiva por Localidad en la Cuenca de Dr. Arroyo.

Localidades de la Cuenca en Estudio.	P O B L A C I O N					
	Total	Económicamente		En el Sector		
		Activa	Inactiva	1o.	2o.	3o.
Dr. Arroyo.	6,025	1,506	2,673	283	289	840
Agua Nueva.	214	51	71	48	2	1
El Alamo	222	56	84	34	12	4
Los Albercones	291	55	136	28	9	15
Los Altitos	100	22	35	22	---	---
Los Arreozola	65	14	23	14	---	---
La Bolsa y Fores	58	10	29	7	3	---
Cerrito del Aire	180	42	68	42	---	---
Los Contra de - los Chavez.	42	6	20	3	2	---
La Escondida	141	45	43	30	11	2
El Jabalí	15	6	8	6	---	---
Los Lobera de Portillo.	98	25	39	24	---	1
Madrugadores	39	15	12	10	3	2
Panales de Arriba	248	58	80	56	2	---
La Petaca	17	4	12	4	---	---
Presa de Quintero	80	19	38	19	---	---
Rancho Largo	89	24	45	18	---	3
El refugio de las Viejas.	58	15	23	12	1	2
San Francisco de- la Mesa.	19	6	5	6	---	---
San Isidro	21	6	6	6	---	---
San José de Flores	145	34	26	32	---	2
San José de los- Degollados.	12	5	4	5	---	---
San Juan de la - Reforma.	17	3	7	3	---	---
San Rafaelito	58	20	23	15	1	---
San Vicente de - la Puerta.	269	88	107	72	11	1
Santa Ines del - Bosque.	38	11	18	11	---	---
Santa Rita	446	113	49	32	73	8
La Trinidad de M.	78	19	35	19	---	---
El Venadito	92	21	27	21	---	---
Porcentajes		24.95	40.84	38.5	18.3	38.4

Fuente: XI Censo General de Población y Vivienda INEGI (1990)

3.1.0. Tenencia de la tierra.

En el Distrito de Desarrollo Rural No. IV Galeana se identificaron tres tipos de tenencia de tierra, predominando la ejidal, la pequeña propiedad y los colonos.

Así mismo cabe señalar que dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo aproximadamente en un 35% el tipo de tenencia de tierra es ejidal, y el 65 % es distribuido en los otros tipos de tenencia (pequeña propiedad, colonos, etc), presentándose situaciones regulares de tenencia legales aproximadamente en un 99.25% del total de las poblaciones que se encuentran en la cuenca y un 0.75% se encuentran con una situación de terrenos en conflicto, como se señala en el cuadro No. 3.4. y en el anexo cartográfico, plano tenencia de la tierra.

Los predios ejidales de la cuenca y sus áreas respectivas se consideran en el cuadro No. 3.3., siendo un área total efectiva ejidal de 14,428.51 has.

En el cuadro No. 3.4. se muestran los predios en conflicto que están en la cuenca de estudio, siendo solo 7 de ellos los que se encuentran en esta situación, teniendo una superficie de 311.54 has. y representa aproximadamente un 0.75% del área total de la cuenca (ver anexo cartográfico plano de tenencia de la tierra).

Cuadro No. 3.3. Relación de Predios Ejidales en la cuenca de Dr. Arroyo, N.L.

CLPR	NOMBRE DEL PREDIO	C U T L	AREA (Has)	AREA EFECTIVA
B 45	Dr. Arroyo.	E W A 1	126.57	126.57
D 11	Refugio de las Viejas.	E W A 1	2607.97*	521.59
D 19	Isidro de Fdz. y S.Vicente	E W A 1	3131.17*	1252.46
D 38	El Refugio y el Reparó.	E W A 1	1493.26*	74.66
E 17	Panales de Arriba.	E W A 3	2569.48	2569.48
E 24	Los Altitos.	E W A 3	957.68	957.68
F 3	Mesa de Palma Gorda.	E W A 3	1847.13*	923.56
G 1	Cerrito del Aire	E W A 1	566.47*	141.61
G 3	Sn. José de las Flores.	E W A 1	1300.17*	780.10
G 8	Lobera de Portillo.	E W A 1	120.66	120.66
G 19	San Rafael de Mtz.	E W A 1	1992.25*	1195.35
H 1	San José de las Flores.	E W A 1	158.89	158.89
H 3	Lobera de Portillo.	E W A 1	137.62	137.62
H 4	Lobera de Portillo.	E W A 1	65.57	65.57
H 5	Cerrito del Aire.	E W A 1	889.74	889.74
H 6	Lajillas.	E W A 3	856.78	856.78
H 19	Lobera de Portillo.	E W A 1	966.91	966.91
H 20	Albercones	E W A 3	435.51	435.51
H 23	Lajillas.	E W A 1	162.60	162.60
H 24	Lajillas.	E W A 1	836.24	836.24
H 33	San José de las Flores.	E W A 1	227.75	227.75
I 3	Agua Nueva	E W A 3	3424.22*	1027.26
SUMAS			24,874	14,428.5

CLPR : Claves de predios.

CUTL : Clave de interpretación en el anexo cartográfico plano tenencia de la tierra.

Area Total de la cuenca
41,220 Has.

Area Efectiva Total Ejidal
14,428.51 Has.

Porcentaje Aproximado del Tipo de Tenencia de Tierra Ejidal 35.0 %

* El área del predio sale fuera del límite de la cuenca de Dr. Arroyo, N.L.

Fuente: Secretaría de la Reforma Agraria.

Cuadro No.3.4. Relación de predios en conflicto dentro de la cuenca de Dr. Arroyo N.L.

CLPR	Nombre del Predio	Area (Has)
B 130		78.10
B 152		82.15
D 17	Panales de Arriba.	9.58
F 3	Mesa de Palma Gorda.	21.54
H 6	Lajilla.	7.92
H 20	Albercones.	49.06
I 3	Agua Nueva.	63.19
Area de la cuenca		41,220.00 Has.
Area en conflicto		311.54 Has.
Porcentaje		0.75 %

3.2.0. Servicios Públicos

En forma general dentro del municipio de Dr. Arroyo se tiene que un 34.1% son viviendas particulares con agua entubada, 5.3% tienen drenaje y el 77.5% son viviendas que tienen energía eléctrica.

En relación a los servicios públicos con que cuentan las poblaciones de la cuenca de Dr. Arroyo se resumen en el cuadro No. 3.5., tomando como servicios básicos aquellos como el agua potable entubada dentro o fuera de la vivienda, y estableciendo que las poblaciones que no cuentan con este servicio son aproximadamente un 35.7%.

Para el abastecimiento de agua a las poblaciones que no tienen este servicio la Comisión de Zonas Aridas (CONAZA) ha implementado la construcción de cisternas para captar el agua

de lluvia mediante techos cuenca, como un sistema efectivo para aliviar el problema de la carencia de agua, también se observó que el material de paja utilizado en la construcción de los techos de las cisternas se deterioran rápidamente y los residuos de paja además de la tierra caen al agua almacenada dentro de la cisterna contaminándola, dicha situación se presentaba en la mayoría de las poblaciones que cuentan con este tipo de almacenamientos.

Así mismo, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) ha instalado mediante programas de almacenamiento de agua construcciones de aljibes y bordos de abrevadero para la población y para los animales, aprovechando de esta manera los escurrimientos en el área de la cuenca.

Las condiciones en las que se encuentran los aljibes son buenas en cuanto al aspecto de construcción, no siendo así en lo referente a la calidad del agua, ya que se encuentra turbia y con residuos de basura y excrementos de animales que son acarreados por los escurrimientos durante su recorrido hacia los aljibes, sólo algunos de ellos cuentan con sistemas filtrantes como lo es el caso de Palma Gorda entre otros, las poblaciones que no tienen este sistema de filtros se enfrentan a serios problemas, debido a que la gente y los animales beben agua de la misma pileta, siendo la única diferencia que la gente hierve el agua antes de ingerirla, presentando en ciertos casos problemas para la salud.

En cuanto al drenaje sanitario conectado a una fosa séptica usada para eliminar las aguas negras, grises, y desechos humanos de las viviendas, se considera que sólo un 16.6% de todas las poblaciones existentes dentro de la cuenca en estudio cuentan con el servicio. (ver cuadro No. 3.5.), es decir que sólo la Cabecera Municipal cuenta con este servicio de entre las otras poblaciones considerándose a este servicio como deficiente dentro de la cuenca.

En lo referente al servicio de energía eléctrica sin considerar la fuente de donde provenga se estima de acuerdo al cuadro No. 3.5. que una cifra del 81.5% del total de las localidades cuentan con este servicio básico, siendo así el servicio público más eficiente en comparación con los otros dos servicios anteriores, pues sólo un 18.5% no cuentan con energía eléctrica, de manera similar en el cuadro 3.5. se muestran las viviendas particulares que son destinadas al alojamiento de familias o grupos de personas que formen el hogar en las poblaciones dentro de la cuenca.

De igual forma las localidades dentro de la cuenca que cuentan con los servicios de correo son la Cabecera Municipal y Santa Ana, y las que tienen el servicio telefónico local y larga distancia son Dr. Arroyo y Cruz de Elorza, presentando la mayoría de las localidades el servicio telefónico de larga distancia.

Cuadro No. 3.5. Población con servicios públicos básicos- dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo.

Localidades del Cuenca de Dr. Arroyo.	VIVIENDAS PARTICULARES			
	Particular Habitada	Con Agua Entubada	Con Drenaje	Con Energía Eléctrica
Dr. Arroyo.	1,229	1,108	297	1,132
Agua Nueva.	24	----	2	23
El Alamo	39	----	---	35
Los Albercones	55	----	---	44
Los Altitos	22	----	---	--
Los Arreozola	10	----	---	--
La Bolsa y Flores	12	----	---	7
Cerrito del Aire	35	----	---	33
Los Contra de - los Chavez.	6	----	---	--
La Escondida A.	27	----	---	21
El Jabalí	4	----	---	--
Los Lobera de Portillo.	22	----	---	20
Madrugadores	9	----	---	--
Panales de Arriba	45	----	---	1
La Petaca	5	1	---	1
Presa de Quintero	15	3	---	--
Rancho Largo	20	20	---	20
El Refugio de las Viejas.	10	10	---	9
San Francisco de la Mesa.	3	----	---	--
San Isidro	4	----	---	--
Sn José de Flores	28	----	---	--
San José de los-Degollados	3	----	---	--
San Juan dela - Reforma.	3	----	---	--
San Rafaelito	9	----	---	9
San Vicente de - la Puerta.	51	----	---	41
Santa Ines del - Bosque.	6	----	---	--
Santa Rita	57	----	---	52
La Trinidad de M.	14	----	---	--
El Venadito	14	3	---	--
PORCENTAJES	1,781	64.3%	16.6%	81.5%

FUENTE: XI Censo General de Población y Vivienda 1990 (INEGI)

IV.- CLIMATOLOGIA

Dentro de los criterios existentes que nos permiten establecer las características climatológicas de una determinada región , tenemos que el sistema propuesto por el científico alemán Köppen, posteriormente modificado por Enriqueta García (1973), es el que mejor se adapta a nuestro país, ya que solo requiere de los valores medios de la temperatura y precipitación, que generalmente se registran en las estaciones meteorológicas.

El clima de la cuenca de Dr. Arroyo corresponde al grupo de clima B (clima seco), el cual se caracteriza por su aridez y por su precipitación media que oscila de 400 a 500 mm. anuales, la cual se presenta en verano, con temperaturas medias anuales de 17 a 19°C , como se muestra en el anexo cartográfico plano de climas, además en la cuenca se registra una evaporación potencial que sobrepasa los 2,000 mm. al año.

En estas condiciones donde la evaporación excede a la precipitación, no sobran remanentes de agua para mantener un nivel constante de humedad en el suelo, por eso los escurrimientos permanentes no son originales para ésta cuenca.

4.0.0. Clasificación del clima.

Dentro de la cuenca en estudio, se encuentran presentes solo dos tipos de climas básicos que predominan de acuerdo a

las condiciones locales de temperatura y precipitación en el área, y son clasificados de la siguiente forma:

a) Tipo: Semiseco (BS₁).

Sub-tipo: Semiseco Templado (BS₁ Kx').

(Lluvia escasa, con un porcentaje de Precipitación invernal de más de 18 mm. y verano cálido).

Este tipo de clima Semiseco Templado se distribuye hacia el Sur-Oeste de la cuenca de Dr. Arroyo influenciado aproximadamente en un 70% de su área total, es decir en 288.54 Km², donde las incidencias de lluvia se registran en los meses de mayo a octubre.

b) Tipo: Seco (BS₀).

Sub-tipo: Seco Semicálido [BS₀hw (x')].

(Lluvia en verano, con un porcentaje de precipitación invernal de 10.2 mm. y con invierno fresco).

El 30% del área o sea 123.66 Km², de los 412.2 Km² se encuentran bajo la influencia del subtipo de clima Seco Semicálido con lluvias escasas todo el año distribuidos en la cuenca de Dr. Arroyo en donde los meses en que existe mayor incidencia de lluvia son agosto y septiembre.

En la cuenca se presentan temperaturas medias máximas de 30°C y medias mínimas de 12°C con temperaturas absolutas de 36°C y de 5°C respectivamente en el período de mayo a octubre.

En el siguiente período de noviembre-abril, las temperaturas medias máximas y mínimas son de 21°C y 6°C

respectivamente y las temperaturas absolutas máximas y mínimas son de 24°C y -1°C; presentándose heladas de tipo moderadas de 1 a 8 días como rango de ocurrencia desde noviembre a febrero. Por otra parte, las granizadas se presentan en un rango de 2 a 4 días en el área total de la cuenca, siendo al inicio del período de lluvia, esto es, mayo y junio, así mismo la domiancia de los vientos va en dirección Norte y Noreste.

Las estaciones climatológicas que conforman la red utilizadas en este estudio son las que se encuentran dentro de la cuenca (Dr. Arroyo y Cerrito del Aire) y algunas que son adyacentes a la misma (Mier y Noriega, Obregón, San Antonio Peña Nevada). Cabe señalar que estas estaciones presentan una considerable heterogenidad respecto a los períodos de tiempo que reportan las lecturas de temperatura y precipitación.

4.1.0. Climográficas de Gausсен.

Para la obtención de las Climográficas de Gausсен, figuras 4.1 y 4.2, se obtuvieron datos meteorológicos de las estaciones climatológicas de Dr. Arroyo y Cerrito del Aire, en la cual dichas climográficas en función de la temperatura y la precipitación nos muestra los períodos húmedos y secos.

Los meses húmedos corresponderán a aquellos meses donde se observe que la curva de precipitación excede a la de

temperatura y los meses secos son aquellos en donde la figura nos muestre la forma contraria.

De tal manera que, el período húmedo en la climográfica de Dr. Arroyo corresponde a los meses de mayo a octubre, siendo los meses de mayor precipitación agosto y septiembre; y los meses más secos fueron desde el mes de octubre hasta el mes de abril, como se indica en la figura 4.1.

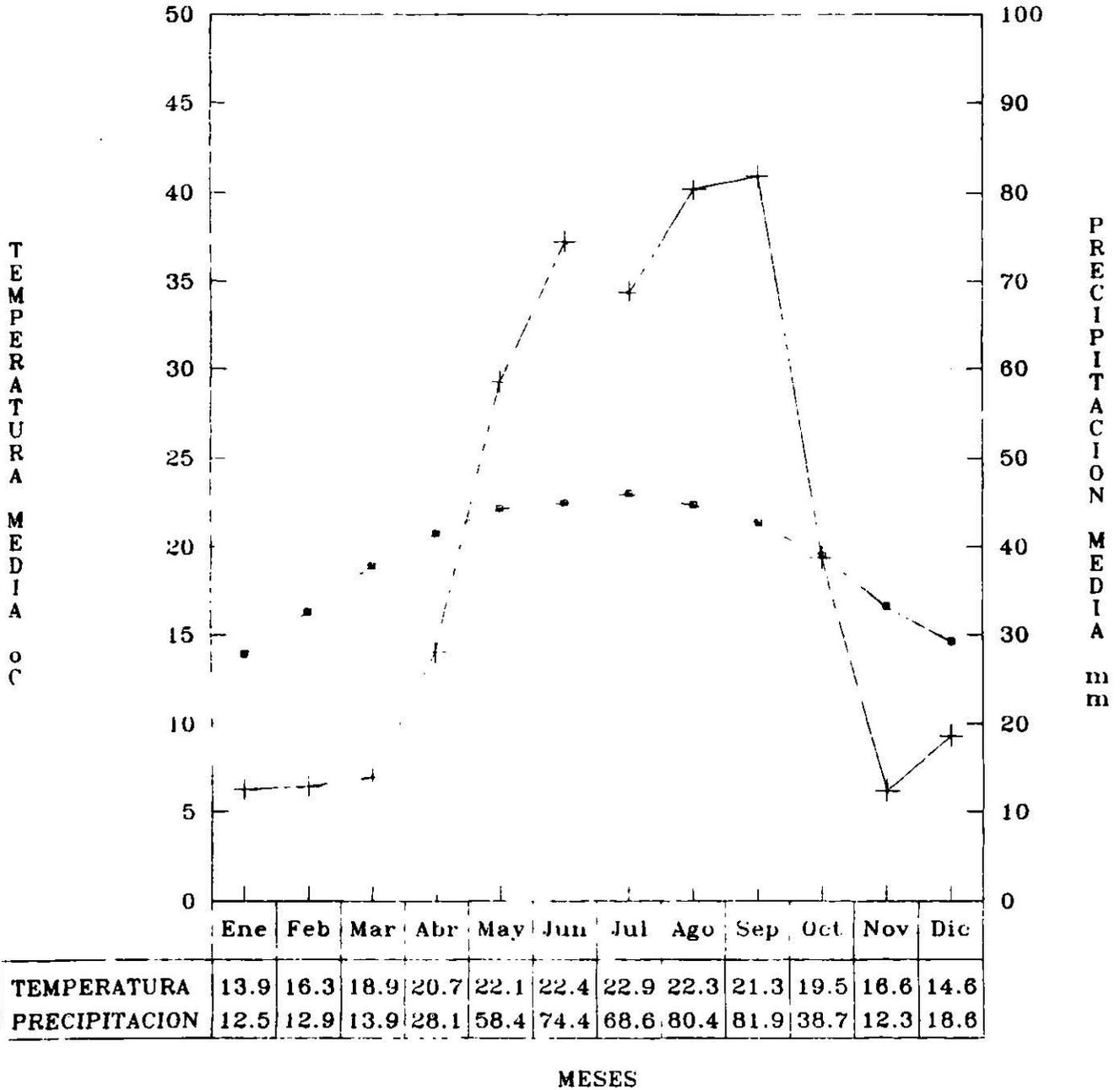
En cuanto a la climográfica de la estación de Cerrito del Aire figura 4.2., se tiene que los meses más húmedos son de abril a junio y de junio a agosto, siendo agosto el mes más húmedo y el período seco es en los meses de septiembre a marzo.

Tomando en cuenta el número de años de registro de estas estaciones se establecieron tres categorías, las cuales se presentan en el cuadro No. 4.1.

Cuadro No.4.1 Categorías de las estaciones climatológicas en base al período de registro.

Número de años	Categoría	Est. Climatológica
20 años o más	Muy significativa	- Dr. Arroyo. - Mier y Noriega.
5 a 10 años	Representativa	- Sn. Antonio Peña. Nevada. - Obregón.
Menos de 5 años	Apoyo	- Cerrito del aire.

LATITUD 23 40' 18" NORTE
 LONGITUD 100'10'29" OESTE
 ALTITUD 1760 msnm



—●— TEMPERATURA -+— PRECIPITACION

FIGURA 4.1 CLIMOGRAFICA DE GAUSSEN
 ESTACION DR. ARROYO, N.L.

LATITUD 23 35' 19" NORTE
 LONGITUD 100° 13' 58" OESTE
 ALTITUD 1660 msnm

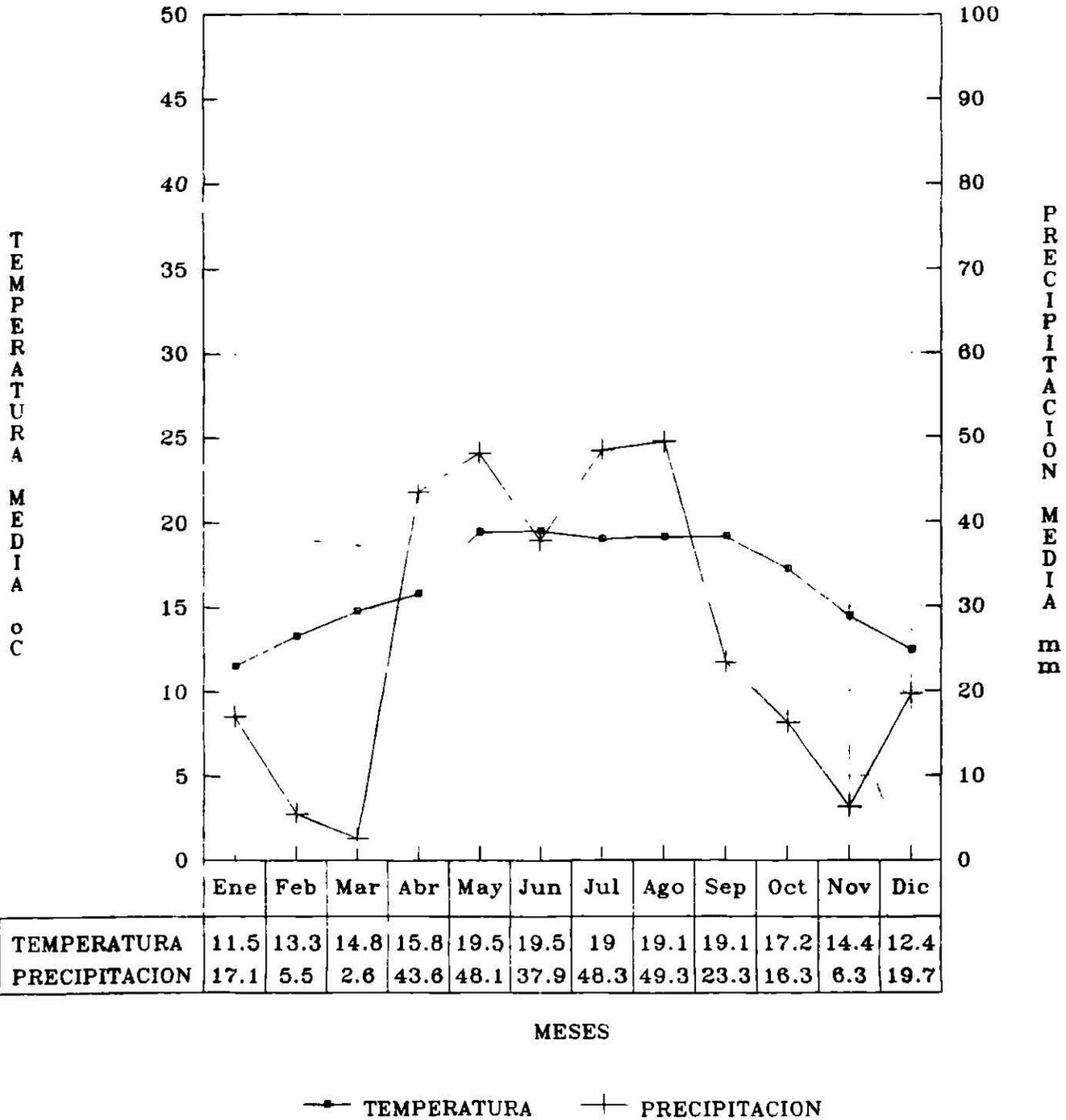


FIGURA 4.2 CLIMOGRAFICA DE GAUSSEN
 ESTACION CERRITO DEL AIRE, DR. ARROYO

4.2.0. Precipitación.

Debido al clima árido que se presenta en la cuenca de Dr. Arroyo, la precipitación se considera muy desventajosa para la producción de cosechas, ya que por un lado se tienen bajas precipitaciones y por otro, la irregularidad con que se presentan, siendo las temperaturas altas en verano durante el día y por lo tanto se registran altos valores de evaporación de agua.

Para el análisis de la precipitación se consideró la red pluviométrica de las estaciones climatológicas de Dr. Arroyo y Cerrito del Aire, además se tomaron en cuenta las estaciones cercanas a la cuenca (Mier y Noriega, Obregón, Sn. Antonio Peña Nevada), siendo presentadas en el cuadro No. 4.2., y de igual forma se observan en el plano de climas del anexo cartográfico las isoyetas trazadas en las cuales se puede observar que la precipitación oscila entre los 400 y 500 mm.

Cuadro No.4.2. Red de estaciones climatológicas de la cuenca de Dr. Arroyo.

No.	Nombre de la Estación	PP. Media (mm)	Temp. Media (°C)	Coordenadas		Alt. (msnm)	Años de Reg.
				Latitud	Longitud		
15	Cerrito del Aire.	468.0	16.7	23°35'19"	100°13'58"	1655	84-91
23	Dr.Arroyo	499.8	19.1	23°40'18"	100°10'29"	1760	05-91
91	Mier y Noriega.	535.7	18.8	23°25'21"	100°07'05"	1630	43-91

Cuadro No. 4.2. (Continuación).

No.	Nombre de la Estación	PP. Media (mm)	Temp. Media (°C)	Coordenadas		Alt. (msnm)	Años de Reg.
				Latitud	Longitud		
96	Obregón.	332.1	13.4	23°42'03"	100°24'59"	1740	80-91
115	S. Antonio Peña Nevada.	324.6	19.0	23°44'46"	99°58'55"	1520	80-91

FUENTE: Comisión Nacional del Agua.

4.2.1. Intensidad de la lluvia.

La intensidad con que la lluvia cae, es uno de los factores importantes para determinar la porción de la lluvia que fluye por la superficie y el escurrimiento subterráneo. Cuando ocurre una lluvia intensa que excede la capacidad de infiltración del suelo, ésta contribuirá grandemente en el escurrimiento superficial, mientras que si la lluvia cae con poca intensidad será absorbida en su totalidad por el suelo.

Debido a que la mayor parte de la información obtenida de las estaciones consideradas en este estudio sobre precipitación es la cantidad máxima precipitada en 24 horas y no existe suficiente información respecto a intensidad-duración de la misma, para la cual se requiere de las gráficas de los pluviógrafos, las cuales relacionan la lámina precipitada en el período de tiempo en que se presentó.

Por lo tanto, para obtener un valor referencial de

intensidad, se utilizó un modelo empírico propuesto por Luque (1984), en el cual se obtiene un valor de intensidad media a partir de un valor de magnitud de lluvia. Dicho valor se obtuvo de los registros de precipitación máxima de 24 horas de la estación de Dr. Arroyo, considerándose el evento máximo de todo el período de registro y el promedio de los eventos máximos del mismo.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$IM = 0.0888965 M^{0.0787607} \quad \text{Donde:}$$

IM = Intensidad Media de lluvia mm/h.
M = Magnitud de la lluvia (mm).

Los resultados obtenidos al aplicar dicha fórmula muestran en el cuadro No. 4.3. y 4.4.

Cuadro No.4.3. Intensidad máxima de lluvia en 24 horas estación de Dr. Arroyo.

Año	Precipitación	Intensidad máxima (mm/hr)
1972	20.00	5.86
1973	85.00	11.39
1974	28.50	6.89
1975	30.00	7.06
1976	40.00	8.06
1977	35.00	7.58
1978	22.00	6.12
1979	51.00	9.01
1980	51.00	9.01
1981	45.00	8.50
1982	49.50	8.89
1983	34.00	7.48
1984	38.00	7.87
1985	42.00	8.24
1986	15.00	5.13
1987	37.00	7.77

Cuadro No. 4.3. (Continuación).

Año	Precipitación	Intensidad máxima (mm/hr)
1988	72.00	10.56
1990	42.00	8.24
1991	85.00	11.39
MEDIA	43.26	8.3 mm/hr
MAXIMA INTENSIDAD EN EL PERIODO	85 mm.	11.39 mm/hr

Cuadro No.4.4 Intensidad Máxima de lluvia en 24 Horas
Estación de Cerrito del Aire

Año	Precipitación	Intensidad Maxima (mm/hr)
1984	28.50	6.89
1985	26.00	6.61
1986	22.80	6.22
1987	42.50	8.28
1990	25.01	6.49
1991	40.50	8.10
MEDIA	33.33 mm	7.41 mm/hr
MAXIMA INTENSIDAD EN EL PERIODO	36.43 mm	7.72 mm/hr.

4.2.2. Duración y Frecuencia de la lluvia.

La duración de una lluvia, es el tiempo transcurrido entre la iniciación y el término de una lluvia y se expresa en minutos. La frecuencia representa el número de veces que un fenómeno determinado ocurre en un tiempo conocido y se

expresa en porcentaje y/o en años.

La duración y la frecuencia son dos de las características más importantes de las lluvias para el cálculo y diseño de obras de drenaje y conservación de suelo y agua.

La frecuencia de la lluvia es la periodicidad media estadística en años en que pueden presentarse las tormentas de características similares en intensidad y duración. Los períodos comúnmente utilizados son de 2 a 50 años, y hasta 100 años.

Para problemas típicos de conservación de suelo y agua, las frecuencias o períodos de retorno utilizados son de 5 años, en algunos otros casos y especialmente cuando las obras por realizar representen fuertes inversiones y pongan en peligro vidas humanas o terrenos de importancia, el período de retorno a utilizar deberá ser de 25 a 50 años.

Para calcular la frecuencia o período de retorno de lluvia con diferentes intensidades, se utiliza la siguiente formula:

$$F = \frac{1}{p}$$

Donde:

F = Frecuencia o período de retorno.

P = Probabilidad de lluvia en porcentaje.

Así tenemos que del cuadro No. 4.5, para un período de retorno de 5 años, se espera que la magnitud de la

precipitación de 636 mm sea igualada o superada una vez cada 5 años.

En general las lluvias con alta intensidad se presentan en períodos de tiempo cortos; debido a esto desarrollan una mayor actividad erosiva en los suelos, ya que se incrementa el tamaño, la velocidad de la caída y la energía cinética de las gotas de agua. Las lluvias de baja intensidad se presentan generalmente en períodos más largos, disminuyendo considerablemente su acción erosiva. La combinación entre alta intensidad y larga duración ocurre con poca frecuencia, pero cuando sucede, resulta una tormenta de gran magnitud y con una acción erosiva muy fuerte.

4.2.3. Distribución de la lluvia sobre la cuenca.

La distribución de la lluvia sobre la cuenca independientemente de la forma y del tipo de precipitación ocurrida en un tiempo se distribuye dependiendo de las condiciones que interactúan en el momento y en el lugar en que ocurre la precipitación.

La precipitación sobre la cuenca, como se observa en el anexo cartográfico, plano de climas, disminuye de Suroeste a Noreste en forma concéntrica. Así tenemos, por ejemplo, que la mayor precipitación comienza con la isoyeta 500 mm. al suroeste de la cuenca, decrece gradualmente hacia el Norte hasta el parteaguas en donde las curvas de las isoyetas

corresponden a valores de 400 a 425 mm.

4.2.4. Probabilidad de lluvia.

El análisis de la probabilidad de lluvia nos permite conocer con que frecuencia se recibirá determinada cantidad de lluvia y la frecuencia con que se recibirá una cantidad superior o inferior a ella, siendo la base fundamental para la planeación del uso del recurso hídrico disponible de acuerdo a un grado de probabilidad.

El estudio de la probabilidad de lluvia es de suma importancia dentro de la cuenca de Dr. Arroyo, ya que de ella depende la relación directa de la magnitud de obra propuesta para contener la precipitación determinada que cae en la cuenca.

En el cuadro No. 4.5. se muestran los datos de la probabilidad de lluvia mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{N}{n+1} * 100 \quad \text{Donde:}$$

N = Número de orden.

n = Número de años.

P = Probabilidad de ocurrencia de una cantidad de mayor o igual a un valor establecido.

Cuadro No. 4.5. Probabilidad de lluvia cuenca Dr. Arroyo.

AÑO	PRECIPITACION ANUAL (mm)	PRECIPITACION ORDENADA (mm)	NUMERO DE ORDEN	PROBABILIDAD (%)	*P.R. AÑOS
1905	401	963.0	1	1.61	62.00
1906	581.4	962.0	2	3.23	31.00
1907	452.5	871.0	3	4.84	20.67
1908	380.4	822.0	4	6.45	15.50
1909	539.2	747.5	5	8.06	12.40
1910	324.6	741.5	6	9.68	10.33
1911	558.0	689.1	7	11.29	8.86
1912	615.3	672.9	8	12.90	7.75
1913	470.1	667.9	9	14.52	6.89
1927	538.4	641.0	10	16.13	6.20
1928	511.5	636.0	11	17.74	5.64
1929	422.0	615.3	12	19.35	5.17
1930	591.2	609.2	13	20.97	4.77
1931	747.5	597.9	14	22.58	4.43
1932	349.7	594.5	15	24.19	4.13
1933	636.0	591.2	16	25.81	3.88
1934	466.5	581.4	17	27.42	3.65
1935	520.3	558.0	18	29.03	3.44
1936	280.0	547.0	19	30.65	3.26
1942	453.1	539.2	20	32.26	3.10
1943	594.5	538.4	21	33.87	2.95
1944	963.0	531.7	22	35.48	2.82
1945	741.5	530.5	23	37.10	2.70
1946	530.5	522.8	24	38.71	2.58
1947	482.3	520.3	25	40.32	2.48
1948	962.0	511.7	26	41.94	2.38
1949	547.0	511.5	27	43.55	2.30
1950	483.5	511.5	28	45.16	2.21
1951	364.5	503.5	29	46.77	2.14
1952	182.7	495.3	30	48.39	2.07
1953	358.0	483.5	31	50.00	2.00
1954	240.0	482.3	32	51.61	1.94
1955	415.0	470.1	33	53.23	1.88
1956	381.0	466.5	34	54.84	1.82
1957	416.3	455.2	35	56.45	1.77
1958	641.0	453.1	36	58.06	1.72
1959	689.1	452.5	37	59.68	1.68
1960	531.7	452.0	38	61.29	1.63
1961	452.0	422.0	39	62.90	1.59
1962	327.5	419.2	40	64.52	1.55
1963	455.2	416.3	41	66.13	1.51
1964	522.8	415.0	42	67.74	1.48
1965	419.2	414.1	43	69.35	1.44
1966	372.5	413.5	44	70.97	1.41
1967	342.5	401.0	45	72.58	1.38
1968	511.7	381.0	46	74.19	1.35

Cuadro No.4.5. (Continuación).

AÑO	PRECIPITACION ANUAL (mm)	PRECIPITACION ORDENADA (mm)	NUMERO DE ORDEN	PROBABILIDAD (%)	*P.R. AÑOS
1969	284.9	380.4	47	75.81	1.32
1975	318.4	372.5	48	77.42	1.29
1976	871.0	370.0	49	79.03	1.27
1977	413.5	364.5	50	80.65	1.24
1978	341.8	358.0	51	82.26	1.22
1979	609.2	349.7	52	83.87	1.19
1980	511.5	342.5	53	85.48	1.17
1981	672.9	341.8	54	87.10	1.15
1982	597.9	327.5	55	88.71	1.13
1983	370.0	324.6	56	90.32	1.11
1984	495.3	318.4	57	91.94	1.09
1985	667.9	284.9	58	93.55	1.07
1986	414.1	280.0	59	95.16	1.05
1987	822.0	240.0	60	96.77	1.03
1988	503.5	182.7	61	98.39	1.02

* P.R. = Período de Retorno.

Así, podemos indicar que en la cuenca de Dr. Arroyo, existe una probabilidad del 90.32% de que la lluvia sea mayor o igual que 324.6 mm. y del 47% que rebase los 500 mm. y así como del 10% que sobrepase los 700 mm.

4.2.5. Precipitación Media Anual (Pp. media).

Para determinar la precipitación media anual de la cuenca de Dr. Arroyo se usó el método de las isoyetas. Este método es el más exacto para promediar la precipitación de una área en la que se tiene gran variación en la topografía y en la precipitación puntual. Las estaciones pluviométricas están distribuidas fuera y dentro de la cuenca de tal manera que los nombres de las estaciones, así como su valor de

precipitación media se presenta en el cuadro No. 4.2.

El plano de las isoyetas se obtuvo interpolando los valores de precipitación media anual de las estaciones antes mencionadas en el plano de climas del anexo cartográfico. Para calcular la precipitación en dicho plano, se miden las áreas entre dos isoyetas sucesivas y se multiplican por la precipitación media entre isoyetas. La suma de estos productos dividida entre el área total es la precipitación media. Los cálculos de la operación aparecen en el cuadro No. 4.6.

En éste método se debe tener en consideración el aspecto orográfico de la zona, ya que sí éste factor es determinante, las curvas de las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida a la de las curvas de nivel.

Cuadro No. 4.6. Cálculo de precipitación media para la cuenca de Dr. Arroyo por el método de las isoyetas.

Isoyeta (mm)	Area entre Isoyetas (Km ²)	Precipitación media (mm)	Volumen de precipitación (mm-Km ²)
400	14.500	412.5	5,981.25
425	50.650	437.5	22,137.50
450	146.275	462.5	67,652.19
475	119.275	487.5	58,146.56
500	81.500	512.5	41,768.75
Totales	412.2		195,566.44
PRECIPITACION MEDIA CUENCA DR.ARROYO =			474.45 mm.

La precipitación media de la cuenca se calculó por la relación siguiente:

$$P_m = \frac{\text{Volumen de precipitación}}{\text{área de la cuenca}}$$

Sustituyendo tenemos:

$$P_m = \frac{195,566.44}{412.2} = 474.45 \text{ mm.}$$

Por lo tanto tenemos que la cuenca de Dr. Arroyo tiene una precipitación media de 474.45 mm, con una probabilidad de ocurrencia del 52.46% en un período de retorno de 1.94 años.

V.- GEOLOGIA

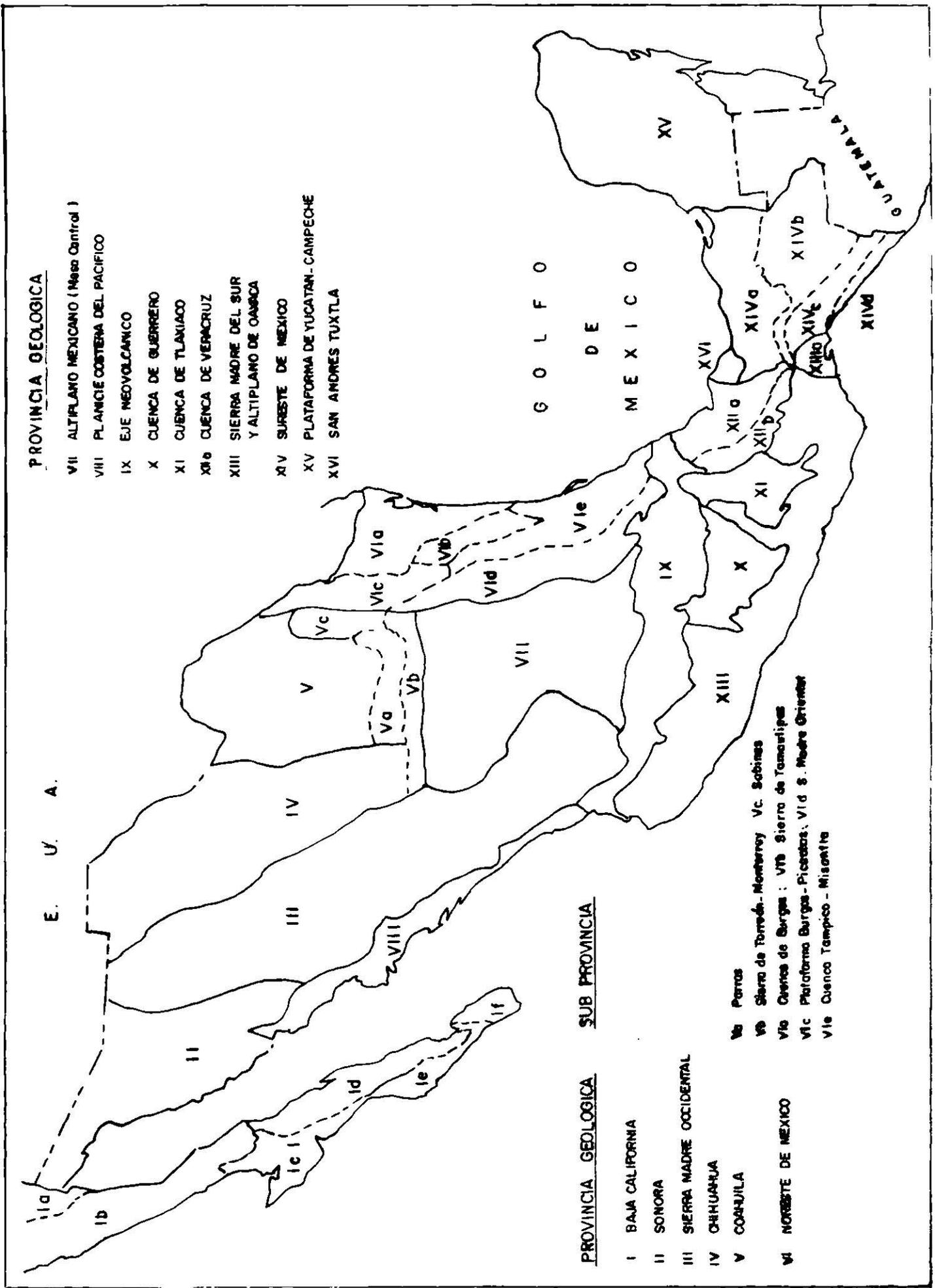
5.0.0. Localización y características generales de: (Provincia y Subprovincia Geológica).

La cuenca de Dr. Arroyo se localiza en la Provincia Geológica (VI), denominada Noreste de México, y en la Subprovincia Geológica (VI_d), llamada Sierra Madre Oriental (S.M.O.), Fig. 5.1, extendiéndose desde el Suroeste de Monterrey N.L., hasta Teziutlán, Puebla, (López R. 1980).

La Provincia Noreste de México (VI), está limitada por el Suroeste con la Provincia Altiplano Mexicano (VII), por el Noroeste colinda con la provincia Coahuila (V), y en el lado Sur limita con la Provincia del Eje Neovolcánico (IX).

Así mismo la Subprovincia Sierra Madre Oriental (S.M.O.) se encuentra limitada por el Este con la Subprovincia de la cuenca de Tampico, Misantla y la Plataforma Burro Picachos, al Sur con el eje Neovolcánico y al Oeste por el Altiplano Mexicano como se observa en la figura 5.1.

De tal manera que la Sierra Madre Oriental es una subprovincia bien definida con altitudes hasta 3,000 msnm, quedando incluida dentro de ésta, el rango de altitud de la cuenca de Dr. Arroyo, que es de 1,530 a 2400 msnm., aunque el promedio es de 2,000 msnm.; esta subprovincia consiste principalmente de plegamientos de rocas sedimentarias marinas y teniendo hasta 80 Km. de anchura.



PROVINCIA GEOLOGICA

- VII ALTIPLANO MEXICANO (Meso Control)
- VIII PLANICIE COSTERA DEL PACIFICO
- IX EJE NEOVOLCANICO
- X CUENCA DE GUERRERO
- XI CUENCA DE TLAXIACO
- XII CUENCA DE VERACRUZ
- XIII SIERRA MADRE DEL SUR Y ALTIPLANO DE OAXACA
- XIV SURESTE DE MEXICO
- XV PLATAFORMA DE YUCATAN-CAMPECHE
- XVI SAN ANDRES TUXTLA

PROVINCIA GEOLOGICA SUB PROVINCIA

- I BAJA CALIFORNIA
- II SONORA
- III SIERRA MADRE OCCIDENTAL
- IV CHIHUAHUA
- V COAHUILA
- VI NORESTE DE MEXICO

- Va Paros
- Vb Sierra de Toluca-Monterrey
- Vc Sohima
- Vd Cuenca de Burgos
- Ve Sierra de Tamaulipas
- Vf Plataforma Burgos-Piedras
- Vg S. Madre Oriental
- Vh Cuenca Tampico-Misantla

FIG. 6.1 PROVINCIAS GEOLOGICAS DE MEXICO

5.1.0. Tectónica

En la cuenca de Dr. Arroyo la tectónica que se aprecia, son grandes pliegues que levantaron la topografía original más de 2,000 metros sobre el nivel de depósito, erosionándose grandes porciones de éste. (López R. 1980)

De la misma manera se considera que las estructuras que se encuentran dentro de la cuenca de Dr. Arroyo son consecuencia de los efectos orogénicos de la Revolución Larámide ocurrida a fines del Cretácico y a principios del terciario.

Esta orogenia plegó intensamente los sedimentos marinos del Cretácico y Jurásico mediante efectos compresionales del Oeste al Este, ocasionando que la mayoría de los Anticlinales y Sinclinales formados sufrieran una recumbencia o recostamiento hacia el Este. Ver figura 5.2.

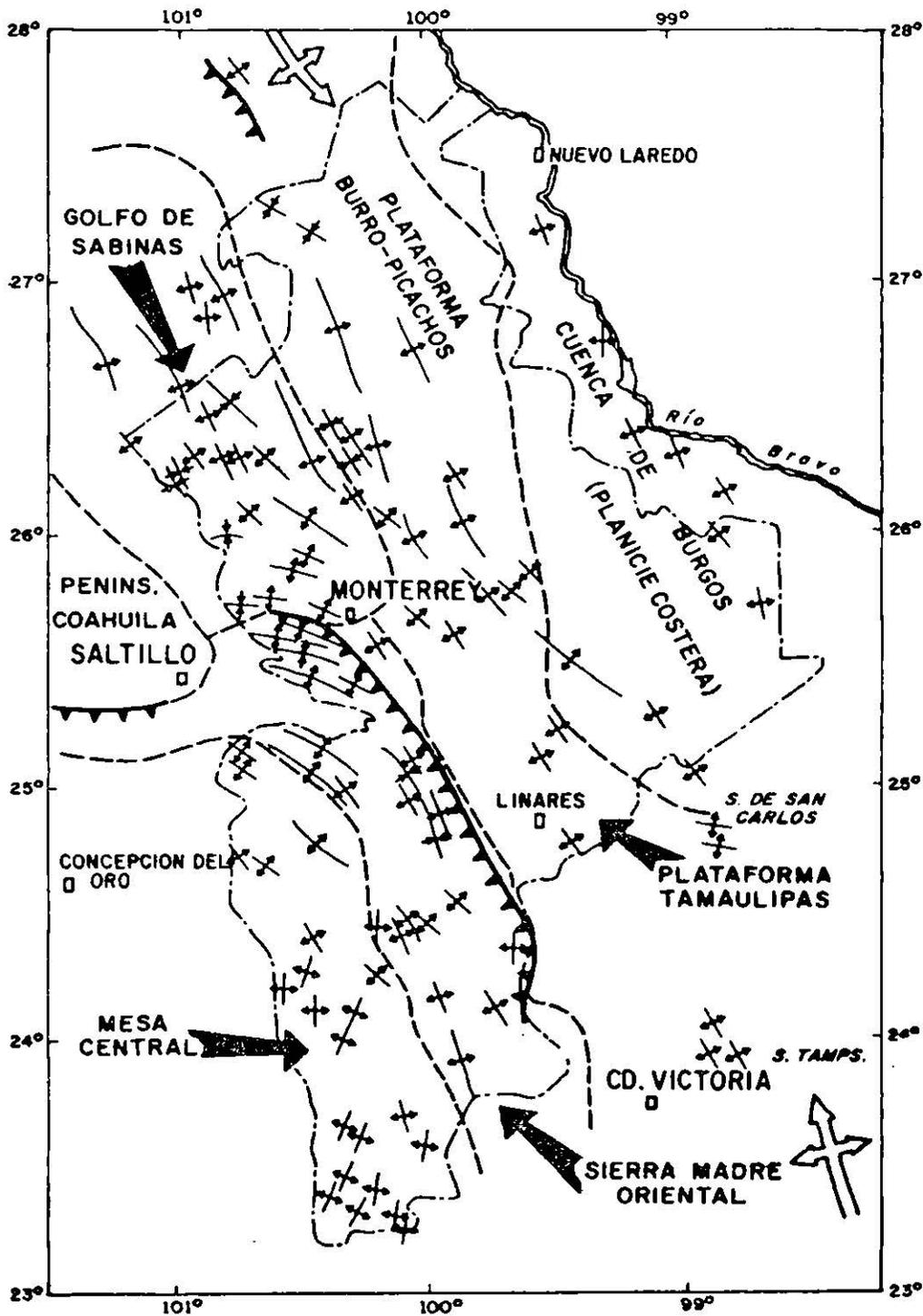
De este modo dentro de la cuenca de Dr. Arroyo es importante entender las estructuras geológicas presentes, que se encuentran formando pliegues, fracturas y fallas en el área, siendo las siguientes Formaciones las que prevalecen:

-Echados de 30° a 60° de inclinación (indican la dirección hacia la que se inclina la línea de máxima pendiente) se encuentran distribuidos en la cuenca en un porcentaje de cantidad aproximada al 35%, y un 65% de la cantidad de echados existentes tienen una inclinación de 60° a 80°. (Ver anexo cartográfico plano geológico).

-Las fracturas que se hacen presentes en el área aparecen en mayor cantidad hacia el Norte y al Poniente de la cuenca, así mismo dos Ejes Sinclinales (que son estructuras geológicas originadas por compresión, haciendo un pliegue convexo hacia abajo) se presentan dentro de la cuenca en el Oriente y al Poniente respectivamente; de la misma forma se consideran cuatro Ejes Anticlinales (estructuras geológicas originadas por las fuerzas de compresión formando un pliegue convexo hacia arriba), existentes en el lado Poniente, y uno en el Oriente de la cuenca como se observa en el plano geológico del anexo cartográfico y en la fig 5.2.

La falla normal (ruptura que sufre la corteza por desplazamientos entre los bloques), aparece desde la localidad de La Lobera hasta los Arreozola dentro de la cuenca de Dr. Arroyo, cabiendo señalar que en la cuenca no se presentan minas, ni bancos de material, pero se hacen presentes las Dolinas (depresiones topográficas, causadas por la disolución de caliza y comunican a la superficie con el drenaje subterráneo), se encuentran localizadas dentro de la cuenca hacia el Noreste de la localidad de San Rafael de Martínez. (Ver anexo cartográfico plano geológico).

En la parte Sur del Estado de Nuevo León existe poca diversidad en cuanto a geología económica se refiere, (carbón, yeso, pedernal, silicificaciones, y cristal de roca entre otros).



- ⊕ ANTICLINALES
- ⊖ SINCLINALES
- LIMITE UNIDAD TECTONICA

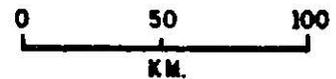


FIGURA 5.2 TECTONICA DE UNA PARTE DEL NORESTE DE MEXICO

Entre las principales rocas sedimentarias marinas de los plegamientos que se encuentran en la cuenca de Dr. Arroyo tenemos las siguientes: caliza aproximadamente en un 10%, caliza-lutita en un 25%, conglomerados en un 20%, además se tiene un porcentaje del 45% con suelos aluviales. (ver anexo cartográfico plano geológico).

La mayor parte de las rocas que caracterizan a las estructuras plegadas de la Sierra Madre Oriental son de la edad Mesozoica, en el Período Cretácico, teniendo como litología caliza-lutita al Norte de Dr. Arroyo y caliza en el Sureste de Dr. Arroyo. Así mismo en el Período Terciario se caracteriza por tener como litología a los conglomerados fluviales en el Sureste de Dr. Arroyo. Fig 5.3.

5.2.0. Estratigrafía

Las características estatigráficas de Dr. Arroyo tienen una gran semejanza con los sedimentos que se encuentran en la porción Norte del Estado, es decir las rocas que afloran en en la mayor parte de la cuenca corresponden a sedimentos marinos del Jurásico y Cretácico, cubiertos por depósitos continentales del período Terciario Superior y Cuaternario como se muestra en la figura No. 5.4., mostrando de igual manera las Formaciones principales y su posición estratigráfica en la región.

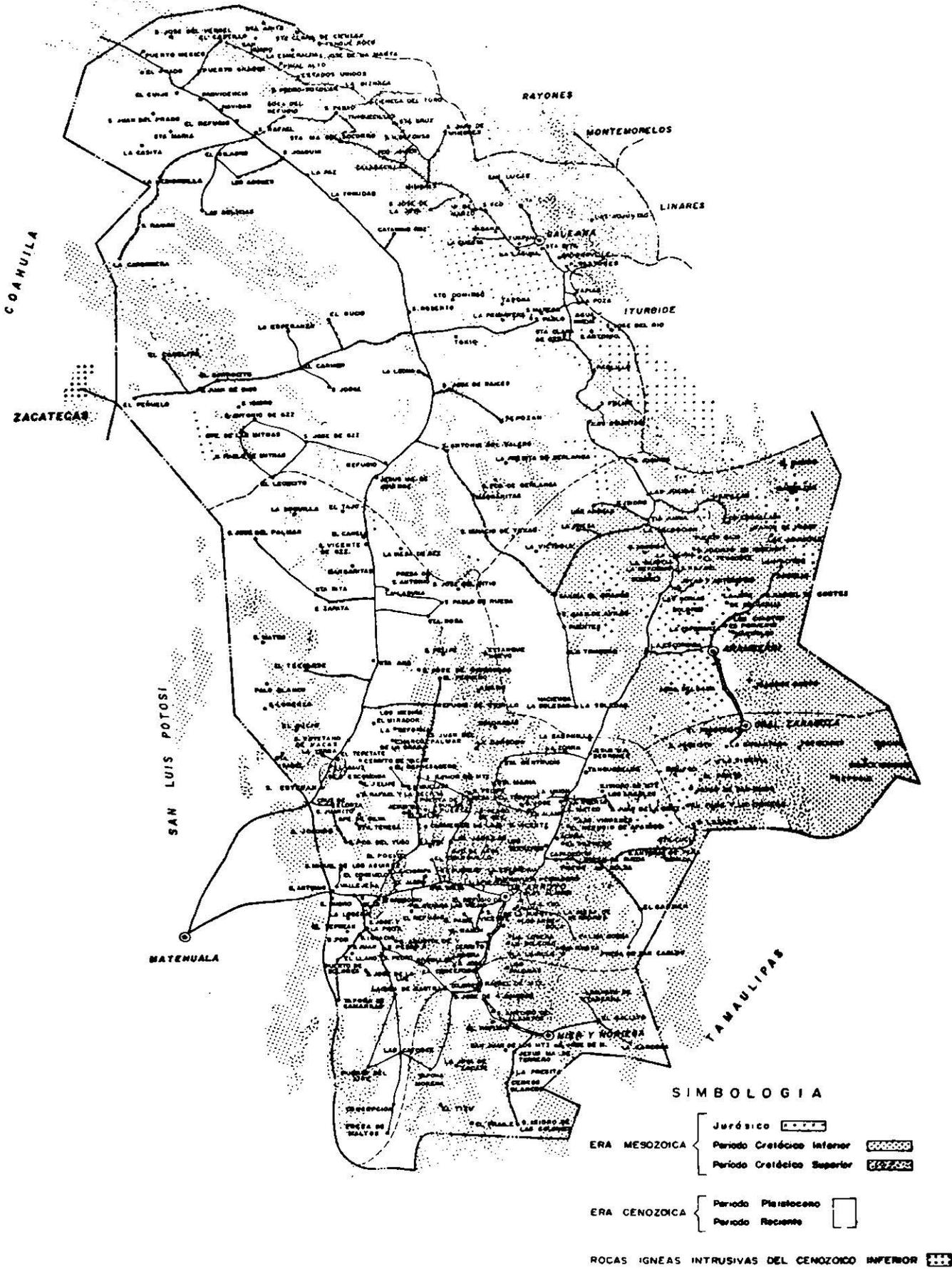


FIGURA 5.3. GEOLOGIA EN EL SUR DE N.L.

PERIODO	FORMACION	LITOLOGIA.	
CUATERNARIO			
TERCIARIO (?) (Conglomerados)			ACUIFEROS (?)
CRETACICO	MENDEZ		CONFINANTE SUPERIOR
	SAN FELIPE		
	AGUA NUEVA		
	ABRA CUESTA DEL CURA.		ACUIFEROS CALCAREOS
	TAMAULIPAS		
	OTATES		
	TAMAULIPAS INF.		
	TARAISES		
JURASICO	LA CASITA		CONFINANTE INFERIOR
	OLVIDO		

Fig. No. 5.4. Columna Estratigráfica del área de Dr. Arroyo, N.L.

5.3.0. Formaciones geológicas.

La descripción estratigráfica general de las Formaciones dentro de la cuenca de Dr. Arroyo es la siguiente:

5.3.1. PERIODO JURASICO SUPERIOR.

5.3.1.1. Formación Olvido.

Los afloramientos de la Formación están entre la Meseta Plegada Central y las prominentes elevaciones de la Sierra Peña Nevada, calculándose su espesor aproximadamente en 250 metros. Así mismo la litología de la Formación consiste de capas alternantes de yeso, lutitas y calizas color gris obscuro.

5.3.1.2. Formación La Casita.

La litología de esta unidad consiste de lutitas laminares color gris obscuro, intercalado con calizas arcillosas, aflorando al Este del Ejido de Peña Nevada, con un espesor aproximado de 150 m. Se considera como un confinante inferior de los acuíferos calcáreos.

5.3.2. PERIODO CRETACICO.

5.3.2.1. Formación Taraises.

El espesor de la Formación es aproximadamente de 30 m., consistiendo principalmente de capas de calizas arcillosas,

de color gris claro, aflorando en la porción Oriental de Dr. Arroyo cerca de la población de San Francisco. La consideración que se hace de la unidad es que actúa como acuífero, debido a la predominancia calcárea.

5.3.2.2. Formaciones Tamaulipas Inferior y Tamaulipas.

Las afloraciones de estas Formaciones consisten principalmente de calizas de textura fina, de color gris y gris oscuro, la mayoría de las calizas son bastante compactas, sin embargo el fracturamiento de las mismas afecta su permeabilidad, comportándose como acuíferos calcáreos.

5.3.2.3. Formación Cuesta del Cura.

Se caracteriza por tener capas delgadas de calizas grises, con abundantes lentes de pedernal negro, con un espesor aproximado de 250 m., teniendo en consideración que debido al fracturamiento y al hecho de formar la mayor superficie de recarga, esta unidad es uno de los acuíferos calcáreos de mayor importancia, pues esta Formación fue depositada en aguas relativamente profundas y tranquilas.

5.3.2.4. Formación El Abra.

Esta unidad fue depositada en aguas cálidas y someras ocupa una extensa porción del área de recarga, y la mayor parte de su permeabilidad depende del fracturamiento.

5.3.2.5. Formación Agua Nueva.

Aflora principalmente en la porción central de Dr. Arroyo, consistiendo su litología de calizas arenosas y arcillosas de color gris claro, lo que la hace fácilmente erosionable y por lo tanto se encuentra en las partes bajas y suaves de las estructuras.

5.3.2.6 Formación San Felipe.

En la región de Dr. Arroyo aflora en algunos sitios estructuralmente bajos, principalmente en las partes centrales de algunos sinclinales, el espesor aproximado que se reportó es de 180 m., consistiendo de alternaciones de lutita color gris verdosos y calizas arcillosas, se considera como una unidad confinante para las calizas.

5.3.2.7. Formación Méndez

La litología de esta unidad se forma principalmente por lutitas laminares gris y gris verdoso con escasas intercalaciones de capas delgadas de calizas arcillosas, la composición litológica de esta Formación la hace ser el confinante superior más efectivo que cubre a las calizas.

El espesor en esta área no rebasa los 300 m., existiendo partes en los que se aproxima a los 800 m.

5.3.3. PERIODO TERCIARIO. (Terciario Superior)

La estratigrafía de este período incluye a los conglomerados fluviales, arenas y limos que afloran en la porción Suroriental de Dr. Arroyo, se considera que por las características texturales de los sedimentos terciarios es probable que presenten condiciones favorables en el subsuelo.

5.3.4. PERIODO CUATERNARIO.

Los sedimentos del Cuaternario consisten en depósitos terrígenos formados por conglomerados, arenas limos y arcillas que cubren a los sedimentos del terciario, no se tienen datos precisos relacionados con el espesor, sin embargo se consideran con un orden de 100 m., existiendo algunos lugares donde el espesor es mayor.

Los sedimentos terrígenos del Cuaternario que afloran en la región de Dr. Arroyo se dividieron en cuatro categorías de la siguiente forma:

5.3.4.1. Sedimentos de Piedemonte (Qp).

Formados en las zonas de las diferentes sierras, constituidas principalmente por gravas mal graduadas con mezcla de arena y escaso limo y arcilla, que son cubiertos por una capa gruesa de caliche.

5.3.4.2. Sedimentos Transicionales (Qt).

Este tipo de sedimentos consiste de rellenos terrígenos que tienen la característica de haber sido depositados por corrientes fluviales o como producto del transporte eólico, consiste principalmente de limos arenosos, arcillosos y ligeramente conglomeráticos adyacentes a las zonas de piedemonte.

5.3.4.3. Sedimentos Fluviales (Qf).

Como su nombre lo indica son los sedimentos formados a lo largo de los arroyos, consistiendo esencialmente de gravas bien arredondadas y bastante clasificadas, con sedimentos finos del tamaño de limo y arcillas.

5.3.4.4. Sedimentos Aluviales (Qb).

Están constituidos por sedimentos aluviales formados de limos arcillosos y arcillas, que fueron depositados en las partes centrales de los valles y en la parte Sur del valle de Dr. Arroyo.

VI.- HIDROGEOLOGIA

6.0.0. Localización y distribución de los acuíferos.

Dentro del Estado de Nuevo León la gran semejanza que guardan las características estratigráficas de los sedimentos que se encuentran entre la porción Norte y la porción Sur son de importancia ya que se cuenta con espesores de caliza que se consideran como acuíferos.

En la figura No. 5.4. del tema estratigrafía se observa que las calizas acuíferas corresponden a las formaciones Taraises, Tamaulipas inferior, Otates, Tamaulipas, el Abra y La Cuesta del Cura.

Así mismo el Estado de Nuevo León cuenta con dos tipos principales de acuíferos; en relleno tipo regional y los de caliza o confinados.

El tipo de acuífero de relleno se localiza en los valles intermontanos cubiertos por rellenos, presentándose en la zona de Dr. Arroyo.

Los acuíferos en caliza se puede decir que se localizan a lo largo del frente de la Sierra Madre Oriental, distribuyéndose por debajo de la planicie en donde se alojan los acuíferos en relleno.

Para la distribución y localización de los acuíferos en la cuenca de Dr. Arroyo, las consideraciones que anteriormente fueron descritas en cada tipo de Formación

dentro del tema de estratigrafía son de gran importancia al tratar de establecer perforaciones en las áreas en las que se cuenta con calizas, debido a la condición estructural de los sedimentos, pudiéndose producir derrumbes en los pozos y dificultar la perforación, por lo que es necesario efectuar observaciones cuidadosas de campo para proponer sitios de interés en la exploración geohidrológica de las áreas con calizas.

Dentro del área de Dr. Arroyo se ha preparado una lista de 19 zonas de interés, determinando la profundidad aproximada de las calizas, teniendo en la cuenca de estudio las siguientes zonas de interés, aclarando que la determinación de la profundidad es puramente estimada, ya que no se utilizó información de la geofísica o algún otro método más directo.

ZONA DE INTERES	PROFUNDIDAD APROXIMADA A LAS CALIZAS (metros).
=====	=====
Albercones.	210
La Trinidad.	50
Anticlinal la Lobera.	Aflorando
Anticlinal San Vicente de la Puerta.	225

6.1.0. Características de los acuíferos.

Tomando en cuenta que en la cuenca se carece de un número adecuado de perforaciones profundas que nos permitan tener una piezometría adecuada, se consideró que en los

acuíferos existentes dentro de la Cuenca de Dr. Arroyo el flujo general del agua es en dirección de Oeste a Este.

En el caso de la zona de Dr. Arroyo es posible que las aguas procedan de calizas subyacentes, por lo que se consideraría como una zona limitada en lo que al agua subterránea respecta, de tal manera que los niveles estáticos en los valles intermontanos llegan a tener valores de orden de 160 mts, teniendo una extracción de aguas de aproximadamente 1.5 miles de metros cúbicos por año y con recarga de 69.0 miles de metros cúbicos por año. Fig. 6.1.

Los acuíferos en caliza son aquellos que permiten almacenar agua en las fracturas y juntas de los estratos calcáreos, este tipo de acuíferos se hace presente dentro de la cuenca de Dr. Arroyo, teniendo una pequeña área de recarga localizada hacia el Suroeste de la cabecera municipal, de igual manera se encuentran localizados hacia el mismo rumbo los acuíferos confinados presentando una explotación y gastos apreciables con aproximadamente 5 a 100 lts/seg, siendo vitales para el uso doméstico; y de igual manera se presenta una mayoría de acuíferos en caliza con formaciones compuestas por lutita y arcilla con gastos raquíuticos de 1 a 2 Lts/seg, son gastos pobres y su calidad es salina, por lo que se consideran con poca importancia desde el punto de vista agrícola. (anexo cartográfico plano de aguas subterráneas).

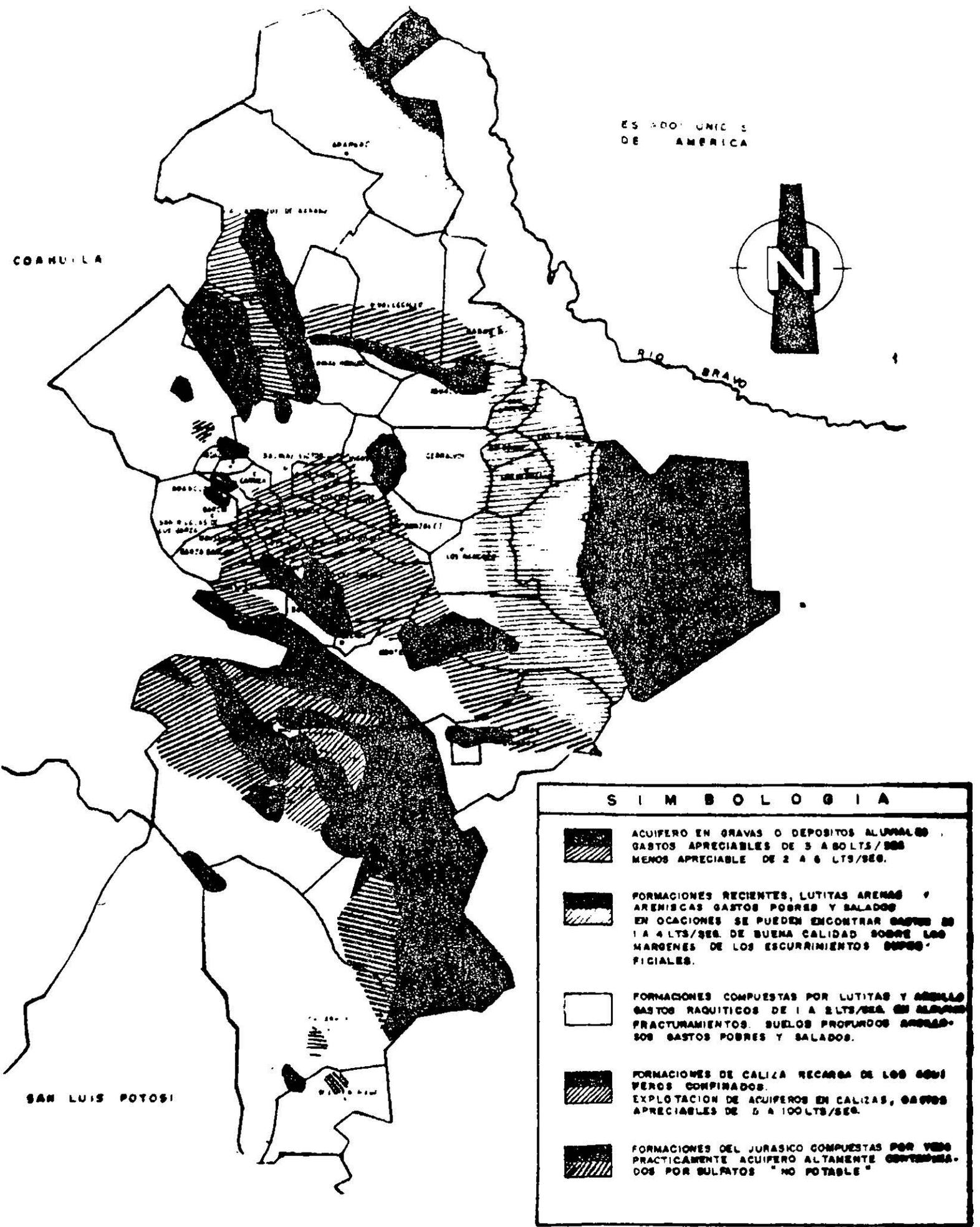


Fig. 6.1 Acuíferos del Estado de N. L.

Particularmente se pudiera considerar que en la cuenca la unidad geohidrológica que se presenta en una mayor parte de la superficie estudiada es la de material granular con posibilidades, es decir el material de los acuíferos es tipo granular y no existen obras para aprovechar las aguas subterráneas por eso se considera con posibilidades y con características de recarga. (Ver Anexo cartográfico Plano aguas subterráneas).

6.2.0. Disponibilidad y calidad del agua.

La disposición del agua que se encuentra en estado tolerable dentro de la cuenca esta disponible hacia el Suroeste de la cabecera municipal en un porción aproximada del 10% del área total de la superficie estudiada (Plano aguas subterráneas), teniendo un rango de sólidos disueltos entre 525 y 1,400 mgr/lto; siendo importante recordar que las aguas subterráneas de Dr. Arroyo son las que tienen mayor concentración salina, por lo que se deduce que probablemente no se pueda utilizar para propósitos de consumo humano.

Dentro de el ejido de Cerrito del Aire se tienen perforaciones realizadas por parte de Sisteleón con aproximadamente 10 años de haberse realizado, y cuyo funcionamiento es la de hacer extracción de agua por bombeo hacia la parte alta a un estanque y posteriormente se bombea por tubería a los ejidos de las cercanías, siendo las

poblaciones de San José de Flores, San Vicente de la Puerta, y San Isidro los ejidos beneficiados por el suministro de agua potable.

De igual manera la calidad del agua de los pozos que se encuentran dentro del área y que fueron analizados químicamente se clasificaron de la siguiente manera (C₃-S₁), es decir que son altamente salinos y con bajo contenido de sodio, por lo que no se deben usar en suelos con drenaje deficiente, recomendándose que se rieguen solamente los vegetales que son muy tolerantes a las sales. (Ver Cuadro No. 6.1.).

Cuadro No. 6.1. Análisis químico del agua subterránea en los pozos dentro de la cuenca de Dr. Arroyo.

#	Obra	Calidad de agua	Ca *	Mg *	Na *	K *	Cl *	CE **	PH	RAS	SO ₄ *	HCO ₃ *
45	Pozo	C ₃ -S ₁	78	27.6	62.1	3.9	117	0.9	7.6	1.52	100	231.8
55	Pozo	C ₃ -S ₁	58	40.8	126.	7.8	149	1.2	7.7	3.08	129	286.7

El agua del pozo # 55 se encuentra a un nivel estático de 360 m., con una profundidad total de la obra de 873 metros y con gasto de 6 lts/seg. teniendo uso doméstico.

* Las unidades estan en mg/Lto.

**La unidad de medida es mmhos/cm.

La localización de los pozos (45 y 55) se muestra en el plano de aguas subterráneas en el anexo cartográfico.

6.3.0. Areas de recarga y áreas de veda.

Dentro de la cuenca de Dr. Arroyo se considera que existen áreas de recarga hacia el lado Sureste y Oeste de la Cabecera Municipal, con una localización aproximada entre las latitudes $23^{\circ}31'$ a $23^{\circ}43'$ al Norte y en los meridianos $100^{\circ}06'$ a $100^{\circ}13'$ de longitud, en el lado Oeste se presentan en las latitudes $23^{\circ}44'$ a $23^{\circ}33'$ y los meridianos $100^{\circ}14'$ a $100^{\circ}17'$, ver anexo cartográfico plano de Aguas subterráneas.

Así mismo se considera que en la cuenca no existen áreas de veda, y probablemente tampoco existan áreas sub explotadas y áreas en equilibrio.

VII.- HIDROLOGIA

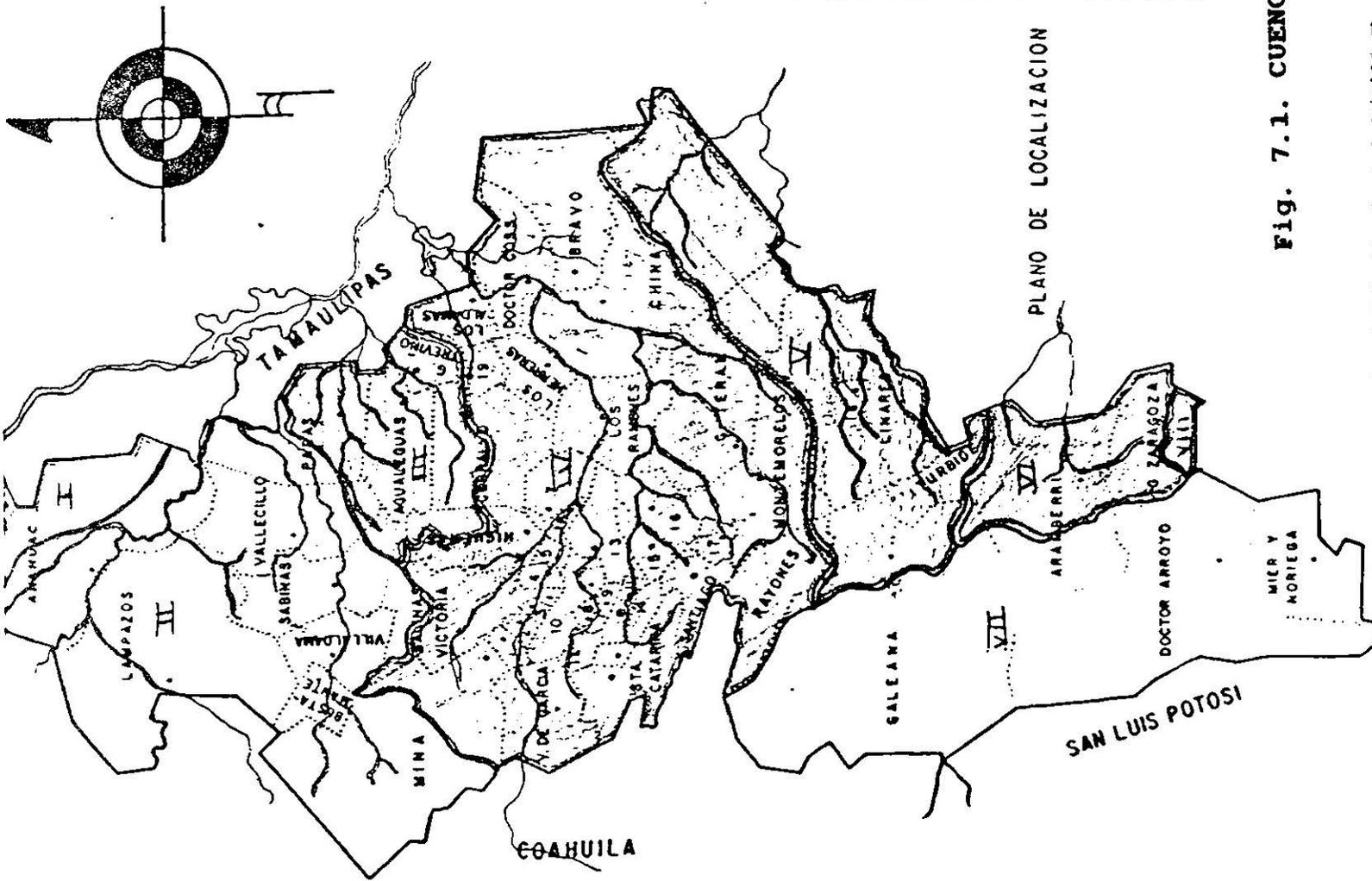
7.0.0. Aguas Superficiales.

El Estado de Nuevo León está comprendido dentro de algunas Regiones Hidrológicas, como la del Río Bravo, San Fernando-Soto La Marina y el Salado en la porción Sur-Suroeste, con una superficie de 12,373.772 Km² dentro del Estado.

El área de estudio se encuentra situada en la Región Hidrológica (No.37) "El Salado", figura 7.1., cuenca (H) "Sierra Madre", y en la Subcuenca (c), "Dr. Arroyo". Ver plano de ubicación hidrológica en el anexo cartográfico.

Las avenidas en estas cuencas resultan un tanto desorientadoras, ya que por su tamaño y por su forma los coeficientes medios de los escurrimientos y las reducidas láminas de lluvia sí llegan a producir corrientes, pero de corta duración o sea de tipo torrencial. Estas cuencas de momento no presentan contaminación que afectan la ecología de la zona.

Entre las unidades hidrológicas que predominan en el área de estudio son avenidas de tipo torrencial (arroyos de régimen intermitente y escurrimientos turbulentos), arroyos de pendiente moderada y escurrimientos laminares o lentos.



- 1- HIDALGO
- 2- ABASOLO
- 3- CARMEN
- 4- CIENEGA DE FLORES
- 5- S. ZUAZUA
- 6- MARIN
- 7- DR. GONZALEZ
- 8- ESCOBEDO
- 9- SAN NICOLAS DE LOS GARZA
- 10- APODACA
- 11- GUADALUPE
- 12- MONTERREY
- 13- PEQUERIA
- 14- O. GARCIA
- 15- JUAREZ
- 16- CADREYTA J
- 17- ALLENDE
- 18- HUALAHUISES
- 19- MELCHOR OCAMPO
- 20- COLOMBIA

No.	C U E N C A	AREA KMS ²	AREA X	LLUVIA EN MM.	VOLUMEN APORTADO LLUVIA MM3.	VOLUMEN DEMANDADO POR TONAS MM3	VOLUMEN ESCURRIDO FUERA EDO. MM3
I.	RIO BRAVO	2,630	4.1	459	1,207.2	-----	47.0
II.	RIO SALADO	13,619	21.1	482	6,564.4	241.5	132.6
III.	RIO ALAMO	3,246	5.0	564	1,830.7	151.2	114.0
IV.	RIO SAN JUAN	20,212	31.3	576	11,642.1	2,543.3	1,213.7
V.	RIO SAN FERNANDO	8,860	13.7	651	5,767.9	531.1	82.7
VI.	RIO SOTO LA MARINA	2,440	3.8	483	1,178.5	79.1	67.7
VII.	REGION DEL SALADO	13,048	20.2	386	5,036.5	2.0	20.0
VIII.	RIO PANUCO	500	.8	525	262.5	-----	14.0

Fig. 7.1. CUENCAS HIDROLOGICAS

Los análisis químicos de cinco muestras de aguas superficiales que fueron tomadas de la zona de estudio se muestran en el cuadro No. 7.1., en el cual se deducen los siguientes puntos respecto a la calidad del agua.

(C₂), Salinidad media, con conductividades eléctricas de 300 μ mos a 500 μ mos. se usa en riegos, siempre y cuando haya lavados moderados en el suelo, y sin necesidad de aplicar alguna práctica especial de control de salinidad, desarrollándose plantas moderadamente tolerantes a las sales.

(S₁), Aguas bajas en sodio; se usan para riego con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiables.

En el recorrido de campo se analizó en el ejido Ojo de Agua la calidad del agua de un pequeño estanque natural, siendo su Conductividad Eléctrica de 98 μ mos, resultando un agua excelente para el consumo humano.

La localización de las obras hidráulicas que se presentan en el cuadro No. 7.1. se encuentran señaladas en el plano de aguas superficiales en el anexo cartográfico.

Cuadro No. 7.1. Análisis Químico del Agua Superficial.

No.	Tipo de Obra	PH	C.E. μ mos/cm.	Calidad del agua	Observaciones (Usos)
56	Bordo	7.3	300	C ₂ - S ₁	Uso doméstico y Tierra Agrícola
64	Bordo	7.4	300	C ₂ - S ₁	Uso doméstico y Tierra Agrícola

Cuadro No.7.1. (Continuación).

No.	Tipo de Obra	PH	C.E. μ mhos/cm.	Calidad del agua	Observaciones (Usos)
70	Aljibe	7.1	350	C ₂ - S ₁	Uso doméstico.
72	Bordo	6.7	300	C ₂ - S ₁	Uso doméstico, Tierra Agrícola y Abrevaderos.
82	Bordo	7.0	500	C ₂ - S ₁	Uso doméstico y Tierra Agrícola

7.1.0. Localización y Delimitación de:

7.1.1. Región Hidrológica (37)

Se localiza en la Planicie Septentrional, situándose la mayor parte de esta a la altura del Trópico de Cáncer, comprendida geográficamente entre los 21°48' y los 25°23' de latitud norte; los 99°19' y 103°00' de longitud Oeste y delimita hacia el Norte con la RH (24) Río Bravo-Conchos, y la (36), al Este con las RH (25) San Fernando-Soto la Marina, y con la RH (26) Panuco, al Suroeste con la RH (12) Noroeste y al Oeste con la RH (36) como se observa en el plano de ubicación hidrológica del anexo.

7.1.2. Cuenca (H) Sierra Madre

La localización de ésta cuenca como se observa en el plano de ubicación hidrológica del anexo cartográfico, se

encuentra limitando hacia el norte con la cuenca (A) Sierra Madre Oriental, al Sur con la cuenca (G) San José-Los Pilares, al Poniente con la cuenca (B) Matehuala, todas de la RH 37, y hacia el Oriente con la cuenca (B) Río Tamesí de la RH (26) Pánuco.

7.1.3. Sub cuenca (c) Dr. Arroyo

Esta subcuenca se localiza geográficamente entre los $23^{\circ}17'$ y $23^{\circ}49'$ de latitud Norte y los $101^{\circ}30'$ y $100^{\circ}37'$ de longitud Oeste, delimitando al Sur con la Subcuenca (b) Bustamante, al Norte con la subcuenca (a) Sta. Ana, de la cuenca (A) Sierra Madre Oriental, al Poniente con la subcuenca (a) Tula y al Oriente con la subcuenca (b) Río Guayalejo de la cuenca (B) Río Tamesí de la RH (26) Pánuco. Ver plano de ubicación hidrológica en el anexo.

7.1.4. Cuenca Pequeña

Geográficamente se localiza en los $23^{\circ}30'$ y $23^{\circ}47'$ de latitud Norte y los $100^{\circ}04'$ y $100^{\circ}18'$ de longitud Oeste, la limitan geográficamente al Poniente El Reparó, El Refugio, y El Charquillo; al Oriente El Capadero y Palma Gorda; al Sur San Rafael de Martínez y San José Cuatro Caminos; al Norte San Pedro González y Mesa del Traidor.

7.2.0. Factores asociados con la cuenca

7.2.1. Area de la Cuenca

Utilizando la carta topográfica de escala 1:50,000 publicadas por DETENAL se realizó la delimitación del parteaguas que encierra el área de la cuenca bajo estudio.

El área total de la cuenca dentro del parteaguas se determinó con un planímetro, por medio del cual se midió la proyección horizontal del área sobre el plano topográfico, obteniendo de esta forma el área de la cuenca.

Area de la cuenca : 412.20 km².

7.2.2. Forma de la Cuenca.

Como se han tenido dificultades para saber con exactitud cuál es la forma de las cuencas de acuerdo a varios investigadores, y se han sugerido el uso de varias figuras geométricas, pero hasta el presente no existe una unidad de criterios que nos indiquen las formas, por lo cual Horton sugirió un factor adimensional de forma (Rf) como índice de la forma de la cuenca según la ecuación:

$$Rf = \frac{A}{Lb^2}$$

Donde:

Df = Forma de la cuenca

A = Area de la cuenca Km².

Lb = Longitud de la misma.

Así el valor de éste índice no implica una suposición especial para la forma de cuenca. Para un círculo el valor aproximado de $R_f = 0.79$; para un cuadro con salida en el punto medio de uno de los lados es $R_f = 1$; y para un cuadro con salida en una esquina el valor de $R_f = 0.5$.

En la cuenca se obtienen los siguientes datos:

Area = 412.2 Km^2 , Longitud de la cuenca = 31 Km.

$$R_f = \frac{412.20\text{Km}^2}{31 \text{ Km.}} = 0.4058272$$

La forma de la cuenca de acuerdo al índice propuesto por Horton, citado por Linsley (1977) fue de 0.4058272 y el valor se aproxima al valor de un cuadro con salida en una esquina o en forma aperada y viendo los planos es la forma que representa la cuenca.

7.2.3. Pendiente de la Cuenca.

Esta característica de la cuenca tiene gran influencia en el escurrimiento superficial, ya que es un factor dominante en la determinación de la forma del hidrograma y el tiempo de concentración de las aguas superficiales en el punto de control. Existen diversos criterios para evaluar la pendiente de una cuenca, dependiendo del uso posterior que se le vaya a dar al resultado o bien al criterio que lo

requiere. En este trabajo el criterio utilizado fue el de Nash, citado por Springall (1970).

Para realizar esta determinación, se requiere trazar una malla de cuadrados sobre el plano topográfico de la cuenca, de manera que se obtengan aproximadamente 100 intersecciones.

En cada intersección se mide la distancia mínima entre las curvas de nivel y la pendiente en ese punto se considera como la relación entre el desnivel y la mínima distancia medida. De esta forma se calcula la pendiente de cada intersección y su medida se considera como la pendiente de la cuenca.

Cuando la intersección ocurre en un punto entre dos curvas de nivel de igual magnitud, la pendiente se considera nula y no se toma en cuenta para determinar la media.

En nuestro caso se utilizó una malla de 20 divisiones sobre el eje "x" y 15 divisiones en el eje "y" dando un total de 300 intersecciones, de las cuales 182 quedan dentro de la cuenca. En el cuadro No. 7.2. se muestra la aplicación del criterio de Nash, donde se indica para cada intersección sus coordenadas (x, y), así como la mínima distancia medida entre las curvas de nivel para cada intersección, y su pendiente, la cual se considera como el desnivel entre curvas de nivel (0.05 Km) dividido entre la mínima distancia medida.

Cuadro No. 7.2. Pendientes y elevaciones en los puntos de intersección de la malla trazada para la cuenca pequeña Dr. Arroyo, N.L.

Distancia vertical entre curvas = 50 m.

Int.	Coordenadas		distancia mín. (Km)	Pendiente	Elevación
	X	Y			
1	0	12	-----	-----	2030
2	1	10	0.300	0.167	1930
3	1	11	0.400	0.125	1930
4	1	12	0.200	0.250	1965
5	1	13	0.500	0.100	1980
6	2	9	0.550	0.091	1900
7	2	10	0.400	0.125	1900
8	2	11	0.110	0.455	1950
9	2	12	0.250	0.200	1900
10	2	13	0.200	0.250	1930
11	3	3	0.700	0.014 *	1570
12	3	4	0.100	0.500	1650
13	3	5	0.450	0.111	1780
14	3	7	0.300	0.167	1760
15	3	8	-----	-----	1820
16	3	9	0.650	0.077	1800
17	3	10	1.350	0.037	1800
18	3	11	0.400	0.125	1810
19	3	12	0.450	0.111	1830
20	3	13	1.000	0.050	1890
21	4	2	0.600	0.017 *	1530
22	4	3	0.200	0.050 *	1530
23	4	4	1.000	0.050	1570
24	4	5	0.200	0.250	1650
25	4	6	0.200	0.250	1720
26	4	7	1.000	0.050	1660
27	4	8	1.200	0.042	1695
28	4	9	0.350	0.143	1720
29	4	10	0.650	0.077	1740
30	4	11	1.300	0.038	1750
31	4	12	1.500	0.033	1780
32	4	13	1.350	0.037	1790
33	4	14	0.150	0.333	1810
34	4	15	0.200	0.250	1930
35	5	1	1.300	0.038	1550
36	5	2	1.400	0.036	1570
37	5	3	1.450	0.034	1580
38	5	4	1.500	0.033	1590

Cuadro No. 7.2. (continuación)

Int.	Coordenadas		distancia mín. (Km)	Pendiente	Elevación
	X	Y			
39	5	5	1.600	0.031	1605
40	5	6	1.700	0.029	1630
41	5	7	1.100	0.009 *	1630
42	5	8	0.600	0.017 *	1650
43	5	9	1.900	0.026	1670
44	5	10	2.000	0.025	1680
45	5	11	0.400	0.125	1700
46	5	12	0.550	0.091	1750
47	5	13	2.000	0.025	1750
48	5	14	1.850	0.027	1890
49	5	15	1.500	0.033	1835
50	5	16	0.500	0.100	1900
51	5	17	0.200	0.250	2010
52	5	18	0.800	0.063	2050
53	5	19	0.150	0.333	2060
54	6	1	1.000	0.050	1600
55	6	2	1.050	0.048	1630
56	6	3	1.350	0.037	1640
57	6	4	1.300	0.038	1645
58	6	5	1.850	0.027	1645
59	6	6	1.550	0.032	1670
60	6	7	1.950	0.026	1660
61	6	8	2.000	0.025	1655
62	6	9	2.050	0.024	1650
63	6	10	0.750	0.013 *	1670
64	6	11	0.750	0.013 *	1698
65	6	12	0.500	0.020 *	1732
66	6	13	1.700	0.029	1730
67	6	14	1.250	0.040	1762
68	6	15	1.050	0.048	1850
69	6	16	0.300	0.167	1940
70	6	17	0.500	0.100	1960
71	6	18	0.650	0.077	2000
72	6	19	0.150	0.333	2100
73	6	20	0.250	0.200	2290
74	7	1	0.650	0.077	1692
75	7	2	1.200	0.042	1690
76	7	3	1.450	0.034	1690
77	7	4	0.350	0.143	1740
78	7	5	0.400	0.125	1710
79	7	6	1.150	0.043	1715
80	7	7	1.700	0.029	1700

Cuadro No. 7.2. (continuación)

Int.	Coordenadas		distancia mín. (Km)	Pendiente	Elevación
	X	Y			
81	7	8	1.950	0.026	1690
82	7	9	2.200	0.023	1666
83	7	10	0.500	0.020 *	1668
84	7	11	1.500	0.007 *	1670
85	7	12	0.700	0.014 *	1687
86	7	13	1.950	0.026	1711
87	7	14	1.250	0.040	1760
88	7	15	1.000	0.050	1870
89	7	16	0.400	0.125	2000
90	7	17	0.150	0.333	2030
91	7	18	0.250	0.200	2080
92	7	19	0.250	0.200	2080
93	8	1	0.700	0.071	1870
94	8	2	0.450	0.111	1800
95	8	3	0.650	0.077	1865
96	8	4	0.800	0.063	1780
97	8	5	0.500	0.100	1800
98	8	6	1.100	0.045	1788
99	8	7	1.500	0.033	1748
100	8	8	1.300	0.038	1732
101	8	9	1.400	0.036	1710
102	8	10	1.350	0.037	1718
103	8	11	0.350	0.029 *	1698
104	8	12	1.450	0.034	1700
105	8	13	2.100	0.024	1718
106	8	14	2.050	0.024	1748
107	8	15	0.400	0.125	1840
108	8	16	0.200	0.250	1990
109	8	17	0.100	0.500	2060
110	8	18	0.100	0.500	2150
111	9	1	0.400	0.125	1970
112	9	2	0.200	0.250	1920
113	9	3	0.050	1.000	1950
114	9	4	0.800	0.063	1850
115	9	5	1.150	0.043	1900
116	9	6	0.500	0.100	1860
117	9	7	0.750	0.067	1820
118	9	8	0.500	0.100	1810
119	9	9	0.750	0.067	1770
120	9	10	1.100	0.045	1768
121	9	11	1.450	0.034	1750
122	9	12	1.400	0.036	1750
123	9	13	0.950	0.053	1750
124	9	14	1.500	0.033	1780

Cuadro No. 7.2. (continuación)

Int.	Coordenadas		distancia mín. (Km)	Pendiente	Elevación
	X	Y			
125	9	15	1.350	0.037	1830
126	9	16	0.200	0.250	1950
127	9	17	0.150	0.333	2040
128	10	1	0.100	0.500	2000
129	10	2	0.300	0.167	1952
130	10	3	0.200	0.250	1935
131	10	4	0.200	0.250	2010
132	10	5	0.150	0.333	1955
133	10	6	0.800	0.063	1948
134	10	7	0.500	0.100	1875
135	10	8	1.000	0.050	1868
136	10	9	1.300	0.038	1840
137	10	10	0.900	0.056	1838
138	10	11	0.900	0.056	1835
139	10	12	0.700	0.071	1805
140	10	13	0.700	0.071	1818
141	10	14	1.000	0.050	1820
142	10	15	1.000	0.050	1850
143	11	1	0.150	0.333	2050
144	11	2	0.100	0.500	2210
145	11	3	0.200	0.250	2100
146	11	4	0.200	0.250	2120
147	11	5	0.150	0.333	2000
148	11	6	0.150	0.333	2010
149	11	7	0.550	0.091	1970
150	11	8	0.850	0.059	1928
151	11	9	0.900	0.056	1932
152	11	10	0.150	0.333	1920
153	11	11	0.150	0.333	2010
154	11	12	0.100	0.500	1940
155	11	13	0.650	0.077	2018
156	11	14	0.900	0.056	2030
157	12	1	0.150	0.333	2200
158	12	2	0.300	0.167	2300
159	12	3	0.150	0.333	2320
160	12	4	0.550	0.091	2180
161	12	5	0.300	0.167	2185
162	12	6	0.150	0.333	2200
163	12	7	0.150	0.333	2035
164	12	8	0.150	0.333	2100
165	12	9	0.200	0.250	2050
166	12	10	0.550	0.091	2070
167	12	11	1.600	0.031	2028
168	12	12	0.450	0.111	1930

Cuadro No. 7.2. (continuación)

Int.	Coordenadas		distancia mín. (Km)	Pendiente	Elevación
	X	Y			
169	12	13	-----	-----	2000
170	13	3	0.100	0.500	2400
171	13	4	0.250	0.200	2200
172	13	5	0.150	0.333	2200
173	13	6	0.350	0.143	2180
174	13	7	0.750	0.067	2115
175	13	8	0.250	0.200	2170
176	13	9	0.400	0.125	2170
177	14	4	0.900	0.056	2190
178	14	6	0.150	0.333	2320
179	14	7	0.100	0.500	2190
180	14	8	0.850	0.059	2170
181	14	9	0.450	0.111	2130
182	15	4	0.750	0.067	2250
P(182-3)=179 **				24.718	340691.000

Em= 1871.643

*Pendientes que se calcularon con un espaciamento vertical entre curvas de 0.01

**Se tienen 182 puntos, de los cuales en tres de ellos la pendiente es cero.

De acuerdo con el cuadro 7.2., el valor de la pendiente se obtiene por la siguiente ecuación, teniendo un valor de:

$$S_c = \frac{24.728}{179} = 0.138$$

Para obtener las pendientes calculadas en cada punto se analizaron estadísticamente con la finalidad de formar la gráfica de distribución de frecuencias y así tener una forma

más objetiva de la variación de la pendiente. Fig 7.2.

Para lograr el objetivo, se seleccionó un intervalo de clasificación de las pendientes de 0.01, tomando en cuenta, por ejemplo, que todas las pendientes con valores entre 0.005 y 0.014 pertenecen al valor de 0.01, de 0.015 a 0.024 corresponden al valor de 0.02, y así sucesivamente. Una vez establecido el intervalo de clasificación, analizando los valores de la pendiente, se determinó el intervalo al que pertenecían anotando las veces que se repetían en cada intervalo. Con lo anterior se calculó la frecuencia con que se cumplía cada pendiente, al dividir el número de veces que se repite en cierto intervalo entre el número total de puntos analizados, en este caso, 182 puntos totales.

Para finalizar se expresó la frecuencia en porcentaje además de calcular la frecuencia acumulada de la pendiente mayor o menor. De esta forma, el 66.48% del área de la cuenca tiene una pendiente igual o mayor de 0.05, el 5.50% tiene una pendiente igual o mayor que 0.047, etc. En la fig No. 7.2. tenemos la distribución gráfica de estos valores de las columnas 2 y 5 del cuadro No. 7.2.

De la fig. No 7.2. deducimos la pendiente media de la cuenca de Dr. Arroyo, vale 0.045.

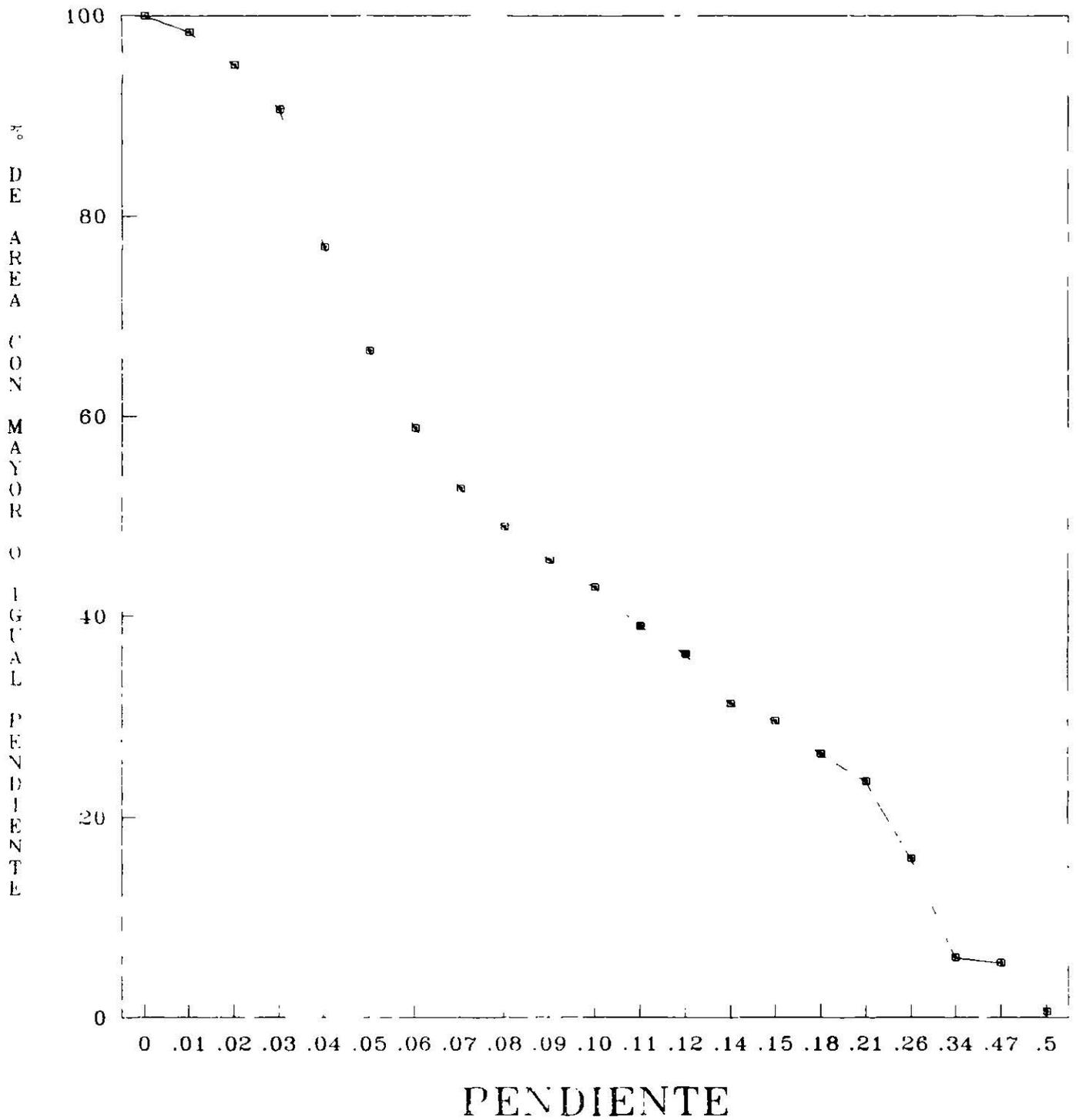


FIGURA 7.2
 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LAS
 PENDIENTES ANALIZADAS, CUENCA DR. ARROYO

Cuadro No. 7.3. Análisis estadístico de pendientes.

1	2	3	4	5
S(intervalo de clasificación)	n	n/182	n/182 (%)	n/182 % Acum
1.00	1	0.01	0.55	0.55
0.50	9	0.05	4.95	5.50
0.51	0	0.00	0.00	0.55
0.50	9	0.05	4.95	5.50
0.49	0	0.00	0.00	5.50
0.48	0	0.00	0.00	5.50
0.47	0	0.00	0.00	5.50
0.46	1	0.01	0.55	6.04
0.45	0	0.00	0.00	6.04
0.44	0	0.00	0.00	6.04
0.43	0	0.00	0.00	6.04
0.42	0	0.00	0.00	6.04
0.41	0	0.00	0.00	6.04
0.40	0	0.00	0.00	6.04
0.39	0	0.00	0.00	6.04
0.38	0	0.00	0.00	6.04
0.37	0	0.00	0.00	6.04
0.36	0	0.00	0.00	6.04
0.35	0	0.00	0.00	6.04
0.34	0	0.00	0.00	6.04
0.33	18	0.10	9.89	15.93
0.32	0	0.00	0.00	15.93
0.31	0	0.00	0.00	15.93
0.30	0	0.00	0.00	15.93
0.29	0	0.00	0.00	15.93
0.28	0	0.00	0.00	15.93
0.27	0	0.00	0.00	15.93
0.26	0	0.00	0.00	15.93
0.25	14	0.08	7.69	23.63
0.24	0	0.00	0.00	23.63
0.23	0	0.00	0.00	23.63
0.22	0	0.00	0.00	23.63
0.21	0	0.00	0.00	23.63
0.20	5	0.03	2.75	26.37
0.19	0	0.00	0.00	26.37
0.18	0	0.00	0.00	26.37
0.17	6	0.03	3.30	29.67
0.16	0	0.00	0.00	29.67
0.15	0	0.00	0.00	29.67
0.13	9	0.05	4.95	36.26
0.12	0	0.00	0.00	36.26

Cuadro No. 7.3. (Continuación)

1	2	3	4	5
S(intervalo de clasificación)	n	n/182	n/182 (%)	n/182 % Acum
0.11	5	0.03	2.75	39.01
0.10	7	0.04	3.85	42.86
0.09	5	0.03	2.75	45.60
0.08	6	0.03	3.30	48.90
0.07	7	0.04	3.85	52.75
0.06	11	0.06	6.04	58.79
0.05	14	0.08	7.69	66.48
0.04	19	0.10	10.44	76.92
0.03	25	0.14	13.74	90.66
0.02	8	0.04	4.40	95.06
0.01	6	0.03	3.30	98.35
0.00	3	0.02	1.65	100.00
SUMA	182	1	100	

7.2.4. Elevación de la cuenca.

(Curva y análisis hipsográfico)

La variación en elevación de una cuenca, así como su elevación media, puede obtenerse fácilmente con el método de las intersecciones. El mapa topográfico de la cuenca se divide en cuadrados de igual tamaño, considerando que por lo menos 100 intersecciones estén comprendidas dentro de la cuenca.

La elevación media de la cuenca se calcula como el promedio de las elevaciones de todas las intersecciones.

Muchas veces conviene calcular en una cuenca la gráfica

de distribuciones áreas-elevaciones. Esta gráfica se obtiene dibujando los porcentajes de área abajo o arriba de las distintas elevaciones. La curva área-elevación se considera como el perfil de la cuenca en comparación con su pendiente media en m/Km², siendo de uso estadístico. Fig 7.3.

Los datos área-elevación se obtuvieron utilizando el método de las intersecciones; en el cual se calcula el número total de intersecciones correspondiente al intervalo de elevación escogido.

La elevación media de la cuenca puede calcularse de la curva área-elevación como la elevación correspondiente al 50 por ciento del área.

Para aplicar el método de las intersecciones se usará la misma malla utilizada en la determinación de la pendiente.

En la última columna del tabla 7.2. aparecen las elevaciones correspondientes a cada punto de intersección. La elevación media es igual a la suma de todas las elevaciones entre el número total de intersecciones, o sea:

$$Em = \frac{340,369}{182} = 1,871.643 \text{ msnm}$$

Es decir que la altura o elevación media de la cuenca es de 1,871.643 msnm.

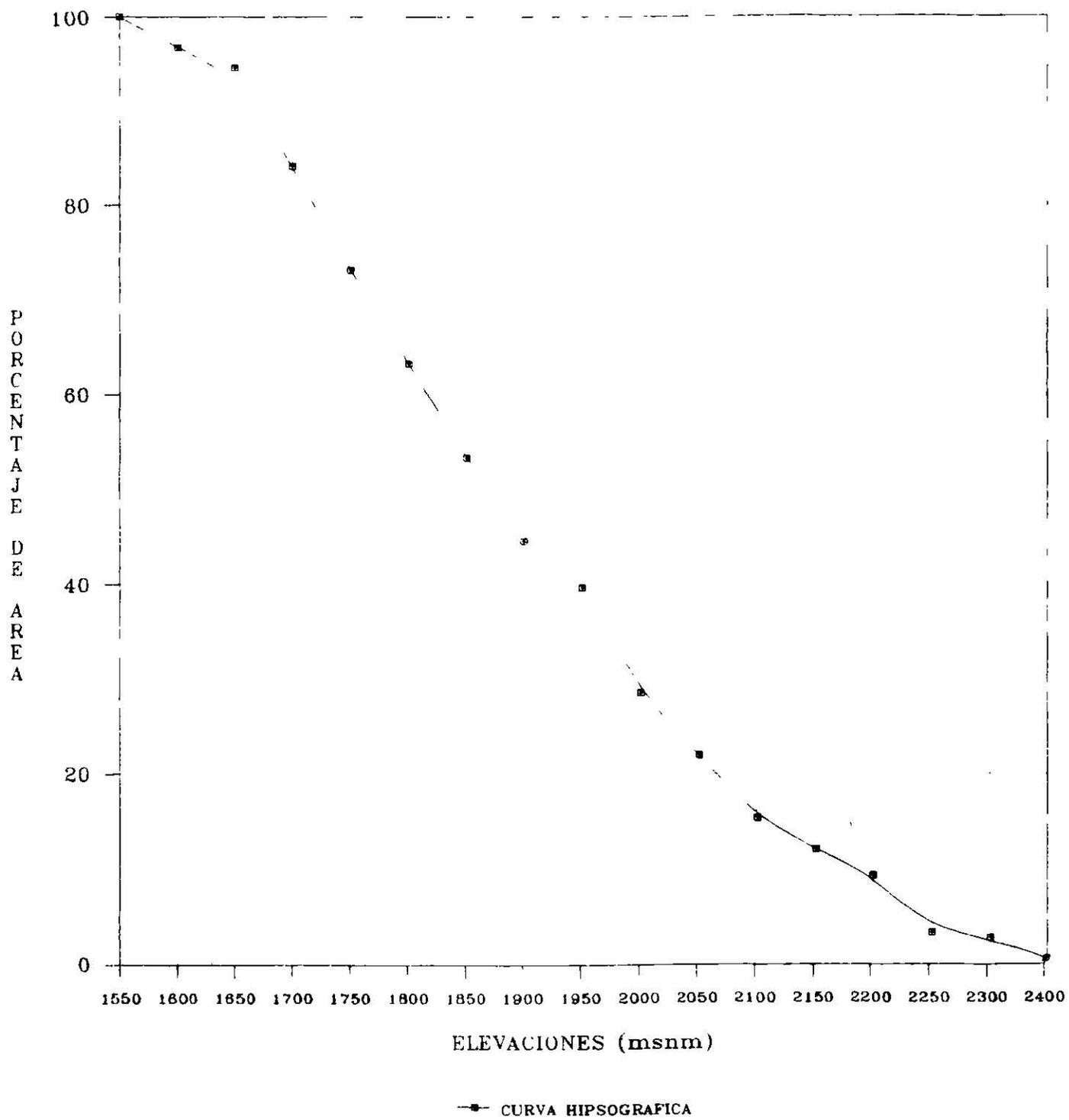


FIGURA 7.3
 DISTRIBUCION AREA-ELEVACIONES
 DE LA CUENCA DE DR. ARROYO.

Al trazar la gráfica de distribuciones de área-elevaciones se consideró un intervalo de clasificación para las elevaciones de 50 m suponiendo, por ejemplo, que todas las elevaciones comprendidas entre 2376 y 2425 corresponden a la elevación de 2400 m, entre 1326 y 2375 corresponden a la elevación de 2350 m, etc. En la columna 1 de el cuadro 7.3., se muestran los intervalos de clasificación analizados y, en la columna 2 el número de veces que las elevaciones quedaron comprendidas en dicho intervalo. En la columna 3 se tienen las frecuencias obtenidas de dividir los valores de la columna 2 entre 182, que es el total de intersecciones dentro de la cuenca.

Al aplicar este criterio, se considera que la elevación en cada intersección de la malla es representativa de un área igual a un cuadrado de esta, por lo que la frecuencia en porcentaje (cuadro 7.4 columna 4) se relaciona directamente con el área de la cuenca. Calculando la frecuencia acumulada de las elevaciones mayores a menores (cuadro 7.4 columna 5) se podrá especificar del porcentaje de área con una elevación mayor o igual que un determinado valor.

De el cuadro 7.4. se deduce, por ejemplo, que el 84.07 por ciento del área de la cuenca de Dr. Arroyo tiene una elevación mayor o igual que 1700 msnm y que solo el 12.09 por ciento corresponde a una elevación mayor o igual que 2150 msnm.

Cuadro No. 7.4. Relaciones área-elevaciones de la
cuenca de Dr. Arroyo, N.L.

ELEVACION MSNM	n	n/182	n/182 (%)	n/182 (%) acum.
2400	1	0.0055	0.55	0.55
2350	0	0.0000	0.00	0.55
2300	4	0.0220	2.20	2.75
2250	1	0.0055	0.55	3.30
2200	11	0.0604	6.04	9.34
2150	5	0.0275	2.75	12.09
2100	6	0.0330	3.30	15.39
2050	12	0.0659	6.59	21.98
2000	12	0.0659	6.59	28.57
1950	20	0.1099	10.99	39.56
1900	9	0.0495	4.95	44.51
1850	16	0.0879	8.79	53.30
1800	18	0.0989	9.89	63.19
1750	18	0.0989	9.89	73.08
1700	20	0.1099	10.99	84.07
1650	19	0.1044	10.44	94.51
1600	4	0.0220	2.20	96.70
1550	6	0.0330	3.30	100.00
SUMA	182	1.0000	100	

7.2.5. Indices.

7.2.5.0. Coeficiente de Compacidad (K)

El coeficiente de compacidad o índice de Gravelius, intenta explicar la forma de la cuenca a partir de un valor numérico, relacionando al perímetro de la cuenca con el área de la cuenca mediante la expresión numerica siguiente:

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

K = Índice de compacidad.

P = Perímetro de la cuenca. (107.8Km)

A = Area de la cuenca. (412.2 Km²)

El valor obtenido de la expresión es de 1.486698, lo que indica que la forma de la cuenca tenderá a ser alargada oblonga puesto que si el índice se aproxima a 1 la forma de la cuenca tenderá a ser circular, y si el valor se acerca a 2 será de forma alargada; y si se observan bien los planos de la cuenca se tiene que presenta una forma alargada ovalada oblonga.

7.2.5.1. Relación de Circularidad (Rc).

Segun Miller (1953) es la relación que existe entre el área de un círculo que tenga el mismo perímetro de la cuenca y queda expresada como:

$$Rc = \frac{4 \pi A}{P^2}$$

Donde:

Rc = Relación de circularidad.

A = Area de la cuenca(412.2 Km²).

P = Perímetro (107.8 Km.)

El valor calculado fue de 0.445738, lo cual se aproxima al 1 lo que indica que la forma de la cuenca es redondeada.

Los valores de 0.5 a 0.6 indica que la cuenca tiene relieves accidentados, y como el valor obtenido va de 0.4 a 0.5 representa una elongación marcada.

7.2.5.2. Proporción de Elongación (PE).

Segun Schumm (1956) ha propuesto la descripción de la forma de la cuenca a través del uso de la proporción de elongación que la define como la relación entre el diámetro de un círculo y la mayor longitud de ella paralela al cauce principal, se calcula mediante la siguiente expresión :

$$PE = \frac{D}{L} = \frac{1}{L} \left(\frac{4}{\pi} A \right)^{0.5}$$

Donde:

D = Diámetro de un círculo de igual área que la cuenca.

L = Mayor longitud de la cuenca (31 Km).

A = Area de la cuenca (412.2 Km²).

Para el cálculo de la proporción de elongación se obtuvo un valor de 0.7390049, lo cual indica que los valores de 0.6 a 0.8 son áreas con relieves y pendientes pronunciadas, como anteriormente fue señalado en el tema de área elevación.

7.3.0. Caracterización Morfométrica de la Red de Drenaje.

Una característica importante de una cuenca y que interviene de gran manera en los escurrimientos es la red de drenaje, y consiste en el número y trayectoria de los escurrimientos y su importancia está en la eficiencia del drenaje de la cuenca, que además es un indicador de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca.

Las características de una red de drenaje pueden describirse principalmente de acuerdo con el orden de las corrientes, longitud de tributarios, densidad de corrientes, densidad de drenaje y los patrones de drenaje.

7.3.1. Clases de corrientes

Para determinar el tipo de corriente se clasifican en tres clases dependiendo del tipo de escurrimiento, el cual involucra las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca, así tenemos que las corrientes existentes en la cuenca de Dr. Arroyo se clasifican en *efimeras e intermitentes*.

Las corrientes *intermitentes* son aquellas que llevan agua una gran parte del tiempo, pero principalmente en época de lluvia, terminando cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce. (ver plano de escurrimientos superficiales en el anexo cartográfico).

Las corrientes de caracter efímeras son aquellas que solo conducen agua inmediatamente después de que llueve, es decir sólo capta escurrimientos superficiales. (ver plano de escurrimientos superficiales en el anexo cartográfico).

7.3.2. Orden de las Corrientes.

Para obtener el orden de las corrientes de la red de drenaje dentro de la cuenca de Dr. Arroyo, después de que se analizaron los escurrimientos y las corrientes, se llegó a la conclusión de que la cuenca se compone de corrientes de primer orden, segundo orden, y tercer orden.

7.3.3. Longitud de Tributarios.

La longitud de los tributarios depende de la topografía del terreno, pues son los indicadores de la pendiente, en general las corrientes con buen drenaje tienen corrientes pequeñas y efímeras, en cambio las partes planas representan o tienen corrientes largas generalmente perennes.

En el área de estudio se puede decir que el drenaje es medianamente bueno debido a que presenta corrientes pequeñas y efímeras.

La longitud de las corrientes se mide en lo largo de toda la cuenca de estudio, considerando los meandros, y segmentos lineales de las corrientes, teniendo como longitud

total de los tributarios una extensión de 761.8 Km. en toda el área de estudio.

7.3.4. Densidad de Corrientes (Dc).

Esta característica es un indicador de la eficiencia de drenaje de una cuenca, tomando en cuenta que cuando se trate de dos cuencas diferentes con la misma densidad de corriente pueden estar drenadas en diferente forma, dependiendo de la longitud y disposición de sus corrientes.

Para determinar la densidad de corriente se expresa de la siguiente forma.

$$Dc = \frac{Nc}{A} \quad \text{Donde:}$$

Dc = Densidad de corrientes (ns/Km²).

Nc = Número de corrientes (990 Km).

A = Area total de la cuenca en Km² (412.2 Km²).

De acuerdo a la ecuación de la densidad de corrientes se obtuvo un valor de 2.4. ns/Km².

La baja densidad de corrientes principalmente se debe a la escases de los cauces principales.

7.3.5. Densidad de Drenaje (Dd).

Con esta característica se proporciona una información más real que la longitud de tributarios ya que expresa la longitud de las corrientes por unidad de área.

Esto implica que si se tiene una densidad alta se tiene una cuenca bien drenada que debe responder al rápido influjo de la precipitación; y una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada.

En los lugares donde el material del suelo es resistente a la erosión o muy permeable ocurren densidades de drenajes bajos, contrario a los valores altos de densidad de drenaje en las áreas con suelos fácilmente erosionables e impermeables y con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal.

Para obtener el valor de la densidad de drenaje se hace uso de la expresión siguiente:

$$Dd = \frac{L}{A} \quad \text{Donde:}$$

Dd = Densidad de Drenaje (Km/Km²).

L = Longitud total de los cauces de la cuenca (Km).

A = Area total de la cuenca en Km².

En el área de estudio se obtuvieron los siguientes valores:

L = 761.8Km.

$$A = 412.2 \text{ Km}^2.$$

$$Dd = 1.848131 \text{ Km/Km}^2.$$

De acuerdo a los resultados obtenidos en la ecuación anterior se podría asegurar que la cuenca de Dr. Arroyo presenta una área que es drenada en forma regular o media puesto que refleja una densidad de 1.84813 Km/Km² considerándose como un valor regular a bueno, debido principalmente a la presencia de las pendientes y relieves en el área de la cuenca.

7.3.6. Patrones de drenaje

En todo tipo de cuencas el avenamiento se ve controlado por el carácter físico y el porte de los rasgos superficiales, así mismo el análisis de las redes de avenamiento o patrones de drenaje nos ayuda a encontrar la dirección y el buzamiento de las capas rocosas.

De igual forma también nos indica la resistencia del suelo, así mismo los patrones de drenaje se ven afectados por varios factores entre los cuales podríamos mencionar a las pendientes de la superficie del suelo, dureza de la roca, topografía, vegetación, clima, textura del suelo, evaporación, e intensidad de lluvias entre otros.

Los patrones de drenaje son clasificados por su forma y por su textura; siendo su forma supeditada por la estructura de las rocas y la textura por la permeabilidad del suelo y

por el volumen de agua que penetrará al suelo.

Entre las formas de los patrones de drenaje podríamos mencionar seis diferentes tipos de avenamiento, entre ellos esta la dendrítica (ramificada como árbol), el enrejado, la radial, la paralela, la anular y la rectangular.

En la cuenca de Dr. Arroyo sólo existen dos patrones de drenaje siendo la forma *dendrítica* y la *subdendrítica* los patrones que predominan en el área. Fig 7.4.

La forma dendrítica nos indica que los materiales superficiales son homogéneos, normalmente sedimentarios. Por otra parte la forma subdendrítica es una forma modificada de la dendrítica probablemente el área avenada está cubierta por sedimentos resistentes y del mismo tamaño, desarrollándose cuando los ríos circulan desde áreas cuyos suelos ofrecen poca resistencia hacia otras zonas. Fig. 7.4.

7.3.7. Pendiente del Cauce Principal y su Perfil Longitudinal

En la zona del área de estudio de acuerdo a los trazos de los escurrimientos en las cartas topográficas y a la hidrología superficial de Dr. Arroyo, no se cuenta con cauces principales, quedando más cerca los nacimientos de río Pilón y el río Potosí en la parte de Galeana como corrientes perennes, en el plano de escurrimientos superficiales se puede observar estas características del cauce principal.

Los escurrimientos de el área de estudio se consideran

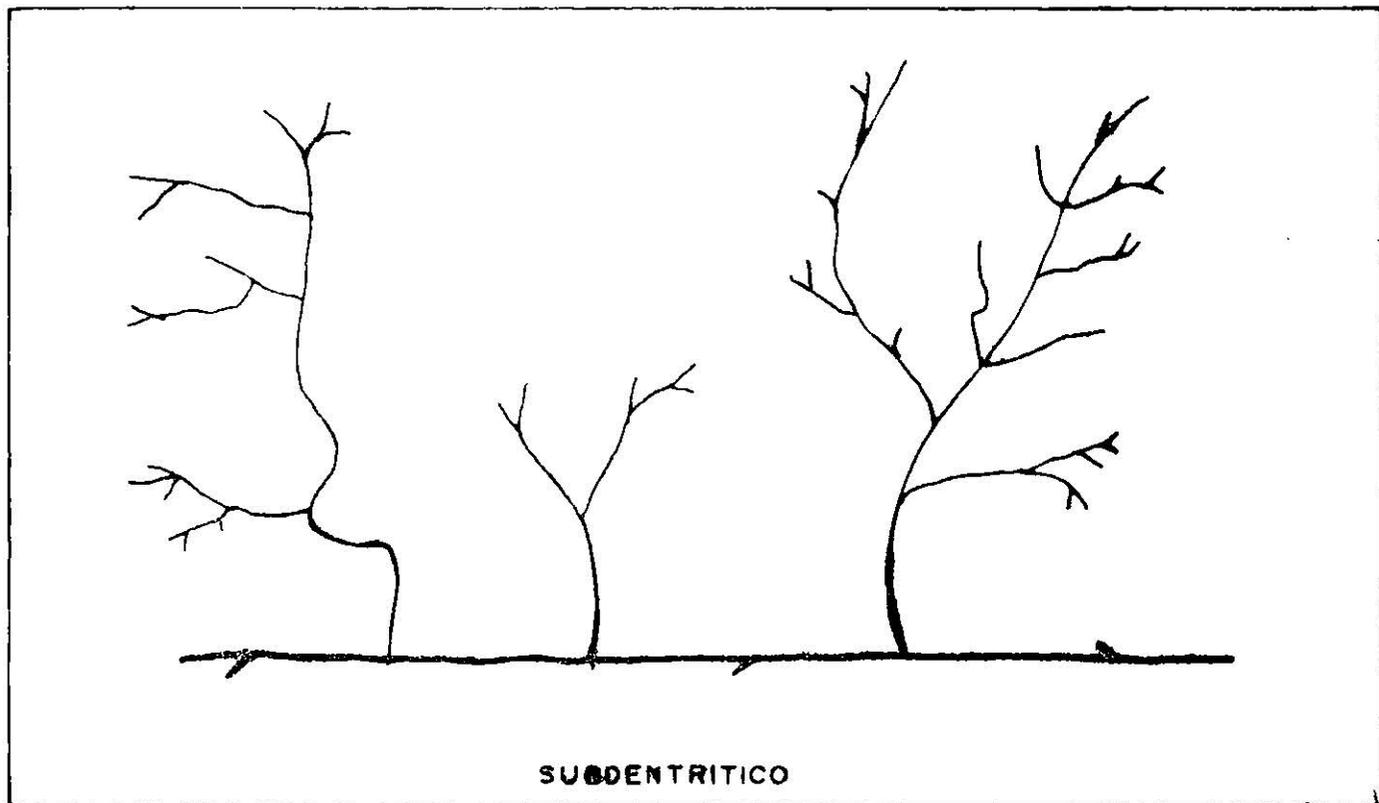
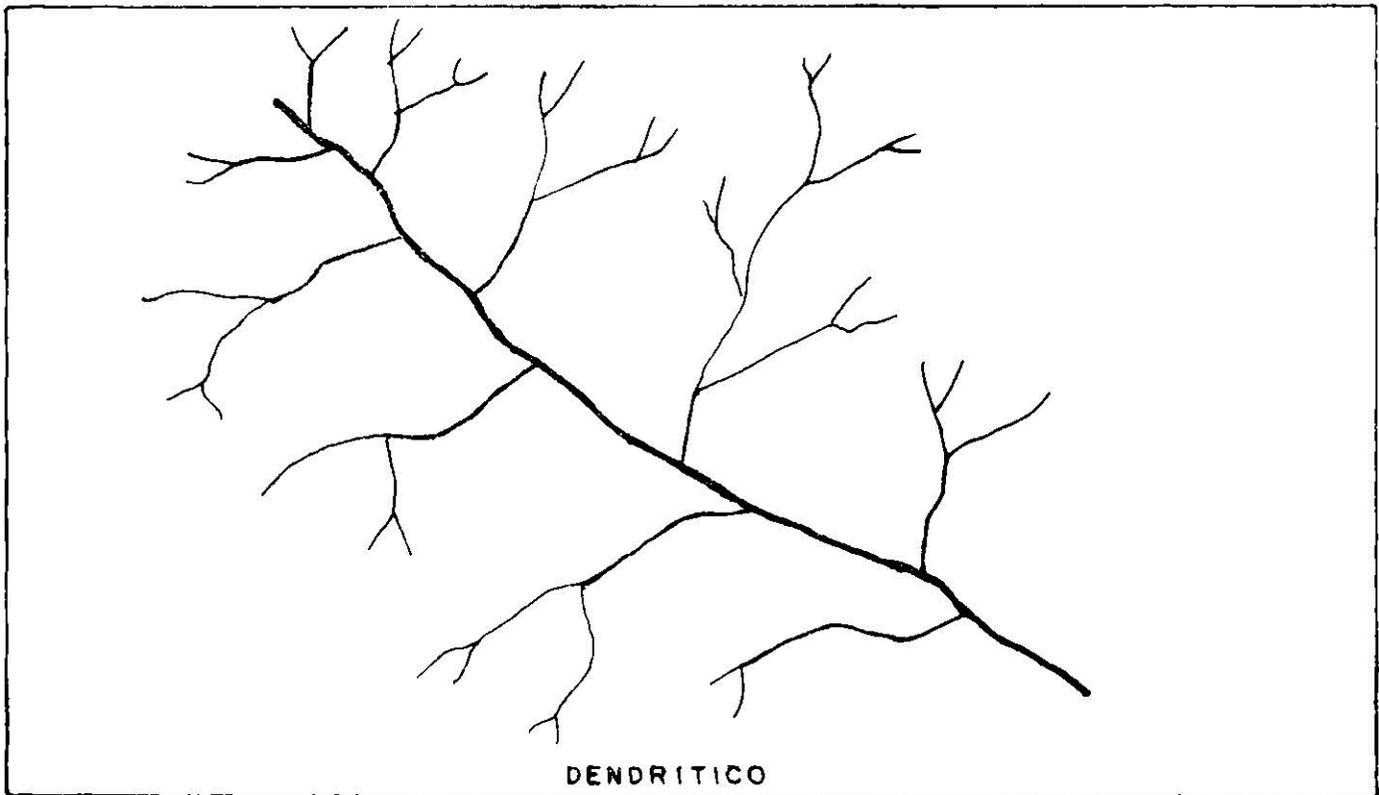


Fig. 7.4 Patrones de Drenaje en la Cuenca de Dr. Arroyo .

efímeros e intermitentes por lo tanto no se tomó en cuenta la pendiente del cauce principal ni su perfil longitudinal.

7.4.0. Escurrimientos

En lo que respecta a los escurrimientos diremos que es la parte o porción de la precipitación que fluye hacia los arroyos, canales, lagos u océanos como corriente superficial.

Para el cálculo del escurrimiento medio o volumen medio en las cuencas pequeñas o áreas de drenaje reducidas se necesita conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento, para el diseño de obras de conservación.

En base a las diversas fuentes de los escurrimientos estos se consideran como superficiales y subsuperficiales. En este caso los escurrimientos superficial son los que provienen de de la precipitación no infiltrada.

7.4.1. Escurrimiento medio anual

Para obtener este parámetro se usó el método de la Curva Numérica (CN), procedimiento empleado por el Servicio de Conservación de Suelos. Este método estima el escurrimiento promedio y el escurrimiento máximo de una cuenca a partir de la precipitación.

Específicamente se obtienen los escurrimientos por la

curva numérica (CN), Cuadro No. 7.5. que son una representación de los coeficientes de escurrimiento, estas curvas dependen del tipo de suelo, condición hidrológica y el uso del suelo.

Para la utilización de este método se hizo la división de la cuenca en pequeñas zonas, resultando un total de 35 zonas y se numeraron con números romanos como se observa en el cuadro 7.5., posteriormente se obtuvieron las áreas de dichas zonas en Km² y en hectáreas para hacer más comodo el uso de las ecuaciones.

En cuanto al tipo de suelo las 35 zonas se agruparon en cuatro grupos distintos dependiendo de las características de la textura del propio suelo, considerándose que los suelos dentro de la cuenca caen en tres diferentes grupos; los fluvisoles están dentro del grupo (B) pues tienen textura migajón arenosa, los chernozem, feozem, y los litosoles pertenecen al grupo (C), teniendo texturas migajón arcillosas, y las rendzinas, Xerosoles, y luvisoles entran en el grupo (D), presentando texturas altamente arcillosas.

Cuadro 7.5.

La condición hidrológica esta en base a la cubierta vegetal y su variación depende de la densidad de cobertura, agrupándola en tres grandes grupos que son las siguientes:

Condición hidrológica : Buena = cobertura > del 75%

Regular = cobertura entre 50 y 75%

Mala = cobertura < del 50%

Dentro de la cuenca de Dr. Arroyo se consideran dos tipos de condiciones hidrológicas de entre otras, una de ellas se considera como mala, puesto que se tienen coberturas vegetales menores del 50%, la otra condición es regular debido a que las coberturas vegetales se encuentran entre 50% y 75% debido a que en los últimos dos años se han tenido precipitaciones regulares. Cuadro 7.5.

En lo referente al uso del suelo tenemos que en la cuenca hay pastos naturales en condiciones de regulares a malas, además en los cultivos (agricultura de temporal) en términos generales, se tienen condiciones que se consideran como malas pues son cultivos manejados como monocultivos (maíz y frijol). Cuadro 7.5.

Para obtener la Curva Numérica se hizo uso de los grupos de suelos existentes en cada zona, así como también de la cobertura vegetal o condición hidrológica y el manejo que se le da al suelo (pastizales, agricultura de temporal bosques, etc.), teniendo como valores numéricos los que se muestran en el cuadro 7.5.

En la Condición antecedente de humedad (CAH) el escurrimiento aumenta a medida que es mayor el contenido de humedad en el suelo al momento que se presenta la tormenta, para este caso se utilizó la condición II en donde la precipitación acumulada en los cinco días previos a la tormenta es de 13 a 38 mm. o sea una condición de humedad de

antecedente semihúmeda.

Los valores que se obtienen para la curva numérica ajustada (CN*) son los mismos que se les dió a la Curva Numérica.

Para obtener la infiltración potencial (S) se hizo uso de la ecuación siguiente:

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad \text{Donde:}$$

S = Infiltración potencial.

CN = Curva Numérica.

Costantes = 25,400 y 254.

Depende de los factores edáficos, condiciones de la superficie y de la humedad antecedente.

La precipitación máxima anual (P) se obtiene sacando la probabilidad de lluvia con período de retorno de cinco años, resultando para este caso una precipitación de 50.34 mm.

Para obtener la escorrentía se utilizó la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{[P - (0.2)(S)]^2}{P + (0.8)(S)} \quad \text{Donde:}$$

P = Precipitación .

S = Infiltración Potencial.

Cte = (0.8 y 0.2).

Q = Escorrentía.

Esta ecuación permite hacer una buena aproximación del

escurrimiento para cuenca sin datos, de la misma manera el parámetro de escurrimiento por área (QA) se determina mediante el producto de el gasto por el área de cada pequeña superficie individual en que fueron divididas cada una de las 35 zonas, puesto que varían debido a las condiciones que presenten (humedad, uso del suelo, etc), para posteriormente sumarlas y obtener así el escurrimiento por área por zona.

Para obtener el escurrimiento medio (Qmed) para cada una de las 35 zonas se procede dividiendo las (QA) de dicha zona por su área correspondiente.

7.4.2. Escurrimiento máximo

Para obtener los escurrimientos máximos o cantidad de precipitación total escurrida para cada zona se determinó mediante la multiplicación de las (Qmed) por el área de la zona y obtener de esta manera el escurrimiento máximo de cada zona, para posteriormente al final mediante la suma de todas los escurrimientos medios de cada zona y así nos dará la cantidad escurrida total en la cuenca a partir de la precipitación, los valores obtenidos se observan en la última columna de el cuadro No. 7.5., siendo un total de 6,462.75 millones de metros cúbicos.

Cuadro No. 7.5 CALCULO DEL ESCURRIMIENTO PROMEDIO PONDERADO PARA LAS 35 ZONAS DE LA CUENCA DE DR. ARROYO.

ZONA	AREA (Hes)	USO DEL SUELO	CONDICION HIDROLOGICA	GRUPO DE SUELO	CM	CAH	CM*	S	P (mm)	Q (mm)	QA	Qmed (mm)	Q total escurrido miles de m ³
I													
	450.00	Agricultura de temporal	Mala	D	92	II	92	22.087	50.34	31.009	13953.900		
	60.00	Matorral	Regular	C	60	II	60	169.333	50.34	1.461	87.630		
SUMAS	510.00										14041.530	27.532	140.415
II													
	289.50	Agricultura de temporal	Mala	D	92	II	92	22.087	50.34	31.009	8977.009		
	342.50	Matorral	Regular	C	60	II	60	169.333	50.34	1.461	500.221		
SUMAS	632.00										9477.231	14.996	94.772
III													
	225.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	6559.689		
	145.00	Matorral	Regular	C	70	II	70	108.857	50.34	5.939	861.147		
SUMAS	370.00										7420.836	20.056	74.288
IV													
	1232.50	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	35932.520		
	257.50	Matorral	Regular	C	70	II	70	108.857	50.34	5.939	1529.277		
SUMAS	1490.00										37461.797	25.142	374.618
V													
	410.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	11953.211		
	150.00	Matorral	Regular	C	70	II	70	108.857	50.34	5.939	890.841		
SUMAS	560.00										12844.053	23.785	128.441
VI													
	1150.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	33527.300		
	585.00	Matorral	Regular	C	70	II	70	108.857	50.34	5.939	3474.281		
	450.00	Matorral	Regular	C	70	II	70	108.857	50.34	5.939	2672.524		
SUMAS	2185.00										39674.105	18.157	396.741
VII													
	962.50	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	28060.893		
	725.00	Matorral	Regular	C	70	II	70	108.857	50.34	5.939	4305.733		
	110.00	Agri-Tem	Mala	B	78	II	78	71.641	50.34	12.047	1325.125		
	250.00	Pastizal	Buena	C	74	II	74	89.243	50.34				
SUMAS	1825.00										33691.750	18.461	336.918
VIII													
	167.00	Matorral	Regular	B	45	II	45	310.444	50.34	0.462	77.176		
	82.50	Pastizal	Regular	C	80	II	80	63.500	50.34	14.008	1155.660		
	250.00	Agri.-Tem.	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	7288.544		
	102.00	Matorral	Regular	C	70	II	70	108.857	50.34	5.939	605.772		
SUMAS	602.00										1232.836	2.048	12.328

IX										
164.50	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	3972.210
132.50	Matorral	Regular	C	77	II	77	75.870	50.34	11.137	1475.696
112.50	Matorral	Regular	B	80	II	80	63.500	50.34	14.008	1575.901
62.50	Matorral	Regular	C	80	II	80	63.500	50.34	14.008	875.500
SUMAS	472.00									7899.307 16.736 78.993
X										
107.50	Matorral	Regular	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	2595.821
162.50	Matorral	Regular	B	77	II	77	75.870	50.34	11.137	1809.816
220.00	Matorral	Mala	C	80	II	80	63.500	50.34	14.008	3081.761
SUMAS	470.00									7487.398 15.931 74.874
XI										
600.00	Agricultura de temporal	Mala	C	88	II	88	34.636	50.34	24.147	14488.304
410.00	Matorral	Regular	B	70	II	70	108.857	50.34	5.939	2434.966
896.00	Matorral	Regular	D	77	II	77	75.870	50.34	11.137	9979.048
SUMAS	1902.00									26902.317 14.144 269.023
XII										
792.50	Agricultura de temporal	Mala	C	80	II	80	63.500	50.34	14.008	11101.344
892.50	Matorral	Regular	D	75	II	75	84.667	50.34	9.452	8435.730
SUMA	1670.00									11101.34 6.648 111.013
XIII										
75.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	2186.563
214.00	Matorral	Regular	C	60	II	60	169.333	50.34	1.461	312.547
15.00	Agri.-Temp.	Mala	C	91	II	91	25.121	50.34	29.154	437.313
SUMA	304.00									2936.42 9.659 29.364
XIV										
420.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	12244.753
182.00	Matorral	Regular	C	75	II	75	84.667	50.34	9.452	1720.227
SUMA	602.00									13964.98 23.198 139.650
XV										
342.50	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	8270.407
912.50	Matorral	Regular	C	75	II	75	84.667	50.34	9.452	8624.766
SUMA	1255.00									16895.17 13.462 168.952
XVI										
232.50	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	5614.218
125.00	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	413.416
837.50	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	2769.886
SUMA	1195.00									8797.52 7.362 87.975

XVII											
287.50	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	8381.825	
184.50	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	610.202	
SUMA	477.00									8992.03	18.851
XVIII											
460.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	13410.920	
200.00	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	661.465	
SUMA	660.00									14072.39	21.322
XIX											
407.00	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	9827.899	
145.00	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	479.562	
175.00	Pastizal	Regular	C	79	II	79	67.519	50.34	13.003	2275.484	
SUMA	727.00									12582.95	17.308
XX											
760.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	22157.172	
712.50	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	2356.470	
110.00	Pastizal	Regular	C	79	II	79	67.519	50.34	13.003	1430.304	
47.50	Agri.-temp.	Mala	C	82	II	82	55.756	50.34	16.175	768.326	
SUMA	1630.00									26712.27	16.388
XXI											
325.00	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	7847.831	
45.00	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	148.830	
SUMA	445.00									7996.66	17.970
XXII											
1112.50	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	26863.730	
587.50	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	1943.055	
62.50	Matorral	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	206.708	
SUMA	1770.00									29013.49	16.392
XXIII											
887.50	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	21430.616	
1072.00	Matorral y Bosque	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	8503.338	
40.00	Bosque	Regular	D	79	II	79	67.519	50.34	13.003	520.111	
50.00	Matorral	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	396.611	
37.50	Agri-temp	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	905.519	
SUMA	2087.00									31756.19	15.216
XXIV											
425.00	Agricultura de temporal	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	10262.548	
177.00	Matorral y Bosque	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	1404.003	
SUMA	602.00									11666.55	19.380

XXV											
112.50	Administración General	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	2715.27	
62.50	Administración General	Regular	D	79	II	79	67.519	50.34	13.003	812.63	
35.00	Administración General	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	277.22	
32.50	Administración General	Mala	C	81	II	81	59.580	50.34	15.065	489.00	
SUMA	1192.00									4236.6	3.604
											42.965

XXVI											
422.50	Administración General	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	1027.11	
852.50	Administración General	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	675.26	
147.50	Administración General	Regular	D	79	II	79	67.519	50.34	13.003	197.00	
50.00	Administración General	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	335.11	
62.50	Administración General	Mala	C	81	II	81	59.580	50.34	15.065	941.00	
SUMA	1535.00									2010.46	13.173
											202.205

XXVII											
62.50	Administración General	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	2016.11	
125.00	Administración General	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	413.41	
SUMA	820.00									20675.5	25.214
											206.756

XXVIII											
152.50	Administración General	Mala	D	91	II	91	25.121	50.34	29.154	4475.67	
252.50	Administración General	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	75.00	
147.50	Administración General	Regular	B	45	II	45	310.444	50.34	0.462	11.213	
SUMA	1872.00									45.01.2	24.316
											455.916

XXIX											
125.00	Administración General	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	307.397	
100.00	Administración General	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	79.009	
SUMA	1155.00									10550.42	9.648
											109.506

XXX											
62.50	Administración General	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	150.193	
172.50	Administración General	Regular	C	65	II	65	136.769	50.34	3.307	5.001	
202.50	Administración General	Regular	D	65	II	65	136.769	50.34	3.307	6.000	
132.50	Administración General	Regular	C	73	II	73	93.945	50.34	7.932	105.008	
SUMA	1775.00									13335.26	7.513
											133.357

XXXI											
102.50	Administración General	Mala	D	88	II	88	34.636	50.34	24.147	2537.371	
392.50	Administración General	Mala	B	45	II	45	310.444	50.34	0.462	1.300	
522.50	Administración General	Mala	C	80	II	80	63.500	50.34	14.008	747.27	
SUMA	1972.00									52.00.0	16.711
											329.532

XXXII											
265.00	Agricultura de Temporal	Mala	D	91	11	91	25.121	50.34	29.154	7775.856	
155.00	Macorrnal	Mala	C	80	11	80	63.500	50.34	14.008	2171.241	
310.00	Agri Temp	Mala	B	75	11	75	84.667	50.34	9.452	2930.058	
SUMA	730.00								12827.15	17.571	128.272
XXXIII											
832.50	Agricultura de Temporal	Mala	D	88	11	88	34.636	50.34	24.147	20102.521	
1619.50	Matorral y bosqu-	Mala	C	73	11	73	93.945	50.34	7.932	12346.228	
470.00	Macorrnal	Mala	B	80	11	80	63.500	50.34	14.008	6133.762	
25.00	Macorrnal	Mala	D	80	11	80	63.500	50.34	14.008	350.200	
SUMA	2947.00								37882.71	13.533	398.827
XXXIV											
222.50	Agricultura de Temporal	Mala	D	91	11	91	25.121	50.34	29.154	6486.804	
1018.00	Agri Temp	Mala	B	79	11	79	67.519	50.34	13.003	13256.813	
1415.00	Macorrnal	Mala	C	80	11	80	63.500	50.34	14.008	19821.327	
SUMA	2185.00								39544.94	18.098	395.449
XXXV											
75.00	Agricultura de temporal	Mala	D	91	11	91	25.121	50.34	29.154	2186.563	
216.50	Macorrnal	Mala	B	80	11	80	63.500	50.34	14.008	3032.733	
310.00	Macorrnal	Mala	C	85	11	85	44.824	50.34	19.860	6156.623	
SUMA	601.00								11375.92	18.897	113.759
ESCURRIMIENTO TOTAL PARA LA CUENCA										=	6462.75

7.4.3. Obras de Entarquinamiento

En la cuenca de Dr. Arroyo donde la agricultura se desarrolla bajo condiciones de temporal, se tienen rendimientos bajos debido a la falta de agua durante el desarrollo de los cultivos. Una de las formas para satisfacer parcial o totalmente las necesidades hídricas del cultivo, es utilizando el sistema por entarquinamiento, el cual consiste en utilizar las avenidas de los arroyos provocados por una cierta área de la cuenca, los cuales se unen en un punto para formar un arroyo provocado por los escurrimientos del agua de lluvia. Fig. 7.5

Los escurrimientos se derivan a una estructura hidráulica, la cual está provista de una obra de toma, la cual conduce los escurrimientos que provienen del área de la cuenca hacia el desarenador o disipador de energía cuya función es la de disminuir la velocidad del agua y controlar los arboles para posteriormente pasar al canal de riego y desfuegos. Fig. 7.6

El canal de riego, como se observa en la figura 7.6. es construido a base de concreto, conduciendo los escurrimientos por acción de la gravedad aprovechando la pendiente de los mismos.

Ese canal tiene salidas laterales ubicadas en cada una de las parcelas o melgas a entarquinar, como se muestra en la figura 7.6. por medio de las cuales el agua entra a cada una

de las mismas, además de las salidas laterales, el canal de riego cuenta con una serie de disipadores colocados después de cada salida lateral.

La función de los disipadores es la siguiente: una vez que el agua entra por el canal de riego, al llegar al primer disipador, este se encarga de amortiguar la acción erosiva de la misma y a la vez levanta un tirante hidráulico hasta una determinada altura para regular el gasto que entra a cada melga y posteriormente seguir el mismo proceso en las siguientes melgas, las cuales son conocidas como áreas de entarquinamiento las cuales se observan en la figura 7.5., ya que quedan totalmente inundadas dependiendo de la altura del bordo. El proceso continúa hasta llegar al final del canal el cual está abierto para desalojar los excedentes de agua.

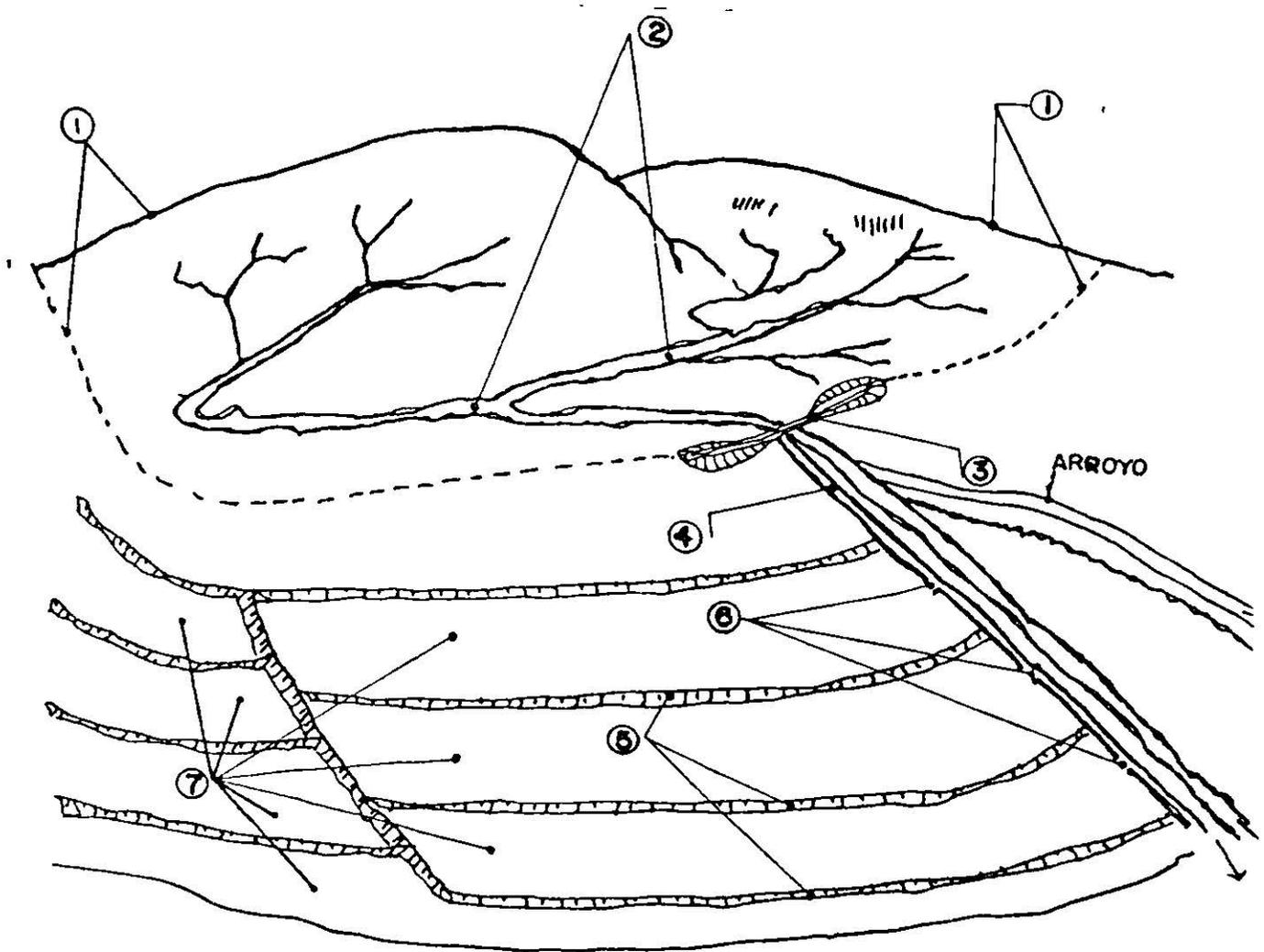
Las salidas laterales están ajustadas a una pendiente igual a cero con respecto a cada uno de los bordos de tierra y a los disipadores los cuales tienen una altura de 10 cm.

7.4.4. Metodología para la realización de la Obra Derivadora

1.-Localización de la cuenca (plano de Aguas superficiales del anexo cartográfico).

2.- Determinación del área.

La determinación del área de la microcuenca se realizará en base a las cartas topográficas, en caso de microcuencas



Esquema de Entarquinamiento utilizando las avenidas de una cuenca.

- 1.-Límite de la cuenca.
- 2.-Arroyos
- 3.-Obra para derivar el agua proveniente de la cuenca
- 4.-Canal de riego y desfogue
- 5.-Bordos de la terraza.
- 6.-Entradas y Salidas laterales
- 7.-Area de entarquinamiento.

Fig 7.5 ENTARQUINAMIENTO DE CARACTER TEMPORAL

que no logren espaciarse en la cartografía, la delimitación se hará en el campo por el método de las radiaciones.

3.- Localización del sitio de derivación.

Se realizará un recorrido del área agrícola para determinar el punto de mayor elevación y de ahí realizar una nivelación diferencial con un nivel montado, hasta el lugar donde se pretende construir la obra derivadora.

4.- Determinación de la pendiente.

La pendiente se calculará para cada tramo de 10 metros de longitud del cauce en la que se haya ubicado la huella de máxima avenida.

5.- Determinación del coeficiente de rugosidad (n).

De acuerdo a las condiciones físicas de vegetación del lecho y paredes del arroyo se estimará el coeficiente de rugosidad.

6.- Canal de conducción.

Puede presentarse el caso de que ya se encuentre trabajando un canal construido por los productores fig.7.6, mediante el cual se conduzca el agua desde el sitio de la derivación a la zona agrícola, en cuyo caso lo más conveniente es aprovechar esta infraestructura, si esto ocurre, para conocer el gasto máximo a conducir en el canal se levantará la sección crítica del mismo con los siguientes pasos:

a).- Reconocimiento y localización de la sección más reducida.

7.- Estudios Hidrológicos.

a).- El cálculo del escurrimiento medio anual se hará con el procedimiento de la Curva Numérica del cuadro No. 7.5.

b).- Para obtener el cálculo del volumen aprovechable medio anual, bastará multiplicar el volumen de escurrimiento máximo por el 70% de eficiencia que se va aprovechar.

$$V A M A = 0.7 (E M A)$$

Donde:

V A M A = Volumen aprovechable medio anual.

E M A = Escurrimiento medio anual.

c).- Determinación del volumen disponible.

Este es el volumen real a derivar en la obra de toma y se determina como el gasto a manejarse en el canal por el tiempo que dure la avenida.

d).- Determinación del gasto a manejar.

Se tomará en cuenta la superficie que se pretende entarquinar considerando en promedio 1 Lt/seg/ha y tomando en cuenta un 50% de eficiencia en la conducción, en el caso de

obras temporales de 2 a 5 años.

8.- Diseño de las obras.

a).- Obra de derivación.

i).- Cortina.

La cortina se desplantará de tal manera que su eje transversal al eje del cauce del arroyo y su empotramiento en las paredes de 1.5 veces el ancho de la corona como mínimo.

ii).- Estimación de los coeficientes de seguridad.

- Coeficiente de seguridad contra el volteamiento (CSV).

$$\text{CSV} = \frac{\text{Momento máximo}}{\text{Momento actual}}$$

Donde:

$$\text{Momento actual} = Fh/3$$

$$\text{Momento máximo} = WZP'$$

Donde:

W = Peso de la sección crítica unitaria (kg)

ZP' = Máximo desalojo del punto del peso de la sección crítica unitaria (m).

F = Empuje Hidrostático del agua (Kg).

A = Altura efectiva de la presa. (m).

-Coeficiente de seguridad contra deslizamiento (CSD).

$$\text{CSD} = \frac{\text{RT Máxima}}{\text{RT Actual}}$$

Donde:

$$\text{RT Máxima} = WM$$

$$\text{RT Actual} = F$$

En donde :

W = Peso de la sección crítica unitaria.

M = Coeficiente de Fricción.

F = Empuje Hidrostático del agua (Kg).

RT = Resultante.

b).- Volúmenes de la obra.

Se calcularán los volúmenes de la obra (excavación, mampostería, mampostería gavionada, concreto etc.), de acuerdo a las dimensiones del diseño.

c).- Cálculo del vertedor.

$$HD = \left(\frac{Q}{CL} \right)^{2/3}$$

Donde:

$$H = HD + Bl$$

Donde: HD = Carga de diseño sobre el vertedor (m).

Q = Gasto de la avenida máxima (m³/ seg).

C = Coeficiente de descarga del vertedor tipo lavadero. (Adimensional).

L = Longitud del vertedor (m).

H = Altura total del vertedor (m).

Bl = Bordo libre ante la carga de diseño y altura total (m).

d).- Obra de toma.

Las dimensiones de la obra de toma se estiman de acuerdo a la plantilla del canal de conducción y al tirante de

diseño, de tal manera que tenga la capacidad para manejar el gasto de diseño.

e).- Obra de conducción o canal de riego.

-Sección tipo.

La sección que se adoptará para el canal será de acuerdo al tipo de material en el que quedará alojado éste, variando el talud de la pared desde 2:1 en terrenos arenosos, y de taludes verticales en canales excavados en roca.

f).- Rasante.

Sobre el perfil longitudinal del trazo del canal se proyectará la rasante del canal de tal manera que se tenga el mínimo de excavaciones y rellenos en su construcción.

g).- Pendiente.

Se adoptará en el diseño del canal una pendiente tal que no produzca una velocidad que erosione los taludes y el lecho del canal.

h).- Diseño del canal.

$$A = bd + md^2$$

$$P = b + 2d \quad (1 + m^2)^{1/2}$$

$$R = A / P$$

$$V = 1/n \quad R^{2/3} \quad S^{1/2}$$

$$Q = AV$$

Donde :

A = Area hidráulica (m^2).

b = Plantilla del canal (m^2).

D = Tirante de diseño (m).

m = Talud de las paredes del canal
(adimensional).

R = Radio Hidráulico S (m).

V = Velocidad (m/seg).

n = Coeficiente de rugosidad (Manning).

S = Pendiente (m/m).

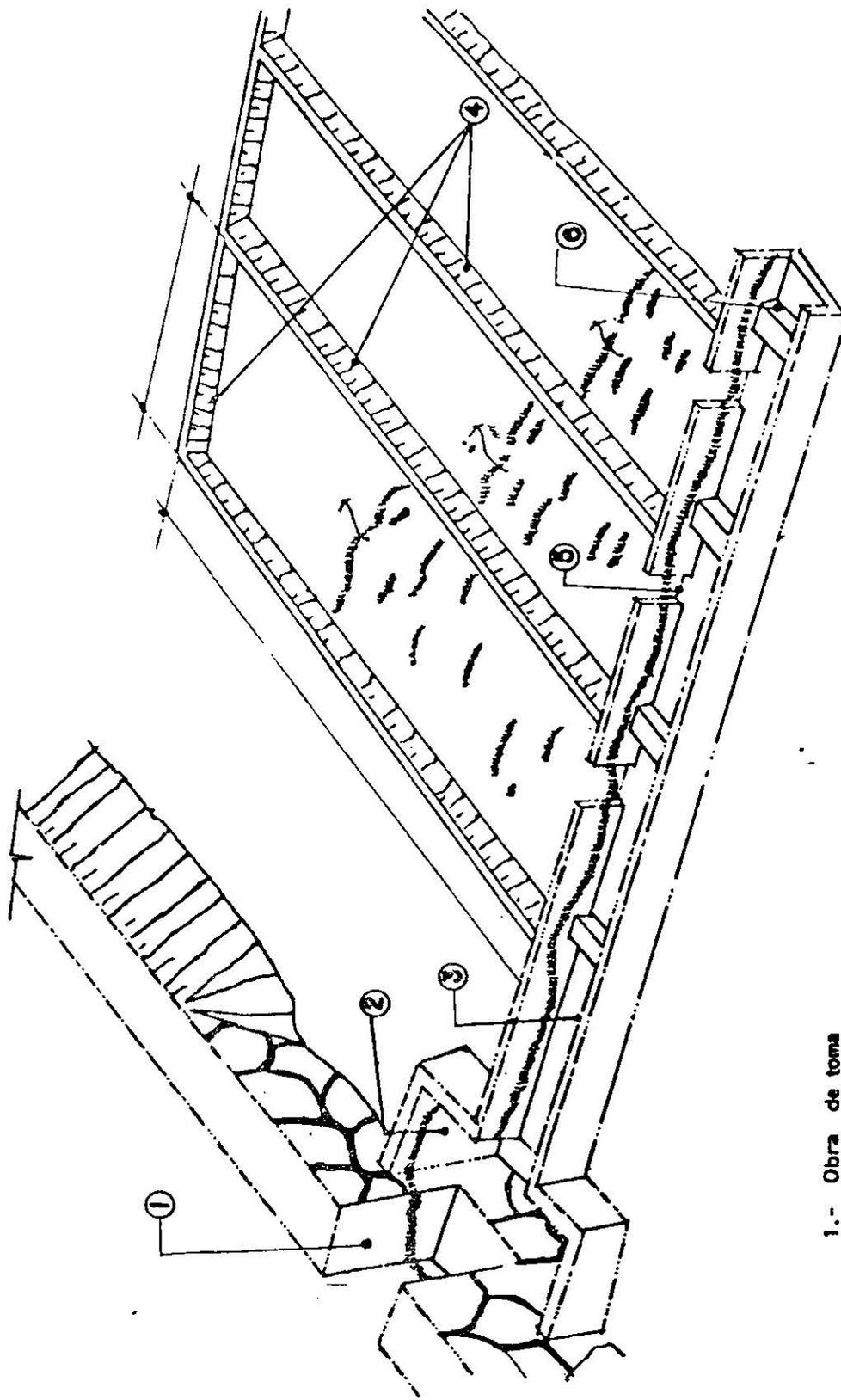
Q = Gasto (m^3 /seg).

i).- Volúmenes de la obra.

Se estimarán los volúmenes de excavación y terraplén, así como las estructuras necesarias en los cruces de aguas ;
brincas y cruces obligados de caminos, etc.

j).- Obra de entarquinamiento.

Se diseñará de acuerdo a las características del área de siembra y del gasto disponible, considerando la norma de riego. ver fig. 7.6.



- 1.- Obra de toma
- 2.- Desarenador
- 3.- Canal de riego y desfogues
- 4.- Bordos de tierra
- 5.- Salidas laterales
- 6.- Disipadores de energía.

Fig. 7.6. ENTARQUINAMIENTO DE CARACTER PERMANENTE.

VIII.- FISIOGRAFIA.

8.0.0. Localización y Características Generales:

(Provincia-Subprovincia-Sistema Terrestre)

De acuerdo a la conformación fisiográfica de la zona árida del Estado de Nuevo León se observa una gran variedad de geoformas que van desde Sierras, Lomeríos, Bajadas y Llanuras así también como asociaciones de las mismas.

Así mismo el Estado de Nuevo León se ve abarcado por tres Provincias Fisiográficas que son las siguientes:

- Gran Llanura de Norte América,
- Costera del Golfo Norte
- Sierra Madre Oriental

La cuenca de Dr. Arroyo queda comprendida en su totalidad dentro de la Provincia Fisiográfica " Sierra Madre Oriental", en la cual se ubican las subprovincias siguientes, Sierras Transversales, Sierras y Llanuras Occidentales, Gran Sierra Plegada, estas tres subprovincias se ubican en el sur del Estado de N.L., caracterizadas por sus altitudes mayores de 1,500 a 2,200 msnm., con pendientes abruptas, suaves y muy suaves; la subprovincia Pliegues Saltillo-Parras, y la subprovincia Sierras y Llanuras Coahuilenses, se localizan hacia el Norte y Noroeste de la ciudad de Monterrey respectivamente.

Específicamente la cuenca de Dr. Arroyo está comprendida

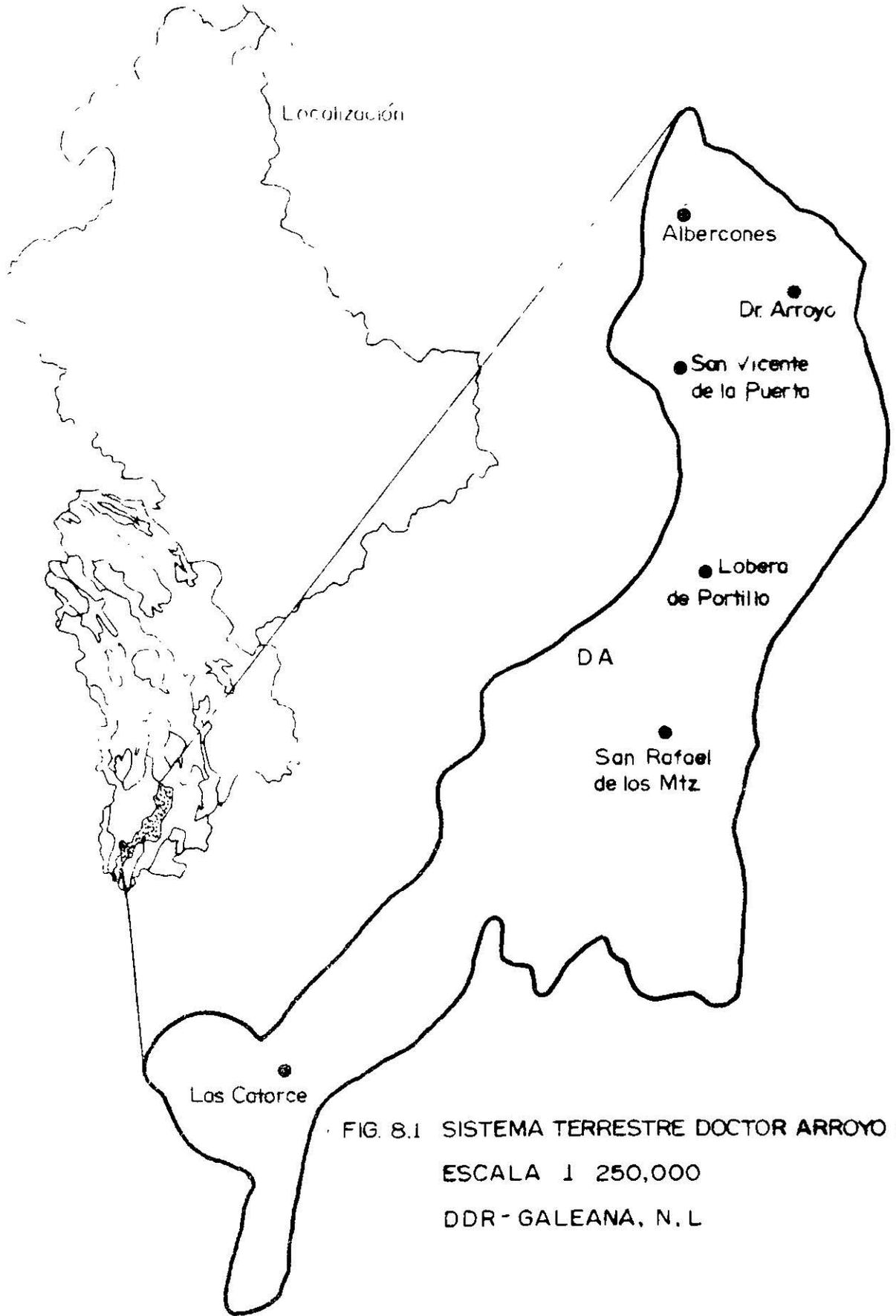
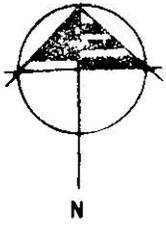
en la subprovincia de las Sierras y Llanuras Occidentales.

El territorio de esta subprovincia se distribuye dentro de los Estados de Nuevo León, San Luis Potosí y un rincón de Tamaulipas, teniendo una extensión superficial dentro del Estado de Nuevo León de 10,149.29 km², lo que significa el 15.84% de la superficie estatal, presentando las principales tipos de topofomas de Llanuras y Sierras.

Esta subprovincia abarca los municipios de Dr. Arroyo, Mier y Noriega y parte de Galeana y Aramberri. Toda el área que ocupa la subprovincia dentro de la entidad es también conocida como Sierra Madre.

Dentro de la subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales se considera que aproximadamente más del 50% de su extensión es apta para la agricultura, no obstante presenta fuertes restricciones principalmente por falta de agua. Prácticamente por sus características ecológicas la mayor parte de su superficie sólo es aprovechada por el ganado caprino, aún cuando existan áreas forestales no son muy explotadas debido a la obtención de sus bajos rendimientos.

En el Distrito de Desarrollo Rural No. IV Galeana, se delimitaron 25 Sistemas Terrestres por Soria (1990), considerando que la cuenca bajo estudio ocupa el 78.51% del Sistema Terrestre denominado Dr. Arroyo (DA), el cual cuenta con una superficie de 52,500 has. abarcando totalmente a la cuenca como se observa en la figura No. 8.1.



· FIG. 8.1 SISTEMA TERRESTRE DOCTOR ARROYO (DA)
ESCALA 1 250,000
DDR - GALEANA, N. L.

Las características principales del Sistema Terrestre de Dr. Arroyo se presentan a continuación en el cuadro No. 8.1.

Cuadro No. 8.1. Características del sistema terrestre de Dr. Arroyo.

TOPOFORMAS	Planicies o altiplanos, con pendientes de 0-2%	
ALTITUD:	1800-1940 msnm	
CLIMA	BSohw(x'), seco semicálido, con precipitación de 450-550 mm, temperatura 16-19°C.	
GEOLOGIA	Rocas sedimentarias; suelos aluviales y caliza	
H I D R O L O G I A	SUPERFICIAL	Coeficiente de escurrimiento de 20 a 50 mm.
	SUBTERRANEA	Permeabilidad alta en materiales no consolidados, dirección del flujo de Norte a Sur.
SUELOS	Xerosoles cálcicos con fase petrocálcica con textura media, Litosoles y Feozem calcárico de textura media.	
VEGETACION Y U S O ACTUAL	Matorral subinerme y desértico micrófilo, con agricultura de temporal y pastoreo.	
MUNICIPIOS ABARCADOS	Dr. Arroyo y Mier y Noriega.	
SUPERFICIE	52,500 Has	

8.1.0. Clasificación y distribución de Suelos

De acuerdo a la clasificación de la FAO/UNESCO, modificada por DETENAL, dentro del Sur de Nuevo León se identificaron seis unidades de suelos predominantes, de entre otras unidades que existen en una proporción menor, siendo enlistados en el cuadro No. 8.2.

Cuadro No. 8.2. Unidades de suelos dentro del sur de N.L.

UNIDAD DE SUELO.	SUPERFICIE (Has.)	PORCENTAJE (%)
Litosol (l)	1,066 180	61.4
Xerosol (Xk)	563,500	32.4
Feozem (Hc)	53,500	3.1
Solonchak (Z)	25,500	1.5
Castañozem (K)	18,000	1.0
Rendzina (E)	11,000	0.6

Fuente: Comisión de Zonas Áridas (CONAZA).

A lo largo de toda la cuenca de Dr. Arroyo se ve un claro predominio de los suelos que pertenecen a las unidades de los Litosoles y Xerosoles, ya sea en forma asociada o en forma natural, presentándose en sus fases petrocálcicas o en fases normales, y las unidades con menor superficie son las cinco faltantes que se muestran en el Cuadro No. 8.3. y en el anexo cartográfico plano edafológico, especificando la

superficie ocupada y su porcentaje; de igual manera en el Cuadro No. 8.4. se muestran las unidades de suelos, y las unidades asociadas.

Cuadro No. 8.3. Unidades de suelo presentes en la cuenca de Dr. Arroyo.

UNIDAD	SUPERFICIE (km ²)	PORCENTAJES (%)
LITOSOL (1)	190.53	46.22
XEROSOL (Xk)	167.72	40.69
FLUVISOL (Jc)	27.65	6.71
PHAEZEM (Hc)	15.94	3.86
LUVISOL (Lv)	4.86	1.18
CHERNOZEM (Ck)	4.10	0.99
RENDZINA (E)	1.40	0.35
TOTAL	412.20	100 %

La descripción de las unidades de suelos con sus asociaciones se presentan a continuación en forma detallada.

LITOSOLES

Son suelos que se encuentran en todos los climas y con diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm. hasta la roca, tepetate o caliche, generalmente se localiza en las sierras, laderas, barrancas, lomeríos y terrenos planos.

En la cuenca de Dr. Arroyo se encontró que la superficie

de los *Litsoles* como unidad predominante es de 190.53 Km², como se observa en el Cuadro No. 8.3. y abarca en manera parcial a las *Rendzinas*, y los *Xerosoles* como suelos secundarios, formando asociaciones entre estas unidades (ver Cuadro No. 8.4. y anexo cartográfico plano edafológico).

Dentro de la asociación de *Litsoles* con *Rendzina* se tienen que todos los suelos son de textura media y con pendientes variables; encontrándose dentro de la cuenca suelos con pendientes mayores del 20% ($1+E / 2c$), suelos con pendientes entre 8 y 20% ($1+E / 2b$), con aproximadamente de 130 Km², además esta asociación también se encuentra en su fase petrocálcica (se refiere a la presencia de una capa de caliche duro, es una capa cementada y endurecida con carbonatos) a una profundidad de 50 cm. y con la misma pendiente que la anterior, pero con una extensión aproximada de 16.85 Km², como se observa en el cuadro No. 8.4. y en el plano edafológico del anexo cartográfico.

De manera similar en la asociación *Litosol* con *Xerosol* se tiene que todos los suelos tienen textura media; encontrándose dos tipos de asociaciones de suelo, teniendo *Litosol* con *Xerosol* cálcica (se caracterizan por tener acumulación de caliche suelto en una capa de color claro de más de 15 cm. de espesor) con pendiente menor de 8% en su fase petrocálcica a profundidad de 50 cm. ($1 + Xk/2a$  ) con una superficie de 12.34 Km² y *Litosol* con *Xerosol* cálcico con una pendiente entre 8 y 20% ($1 + Xk/2b$) con un

área de 6.62 Km². (ver cuadro No. 8.4.)

La utilización de estos suelos depende del tipo de vegetación que los cubra; en selvas y bosques el uso que se da es forestal y cuando se presentan matorrales y pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado.

XEROSOLES

Son suelos que se presentan en las zonas semiáridas de la cuenca de Dr. Arroyo, su vegetación natural es de pastizales y matorrales, presentan un horizonte "A" pálido bien desarrollado y posiblemente un cálcico o gípsico (es una capa rica en yeso), esta unidad se encuentra localizado en todo lo largo y ancho de N.L. y se hace presente en las geoformas planicie, serranías y cerros.

En la unidad de suelo *Xerosol* como se muestra en el cuadro No. 8.4. y refiriéndolo al plano edafológico se observa que se encuentra asociado con los *Litsoles* como ya antes fue explicado, también se encuentra como una unidad principal teniendo una área de aproximadamente 167.72 Km², presentándose en su fase petrócalcica (presencia de caliche duro) en un área de 15.95 Km² con textura fina, y en fase normal de *Xerosol* cálcico con 151.80 Km² de textura fina y pendiente mayor de 20% .

RENDZINAS

Las rendzinas son suelos que se presentan en climas cálidos o templados, con lluvias moderadas y cuya vegetación natural es de matorral, selva o bosque. Se caracteriza por poseer una capa superficial muy abundante en humus y muy fértil que descansa sobre un material rico en caliza, además de presentar un horizonte A no mayor de 50 cm. de espesor, y encontrarse arriba de un material calcáreo.

En el cuadro No. 8.4. se observa que esta unidad de suelo se presenta en una área aproximada de 1.40 Km² de toda la superficie de la cuenca, presentando una pendiente menor del 8% y con textura media.

Estos suelos si se desmontan pueden ser usados en la ganadería con rendimientos moderados o bajos, y el uso forestal que se da depende de la vegetación que se presenta.

FEOZEM (*Calcáricos*)

Son suelos abundantes en nuestro país y se encuentra en varias condiciones climáticas que van desde semiáridas, templadas y tropicales, así como en diversos tipos de terrenos desde plano hasta montañoso, se caracteriza por una capa superficial obscura suave y rica en materia orgánica y en nutrientes.

En la cuenca de Dr. Arroyo la unidad de suelo *Feozem* se encuentra en una superficie aproximada de 15.94 Km² en su totalidad, distribuyéndose en las tres clases de suelos que

abarca esta unidad, (ver cuadro 8.3.y plano edafológico del anexo cartográfico).

Dentro de la unidad de suelo *Feozem* la descripción es la siguiente; se presentan suelos con textura fina en forma general, con pendientes variables; pendientes menores de 8% y en su fase petrocálcica (*Hc/3a* □ □), (presencia de caliche duro, cementada y endurecida con carbonatos) a una profundidad de 50 cm. también se presentan suelos con pendientes entre 8% y 20% de inclinación en su fase petrocálcicas y a una profundidad de 50 cm. (*Hc/3b* □ □) teniendo una superficie de 14.70 Km² distribuyéndose dentro de esta área los dos tipo de suelos, además se hacen presentes de igual forma los suelos de textura fina con pendientes menores de 8% en fase lítica (*Hc/3a* + + + +), (es una capa de roca dura y continua o un conjunto de trozos de roca muy abundantes que impiden la penetración de raíces) es decir el lecho se encuentra entre 10 y 50 cm de profundidad, con una superficie de 1.24 Km² aproximadamente como se observa en el cuadro No. 8.4.

Esta unidad de suelo se emplearía en agricultura de riego o temporal, en cultivos de grano, hortalizas y legumbre, en las zonas de suelos profundos, y en las zonas poco profundas se podrían usar en pastoreo y ganadería.

CHERNOZEM

Son suelos que se encuentran en climas semiáridos o de

transición hacia climas lluviosos, en condiciones naturales tienen vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral, se caracterizan por tener una capa de color gris o negro rica en materia orgánica y en nutrientes.

Esta unidad de suelo se hace presente en dos fases; normal o cálcico y en fase petrocálcica, teniendo una superficie total dentro de la cuenca de aproximadamente 4.10 Km² como se observa en el cuadro No. 8.4. y en el plano edafológico.

Así mismo se presentan suelos con pendientes menores de 8%, de textura fina y con un área de 2.85 Km² (Ck/3a), también se presenta en fase petrocálcica (presencia de caliche duro) a una profundidad de 50 cm., con pendientes menores de 8% y con textura fina, teniendo un área aproximada de 1.25 Km² (Ck/3a).

Estos suelos posiblemente podrían usarse para la ganadería mediante pastoreo o se usarían en agricultura en cultivos de grano, oleaginosas y hortalizas, teniendo rendimientos medios y altos sobre todo si son sometidos a riego pues son suelos que tienen una alta fertilidad

LUVISOL

Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales y en algunos casos en climas más secos, tienen un horizonte A el cual se endurece cuando está seco y un horizonte B color café fuerte a rojo, esta unidad se localiza

al Oeste del municipio de Linares N.L.

En la cuenca de Dr. Arroyo se encontró que se tiene una área determinada de aproximadamente 4.86 Km² de *Luvisol* vértico (presentan una capa en el subsuelo de textura arcillosa que se agrieta cuando está seca, con pendientes entre 8 y 20%, de textura fina, encontrándose en fase petrocálcica a una profundidad de 50 cm. (Lv/3b □ □), como se puede observar en el cuadro 8.4. y en el plano edafológico contenido en el anexo cartográfico.

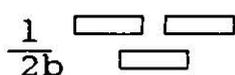
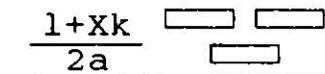
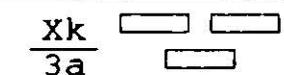
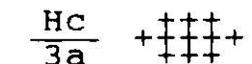
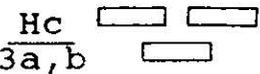
El uso que se le podría dar a este tipo de suelo es con fines agrícolas y rendimientos moderados.

FLUVISOL

Se caracteriza por estar formadas siempre por materiales acarreados por agua, se encuentran en todos los climas y regiones de México, siempre cercano a las sierras y lagos, presenta una vegetación que va desde matorrales y pastizales hasta selvas.

Esta unidad de suelo se presenta en la cuenca con una superficie de aproximadamente 27.65 Km², teniendo pendientes menores de 8 % y con textura media, encontrándose en fase gravosa (es decir la presencia de gravas menores de 7.5 cm. de largo en la superficie del terreno o cerca de ella), impidiendo el uso de la maquinaria en determinadas zonas donde se hace presente esta unidad (Jc/2a ····), ver cuadro No. 8.4. y plano edafológico.

Cuadro No. 8.4. Unidades Asociadas de Suelo.

UNIDAD ASOCIADA	TIPOS DE SUELOS INVOLUCRADOS	SUPERFICIE TOTAL (Km ²)	PORCENTAJE (%)
LITOSOLES (l)	$\frac{l}{2a}$; $\frac{l}{2b}$; $\frac{l}{2c}$;	21.60	5.24
	$\frac{l}{2b}$ 	2.27	0.55
LITOSOL CON XEROSOL (l + Xk)	$\frac{l+Xk}{2b}$	6.62	1.60
	$\frac{l+Xk}{2a}$ 	12.34	2.99
XEROSOL (Xk)	$\frac{Xk}{3a}$	151.80	36.83
	$\frac{Xk}{3a}$ 	15.92	3.87
LITOSOL CON RENDZINA (l + E)	$\frac{l+E}{2c}$; $\frac{l+E}{2b}$	130.85	31.74
	$\frac{l+E}{2b}$ 	16.85	4.09
RENDZINA (E)	$\frac{E}{2a}$	1.40	0.34
PHAEOZEM (Calcarico) (Hc)	$\frac{Hc}{3a}$ + 	1.24	0.30
	$\frac{Hc}{3a,b}$ 	14.70	3.56
CHERNOZEM (Ck)	$\frac{Ck}{3a}$	2.85	0.69
	$\frac{Ck}{3a}$ 	1.25	0.30
LUVISOL (Lv)	$\frac{Lv}{3b}$ 	4.86	1.18
FLUVISOL	$\frac{Jc}{2a}$ 	27.65	6.71
T O T A L E S		412.20	100 %

Anexo cartográfico plano edafológico.

En forma general, las condiciones que se tienen con respecto a los suelos es la siguiente; son suelos con alto potencial moderado de escurrimiento, teniendo la mayoría de los suelos un considerable contenido de arcilla.

Al Norte de Dr. Arroyo predominan los suelos con profundidades menores de 50 cms. y presentando en algunas partes pedregosidad superficial. Al Sur de Dr. Arroyo predominan los suelos con profundidades de más de 50 cms. y no se observa pedregosidad en algunas partes del área.

8.1.1. Características Físicas y Químicas de los Suelos.

La importancia de las características físicas y químicas de los suelos, aunadas a los aspectos generales del clima y vegetación, nos permiten hacer un análisis de las posibilidades de desarrollo agropecuario de la Cuenca bajo estudio ya que el suelo es el resultado de la interacción de varios factores del medio ambiente, principalmente del clima, actividad biológica y del material parental, y a la vez nos dan la pauta para sugerir algunas de las medidas necesarias para lograr su mejor uso, manejo y conservación.

Las características de los perfiles que se encontraron presentes en las unidades de suelos al realizar el análisis de los suelos resultaron tener los siguientes aspectos que se observan en el cuadro No. 8.5.

Así tenemos que el horizonte A de los Litosoles tiene una profundidad de 0-7 cm. con textura franca y consistencia suelta en seco y muy friable en húmedo, la porosidad es moderada y finamente porosa. ver cuadro 8.5.

Los horizontes (A₁, B₁, B₂₁Ca y B₂₂Ca) que se encuentran en los Xerosoles presentan las siguientes características, profundidades de 0-23, 23-48, 48-67, 67-90 cm. respectivamente, todas de textura arcillosa y consistencia de dura en seco, con porosidad abundante, escasa y moderada respectivamente a cada horizonte. Cuadro 8.5.

En el perfil de los Fluvisoles se encuentran dos horizontes el A₁₁ y el A₁₂, presentando profundidades de 0-16 cm y 16- 30 cm. con textura franca y migajón arenosa y ambas de consistencia suelta en seco y de reacción fuerte al HCl diluido y con buen drenaje interno.

Los horizontes que se encuentran en el perfil de los Feozem son dos el A₁ y B₁, presentando las siguientes características, profundidades de 0-12 cm. y de 12-26 cm. con una consistencia blanda en seco para ambos y con estructura granular en forma de bloques, presentan fuerte reacción al HCl diluido, y con una porosidad escasa y moderada respectivamente

Dentro del perfil de los Luvisoles se localizaron dos horizontes el AB y el B_{2t}, con profundidades de 0-8 y 8-27 cm. respectivamente con una consistencia dura en seco y porosidad escasa para ambos y con textura arcillosa.

Así también dentro de los Chernozem se presentan dos horizontes siendo estos el A₁ y B₂Ca con profundidades de 0-28 y 28-70 cms. con textura migajón arcillo-arenosa y arcillosa respectivamente con buen drenaje interno.

El perfil de las Rendzinas presenta un horizonte A con profundidad de 0-11 cm. de textura arcillosa y porosidad abundante y de estructura en forma granular en tamaño fino.

Para la determinación de las características físicas y químicas de los suelos existentes en la cuenca de Dr. Arroyo se presentan los análisis de los cuadros 8.5. y 8.6. tomando en cuenta los resultados obtenidos en las muestras analizadas para el estudio de suelos en el Sur de N.L., las que se aprecian en el cuadro No. 8.6.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de las muestras indicadas en el cuadro No. 8.6. se presenta el diagnóstico siguiente de los suelos.

En la muestra No. 39 de acuerdo al pH se considera alcalina, siendo rica en materia orgánica, con un contenido de nitrógeno total considerado como mediano, además es extremadamente rico en contenido de potasio, este suelo se considera no salino debido a que la C.E es de 1.3 mmhos, y presentando colores de gris a gris oscuro.

En la muestra No. 47 se tienen análisis de tres estratos diferentes, siendo para el estrato de 0-30 el siguiente diagnóstico se considera moderadamente alcalino, con textura de migajón limoso, y contenido medio de materia orgánica, y

en nitrógeno total se tiene que es medianamente pobre, no siendo así para el contenido de potasio que es extremadamente rico se considera suelo no salino, con color de café muy pálido a café obscuro.

En el estrato de 30-60 cm. se considera que tiene las mismas características del estrato superior, diferenciándose por ser ligeramente alcalino y medianamente salina. Así pues en el estrato de 60-90 cm. se considera ligeramente alcalino y medianamente pobre en contenido de materia orgánica, siendo pobre el porcentaje de nitrógeno total y todo lo contrario en salinidad, pues es fuertemente salino.

Cuadro No. 8.5 Características físicas y químicas de los perfiles representativos de las unidades de suelos de la cuenca de Dr. Arroyo N.L.

UNIDADES DE SUELO	LITOSOL	X E R O S O L (cálcico)				FLUVISOL (calcárico)		PHAOZEN (calcárico)		LUVISOL (vértico)		CHERNOZEN (cálcico)		RENZINA
	A	A1	B1	B21Ca	B22Ca	A11	A12	A1	B1	AB	B2t	A1	B2Ca	A
% ARCILLA	28	56	58	60	54	26	26	38	44	52	64	30	54	46
% LIMO	41	12	20	16	28	34	28	36	30	18	16	22	22	28
% ARENA	31	32	22	24	18	40	56	26	26	30	20	48	24	26
C.E. mhos/cm.	<2	2	2	4.2	4.1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
PH 1:1	8.30	8.2	8.7	8.6	8.6	8.4	8.1	7.9	7.9	6.5	7.3	8.2	8.2	8.0
% MATERIA ORGANICA C.I.C.T.	3.588	1.6	1.0	0.7	0.3	2.27	2.27	2.82	4.69	4.14	2.76	5.9	3.2	9.2
meq/100 gr. POTASIO	16.75	20	18.8	19	20	13.25	17	40	38.50	43.5	52.5	14.3	28.3	30
meq/100 gr. CALCIO	3.57	0.7	0.3	0.3	0.3	1.52	0.82	3.57	2.25	1.25	1.52	1.1	1.2	1.6
meq/100 gr. MAGNESIO	32.0	21.9	21.3	18.8	18.8	28.6	40.17	74.91	55.16	46.30	54.48	14.7	41.4	40.7
meq/100 gr. SODIO	0.14	2.1	3.3	4.3	4.6	4.20	1.81	5.12	1.91	2.27	5.87	1.1	2.1	1.3
meq/100 gr.	0.53	0.3	1.4	3.2	6.0	0.38	0.60	0.67	1.62	2.60	4.5	0.1	0.2	0.1
% SAT DE SODIO	<15	15	15	15	15			<15	<15			<15	<15	<15
% SAT DE BASES	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro No. 8.6 Características físico químicas de los suelos de la cuenca de Dr. Arroyo N.L.

UNIDAD DE SUELO	SITIO DE MUESTREO	CARACTERISTICAS DEL SUELO	ESTRATO 0-30	ESTRATO 30-60	ESTRATO 60-90
X E R O S O L	Muestra No. 39 12 Km. al Norte de Dr. Arroyo	C.E. mhos/cm.	1.3		
		Reacción (pH)	7.9		
		Materia Orgánica %	3.11		
		Nitrógeno total (%)	0.15		
		Fósforo (Kg/Ha)	33.60		
	Potasio (Kg/Ha)	1072.30			
	Textura	Migajón arcilloso			
	Color (seco)	10 YR 6/1			
	Color (húmedo)	10 yr 4/1			
	L E S O L	Muestra No. 47 7 Km. al Sur de Dr. Arroyo	C.E. mhos/cm.	1.0	7.0	10
Reacción (pH)			8	7.5	7.5
Materia Orgánica %			2.07	2.28	1.52
Nitrógeno total (%)			0.102	0.114	0.072
Fósforo (Kg/Ha)			112	89.6	84
Potasio (Kg/Ha)		633.6	536.14	731.1	
Textura		Migajón limoso	Migajón limoso	Migajón limoso	
Color (seco)		10 YR 7/3	10 YR 7/3	10 YR 7/3	
Color (húmedo)		10 YR 4/3	10 YR 4/3	10 YR 4/3	

8.2.0. Uso actual del suelo y vegetación

Los suelos y la vegetación de la cuenca de Dr. Arroyo ha venido sufriendo cambios substanciales debido principalmente a la apertura de nuevas zonas a la agricultura y ganadería, así como también a la explotación irracional de los bosques existentes.

Esta información junto con otros conocimientos edafológicos nos ayuda para proyectar las medidas necesarias para su mejor aprovechamiento como recurso renovable, considerándose los siguientes tipos de usos del suelo: Uso Pecuario, Forestal y Agrícola.

Actualmente dentro de la cuenca de Dr. Arroyo se tiene que aproximadamente un 40% del área total es de uso agrícola, como se observa en el plano de uso del suelo y vegetación en el anexo cartográfico, presentándose una agricultura de temporal, es decir es la agricultura donde el ciclo vegetativo de los cultivos de maíz y frijol depende del agua de lluvia, en el cuadro 8.7. se observan las superficies sembradas de frijol y maíz por ejido y el número de productores, así se tiene que los ejidos con más superficies de Maíz sembradas son San Vicente de la Puerta, Cerrito del Aire, San José de las Flores, el Refugio de las Viejas, Agua Nueva, Mesa y Palma Gorda, y los ejidos con más superficie de frijol sembrada son San Fco. de la Mesa, y Cerrito del Aire entre otros. Cuadro 8.7.

Cuadro No. 8.7 Superficie Sembrada en los Ejidos de la -
cuenca de Dr. Arroyo.

Ejidos	Sup. Sembrada		No. Productores
	Maíz	Frijol	
Sn. Vicente de la Puerta	400	--	154
Cerrito del Aire	225	10	59
Sn. Jose de las Flores	250	10	68
Refugio de las Viejas	325	--	19
Dr. Arroyo	85	--	80
Presa de Quintero	60	--	20
Ojo de Agua	70	--	10
Lobera de Portillo	120	10	27
Sn. Fco. de la Mesa	160	28	37
Los Arreazola	130	10	28
Mesa y Palma Gorda.	342	10	78
Panales y nexos	144	5	29
Agua Nueva	210	15	65
Lajillas y Palomas	105	--	71
Sn. Rafael de Martínez	175	--	92

Fuente : Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

En los cultivos que se tienen de tipo anual, se utiliza como fuerza en la labor de labranza a la tracción animal tirada por mulas (tiro), por ser más rápidas en los cultivos bajos, y en los cultivos altos se utiliza la yunta de bueyes debido a la altura de éstos.

En cuanto a la salinidad de los suelos es escasa debido a que la agricultura que se practica es de temporal y generalmente no se hace uso del riego con aguas subterráneas por tal motivo no se observa degradaciones por salinidad.

En el cuadro 8.5. se observan los valores de las conductividades eléctricas obtenidas en las muestras de suelo analizadas, mostrando que el suelo de 0-30 cm. no tiene problemas de sales puesto que tienen valores menores de 1.5

mmhos/cm. y en el estrato de 30-60 cm. se tiene suelo medianamente salino, y en el estrato de 60-90 cm. se considera como suelo fuertemente salinos, esto se ve en la muestra No. 47.

La agricultura que se practica es de temporal debido a que el agua es un factor limitante para el sector agrícola, aprovechando solo el agua de lluvia.

La vegetación característica en la cuenca esta considerada básicamente de asociaciones donde predominan los *matorrales desérticos micrófilos* (vegetación formada por elementos arbustivos de hoja pequeña que se desarrolla en terrenos aluviales en las zonas desérticas, y presentándose en cuatro divisiones, siendo estos los matorrales bajos inermes, subinermes y espinosos como asociaciones más predominantes y chaparrales y nopaleras como vegetación secundaria). Ver anexo cartográfico plano de uso del suelo y vegetación y fig. 8.2 de la vegetación dentro del área de la cuenca.

Las plantas que se consideran dentro de este tipo de vegetación son la gobernadora, mezquite y hojásén en el estrato superior, el nopal y la lechuguilla en el estrato medio, hierba del burro, uña de gato, chaparro prieto, etc.

Se considera que aproximadamente el 55% del área es de uso forestal, y el uso adecuado que se le puede dar a este tipo de vegetación es para la ganadería, ya que existen muchas especies que el ganado puede ramonear.

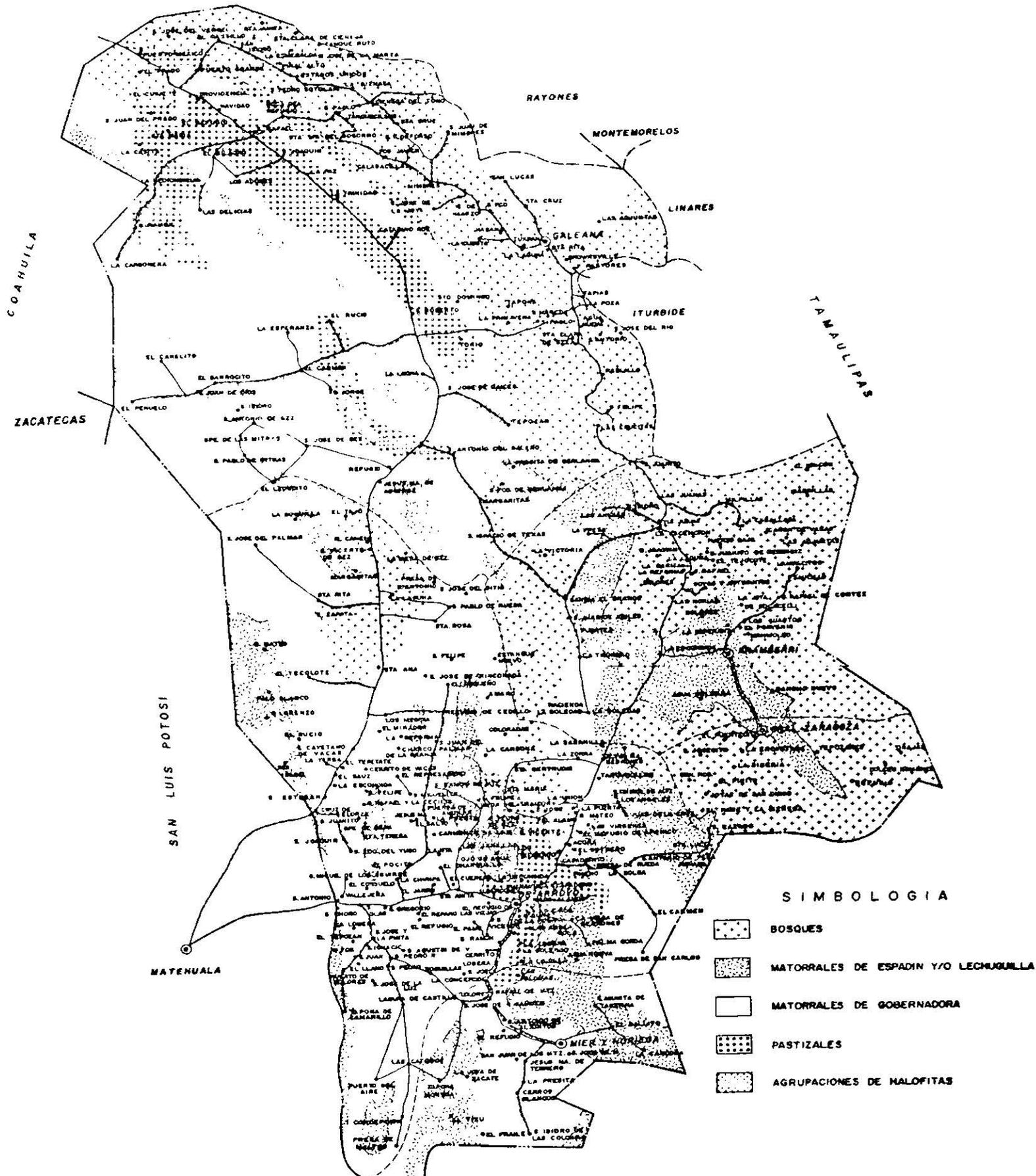


Fig. 8.2. VEGETACION EN EL AREA DE ESTUDIO.

Entre los tipos de vegetación que se encuentran dentro de los matorrales desérticos micrófilos que ya antes fueron mencionados se tienen los siguientes:

Los matorrales subinermes son comunidades de plantas espinosas con una proporción mayor del 30% y menor del 70% de plantas inermes (barreta, granjeno, acebuche, cenizos, etc).

NOMBRE CIENTIFICO

Fraxinus greggii

Celtis pallida

Leucophyllum texanum

NOMBRE COMUN

barretilla

granjeno

cenizo

Los matorrales inermes son comunidades formadas por más del 70% de plantas sin espinas, (como los matorrales de la gobernadora, hojasén, hierba del burro, mezquite, etc).

NOMBRE CIENTIFICO

Larrea tridentata

Flourensia cernua

Zinnia acerosa

NOMBRE COMUN

gobernadora

hojasén

hierba de burro

Los matorrales espinosos que son plantas formadas por más del 70% de plantas espinosas (huizaches, mezquites, chaparro prieto, tepame, etc.).

NOMBRE CIENTIFICO

NOMBRE COMUN

Acacia sp.

huizache.

Prosopis glandulosa.

mezquite.

Prosopis sp.

mezquite.

Acacia amentacea

chaparro prieto

Los *Crasi-rosulifolios* espinosos son las plantas con hojas dispuestas en rosetas carnosas y espinosas (magueyes, guapillas, lechuguillas, espadín, sotoles, etc.).

NOMBRE CIENTIFICO

NOMBRE COMUN

Agave sp.

maguey

Agave striata

guapillas

Agave lechuguilla

lechuguilla

Dasyilirion sp.

sotoles

Además se presenta dentro de los matorrales desérticos micrófilos una variedad de vegetación considerada como secundaria puesto que no son dominantes como las cuatro anteriores, entre otras está la nopalera (*Opuntia spp.*) que es una asociación de plantas comúnmente conocidas como nopales, cardenches, chollas, tasajillos, alicoche, etc.

El chaparral (*Quercus spp.*) que es una asociación de encinos bajos y comúnmente se encuentra acompañado por otras especies, crecen por arriba de los matorrales de las zonas áridas, de los pastizales y en ocasiones mezclados con

bosques de pino y encino. Ver anexo cartográfico plano uso del suelo y vegetación.

Concerniente al uso forestal de los bosques se tiene que dentro de la cuenca de Dr. Arroyo existen bosques caducifolios de pino y enebro como vegetación secundaria, es decir que pierden sus hojas en el período invernal y asociados con vegetación de chaparral Crasi-rosulifolios espinosos como vegetación primaria, que se localiza al Sur este de Dr. Arroyo en el cerro de la Zorra extendiéndose hasta el Noroeste de Agua Nueva en la topografía de Sierra Vieja. Ver anexo cartográfico plano uso del suelo.

El 5% del área total aproximadamente es de uso pecuario considerándose los pastizales naturales dentro de este sector, siendo constituida por especies de gramíneas como producto natural de los efectos del clima y suelo de una región. Anexo cartográfico plano uso del suelo.

Así también se considera que dentro de la cuenca de Dr. Arroyo no se tienen zonas industriales de extracción, ni de procesamiento, tampoco se tienen aserraderos y zonas de fabricación. Anexo cartográfico plano uso del suelo.

El aprovechamiento de la vegetación natural únicamente es por el ganado caprino, teniendo una aptitud baja en la movilidad en el área de pastoreo y con una condición regular para aprovechar la vegetación de la región.

8.3.0. Uso Potencial del Suelo

La finalidad del uso potencial del suelo es la de ubicar los diferentes terrenos a su uso adecuado según su aptitud y de este modo programar el aprovechamiento óptimo de este recurso.

De acuerdo a los rangos cuantitativos de los diferentes factores limitantes se consideran ocho diferentes clases de suelos.

Dentro de la cuenca se presentan solo cinco clases de suelos de las ocho existentes, en una porción menor del 2% la clase de suelos III se presenta teniendo severas limitaciones para el desarrollo de los posibles cultivos por establecer, siendo apto para que la vida silvestre se adapte y se desarrolle, no presentando incapacidad para el desarrollo del sector forestal, teniendo capacidad para el uso del sector pecuario en toda su extensión (limitada, moderada e intensiva).

Estos suelos presentan como únicos factores limitantes al suelo (pedregosidad) y poca profundidad efectiva, el clima (especialmente falta de agua) y la topografía (pendientes fuertes); este suelo requiere de un control de la erosión a futuro como se puede ver en el plano de uso, potencial del suelo. Ver cuadro 8.7.

Se considera que aproximadamente un 50% del área es de clase IV, y se considera que este tipo de suelo tiene

capacidad para que la vida silvestre se desarrolle, lo mismo pasa con la actividad forestal, es decir que se pueden llevar a cabo actividades relacionadas con el sector forestal, esta clase de suelo presenta una capacidad limitada para la agricultura, por lo que se restringe a solo algunos pastos y bosques no siendo así para el sector agropecuario, las únicas limitantes que presentan estos terrenos es la del clima, es decir el agua, requiriendo de un control inmediato de la erosión en aproximadamente un 45% de los 50% del área en que se tiene este suelo. Ver anexo cartográfico plano de uso potencial. Ver cuadro 8.7.

Estas dos clases de suelos se consideran adecuadas en mayor a menor grado para utilizarse en la agricultura.

La clase de suelo VI se presenta en un 5% del área, presentando severas limitaciones que los hacen impropios para los cultivos por lo que se restringe para pastizales, teniendo aptitud para que se desarrolle la vida silvestre y el sector forestal, presentando una capacidad limitada y moderada para el sector pecuario, esta clase de suelos presenta como factores limitantes el suelo y la erosión; es decir la profundidad efectiva del suelo, requiriendo por consiguiente control contra la erosión a futuro hacia el Sur y Suroeste de Dr. Arroyo, como se muestra en el anexo cartográfico plano de uso potencial del suelo. Ver cuadro 8.7.

Dentro de la cuenca de Dr. Arroyo se considera que

aproximadamente un 8% del área total de la cuenca es de clase VII, presentando limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos por lo que su uso queda restringido para pastos con limitaciones, árboles, etc.

Sus condiciones son tan críticas que resulta poco práctico aplicar medidas de mejoramiento, además de que sus limitaciones no pueden ser totalmente corregidas, la conservación de estos terrenos es indispensable para proteger y evitar daños a las áreas vecinas y especialmente en vasos de almacenamiento u otras obras de captación de humedad, son suelos que tienen capacidad de permitir el desarrollo de la vida silvestre y el uso adecuado del uso forestal, teniendo una capacidad limitada para el sector pecuario, esta clase de suelo tiene como factor limitante el suelo, es decir la profundidad efectiva del suelo presente en el área. Ver anexo cartográfico plano uso potencial del suelo y cuadro 8.7.

La clase de suelo VIII se distribuye en aproximadamente un 35% del área total de la cuenca y son suelos que tienen limitaciones excesivas para su uso en cultivos comerciales, desarrollo de pastizales o bien explotaciones forestales, por lo que se recomienda orientarse a fines recreativos o a zonas de conservación presentando factores limitantes (erosión muy severa, donde aflora el material rocoso, pedregosidad, ver cuadro 8.7.

Se considera aproximadamente que la mayoría son terrenos aptos para el desarrollo de la agricultura mecanizada

continua y el resto de la superficie son terrenos no aptos para el desarrollo de ningún tipo de utilización agrícola.

Las zonas de los afloramientos rocosos, las playas de arena y otras zonas casi desnudas pertenecen a la clase se suelo VIII.

Las tierras de la clase quinta a la octava presentan severas limitaciones para la agricultura por lo que se les denomina como terrenos de uso limitado, aptos o con limitaciones para pastizales, bosque o vida silvestre.

En forma general un 75% de la superficie es apto para el desarrollo de praderas cultivadas y un 10% son praderas cultivadas aprovechando la vegetación natural diferente del pastizal.

Cuadro 8.8. Clasificación de las clases de suelos existentes en la cuenca de Dr. Arroyo.

CLASE (suelo)	SUPERFICIE Km ²	PORCIENTO (%)	FACTORES LIMITANTES
III	8.244	2	Topografía (prof.efectiva del suelos).
IV	206.10	50	Clima (agua).
VI	20.61	5	Topografía (el suelo y la erosión.)
VII	32.98	8	Topografía (profundidad- efectiva del suelo.)
VIII	144.27	35	Topografía (erosión e pedregosidad).

8.4.0. EROSION DEL SUELO

En el Sur del Estado de Nuevo León se observan serios problemas en las áreas agrícolas, debido principalmente a la escasez de aguas, a la pobreza de los suelos y la erosión existente.

La erosión de suelos es la cantidad bruta de suelo retirado por la acción dispersante de las gotas de lluvia o por escorrentía. En general los suelos de la entidad han estado sujetos a consistentes cambios, debido principalmente a la acción erosiva del agua y el viento.

El factor clima contribuye a incrementar el fenómeno erosivo, y se manifiesta en una distribución heterogénea y con precipitación errática, lo cual aunado a la escasa vegetación, que no presenta una cobertura adecuada para proteger el suelo cuando se presentan los eventos de tipo torrencial que son característicos en las regiones semiáridas, provocando la pérdida de la capa superficial del suelo en áreas con pendientes muy pronunciadas.

Los suelos de la cuenca de Dr. Arroyo se consideran con problemas de erosión en aproximadamente un 35% de la superficie de la cuenca, y un 80% del área de los Xerosoles, debido a los procesos erosivos que a través del tiempo originan que los suelos se deterioren, provocando una disminución marcada en el potencial productivo cuando éstos

son agrícolas, requiriendo un control inmediato. Ver plano de uso potencial del suelo en el anexo cartográfico.

Estos procesos son: la erosión geológica o natural y la erosión inducida; la primera es aquella que ocurre como consecuencia de los fenómenos naturales, y la segunda se presenta cuando a la acción de los agentes naturales se agrega la acción del hombre; es decir, este tipo de erosión es propiciada por el uso irracional del suelo, tal es el caso del monocultivo, tala inmoderada de los bosques, el sobrepastoreo y la destrucción de la cubierta vegetal. Asimismo, con frecuencia, las labores de cultivo favorecen la erosión; tal es el caso de la siembra en sentido de la pendiente del terreno y la pulverización del suelo por el laboreo continuo.

IX. - CONCLUSIONES

De acuerdo a los estudios realizados y resultados obtenidos en el presente trabajo, se tienen las siguientes conclusiones:

1.- La cuenca de Dr. Arroyo se localiza entre las coordenadas 23°30' al 23°47' de latitud Norte y entre los meridianos 100°04' al 100°18' de longitud Oeste, con una superficie de 412.20 Km², ocupando así el 2.37% del área total del Distrito de Desarrollo Rural No. IV Galeana y el 7.60% del municipio de Dr. Arroyo.

2.- En lo referente al nivel económico existente dentro de la cuenca, tenemos que el 24.95% de la población es económicamente activa, cuyas actividades por sectores presentan una tendencia hacia el sector primario y el terciario con porcentajes del 38.57% y 38.48% respectivamente, quedando el sector secundario con porcentajes bajos de 18.35% debido a la falta de actividades relacionadas con la construcción, agua y electricidad.

3.- La mayoría de la tenencia de la tierra dentro de la cuenca es considerada como pequeña propiedad y colonos, abarcando un 65% del área de la cuenca, y un 35% de la superficie lo representa la tenencia ejidal; y el 0.75% del área de la cuenca se encuentra en conflicto.

4.- Los servicios públicos en la cuenca estudiada, son considerados como deficientes excepto el servicio de energía eléctrica, pues la población que cuenta con electricidad representa el 81.5%, y respecto al abastecimiento de agua por medio de tuberías se considera que el 64.3% cuenta con el servicio, teniendo el 35.7% de la población que abastece de agua de mala calidad almacenada en los bordos y aljibes, ocasionando así problemas contra la salud, y 16.6% cuenta con servicios de drenaje.

En forma general se considera que dentro de la cuenca las fuentes principales de abastecimiento de agua para consumo humano y animal la constituyen los aljibes y bordos.

5.- El clima de la cuenca de Dr. Arroyo corresponde al grupo de clima "B" (clima seco) con dos tipos: Semiseco templado (BS₁) y Seco (BS₀), los cuales respectivamente presentan los subtipos Semiseco Templado (BS₁ Kx') distribuyéndose al Suroeste de la cuenca en un 70% del área

total y el Seco Semicálido [BSohw (x'')] distribuyéndose en un 30% dentro de la superficie de la cuenca.

a).- De acuerdo a la Climográfica de Gaussén, el período de los meses húmedos presenta un rango que va de mayo a octubre siendo los meses de mayor precipitación agosto y septiembre; y el período seco de octubre hasta abril.

b).- La precipitación dentro de la cuenca oscila en un rango de 400 mm a 500 mm, mientras que las temperaturas medias anuales se presentan en un rango de 17°C a 19°C, teniendo que el período de heladas moderadas es de 1 a 8 días, con rango de ocurrencia de noviembre a febrero, así mismo las granizadas son de 2 a 4 días, presentándose en los períodos de lluvia.

c).- Se encontró que la precipitación media en la cuenca de Dr. Arroyo es de 474.45 mm la cual tiene una probabilidad del 52.65% y se presenta con un período de retorno de 1.9 años.

6.- La cuenca de Dr. Arroyo se localiza dentro de la Provincia Geológica (VI), denominada Noreste de México, en la Subprovincia Geológica (VIId) llamada Sierra Madre Oriental (S. M. O.) cuya característica principal son los plegamientos de rocas sedimentarias marinas.

a).- La mayor parte de las rocas que conforman la subprovincia Sierra Madre Oriental son de la edad Mesozoica, dentro del Período Terciario la litología la constituyen los conglomerados presentándose al Sureste de Dr. Arroyo, y en el período Cretácico se tiene como litología caliza-lutita al Norte de Dr. Arroyo y caliza al Suroeste del mismo.

b).- Los echados de 30° y 60° de inclinación representan el 35% de los echados totales existentes en la cuenca y 65% los echados presentan una inclinación de 60° - 80° .

c).- Las fracturas se presentan en su mayoría al Norte y Poniente de la cuenca; localizándose dos ejes Sinclinales al Oriente y al Poniente respectivamente, además en el lado Poniente se encuentran cuatro ejes Sinclinales y uno al Oriente de la cuenca.

7.- La cuenca de Dr. Arroyo es una zona limitada en lo que al agua subterránea se refiere, y es probable que proceda de calizas subyacentes, cuyos niveles estáticos en los valles intermontanos son de 160 metros de profundidad.

a).-En cuanto a los acuíferos en caliza, se tiene que la mayoría de estos tienen gastos raquíuticos y son de calidad

salina, encontrándose al Suroeste de la cabecera municipal pequeñas áreas de recarga, cuya explotación está enfocada al consumo doméstico.

b).- De acuerdo a los análisis químicos se considera que la calidad del agua subterránea es altamente salina (C3) con una Conductividad Eléctrica mayor de 500 $\mu\text{mhos/cm}$ y con bajo contenido de sodio (S1).

c).- Dentro de la cuenca no existen áreas de veda ni áreas subexplotadas, debido principalmente a que no se tienen acuíferos con gastos considerables ni de buena calidad.

8.- El área que ocupa la cuenca dentro de la Región Hidrológica No. 37 " El Salado " es de un 3.33% de su superficie en el Estado de Nuevo León, un 11.34% de la cuenca (H) Sierra Madre y el 21.29% de la subcuenca Dr. Arroyo, su forma es aplanada oblonga alargada, presentando una pendiente de 0.138% lo que ocasiona que se tengan zonas con relieve accidentado.

a).-En los escurrimientos superficiales la calidad del agua es considerada como agua de salinidad media (C2) presentando una Conductividad Eléctrica de 300 a 500 $\mu\text{mhos/cm}$ y con baja sodicidad (S1).

b).- De acuerdo al análisis estadístico de la pendiente, tenemos que el 66.48% del área de la cuenca tiene una pendiente igual o mayor de 0.05, el 5.50% tiene una pendiente igual o mayor que 0.047 y que la pendiente media de la cuenca de Dr. Arroyo vale 0.045 la cual se presenta en una extensión del 71.7%.

c).- Del análisis hipsográfico se determinó que el 84.07% del área de la cuenca, tiene una elevación mayor o igual de 1700 msnm, mientras que el 12.09% corresponde a una elevación mayor o igual que 2150 msnm, presentando una elevación media 1871.643 msnm la cual se presenta en un 49.49% del área de la cuenca.

d).- Las avenidas de agua dentro de la cuenca son en forma torrencial, es decir abundantes y rápidos, debido a las características morfométricas que presenta la red de drenaje en la cuenca, teniendo así corrientes de primer, segundo y tercer orden, cuya densidad es de 2.4 ns/Km^2 , y la densidad de drenaje es de 1.84 Km/Km^2 ocasionada por los patrones de drenaje dendrítico y sub dendrítico, presentando de esta manera un factor de escurrimiento del 30% y escurrimientos máximos totales de 6,462.75 millones de metros cúbicos.

e).- Los principales usos del agua superficial captadas en aljibes y bordos, son el doméstico y el de abrevadero; gran parte de estos aprovechamientos se secan durante el estiaje, debido a la escasa precipitación y alta evaporación, por lo que no son susceptibles de ser aprovechados con fines de irrigación.

9.- La cuenca de Dr. Arroyo se localiza en la Provincia Fisiográfica "Sierra Madre Oriental" y en la Sub provincia Sierras y Llanuras Occidentales, presentando como principales topofomas Sierras y Llanuras, así mismo se encuentra en su totalidad dentro del sistema terrestre Dr. Arroyo (DA), ocupando un 78.5% de la superficie del sistema.

a).- En cuanto a los suelos que se presentan dentro de la cuenca el 50% son considerados como aptos para la agricultura, solo que en la cuenca presentan capacidad limitada en cuanto al agua para esta actividad, siendo la unidad de suelos predominantes los litosoles en un 46.22% y los xerosoles con un 40.69%, encontrándose los suelos a profundidades mayores de 50 cm hacia el Sur de Dr. Arroyo y al Norte son suelos con profundidades menores de 50 cm.

b).- Respecto a las características físico-químicas de los suelos tenemos que la mayoría de estos presentan texturas

arcillosas, con un pH que va de alcalino a moderadamente alcalino y contenido medio de materia orgánica; en cuanto a nitrógeno se considera que tienen un contenido que va de mediano a pobre y rico para el potasio.

c).- En lo referente al uso actual del suelo y vegetación, la agricultura es de temporal, predominando la vegetación de asociaciones de matorral desértico micrófilo, siendo el ganado caprino el más beneficiado por este tipo de vegetación, pues existen muchas especies que pueden ramonear, y en el sector forestal los productos que se explotan son la palma y el pino piñonero para comercializarlo.

d).- En el uso potencial del suelo tenemos que la mayor parte de los suelos son de clase IV y VIII, cuyo factor limitante en el de clase IV es el agua, y en el clase VIII entre las limitantes que se pueden mencionar tenemos la poca profundidad, la pedregosidad la erosión y la falta de agua.

X. - RECOMENDACIONES

Para hacer un uso más adecuado y aprovechar al máximo los escurrimientos superficiales aumentando así los rendimientos en la agricultura de temporal, se recomienda la construcción de obras derivadoras para realizar el riego por entarquinamiento ya sea de carácter temporal (2-5 años), implementando el suelo mediante canales de conducción del agua, siendo la principal ventaja lo económico que resulta, pues se utilizaría material de la zona y por otra parte aumenta bruscamente el área a irrigar y por consecuencia la efectividad en la irrigación. Otra opción pudiera ser de carácter permanente usando material de mampostería y concreto para los canales de conducción.

Implemetar en las obras hidráulicas de captación de agua para consumo humano (techos cuencas), material de mejor calidad en el techo de la cisterna, debido a que con el paso del tiempo el material se va desgastando, ocasionando que el el agua se haga turbia o de color amarillenta afectando de esta forma su calidad.

Implementar un sistema filtrante para detener las impurezas o material vegetal que el agua acarrea a su paso antes de llegar a los aljibes y bordos, este puede ser de material de piedra, teniendo al centro un corazón de grava graduada, para disminuir de esta manera las posibles enfermedades ocasionadas por la calidad del agua.

Dar un uso más adecuado a los aljibes mediante el mantenimiento de las obras, cercándolas para que los animales no beban del agua de la cual se abastece la población, recomendándose la construcción de éstas en forma secuenciada (área de escurrimiento-aljibe-bordo), es decir para captar los escurrimientos se construye el aljibe cercado y a una altura más baja se forma el bordo para que el ganado beba el agua.

Al tratar de establecer perforaciones dentro de la cuenca se deberá tomar en cuenta la condición estructural de los sedimentos y formaciones, de no ser así se provocarían derrumbes en los pozos y dificultar la perforación.

Para determinar con mayor exactitud la profundidad a la cual se encuentran los acuíferos en caliza es necesario realizar estudios más detallados, puesto que ya se tienen delimitadas las zonas de interés para localizar dichos acuíferos.

Debido a que aproximadamente un 35% del área de la cuenca es de clase VIII siendo tierras no aptas para el desarrollo de ningún cultivo comercial se recomienda que dicha área se favorezca el establecimiento de especies forestales, con fines de conservación de los recursos en dicha zona.

Para el control de la erosión se deben implementar barreras vivas, utilizando los pastos de la región siguiendo las curvas a nivel.

XI.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Botello, Parraguirre Julio Jorge. 1985. Simulación de volúmenes de escurrimiento en cuencas no instrumentadas. Tesis, UAAAN, (División de ingeniería), Buena Vista, Saltillo, Coahuila.
- 2.- Castillo, Obregón Alfonso. 1985. El Recurso hídrico en el manejo integral de una cuenca semiárida en el estado de Hidalgo. Tesis, Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo México.
- 3.- Centro Interamericano de Fotointerpretación. Análisis de Corrientes individuales y Patrones de Drenaje, Bogota Colombia.
- 4.- CONAZA, Diagnóstico de las zonas áridas y semiáridas de México. CONAZA, México.
- 5.- Comisión Nacional del Agua, Análisis hidrológico en el estado de Nuevo León.
- 6.- Cuanalao, de la Cerda Heriberto y otros. 1989. Provincias, Regiones y Sub-Regiones Terrestres de México Primer Edición, Editorial Futura S.A. México D.F.
- 7.- Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. 1979. Inventario de Areas Erosionadas en el estado de Nuevo León. SARH, México D.F.
- 8.- Hernández, Dávila Guillermo. 1987. Mesoclimas del sur del estado de Nuevo León. Tesis, Facultad de agronomía, U.A.N.L. Marín N.L.
- 9.- INEGI, 1986. Síntesis Geográfica de Nuevo León. SPP, Distrito Federal.
- 10.- INEGI, 1990. Guías para la interpretación Cartográfica- (Edafología, Uso del Suelo, Geología, Climatología). México D.F. Segunda Reimpresión.

- 11.- INEGI, 1990. XI Censo general de población y vivienda. México, D.F.
- 12.- Linsley, Kohler Paulus. Hidrología para Ingenieros. Segunda Edición, Editorial Calipso, México D.F.
- 13.- López, Ramos E. 1980. Geología de México. Tomo II, México D.F.
- 14.- Oropeza, Mota José Luis. 1980. Evaluación de la erosión hídrica en las cuencas de los rios Texcoco y Chapingo. Tesis, Maestro en Ciencias, Colegio de postgraduados, Chapingo, México.
- 15.- Rojas, Rafael M. 1980. Hidrología de tierras agrícolas. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- 16.- SARH, Programa distrital de desarrollo rural integral Galeana. SARH, México.
- 17.- SARH, Estudio geohidrológico del estado de Nuevo León. Tomo III, INSISA, N.L. México.
- 18.- SARH, 1972. Boletín Hidrológico No. 55 " Región hidrológica 37 El Salado " , México D.F.
- 19.- SARH, Manejo de Cuencas Hidrológicas y Escurrimientos Superficiales.
- 20.- SARH, 1974. Elementos de Escurrimientos Superficiales. Memorandum Técnico No. 330 México D.F.
- 21.- SARH, 1991. Manual de Conservación de Suelo y Agua. Tercer Edición, Chapingo, México.
- 22.- SARH, 1982. Manual para la estimación de avenidas máximas en cuencas y presas pequeñas. Dirección de obras hidráulicas y de ingeniería agrícola para el desarrollo rural.

- 23.- SEDUE, 1980. Plan municipal de desarrollo urbano Dr. Arroyo N.L., gobierno del estado.
- 24.- Soria, Ruíz Jesús. 1990. Levantamiento Fisiográfico del Sur de Nuevo León. SARH, México.
- 25.- Springall, G. Rolando. 1970. Hidrología. Primer Parte, UNAM, México D.F.
- 26.- Strandberg, Carl H. 1975. Manual de fotografía aérea. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
- 27.- UAAAN, 1990. Programa de aprovechamiento de escurrimientos superficiales y entarquinamiento del ambito distrital. Buena Vista, Saltillo, Coahuila.
- 28.- Velasco, Molina Hugo A. Dr. y Carmona Ruíz Gildardo Ing. MC. 1984. Cosecha de agua de lluvia en el altiplano semidesértico de México. SPP. CONAZA Y PEMEX, México.
- 29.- Villarreal, G.J. 1977. Estudio de suelos y generalidades del aprovechamiento agropecuario de la zona sur del estado de Nuevo León. SARH, México.
- 30.- Zamora, Ibarra Crisógono. 1991. Dinámica de la humedad del suelo en durazno para evaluar la agricultura por entarquinamiento. Tesis, UAAAN, Buena Vista Saltillo, Coahuila.

