

38  
reje.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores  
CUAUTITLAN

RECIBIDA EN LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN A LAS 10:30 HORAS DEL DIA 20 DE MARZO DE 1994

"CLASIFICACION DE SUELOS CON FINES AGRICOLAS  
DE RIEGO DE 1050 HECTAREAS DEL DISTRITO DE  
RIEGO ARROYO ZARCO, EDO. DE MEXICO"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERA AGRICOLA  
P R E S E N T A  
ANA MARIA MARTINEZ GARCIA

Director M.C. Ricardo Torres Cossio

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Clasificación de Suelos con Fines Agrícolas de Riego de 1050

Hectáreas del Distrito de Riego Arroyo Zarco, Edo. de México.

que presenta la pasante: Ana María Martínez García  
con número de cuenta: 8510854-7 para obtener el TITULO de:  
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 10 de octubre de 1994

PRESIDENTE M. en C. Ricardo Torres Cossío

VOCAL Ing. Raúl Espinoza Sánchez

SECRETARIO Ing. Raymundo Gómez Orta

PRIMER SUPLENTE Ing. Felipe E. Solís Torres

SEGUNDO SUPLENTE M. en C. Otilio Acevedo Sandoval

## AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO Y A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
POR HABERME DADO UNA FORMACION PROFESIONAL.

AL MAESTRO RICARDO TORRES COSSIO POR LOS CONOCIMIENTOS Y LA EXPERIENCIA INAPRECIABLES PARA LA  
DIRECCION DE ESTE TRABAJO.

AL H. JURADO POR SUS SUGERENCIAS Y COMENTARIOS.

## INDICE

	página
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>III. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Localización del área</b>	<b>4</b>
3.1.1. Situación geográfica	4
3.1.2. Situación política	4
3.1.3. Superficie y límites	4
<b>3.2. Recursos físicos del área</b>	<b>5</b>
3.2.1. Geología y rocas predominantes	5
3.2.2. Geomorfología	6
3.2.3. Topografía	6
3.2.4. Vegetación	8
3.2.5. Hidrología	8
3.2.6. Climatología	9
<b>3.3. Recursos socioeconómicos</b>	<b>13</b>
3.3.1. Población	13
3.3.2. Tenencia de la tierra	13
3.3.3. Infraestructura	15
3.3.3.1. Vías de comunicación	15
3.3.3.2. Obras hidráulicas	16
3.3.3.3. Comercio	18
<b>3.4. Producción agrícola</b>	<b>19</b>
<b>3.5. Producción pecuaria</b>	<b>24</b>
<b>IV. METODOLOGIA</b>	<b>26</b>
<b>4.1. Fase 1. Trabajo de gabinete</b>	<b>27</b>
4.1.1. Recopilación de información cartográfica y bibliográfica	27
4.1.2. Primera fase de fotointerpretación aplicada al área de trabajo	27
4.1.2.1. Delimitación del área de trabajo en los estereogramas	28
4.1.2.2. Inspección general de las condiciones fisiográficas	30

4.1.2.3. Reconocimiento, localización y delimitación de las áreas con características fisiográficas similares.	32
4.1.2.4. Descripción de los factores de demérito y parámetros empleados en la clasificación agrícola con fines de riego	36
4.1.2.5. Identificación de los factores de demérito presentes en las diferentes áreas de características fisiográficas similares	56
4.1.2.6. Selección de sitios representativos para la obtención de claves de fotointerpretación	63
4.1.2.7. Identificación de áreas de exclusión	65
4.1.2.8. Primera clasificación con fines de riego	65
4.1.2.9. Localización de áreas de exclusión, trazo de transectos y ubicación de sitios y perfiles agrológicos	71
<b>4.2. Fase 2. Trabajos de campo</b>	<b>72</b>
4.2.1. Conocimiento de las condiciones presentes en las áreas de exclusión	74
4.2.2. Verificación de los aspectos fisiográficos en los sitios seleccionados	75
4.2.3. Descripción de pozos agrológicos	77
4.2.4. Comprobación de los factores de demérito y parámetros en los sitios correspondientes a las claves de fotointerpretación	84
<b>4.3. Fase 3. Trabajo de gabinete.</b>	<b>85</b>
4.3.1. Segunda fase de fotointerpretación	85
<b>V. RESULTADOS DE LA CLASIFICACION Y SU ANALISIS</b>	<b>86</b>
5.1. Resultados de clasificación	86
5.2. Análisis de resultados de acuerdo a los factores de demérito	91
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>99</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>100</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>104</b>

**INDICE DE CUADROS Y TABLAS.**

página

Cuadro 1. Vasos de almacenamiento, capacidad total y útil, volúmen anual y fuente de aprovechamiento	8
Cuadro 2. Temperatura, precipitación, evaporación y heladas por mes de 1980 a 1990	11
Cuadro 3. Distribución de la tenencia de la tierra	15
Cuadro 4. Infraestructura hidráulica del distrito de riego	17
Cuadro 5. Distribución de unidades de comercio en las principales poblaciones	18
Cuadro 6. Uso de fertilizantes en superficie ejidal y privada en 1992	19
Cuadro 7. Mecanización agrícola en superficie ejidal y privada en 1992	19
Cuadro 8. Uso de semillas mejoradas en los principales cultivos de riego	20
Cuadro 9. Concepto de operación y tipo de aprovechamiento	20
Cuadro 10. Principales cultivos, su superficie, producción, rendimiento y valor de la cosecha en 1992	21
Cuadro 11. Uso consuntivo, método de riego y lámina neta de los principales cultivos	22
Cuadro 12. Volúmen aplicado de riego en 1991 y 1992	23
Cuadro 13. Ganado para leche, no. de cabezas, producción, precio y valor de la leche por especie en el año 1992	24
Cuadro 14. Ganado para carne	24

Cuadro 15. Ganado lanar	25
Cuadro 16. Avicultura. Producción de huevo y aves para engorda	25
Cuadro 17. Clasificación textural	37
Cuadro 18. Clasificación de la permeabilidad de acuerdo a la velocidad de infiltración de los suelos	40
Cuadro 19. Relación entre la velocidad de infiltración y la textura	41
Cuadro 20. Especies resistentes a los suelos salinos	42
Cuadro 21. Clasificación de la pedregosidad de acuerdo al porcentaje de piedras mayores y menores de 7.5 centímetros de diámetro	44
Cuadro 22. Clasificación del porcentaje de piedras en un suelo	45
Cuadro 23. Clasificación del volumen de piedras en un suelo	46
Cuadro 24. Porcentaje del área afectada y separación en metros	47
Cuadro 25. Distancia entre rocas y m <sup>3</sup> de rocas que se encuentran en una hectárea a 25 cm de profundidad	48
Cuadro 26. Grado, tipo de erosión y porcentaje de suelo perdido	49
Cuadro 27. Longitud radicular de algunas especies cultivables	92
Cuadro 28. Profundidad de la zona densa de las raíces de algunas especies	94

<b>Tabla 1. Factores y parámetros para la clasificación agrícola de suelos con fines de riego</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 2. Unidades de mapeo</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 3. Prácticas de manejo de acuerdo a las limitaciones de los suelos</b>	<b>98</b>

## I. INTRODUCCION.

En México existe una superficie destinada a la producción agrícola de 22 millones de hectáreas, que representan el 14 por ciento de la superficie total del país, de las cuales sólo 6 millones de hectáreas cuentan con agua de riego, es decir, el 33 por ciento de la superficie agrícola y el 77 por ciento restante son áreas de temporal; en donde la precipitación anual distribuida irregularmente durante todo el año, propicia un temporal errático con un alto riesgo de sequía, lo que da como resultado una agricultura con bajos rendimientos. [2]

Lo anterior refleja que, mientras la agricultura de riego puede producir hasta dos cosechas al año, la de temporal, de acuerdo a la Secretaría de Agricultura, presenta pérdidas en un 25 por ciento del total sembrado. Es decir, que la principal producción descansa sobre la agricultura de riego, tanto de cultivos básicos, como maíz, frijol, trigo, arroz, como de cultivos importantes por su valor de producción como el chile verde, tomate rojo, melón y frutales.

La superficie agrícola de riego está constituida por unidades de riego que cubren una superficie de 1.6 millones de hectáreas y distritos de riego con una superficie de 4.8 millones de hectáreas. Ambos cuentan con presas de almacenamiento, canales de conducción y distribución, sistema de drenaje, caminos y otros servicios; sin embargo, no obstante su importancia, las áreas agrícolas con irrigación son escasas y a pesar de la infraestructura con la que cuentan existen condiciones que afectan su explotación, tales como terrenos desnivelados, problemas de salinidad y sodicidad, manto freático elevado, drenaje parcelario deficiente o inexistente, pedregosidad y sobre todo sistemas de producción en los que se aplica una tecnología deficiente, que condiciona la producción.

Aunado a esto, el uso y manejo de los suelos que se realiza en forma similar, es decir, sin la aplicación de prácticas acordes a las propiedades de los suelos, propicia el deterioro de estas áreas.

Para mejorar la situación anterior, es necesario determinar la factibilidad de los suelos de uso bajo riego. Esto implica por tanto, realizar la caracterización de cada clase de suelo presente en una unidad de producción. Esta caracterización permite, identificar cuales factores impiden el uso adecuado de cada unidad clasificada, de acuerdo a la metodología empleada por la SARH para suelos utilizados con fines agrícolas de riego. Considerando que dentro de un mismo distrito pueden existir unidades de suelo con características específicas, que requieren por tanto de un uso y manejo específico, acorde a las condiciones y propiedades que presenta el suelo.

Esta clasificación se basa en la presencia de factores de demérito, los cuales limitan el uso generalizado del suelo, los cultivos que pueden ser producidos y su manejo, permitiendo con ello determinar cuales suelos son susceptibles de ser explotados con irrigación y planear las actividades agrícolas de manejo necesarias para llevar a cabo la explotación de los recursos de acuerdo a la aptitud de los suelos y por consiguiente incrementar la producción, una vez que se conocen las causas que impiden el desarrollo óptimo de cada clase de suelo caracterizada.

Con base en lo anterior, se planteó el estudio de una zona comprendida dentro del Distrito de Riego Arroyo Zarco, Edo. de México, con la finalidad de contribuir al mejoramiento de las técnicas de uso y manejo de aquellos suelos que tienen la factibilidad de explotarse bajo condiciones de riego.

## **II. OBJETIVOS.**

- **Determinar la factibilidad para la producción agropecuaria de 1050 hectáreas de suelos del Distrito de Riego Arroyo Zarco, Edo. de México.**
- **Determinar por medio de la fotointerpretación los factores que restringen la explotación agrícola y pecuaria de los suelos de la zona de trabajo, de acuerdo a la clasificación de suelos con fines de riego.**

### **III. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

#### **3.1. Localización del área.**

##### **3.1.1. Situación geográfica.**

La zona de estudio se ubica geográficamente en las coordenadas 20°04' latitud norte y 99°40' longitud oeste, a una altura media comprendida entre 2,250 y 2700 metros sobre el nivel del mar. Fisiográficamente comprende parte de la subprovincia de los Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo, dentro de la provincia del Eje Neovolcánico. [15]

##### **3.1.2. Situación política.**

El área de trabajo se localiza dentro del Distrito de Riego número 96, Arroyo Zarco, el cual ocupa una superficie de 19,049 hectáreas, las cuales comprenden parte del Estado de México, en los municipios de: Jilotepec 1,284 hectáreas, Aculco 9,460 hectáreas y Polotitlán 6,526 hectáreas; y en el estado de Hidalgo en los municipios de Nopala 823 hectáreas y Huichapan 956 hectáreas con un total de 19,049 hectáreas, las cuales se dividen en 11 secciones de riego. [2]

##### **3.1.3. Superficie y límites.**

El área que comprende el trabajo se localiza particularmente en el municipio de Aculco, Estado de México y se constituye de una superficie de 1050 hectáreas.

Sus límites son: al norte, el Municipio de Polotitlán, al sur, el Municipio de Acambay, al este el Municipio de Jilotepec y al oeste el estado de Querétaro.

### **3.2. Recursos físicos del área.**

#### **3.2.1. Geología superficial y rocas predominantes.**

La litología del municipio está constituida por afloramientos de rocas de origen ígneo extrusivas, del período cuaternario, dentro de las cuales encontramos basalto, toba, andesitas y areniscas con toba. Los materiales básiaticos son esquistos, areniscas y calizas del cuaternario inferior, generalmente plegadas y sujetas a levantamientos posteriores.

El período cuaternario, en el cual se desarrollan los tipos de roca predominante en la región, se caracteriza por la presencia de intensa actividad volcánica, razón por la cual encontramos rocas ígneas; así como por notables procesos de erosión y sedimentación consecuente, lo que propició la formación de suelos de origen aluvial.

El material parental de los suelos comprende toba pomacea con contenidos variables de feldespatos, cuarzos y minerales ferromagnésicos. Debido a estas características que se conjugan con la precipitación y temperatura se han desarrollado suelos arcillosos, donde predominan arcillas ilitas y en menor grado las arcillas montmorillonitas. [25]

Desde el punto de vista de los procesos formadores del suelo, el área de Arroyo Zarco, se caracteriza por una marcada iluviación, en donde algunas bases se acumulan a cierta profundidad del perfil.

Por su naturaleza, los suelos comprendidos en esta área son delgados o de poco espesor y se erosionan fácilmente por estar constituidos de materiales altamente intemperizables.

### **3.2.2. Geomorfología.**

La geomorfología comprende casi en su totalidad mesetas volcánicas, ya que se ubica dentro de la zona del Eje Neovolcánico. Presenta geoformas constituidas por estratos de sedimentos piroplasmáticos, dispuestos en forma más o menos horizontal y disectados en los valles profundos. En el fondo de algunos valles se han acumulado sedimentos fluviales, que provienen de las partes más altas.

Existen además sistemas de topografías de lomerío de colinas redondeadas y suaves, así como sierras de laderas tendidas, en las cuales el macizo montañoso se extiende.

[15]

### **3.2.3. Topografía.**

En las áreas que se localizan al sur se presentan elevaciones de consideración, correspondiendo a éstas los cerros, los cuales presentan una pendiente orientada principalmente hacia el norte.

Existen también extensas zonas de lomeríos en las que la pendiente varía de moderada a fuerte.

Finalmente, existen zonas de topografía plana con pendientes de disposición uniforme; estos terrenos se localizan generalmente rodeando a lomeríos y cerros constituyendo así explanadas.

#### **3.2.4. Hidrología.**

Las corrientes que se presentan en la región, son generalmente de escurrimiento intermitente, las cuales son el producto de la confluencia de varios arroyos y arroyuelos de poca importancia que se ubican en la parte alta de la cuenca de la presa Huapango.

La zona se encuentra comprendida dentro de la región hidrológica del Alto Pánuco cuya corriente principal en la región tiene como origen al río San Juan y al río Tula, los cuales son afluentes del Moctezuma, y cuyas subcuencas intermedias comprenden los ríos Prieto, Arroyo Zarco, Tula, Rosas y Tlaulla, hasta su desembocadura en la estación hidrométrica de Taxie, cuyo volúmen anual medio es de 19.1 millones de metros cúbicos.

En el distrito de riego, se localizan nueve vasos de almacenamiento los cuales cubren 11 secciones de riego para una superficie de 36,000 hectáreas de las cuales solamente 19,049 hectáreas son regadas. [2]

**Cuadro 1. Vasos de almacenamiento, capacidad total y útil, volúmen anual útil y fuente de aprovechamiento.**

VASOS DE ALMACENAMIENTO	CAPACIDAD TOTAL (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	CAPACIDAD UTIL (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	VOL ANUAL UTIL (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	FUENTE
P. Huapango	121.3	119.3	15.7	R. Arroyozarco
P. el Molino	7.6	7.1	7.1	R. Arroyozarco
P. Nado	16.8	14.9	9.7	R. Nado
P. San Antonio	3.0	3.0	0.9	R. Arroyozarco
P. La Loma	0.7	0.7	0.6	R. Fondó
P. Chapala	0.4	0.4	0.4	R. Fondó
P. Taxhingú	0.3	0.3	0.3	R. Fondó
P. Cofradía	0.4	0.4	0.4	R. Acúlco
P. Los Cerritos	0.3	0.2	0.2	Barranca Estancia
<b>Total</b>	<b>150.8</b>	<b>146.3</b>	<b>35.3</b>	

[2]

### 3.2.4. Vegetación.

El área en general se encuentra desprovista de vegetación natural debido a la explotación de las especies y al desmonte realizado a fin de establecer áreas de cultivo.

La mayor parte de la vegetación la constituían bosques de clima templado-frío, es decir, coníferas con encinos, en la cual se encontraban especies como el álamo (*Cirsus mexicanum*), algunas especies de cedro pertenecientes al género *Cupressus sp.*, ciertas especies de encinos que corresponden al género *Quercus sp.*, así como fresnos (*Fraxinus sp.*)

En los lugares cercanos a los arroyos y en las presas que conservan agua la mayor parte del tiempo existe sauce (*Salix sp.*), mirasol de agua (*Chysantemoides michy*) y tule (*Heliocaris palustris*).

Dentro de la vegetación de tipo arbustivo, encontramos tanto matorral crasicaule como subtropical, con especies como huizache (*Acacia farnesiana*), mezquite (*Prosopis juliflora*), dexto (*Brickellia veronicafolia*), retama (*Cassia faevegata*), sauco (*Sambucus mexican*), tepozan (*Buddleia corduta*), nopal (*Opuntia antabrigiensis*), cujo, manzanilla y algunos agaves.

Entre la vegetación natural de porte bajo se encuentran pastizales con especies como *Bouteloua sp.*, *Cynodon sp.*, *Muhlenbergia*, *Buchloe dactyloides*, *B. simplex*, además de escobilla (*Aster pansiflora*) y carretilla (*Medicago denticulada*). [15]

### 3.2.5. Climatología.

En la región existen tres estaciones termopluviométricas, de las cuales la más representativa es la localizada en Huapango, situada en las coordenadas 99°38' longitud oeste y 20°41' latitud norte, a una altura sobre el nivel medio del mar de 2,514 metros.

Los datos observados comprenden un período de 10 años, entre 1980 a 1990.

De acuerdo a Thornthwaite, la clasificación del clima es CwB'a, lo cual corresponde a:

C subhúmedo, vegetación pastizal, con humedad deficiente en invierno.

B' mesotérmico, sin cambio térmico invernal bien definido con una concentración térmica en el verano entre 25 y 30 por ciento.

La temperatura media anual en la estación Huapango es de 12.2 °C, siendo el mes de enero el que presenta la temperatura media más baja 9.1° y el mes de mayo la temperatura media más alta 14.7°.

La precipitación media anual es de 808.7 milímetros; siendo los meses de junio a septiembre los que registran una precipitación mayor, con una lámina de 599.6 milímetros, lo que representa el 74.14 por ciento de la lámina total anual.

Esto propicia que los escurrimientos de arroyos y arroyuelos intermitentes no lleguen a abastecer la capacidad total de la presa Huapango, que se estima en 121.3 millones de metros cúbicos.

La evaporación total anual es de 1,847 milímetros, presentándose de octubre a mayo un registro superior al de la precipitación, lo que causa un aumento en las pérdidas del agua de riego.

La presencia de heladas , es uno de los fenómenos meteorológicos más importantes de la zona, pues los efectos dañinos que causan sobre los cultivos trae como consecuencia la reducción de la estación de crecimiento de la zona.

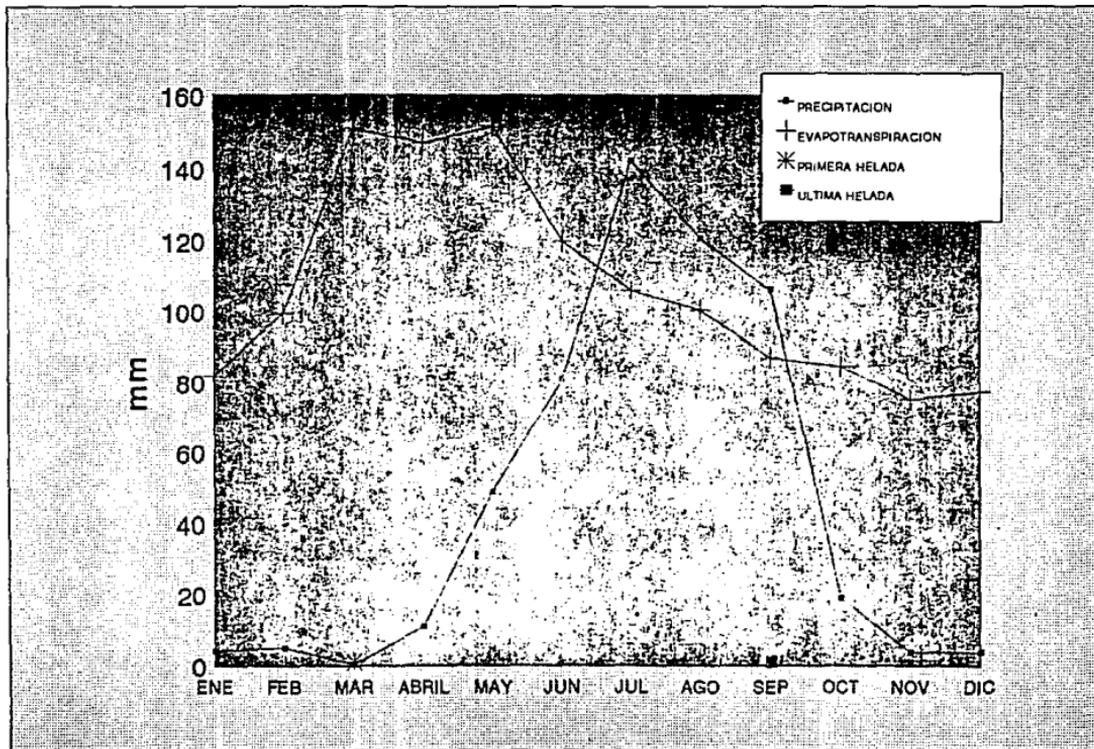
De acuerdo a los registros, la primera helada se presenta en el mes de septiembre, mientras que la última en el mes de junio, por lo que es necesario considerar en la elección de nuevos cultivos, tanto la especie como la variedad, así como la fecha de siembra y el contenido de humedad en el suelo.

**Cuadro 2. Temperatura, precipitación, evaporación y heladas por mes entre 1980 y 1990.**

MES	TEMPERATURA	PRECIPITACION	EVAPORACION	TOTAL DE DIAS EN 10 AÑOS	
	(°C)	(mm)	(mm)	HELADAS	GRANIZADAS
Enero	09.1	15.8	126.3	215	1
Febrero	10.1	06.7	154.1	164	0
Marzo	12.1	09.9	215.0	108	3
Abril	14.0	30.5	216.2	21	4
Mayo	14.7	60.2	213.6	2	9
Junio	14.5	137.1	173.1	2	4
Julio	13.5	172.0	146.4	0	4
Agosto	13.5	163.6	143.6	0	4
Septiembre	13.3	126.9	121.1	8	0
Octubre	12.1	62.5	119.5	46	1
Noviembre	10.1	13.1	109.6	148	0
Diciembre	09.6	10.4	108.5	175	0
Total		808.7	1847.0	891	30

[2]

## ESTACION DE CRECIMIENTO DE ACUERDO A PERIODO DE HUMEDAD Y PERIODO LIBRE DE HELADAS



Probabilidad de ocurrencia del 70 %

### **3.3. Recursos socioeconómicos.**

#### **3.3.1. Población.**

El municipio de Aculco de acuerdo al censo de población de 1990, cuenta con una población total de 29,174 habitantes, lo que representa el 0.32 por ciento del total del Estado, con un tasa de crecimiento de 2.19 y una densidad de población por kilómetro cuadrado de 50.33 habitantes. [17]

La población económicamente activa representa el 25.05 por ciento; de los cuales el 98.0 por ciento perciben ingresos, mientras que 2 por ciento son desempleados.

La PEA ocupada en el sector agrícola, pecuario y de pesca representa el 86 por ciento del total de habitantes que perciben ingresos, mientras que la población ocupada en la industria manufacturera es de 9 por ciento y en el sector comercio es de 4 por ciento.

En cuanto a indicadores del nivel de vida de la población, se tiene que la tasa de población económicamente activa que recibe ingresos menores al salario mínimo es de 23.1. [16]

Mientras que en educación, la tasa de analfabetismo de la población de 10 años y más es de 29.82.

Y la población amparada por el Instituto Mexicano del Seguro Social es de solamente 7287 habitantes. [17]

#### **3.3.2. Tenencia de la tierra.**

La superficie factible de riego es de 19,049 hectáreas, en las cuales el número de usuarios que las atiende asciende a 6427.

Dentro de esta superficie, 7 995 hectáreas pertenecen a propiedad ejidal y 11 054 hectáreas corresponden a propiedad privada.

En el sector ejidal, el total de hectáreas de riego es del 42 por ciento, con una media de tenencia por usuario de casi dos hectáreas.

Particularmente, se indica que el 97.7 por ciento del total de ejidatarios disponen de parcelas cuyo tamaño varía de 0.1 a 5 hectáreas; mientras que el 2.3 por ciento restante dispone de entre 5.1 y 10 hectáreas.

Aproximadamente en la región de estudio se benefician una proporción de 43 ejidos.

Los pequeños propietarios por su parte, disponen de una superficie de 11 054 hectáreas, lo que hace un promedio de 5.12 hectáreas por usuario; es decir, que el 33.6 por ciento de los pequeños propietarios posee el 58 por ciento del total de la tierra beneficiada por el sistema de riego.

El 65 por ciento de ellos poseen de 0.1 a 5 hectáreas con una media de 1.94 hectáreas, sin embargo, existen propietarios con más de 50 hectáreas con una media de 65.52 hectáreas, siendo el número de beneficiados de 2,160, aproximadamente la mitad del número de ejidatarios. [3]

**Cuadro 3. Distribución de la tenencia de la tierra.**

CLASES	EJIDAL			PROPIEDAD PRIVADA		
	USUARIOS	SUPERFICIE	MEDIA	USUARIOS	SUPERFICIE	MEDIA
0.1 A 5	4169	7332	1.76	1678	3252	1.94
5.1 A 10	98	663	6.77	245	1847	7.54
10.1 A 20	0	0	0.00	139	2085	14.86
20.1 A 50	0	0	0.00	75	2383	31.77
MAS DE 50	0	0	0.00	23	1507	65.52
<b>TOTAL</b>	<b>4269</b>	<b>7995</b>	<b>1.87</b>	<b>2160</b>	<b>11054</b>	<b>5.12</b>

PADRON DE USUARIOS 1992.

**3.3.3. Infraestructura.****3.3.3.1. Vías de comunicación.**

El Distrito de Riego Arroyo Zarco cuenta con una red de caminos pavimentados, revestidos y de tierra con una longitud en kilómetros de 9.7 y 4.9 kilómetros respectivamente.

La carretera federal número 55 que conecta la cabecera municipal con la autopista México-Querétaro determina una situación favorable para el transporte de productos de la región, ya que además posee caminos vecinales que conectan con la mayoría de los poblados.

En cuanto a vías de ferrocarril, existen dos que cruzan la zona, la del ferrocarril México-Toluca y la México-Laredo, la cual toca Polotitlán. [16]

### **3.3.3.2. Obras hidráulicas.**

El distrito de riego, se encuentra fraccionado en dos módulos, los cuales han sido transferidos a los usuarios.

El módulo I Huapango, consta de 6 presas, la presa Huapango que es de almacenamiento, la presa El Molino, La Loma, Chapala, Taxhingú y Cofradía que son derivadoras.

El módulo II Ñado, comprende una presa de almacenamiento, la presa Ñado y dos derivadoras; una de ellas la presa San Antonio que controla además las aguas residuales de Arroyo Zarco y Aculco y la presa Cerritos, que es totalmente derivadora de la presa Ñado.

Dentro del área que comprende el módulo Huapango, existe una presa de carácter particular, El Derramadero, la cual es controlada totalmente por los usuarios, a diferencia de las administradas por la Comisión Nacional del Agua, quien controla el abastecimiento de agua hasta los puntos de control de las presas.

El módulo Huapango cuenta con una extensión de 15,826 hectáreas y un volumen anual de 5.7 por millar de  $m^3$  y un total de 4,000 usuarios; mientras que el Módulo Ñado comprende solamente 3223 hectáreas y beneficia a 2000 usuarios con un volumen anual de 5.9 por millar de  $m^3$ . [3]

**Cuadro 4. Infraestructura hidráulica del distrito de riego.**

Concepto	Total	Características
Canales Principales: longitud Km	150.82	74.0 revestidos
Canales laterales: longitud Km	146.02	
Caminos: longitud Km	110.41	78.8 revestidos 31.6 terracerías
Caminos en canales: longitud Km	48.29	
Caminos de enlace: longitud Km	62.12	
Estructuras: piezas	989	
En canales	603	concreto
	150	mampostería
En caminos	236	concreto

[3]

En cuanto a hidrometría se refiere, la capacidad de los canales principales es la siguiente:

Los bordos son de terracería compactada que elevan la cota de embalce, pero existen también de mampostería con puertas de desfogue, de tablonos o de vástagos de fierro.

La capacidad de estos vasos varía de 35 a 200 metros cúbicos.

La capacidad total de la superficie de embalse es de 4,520 hectáreas. Siendo el principal vaso de almacenamiento de todo el distrito el de Huapango; sin embargo, la poca disponibilidad hidráulica solamente ha permitido regar en el módulo Huapango un promedio de 7,500 hectáreas. [3]

### 3.3.3.3. Comercio.

Las relaciones comerciales son incipientes y la economía regional puede tipificarse como cerrada y de autoconsumo.

Dentro de los principales productos comercializados se encuentra la leche que ocupa un lugar importante y el maíz.

Las unidades de comercio y abasto en la zona se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 5. Distribución de las unidades de comercio en las principales poblaciones.**

	Total	Privado	Público	Social	Mercado público
Aculco	477	475	1	-	1
Jilotepec	93	87	1	4	1
Acambay	59	58	-	-	1
Polotitán	60	25	-	35	-

[19]

Por otra parte, en cuanto al almacenamiento, fase importante en el proceso de comercialización, la región cuenta con un total de 19 bodegas con capacidad de 4,717 toneladas, las cuales en su totalidad son del sector oficial. [18]

### 3.4. Producción agrícola.

La agricultura presenta dos variantes: riego y temporal. Cabe mencionar que, aún cuando se trate de un distrito de riego, existen ambas modalidades. En ambas es utilizada la labranza mecanizada y de tracción animal.

De acuerdo a la tecnificación tenemos:

**Cuadro 6. Uso de fertilizantes en superficie ejidal y privada, año 1992.**

Uso de fertilizantes						
Superficie Ejidal		Sup. Pequeña Propiedad		Superficie total has		
Fertilizadas	No fertil.	Fertilizadas	No fertil.	Fertilizadas.	No fertil.	Total
7990	5	10956	98	18946	103	19049

[3]

**Cuadro 7. Mecanización agrícola en superficie ejidal y privada del año 1992.**

Mecanización agrícola					
Total mecanizada		Parcial Mecanizada		No mecanizada	
Ejidal	Prop. Privada	Ejidal	Prop.Privada	Ejidal	Prop. Privada
7,995	11,054	6,582	10,334	1,413	720

[3]

**Cuadro 8. Uso de semillas mejoradas en los principales cultivos de riego del ciclo 1992.**

Uso de semillas mejoradas			
Principales Cultivos	Superficie sembrada has	Superficie con semilla mejorada	% del Total
Pradera	387	387	100
Maíz	4431	-	-
Manzano			
Pera      Frutales			
Durazno   Huertos mixtos	133	62	61.7
Ciruelo			
<b>TOTAL</b>	<b>4951</b>	<b>469</b>	<b>9.4</b>

[3]

En cuanto a riego se refiere, el tipo de aprovechamiento es de gravedad, siendo los conceptos de operación los siguientes:

**Cuadro 9. Concepto de operación y tipo de aprovechamiento.**

Concepto	Tipo de aprovechamiento		
	Gravedad	Pozos CNA	Pozos Part.
A. Superficie regada (ha física)	3722.0	-	-
B. Volúmen total distribuido (miles m <sup>3</sup> )	16520.0	-	-
C. Lámina bruta utilizada (media, cm)	36.0	-	-
D. Eficiencia de conducción (%)	72.7	-	-
E. Superficie con segundos cultivos	0	-	-

[2]  
20

La producción tanto de los cultivos anuales, semiperennes y perennes se destina al autoconsumo y comercio regional.

Gran parte de la superficie está dedicada a la explotación de praderas, las cuales utilizan mezclas de pastos y tréboles, así como monocultivos de alfalfa, avena y cebada.

**Cuadro 10. Principales cultivos, su superficie, producción, rendimiento y valor de la cosecha del año 1992.**

CUTIVOS	SUPERFICIE SEMBRADA COSECHADA		PRODUCCION (ton)	RENDIMIENTO (ton/ha)	VALOR DE COSECHA (MILES N\$)
<b><u>MEDIO RIEGO</u></b>					
MAIZ	3277	3277	9737.4	2.971	6,193
TOTAL M-R	3277	3277			6,193
<b><u>TEMPORAL</u></b>					
MAIZ	11845	11845	31162.7	2.631	19,819
VARIOS	3407	3407	16723.2	4.908	4,466
TOTAL TEM.	15252	15252			24,286
<b><u>PERENNES RIEGO</u></b>					
PRADERA	387	387	32500	83.979	1,950
FRUTALES	133	133	220	1.654	330
T. PERENNES	520	520			2,280
TOTAL GRAL.	19049	19409			32,758

[3]

La superficie regable del distrito destinada a las labores agrícolas, la constituye un total de 19,049 hectáreas, de las cuales solamente 3,277 reciben medio riego y 15,275 son

de temporal; mientras que las de riego total, constituidas por cultivos perennes exclusivamente suman 520 hectáreas, entre praderas y frutales de manzano, durazno, pera y ciruela.

Esto significa que solamente el 27 por ciento de la superficie regable, tiene riego durante un año y el 72 un riego de punta o de auxilio. [3]

Este fenómeno es característico de los distritos de medio riego, ya que las pérdidas de agua son elevadas por las malas condiciones que presenta la red de conducción y distribución.

**Cuadro 11. Uso consuntivo, método de riego y lámina neta en los principales cultivos.**

Cultivo	Uso consuntivo (cm)	Métodos de riego	Lámina media neta (cm)
Frijol	39.5	surcos	21.6
Frutales	102.4	cajetes	27.0
Maíz	57.4	surcos	21.6
Pradera	110.8	melgas	110.8

[3]

La productividad de la zona por tanto, se ve reducida, así tenemos que el valor de la cosecha para cultivos de medio riego y temporal para el año agrícola 1993 fue de N\$1,719.71.

El valor de la cosecha en nuevos pesos por millar de metros cúbicos es de N\$512.89, mientras que el ingreso per cápita por usuario fue de N\$5,097.04. Siendo la cuota por

usuario de N\$32.00 por pala que es el equivalente al volúmen asignado para una hectárea de riego; 2,160 m<sup>3</sup> primer riego y 1,350 m<sup>3</sup> riego de auxilio para maíz. [3]

En lo referente al volúmen aplicado de riego por hectárea, tenemos que se incremento de 1992 a 1993. Siendo los cultivos con mayor demanda las praderas y los frutales.

**Cuadro 12. Volúmen aplicado de riego en 1991 y 1992.**

Cultivo	has Físicas	Vol. Neto	has. riego	Vol. bruto	No. riego
<b>OTOÑO-INVIERNO</b>					
Avena	17.5	60.5	44.7	77.9	2.55
<b>PRIMAV-VERANO</b>					
Maíz	6,279.0	14,966.9	7312.0	19514.3	1.16
<b>PERENNES</b>					
Pradera	387.0	3,341.9	2475.0	4356.6	6.40
Frutales	124.0	166.8	124.9	215.8	1.00
Subtotal	6,807.5	18,536.1	9,956.6	24164.6	
Uso doméstico		3,879.9		5086.7	
Total		22,416.0		29251.3	

[3]

### 3.5. Producción pecuaria.

Referente a la actividad ganadera, encontramos que la zona se localiza dentro de una cuenca lechera, sin embargo, el manejo que se le da al ganado es de tipo extensivo, por lo que la productividad de la región se ve reducida.

La producción pecuaria de la zona cuenta con ganado para carne, leche y ganado lanar. Así tenemos que, el ganado de la región, presenta las siguientes características:

**Cuadro 13. Ganado para leche. No. de cabezas, producción, precio y valor de la leche por especie del año 1992.**

Especie	No. de cabezas	Producción total anual (litros)	Precio medio (N\$/kg)	Valor total de producción N\$
Bovino	15,600	45,625,000	0.83	38,005,625
Caprino		Consumo familiar		

[3]

**Cuadro 14. Ganado para carne. Número de cabezas, producción, precio y valor de la carne por especie del año 1992.**

ESPECIE	NÚMERO DE CABEZAS	PRODUCCION ANUAL TOTAL (kg)	PRECIO MEDIO (N\$/kg)	VALOR TOTAL DE PRODUCCION (N\$)
Bovinos	8,500	1,530,000	4	6,885,000
Caprinos		Explotación rústica (autoconsumo)		
Ovinos	15,600	488,000	5	2,340,000
Porcinos	7,000	580,000	4	2,240,000
TOTAL	31,100	2,588,000		11,485,000

[3]

**Cuadro 15. Ganado lanar, producción total y valor de la producción de 1992.**

ESPECIE	NUMERO DE CABEZAS	PRODUCCION ANUAL TOTAL LANA (kg)	PRECIO MEDIO (N\$/kg)	VALOR TOTAL PRODUCCION N\$
Ovino	15,600	23,400	2.50	58,500

[3]

Además de contar con este tipo de ganado, existe otra actividad de importancia, la avicultura cuya producción principal es el huevo.

**Cuadro 16. Avicultura. Producción de huevo y aves para engorda.**

NUMERO DE AVES	NUMERO DE HUEVOS POR AVE doc/año	NUMERO TOTAL DE HUEVOS (doc/año)	PRECIO MEDIO (N\$/doc)	VALOR TOTAL DE PRODUCCION (N\$)
3,000	19	608,000	3.20	1,945,600

TIPO	NUMERO DE AVES	PRECIO MEDIO POR AVE (N\$)	VALOR TOTAL DE LA PRODUCCION (N\$)
Pollos de engorda	150,000	10	1,500,000
Pollos de cría	5,200	5	-
Aves adultas para carne	Autoconsumo		
<b>TOTAL</b>	<b>155,200</b>		<b>1,500,000</b>

[3]

Actualmente en el distrito de riago, dentro del municipio de Aculco, se esta desarrollando la acuicultura, cuyo principal producto es la carpa, sin embargo, es una actividad con poca demanda.

#### IV. METODOLOGIA.

Para la realización del presente trabajo de tesis se planteó la metodología que se describe a continuación, la cual sigue una serie de trabajos que comprenden 3 etapas. La primera de ellas se llevo a cabo en el gabinete, sin el reconocimiento previo de la zona de estudio y consistió en recopilar la información referente al marco físico y socioeconómico que sirvió como base para el conocimiento general de la región así como para establecer las bases de información de carácter agronómico, que permite llevar a cabo inferencias preliminares respecto a los diversos factores que inciden en las características que presentan los suelos, las cuales constituyen la base para hacer la clasificación con fines de riego.

La metodología comprendió una segunda etapa que consistió en llevar a cabo trabajos de campo en transectos previamente seleccionados, y en sitios en los cuales se realizan trabajos específicos para un conocimiento detallado de los sitios que se considera que son representativos de cada unidad de clasificación de suelos definidas en la fase de gabinete.

Posteriormente, siguiendo los pasos de la metodología aplicada, se llevo a cabo otra etapa de trabajo de gabinete, en la que fundamentalmente se contempla realizar los ajustes necesarios en las aerofotografías, que durante los trabajos de campo se consideró necesario realizar.

La elección del área de estudio utilizada en el presente trabajo de tesis, obedeció fundamentalmente a que la zona se encuentra comprendida dentro de un distrito de riego, en el que se presentan condiciones fisiográficas muy heterogéneas, es decir, que

Junto a suelos con condiciones propicias o adecuadas para su aprovechamiento bajo riego, existen otras que presentan factores de demérito muy diversos y de tal magnitud, que de ninguna manera se hace recomendable el uso de los suelos, aun sin riego.

#### **4.1. Fase 1. Trabajo de gabinete.**

##### **4.1.1. Recopilación de información.**

La revisión bibliográfica y cartográfica de la zona de estudio, se realizó con el fin de conocer las características generales de la zona, referentes a los recursos físicos, en los cuales se incluye la geomorfología, geología superficial, topografía, hidrología, vegetación natural e inducida y la climatología; así como información sobre los recursos socioeconómicos dentro de los cuales se encuentra la población, tenencia de la tierra, infraestructura, comercio y actividades productivas; los cuales se incluyen en el capítulo de antecedentes. Estos aspectos son necesarios para conocer las generalidades del área de estudio y la posible aptitud de los suelos, lo que se relaciona con la clasificación con fines de riego que fue el objetivo del presente trabajo.

El material de consulta se obtuvo en el INEGI, SARH y UNAM. Además de material aerofotográfico en escala 1:8000, en donde se realizó la fotointerpretación, base de este trabajo.

##### **4.1.2. Primera fase de fotointerpretación aplicada al área de trabajo.**

La interpretación es uno de los pasos más importantes en el trabajo con fotografías aéreas, por lo que se tienen diferentes grados de evaluación y clasificación de imágenes.

La interpretación fotográfica constó de tres etapas, la primera que se define como fotolectura, se refiere al conocimiento general y simple de aspectos naturales que aparecen en la fotografía, por lo que no requiere de gran experiencia y es realizada directamente sobre pares estereoscópicos o mosaicos aerofotográficos.

El fotoanálisis que corresponde a la segunda etapa, permite definir en el material fotográfico una gran variedad de elementos o características del terreno en forma cualitativa y cuantitativa, de manera que los componentes del terreno representados en la fotografía, pueden ser definidos individualmente o pueden integrarse dependiendo del análisis a realizar, en esta segunda etapa se establece una clasificación o registro básico del detalle fotográfico de manera que sea aplicable al estudio que se este efectuando.

Por último, se encuentra la fase de fotointerpretación, que corresponde a la etapa más compleja y completa del uso de aerofotos con fines de recopilación de información. Este paso incluye la fotolectura y el fotoanálisis, y requiere fundamentalmente, el uso del estereoscopio así como el conocimiento general de la zona de estudio. Cabe señalar que la fotointerpretación se aplica a estudios específicos y sólo se considera válida si se tienen los conocimientos de la materia correspondiente, existe así, fotointerpretación aplicada a estudios geológicos, forestales, hidrológicos, etcétera. [28]

#### **4.1.2.1. Delimitación del área de trabajo en los estereogramas.**

La visión estereoscópica o de tercera dimensión es la característica por la cual el uso de estereogramas es necesario para poder realizar este tipo de estudios. Los estereogramas se constituyen de un par de aerofotos continuas, las cuales deben ser observadas con un estereoscopio. Para poder observar la tercera dimensión en la

imágen del par estereoscópico, es necesario que exista una sobreposición longitudinal en la fotografía de por lo menos un 65 por ciento. [28]

En cada par estereoscópico se delimitó un área de trabajo, de la siguiente manera:

En cada fotografía aparecen en las cuatro esquinas o en la parte media de cada lado, marcas denominadas fiduciales, las cuales se utilizaron para marcar el punto principal de cada fotografía que se localiza en el centro de ésta, en la intersección de las líneas que unen las marcas fiduciales opuestas.

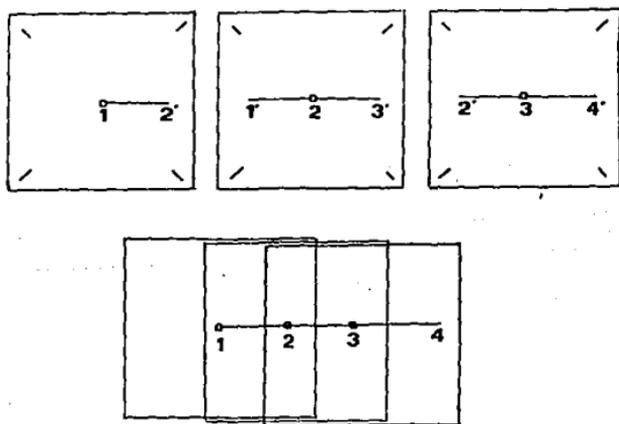
Los puntos principales se marcaron en las fotografías contiguas anterior y posterior, apoyándose en los detalles de las imágenes con el estereoscopio. Estos puntos principales se enumeraron de manera sistemática en orden progresivo de izquierda a derecha por línea de vuelo y cada línea de vuelo se enumera de Norte a Sur.

Se localizaron puntos auxiliares arriba y abajo del punto principal, aproximadamente a tres centímetros de distancia del margen superior e inferior. En cada fotografía, cada uno de estos puntos auxiliares se transfirió a las fotografías contiguas y se les asignó una nomenclatura relacionada con el número correspondiente al punto principal, asignándole una **A**, al punto auxiliar superior y una **B** al punto auxiliar inferior, es decir que en cada aerofoto se tenían tres puntos, a saber, el punto principal número 1, para la primer fotografía y su correspondiente punto auxiliar 1A arriba y 1B abajo.

En cada aerofoto, se unió con una línea el punto auxiliar A de la fotografía contigua del lado izquierdo con el punto auxiliar A correspondiente a la fotografía sobre la cual se estaba trabajando, y a su vez éste se unió con el correspondiente punto auxiliar A de la fotografía contigua del lado derecho. Esto mismo hizo con los puntos auxiliares B, que se encontraban en la parte inferior de las fotografías.

Se puso una marca a la mitad de la línea que unía a los puntos auxiliares 1A-2A, así como a la mitad de la línea 2A-3A. Esto mismo se hizo sobre la línea 1B-2B y 2B-3B. A continuación se unieron la marca señalada a la mitad de la línea 1A-2A, con la marca señalada sobre la mitad de la línea 1B-2B, y lo mismo se hizo con la marca señalada a la mitad de las líneas que unían los puntos 2A-3A y 2B-3B, quedando así demarcada el área de trabajo en cada aerofoto.

Es necesario verificar que la línea trazada, que parte de la mitad de la distancia entre los puntos 1A- 2A y 1B-2B, la cual delimita el área común de dos fotografías consecutivas, sea la misma en las dos aerofotos correspondientes.



#### 4.1.2.2. Inspección general de las condiciones fisiográficas.

La inspección fisiográfica, consistió en el reconocimiento general de aspectos tales como: topografía, vegetación y actividades humanas de la zona de estudio, lo que

permitió hacer una evaluación de la región. Esta inspección se realizó en fotografías aéreas mediante un fotoanálisis.

En el reconocimiento efectuado se identificaron las siguientes geoformas:

a) Cerros, que corresponden en esta zona a las mayores elevaciones, cuya diferencia de altura entre la parte más elevada y el talveg de los valles varía entre 2560 y 2405 metros. Presentan vegetación natural en la parte superior de tipo arbustivo con especies de nopal y agave y pastizales naturales. Los suelos son delgados de poco espesor y fácil erosionabilidad.

b) Laderas, corresponden a las áreas localizadas entre la meseta de los cerros y las planicies, presentan pendientes pronunciadas de hasta el 21.4 por ciento. En estas áreas la vegetación dominante está constituida por pastos naturales y arbustos. Al igual que las partes altas de los cerros, los suelos son delgados y debido a la topografía presentan problemas de erosión.

c) Lomeríos, son muy frecuentes dentro de la macrotopografía de la zona; se encuentran formados por prominencias suaves y extendidas producto de los procesos sucesivos de erosión geológica del período cuaternario caracterizado por la presencia de una intensa actividad volcánica, dejándose sentir en forma muy notable procesos de erosión y sedimentación consecuente. Su pendiente varía de moderada a fuerte y sus suelos presentan un espesor que varía de 15 a 30 centímetros, generalmente se encuentran cubiertos con pastizales naturales y cultivos de temporal.

d) Planicies, son de poca extensión y de pendiente suave, se localizan entre los pie de monte y las áreas que corresponden a los valles. Son áreas cultivadas con cultivos extensivos y de escarda de riego y temporal, así como con huertos frutícolas.

e) Valles, corresponden a las franjas de terreno que se localizan a lo largo y a ambos lados de los talwegs o corrientes que disectan la zona. Tienen pendientes suaves y de posición uniforme. Generalmente son angostos aunque son los que presentan los suelos con mayor espesor, dado que en estos es donde se presenta la mayor acumulación de sedimentos finos, por lo que la presencia de arcillas es evidente. Se dedican a la agricultura de riego y temporal.

Se observan además zonas erosionadas con formación de cárcavas, en la parte correspondiente a los talwegs, lo que indica la presencia de una red superficial de drenaje natural bien definida, conformada por la topografía dominante, la cual por lo accidentado, por la deforestación y el mal manejo de los suelos ha originado la pérdida total de suelos.

#### **4.1.2.3. Reconocimiento, localización y delimitación de las áreas con características fisiográficas similares.**

Esta etapa se realizó sobre los estereogramas utilizando el estereoscopio y empleando únicamente los espejos.

Consistió en hacer el reconocimiento de las características que nos ayudan a inferir sobre dos aspectos fundamentales en la clasificación de suelos con fines de riego:

- a. Los procesos de formación de los suelos y por ende sus propiedades.
- b. Las características de los suelos, per se.

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

El primer paso consistió en delimitar sobre las fotografías zonas de acuerdo a la topografía del lugar, en cuanto a pendiente y relieve.

En el área de estudio se reconocieron las siguientes zonas:

Áreas con relieve suave ondulado con pendientes de ligeras a suaves.

Áreas con relieve ondulado con pendientes suaves y fuertes.

Áreas con relieve plano con pendiente ligera y fuerte.

El segundo paso, fue la delimitación del drenaje superficial, el cual es modificado localmente por la topografía, la ausencia de cobertura vegetal y por la presencia de materiales impermeables, como arcillas del tipo illitas y montmorillonitas y esquistos, que resisten la infiltración y por tanto causan escurrimiento lateral, provocando la erosión de la superficie de los suelos y que esta se profundice. [19]

El sistema de drenaje en la zona, presenta una corriente consecuente, cuya posición es el resultado de la pendiente inicial de la zona sobre la cual se forma, esta corriente se desarrolla sobre estratos horizontales de sedimentos piroplasmáticos de esquistos y arcillas, cuyos drenes se presentan irregulares y curvados. [28]

El drenaje superficial es eficiente y en algunas lomas extendidas puede calificarse de excesivo, por lo cual se provocan problemas de erosión, presentándose extensas áreas completamente denudadas, correspondientes a la zona de los talvegs, en donde aflora la toba.

El siguiente paso fue la delimitación de las características texturales del suelo, las cuales pudieron ser deducidas de acuerdo a las características de topografía, condiciones de drenaje, procesos de formación del suelo y a su uso. Este concepto puede ser fácilmente delimitado por medio de la textura fotográfica, tono y características propias de cada fotografía.

En el área de estudio se delimitaron zonas con textura arcillosa, localizadas en la parte media y baja de las pendientes, es decir, en las planicies y principalmente en los valles. La acumulación de arcillas en las partes bajas se hace evidente debido al arrastre o migración de las partículas por el agua de las partes altas de la pendiente, por el proceso de eluviación mientras que en las partes de pie de monte, el perfil de los suelos está constituido por el material de aporte procedente de la erosión de las cimas de la pendiente, lo que propicia también que estos suelos sean más profundos. [9]

Se localizaron además zonas con suelos de textura media y someros, de poco espesor en las partes más altas de los cerros, en donde la erosión arrastra la tierra de textura fina, acumulándose in situ en la superficie gravas y piedras.

En cuanto al uso del suelo, se encontraron zonas con cultivos de temporal y riego en las áreas de lomeríos, planicies y valles. En ambos tipos de agricultura, se identificaron

cultivos de maíz, alfalfa, avena y huertos frutícolas, los cuales son reconocidos por las siguientes características en las fotografías:

Frutales: textura fotográfica gruesa y trazas simétricas u ordenadas que corresponden a las plantaciones.

Maíz: textura fotográfica media, tonalidad oscura, observándose los rasgos del surcado y montones de rastrojo de cosecha.

Alfalfa: tono gris oscuro a negro, textura fotográfica más lisa y homogénea.

Avena: textura fina y tono grisáceo claro.

En las laderas y en algunas planicies, la actividad principal es la pecuaria, donde se identificaron pastizales, los cuales presentan un tono gris claro y una textura fotográfica menos fina que en las partes bajas, debido a la erosión presente en la zona.

En el caso de las zonas totalmente erosionadas, es apreciable la pérdida total del suelo y su tono en la fotografía es blanco; estas áreas se localizaron en partes medias y bajas, por donde escurre el agua, formando cárcavas.

El último paso a seguir fue la integración de las características delimitadas, las cuales definen zonas fisiográficas similares como las que a continuación se describen:

- a) Zonas de topografía plana con pendiente ligera, textura arcillosa, suelos profundos, con drenaje moderado y presencia de cultivos de riego y temporal.
- b) Zonas de relieve suave ondulado con pendiente mediana y ligera, suelos de textura arcillosa, medianamente profundos, bien drenados superficialmente y presencia de cultivos de temporal y riego.

- c) Zonas de topografía ondulada con pendientes suaves y fuertes, con suelos someros de textura media, con drenaje superficial eficiente y en algunas partes excesivo, dedicados a actividades pecuarias.
- d) Zonas de topografía plana con pendiente fuerte con suelos someros de textura media y ligera, con pedregrosidad en la superficie y drenaje deficiente, algunos son dedicados al pastoreo.
- e) Zonas con topografía suave ondulada de pendiente media, con pérdida total del suelo y drenaje deficiente.

#### **4.1.2.4. Descripción de los factores de demérito y parámetros empleados en la clasificación agrícola con fines de riego.**

La clasificación de suelos con fines de riego, se basa en la presencia de factores denominados de demérito, los cuales disminuyen la calidad del suelo, impidiendo o haciendo difícil su uso. Estos factores, pueden presentarse con diferente intensidad o no hacerlo, de manera que su presencia y grado definen la clase de suelo presente en la zona, en tanto que señalan las características inconvenientes y limitantes que indican la aptitud para la agricultura de riego en cuanto a aspectos físicos se refiere, entre las cuales el suelo, topografía y drenaje son los de mayor importancia. La presencia de cada uno de estos factores y su intensidad así como sus relaciones recíprocas determinan la clase de suelo. Es decir, en tanto exista un factor de demérito y la intensidad de su presencia sea mayor la clase del suelo será inferior.

Los factores de demérito y sus respectivas características, son los siguientes:

### Textura.

La textura depende del tamaño de las partículas que constituyen el suelo, las cuales se agrupan en: arenas (20 a 0.05 mm), limos (0.05 a 0.002 mm) y arcillas (menos de 0.002 mm). [14]

La clasificación textural se definió convencionalmente en base a la proporción en que se presentan en un suelo cada uno de los grupos señalados en el triángulo textural, es decir, el porcentaje presente de arcillas, limos y arenas. Para su identificación, la clase textural se representa sobre las fotografías aéreas con el símbolo S<sub>1</sub> y su determinación puede realizarse cualitativamente en campo por un procedimiento estimativo al tacto, salvo en los pozos representativos, en donde la clase textural se determina en laboratorio por el método de Bouyoucos o por pipeta.

Para la clasificación textural se definieron tres grupos texturales: texturas pesadas, medias y ligeras, cuya proporción de partículas se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 17. Clasificación textural**

% Arcillas	%Limos	%Arenas	
Texturas pesadas	1 - 100	1 - 77	1 - 75
Texturas medias	1 - 25	1 - 100	1 - 90
Texturas ligeras	1 - 12.5	1 - 60	1 - 100

[13]

De acuerdo a la clasificación con fines de riego, las texturas medias corresponden a suelos de clase uno y dos, es decir, suelos limosos, franco limosos, francos, franco arcillosos y franco arcillo arenosos.

Las texturas pesadas corresponden a suelos de clase 3 y 4, los cuales incluyen suelos arcillosos, arcillo limosos y arcillo arenosos, siendo los suelos con mayor demérito aquellos que presentan un mayor contenido de arcilla.

Las texturas ligeras corresponden a suelos de tercera y cuarta clase, es decir, suelos arenosos, arenoso francos, franco arenosos y franco arcillo arenosos, siendo los suelos con mayor contenido de arena los más demeritados.

#### Profundidad del suelo.

El espesor del suelo representado por el símbolo  $S_2$ , se refiere a la parte del perfil donde se desarrollan las raíces de un cultivo. Dentro de esta característica se consideraron dos limitantes: a) la profundidad a los lechos de grava, gujarros o piedras, en donde se considera la menor profundidad necesaria ya que las raíces pueden penetrar entre las gravas y piedras y b) la profundidad a la roca fracturada o tepetate, donde se considera la mayor profundidad necesaria puesto que es más difícil que las raíces penetren en la roca o el tepetate.

El espesor del suelo se determina en campo directamente sobre el perfil del suelo, considerando los siguientes parámetros para su clasificación.

Para la profundidad a los lechos de grava o gujarros se definen las siguientes clases:

Clase 1, profundidad mayor a 100 centímetros.

Clase 2, profundidades de 100 a 50 centímetros.

Clase 3, profundidades de 50 a 25 centímetros.

Clase 4, profundidades de 25 a 10 centímetros.

Clase 6, profundidades menores a 10 centímetros.

Para la profundidad a la roca fracturada se consideran las siguientes clases:

Clase 1. Profundidad mayor a 120 centímetros.

Clase 2. Profundidades de 120 a 60 centímetros.

Clase 3. Profundidades de 60 a 30 centímetros.

Clase 4. Profundidades de 30 a 15 centímetros.

Clase 6. Profundidad menor a 15 centímetros.

[30]

#### Permeabilidad.

La permeabilidad se refiere a la capacidad de los suelos para dejar circular el agua por su perfil. Se identifica con el símbolo  $S_3$  y se determina cualitativamente sobre el perfil del suelo.

Sin embargo, para estimar la permeabilidad es necesario seguir parámetros precisos medidos cualitativamente en términos de velocidad de infiltración, la cual se determina normalmente en campo por el método de doble cilindro y cuya estimación agrupa en clases a la permeabilidad como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 18. Clasificación de la permeabilidad de acuerdo a la velocidad de infiltración de los suelos.**

Permeabilidad	Velocidad en cm/hr
Muy lento	menor a 0.13
Lento	0.13 - 0.51
<b>Moderado</b>	
Moderadamente lento	0.51 - 2.03
Moderado	2.03 - 6.35
Moderadamente rápido	6.35 - 12.07
<b>Rápido</b>	
Rápido	12.70 - 25.46
Muy rápido	más de 25.46

[5]

En necesario considerar, que la velocidad de infiltración se relaciona directamente con las clases de textura, como se observa a continuación.

**Cuadro 19. Relación entre la velocidad de infiltración y la textura.**

Descripción	Vel. de infiltración (cm/h)	Grupo de Suelo
Potencial mínimo de escurrimiento. Incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla y también rápidamente permeables.	8 - 12	A
Potencial de escurrimiento moderado La mayor parte son suelos arenosos menos profundos que en A, loess menos profundos o menos agregados que en A, pero el grupo tiene infiltración arriba del promedio después de una humectación.	4 - 8	B
Potencial de escurrimiento moderadamente alto. comprende suelos poco profundos y suelos que contienen en gran cantidad coloides y arcillas, aunque en menor grado que D. La infiltración es menor al promedio después de la saturación.	1 - 4	C
Potencial de escurrimiento máximo. Incluye principalmente arcillas con un porcentaje alto de hinchazón, pero también algunos suelos son someros con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.	0 - 1	D

[1]

Los parámetros de permeabilidad señalados definen las siguientes clases de suelo.

Clase 1. Suelos con buena permeabilidad.

Clase 2. Suelos con permeabilidad moderadamente rápida o moderadamente lenta.

Clase 3. Suelos con permeabilidad rápida o lenta.

Clase 4. Suelos que tienen permeabilidad muy lenta o muy rápida.

### Salinidad.

La salinidad del suelo se representa con el símbolo  $A_1$  y se estima en laboratorio por medio de la conductividad eléctrica del extracto de saturación; sin embargo, su presencia puede ser inducida en campo en base a la observación de manchones blancos y a la presencia de vegetación natural y de los cultivos establecidos. Esta observación consiste en apreciar el estado de desarrollo y vigor que presentan las plantas, pero sobre todo de la presencia de especies naturales que son resistentes a los suelos salinos, entre las cuales encontramos las siguientes.

### **Cuadro 20. Especies resistentes a los suelos salinos.**

	Especie
Natural	<i>Sporolobus airoides</i> <i>Bromus catharticus</i> <i>Trifolium fragiferum</i> <i>Distichlis spicata</i> <i>Chloris gayana</i>
Cultivos	<i>Beta vulgaris</i> <i>Gossypium sp.</i> <i>Brassica napus</i> <i>Hordeum vulgare</i> <i>Asparagus officinalis</i>

La clasificación de los suelos por la presencia de sales, de acuerdo a su conductividad eléctrica es la siguiente:

Clase 1. Suelos con conductividad menor a 4 mmhos/cc a 25°C.

Clase 2. Suelos con conductividad de 4 a 8 mmhos/cc.

Clase 3. Suelos con valor de 8 a 16 mmhos/cc de conductividad eléctrica.

Clase 4. Suelos con conductividades de 16 a 25 mmhos/cc.

Clase 6. Suelos con conductividad mayor a 25 mmhos/cc

### Sodicidad.

La sodicidad de un suelo se define como la presencia de sodio intercambiable mayor al 6 por ciento. Su determinación se lleva a cabo en laboratorio aunque puede inferirse en el campo en base a la observación del desarrollo de los cultivos, a la presencia de manchones negros y a la formación de pequeños agregados que se forman cuando el suelo pierde su humedad, los cuales dan la apariencia de hojas redondas encarrugadas. Los niveles de PSI definen las siguientes clases de suelo:

Clase 1. Suelos con menos del 6 por ciento de sodio intercambiable.

Clase 2. Suelos con 6 a 10 por ciento de sodio intercambiable.

Clase 3. Suelos con porcentaje de 10 a 15 de sodio intercambiable.

Clase 4. Suelos con porcentaje de 15 a 20 de sodio intercambiable.

Clase 6. Suelos con porcentajes mayores de 20 de sodio intercambiable.

FUENTE: Acevedo, O. Comunicación personal.

### Pedregosidad en el perfil.

Esta limitante representada por el símbolo  $P_1$  se refiere a la pedregosidad interna que afecta a los suelos por arriba de los 50 centímetros de profundidad, su descripción es cuantitativa y se realiza en campo de acuerdo al porcentaje de pedregosidad en el perfil, considerando tanto piedras mayores de 7.5 centímetros como menores de 7.5 centímetros, de acuerdo al siguiente cuadro.

**Cuadro 21. Clasificación de la pedregosidad de acuerdo al porcentaje de piedras mayores y menores de 7.5 centímetros de diámetro.**

Clase	% piedras <7.5 cm	% piedras > 7.5 cm
Poca o ninguna	< 10	< 5
Poca	10 - 25	5 - 10
Abundante	25 - 35	10 - 15
Muy abundante	35 - 50	15 - 35
Excesivamente	> 50	>35

[5]

El porcentaje de pedregosidad en el perfil define las siguientes clases de suelo.

Clase 1. Suelos con poca o ninguna pedregosidad en el perfil.

Clase 2. Suelos con poca pedregosidad.

Clase 3. Suelos con pedregosidad abundante en el perfil.

Clase 4. Suelos con excesiva o muy abundante pedregosidad.

### Pedregosidad en la superficie.

La pedregosidad se refiere a la proporción de piedras de más de 25 centímetros de diámetro que se encuentran sobre el suelo y que por consiguiente interfieren en las labores agrícolas, este factor representado por el símbolo  $P_2$  puede determinarse de acuerdo al porcentaje de cobertura de la superficie o el volumen que ocupan las piedras. El porcentaje de cobertura se cuantifica en relación a una superficie de 100 m<sup>2</sup> considerando una profundidad de 25 centímetros y se clasifica de acuerdo a los siguientes porcentajes.

**Cuadro 22. Clasificación del porcentaje de piedras sobre un suelo.**

Descripción	Porcentaje de área cubierta	Separación entre piedras (m)
Poca o ninguna	Menos 3.0	10
Poca	3 - 10	1.5
Abundante	10 - 15	0.75
Muy abundante	15 - 35	> 0.75
Excesiva	>35	> 0.75

[5]

El volumen de piedras se obtiene de acuerdo al volumen de apilamiento de las rocas encontradas en o sobre la superficie del suelo en relación a una hectárea y una profundidad de 25 centímetros, considerando los siguientes parámetros.

**Cuadro 23. Clasificación del volúmen de piedras en un suelo.**

Descripción	m <sup>3</sup> de piedras en 1ha
Poca o ninguna	< 0.22
Poca	0.22 - 2.25
Abundante	2.25 - 35
Muy abundante	35.0 - 76
Excesiva	>76

[6]

El factor pedregosidad define las siguientes clases de suelo:

Clase 1. El suelo carece de obstrucciones o presenta mínima pedregosidad.

Clase 2. El suelo presenta poca pedregosidad que puede ocasionar cierta interferencia en las labores agrícolas.

Clase 3. El suelo tiene abundante pedregosidad que interfiere seriamente en las labores agrícolas.

Clase 4. El suelo presenta muy abundante pedregosidad y por lo tanto no permite el uso de maquinaria agrícola pero aún es posible una agricultura sin mecanizar.

Clase 6. El suelo tiene pedregosidad excesiva y por tanto no es posible emplear dichos suelos.

[30]

### Rocosisdad.

La rocosidad se refiere a la proporción de exposición de la roca firme en un área de suelo, considerando tanto a los afloramientos rocosos como a las manchas de suelo muy delgado para uso sobre lecho rocoso.

La rocosidad se representa por el símbolo  $P_3$  y se determina de acuerdo al porcentaje de área afectada o la separación entre rocas o masas rocosas en metros. Este factor se puede estimar en las fotografías aéreas de acuerdo a los siguientes parámetros.

Las clases de suelo de acuerdo al porcentaje de área afectada y a la separación entre piedras se determina de acuerdo al siguiente cuadro.

**Cuadro 24. Distancia entre rocas y  $m^3$  de rocas que se encuentran en 1 ha a 25 centímetros de profundidad con porcentajes de superficie cubierta.**

Diámetro de piedras cm	Distancia entre piedras centro a centro en m.	% de área cubierta con piedras	$m^3$ de piedras por Ha a 25 cm de profundidad
0.60	3.30	3	148
	1.50	15	740
	0.80	50	2470
0.30	1.65	3	72
	0.75	15	370
	0.40	50	1234
0.15 (guijarros)	0.80	3	36
	0.36	15	184
	0.21	50	616

[6]

**Cuadro 25. Porcentaje de área afectada y separación en metros entre rocas.**

Clase	% área afectada	Separación en metros
1	< 2	> 40
2	2 - 10	40 - 30
3	10 - 25	30 - 10
4	25 - 50	10 - 3
6	> 50	< 3

[6]

Un suelo clase uno se considera cuando no existen afloramientos y si existen son escasos, siendo el porcentaje de lecho rocoso expuesto menor del 2 por ciento y una separación mayor de 40 metros entre afloramientos.

Un suelo clase dos se considera con una exposición de roca del 2 al 10 por ciento y una separación de 30 a 40 metros entre rocas.

Un suelo clase tres se considera cuando la superficie afectada es del 10 al 25 por ciento y existe una distancia de separación de 10 a 30 metros entre afloramientos.

Un suelo se clasifica clase cuatro cuando presenta una superficie afectada del 25 al 50 por ciento con distanciamiento de 3 a 10 metros entre afloramientos.

Y por último un suelo que presenta más del 50 por ciento de su superficie afectada por los afloramientos y una distancia menor a tres metros entre uno y otro se clasifica de sexta clase.

## Erosión.

La erosión significa geológicamente el desgaste y desplazamiento de la superficie terrestre bajo la acción de agentes erosivos, siendo los principales el viento y el agua. Este factor se representa con la letra E y su determinación es posible por medio de fotografías aéreas en las cuales se puede determinar el origen, la clase y la magnitud de la erosión en cada área fisiográfica delimitada o en campo por los métodos de transecto de cárcavas, clavos con rondanas o lotes de escurrimiento. Su descripción es cualitativa, sin embargo fue necesario tomar en cuenta la utilización de parámetros numéricos para poder definir con precisión la clase a que pertenece un suelo con fines de riego. Esto fue, utilizar definiciones de clase en términos de escala o porcentaje de suelo perdido que permitieran establecer con precisión los límites de cada clase y por otra parte definir consecuentemente el origen y tipo de erosión presente. Para ello se emplearon como referencia los siguientes parámetros.

**Cuadro 26. Grado, tipo de erosión y porcentaje de suelo perdido.**

Grado de erosión	Tipo de erosión	% área perdida Horizonte A <sub>1</sub>
Leve	Laminar con canalillos en formación	0 - 25
Moderada	Laminar con c. medianos a menos 30 m. de separación.	25 - 75
Fuerte	Acanalada con canales profundos a menos de 30m de separación.	75 - 100
Horizonte B		
Severa	Acanalada con cárcavas en formación	0 -30

(30)

La presencia de este factor demerita el valor de los suelos y define las siguientes clases de suelo.

**Clase 1.** Los terrenos no presentan erosión evidente y en la superficie queda casi toda la capa del suelo o pueden presentarse señales manifiestas de erosión leve en forma de canalillos.

**Clase 2.** La erosión es moderada, la capa superficial del suelo ocasionalmente queda descubierta con manchones, con el horizonte A disminuido en espesor.

**Clase 3.** La erosión es fuerte o intensa. El suelo ha sido erosionado hasta un punto en que prácticamente todo el horizonte A o el suelo superficial ha sido removido. La capa arable consiste principalmente de materiales del horizonte B.

**Clase 4.** La erosión es severa. El terreno ha sido erosionado hasta un punto en que presenta una combinación intrincada de cárcavas profundas o de moderada profundidad. Los perfiles del suelo han sido destruidos casi totalmente, excepto en pequeñas zonas entre cárcavas.

[19]

### Pendiente.

La pendiente es uno de los aspectos más importantes de la topografía que en relación a la clasificación con fines de riego es de gran importancia en cuanto al manejo del agua de riego ya que puede ser un factor limitante para el establecimiento de algunos métodos de irrigación.

Este factor se representa por el símbolo  $T_1$  y se define como la inclinación de un área o diferencia de elevación por cada 100 metros de distancia horizontal y puede determinarse en las fotografías aéreas u obtenerse en campo con un clisímetro en porcentaje o en grados.

Este factor define las siguientes clases de suelo de acuerdo a los porcentajes de pendiente.

Clases	Por ciento de pendiente
1	0 - 2
2	2.1 - 6
3	6.1 - 10
4	10.1 - 20
6	> 20

[1]

### Relieve.

El relieve es el conjunto de elevaciones y depresiones referidas a un plano horizontal que se presenta en un área determinada. Este factor se representa con el símbolo  $T_2$  y su determinación se realiza sobre fotografías aéreas utilizando parámetros cualitativos.

Como consecuencia de la presencia de este factor, los suelos pueden clasificarse de la siguiente manera:

Clase 1. Suelos con relieve plano o uniforme.

Clase 2. Suelos con relieve suavemente ondulado.

Clase 3. Suelos con relieve ondulado.

Clase 4. Suelos con relieve fuertemente ondulado.

Clase 6. Terrenos escarpados.

### Drenaje superficial.

Existen dos clases de drenaje en el suelo, el drenaje superficial y el drenaje interno. El drenaje superficial se define como la descarga del agua de un área por escurrimiento laminar o por canales, mientras que el drenaje interno corresponde a la eliminación del exceso de agua contenida en el suelo, subsuelo y substrato hacia los estratos interiores o hacia corrientes subterráneas. [12]

El drenaje superficial al cual nos referiremos se representa por el símbolo  $D_1$  y su clasificación sigue parámetros cualitativos determinados por observación en campo, los cuales describen las siguientes clases:

**Clase 1.** El escurrimiento es bueno. El agua que no se filtra escurre con buena velocidad por lo que no se observa la formación de canalillos.

**Clase 2.** El escurrimiento es moderado. El agua escurre con tal velocidad que sólo una proporción moderada penetra en el suelo y sobre la superficie únicamente se encuentra agua libre por periodos cortos. Una gran parte de la precipitación es absorbida por el suelo y utilizada por las plantas o se pierde por evaporación.

**Clase 3.** El escurrimiento es lento o rápido. Si es lento el agua superficial se escurre tan lentamente que se presenta agua libre cubriendo la superficie por periodos de tiempo significativos o bien penetra en el suelo rápidamente por lo que una gran parte pasa a través del perfil o se evapora. Si el escurrimiento es rápido, una gran proporción de la precipitación se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo y sólo una pequeña parte lo hace a

través del perfil.

**Clase 4.** El escurrimiento es muy lento o muy rápido. Si el escurrimiento es muy lento existe la posibilidad de que existan encharcamientos en la superficie por periodos largos o bien se infiltre inmediatamente en el suelo, gran parte del agua se filtra o se evapora. Si el escurrimiento es muy rápido una gran cantidad de agua se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo y solamente una pequeñísima parte se infiltra a través del perfil. El agua superficial escurre tan rápidamente como llega.

#### Profundidad del manto freático.

El manto freático puede limitar la profundidad efectiva del suelo por los problemas de aireación que ocasiona en la zona radicular de los cultivos y en algunos casos de no establecer medidas correctivas, puede impedir el aprovechamiento de los suelos. Este factor identificado por el símbolo  $D_2$ , es estimado cuantitativamente en campo y su clasificación define los siguientes suelos.

**Clase 1.** Niveles freáticos profundos, con profundidad mayor a 150 centímetros.

**Clase 2.** Suelos con niveles freáticos moderados con profundidad de 125 centímetros.

**Clase 3.** Suelos con profundidad somera de 75 centímetros.

**Clase 4.** Suelos con manto freático elevado, con una profundidad menor de 50 centímetros.

### Profundidad del estrato impermeable.

Este factor se identifica por el símbolo  $D_3$  y se refiere a la existencia de roca fracturada, capas duras o tepetate que pueden impedir el drenaje vertical y causar estancamiento.

La presencia de este factor de acuerdo a los niveles considerados, define las siguientes clases:

Profundidad mayor a 200 centímetros se considera un suelo de clase uno.

Profundidad de 200 a 120 centímetros se considera un suelo clase dos.

Profundidad de 120 a 90 centímetros el suelo se considera clase tres.

Profundidad del estrato menor de 90 centímetros el suelo se clasifica como clase cuatro.

[5]

### Factor inundación.

Este factor considera a los suelos fácilmente anegables durante el período de lluvias o cuando los terrenos están sujetos a inundaciones periódicas por las corrientes. Se presenta por lo general en tierras situadas en depresiones o en valles que carecen de desagüe para el agua superficial o interna, debido a la existencia de materiales poco permeables, que pueden ocasionar encharcamientos. El mismo problema puede presentarse en las tierras situadas en las áreas adyacentes a los canales sin revestir los cuales pueden tener filtraciones, o cuando la profundidad del agua freática no es considerable. Por consiguiente, este factor es determinado según la frecuencia de su ocurrencia mediante informes estadísticos que tengan un lapso de ocurrencia aproximadamente de 10 años, por lo menos a través de un período anual. Las clases de suelo de acuerdo a la ocurrencia de inundaciones son las siguientes:

**Clase 1.** No se ha presentado ninguna inundación por lo tanto no existen daños.

**Clase 2.** Se han presentado cuando menos dos inundaciones. Son frecuentes e irregulares, afectan moderadamente los cultivos, llegan a provocar pérdidas en promedio hasta del 20 por ciento de las cosechas en lapsos de 10 años, o se ocasionan retrasos anuales en las siembras que se prolongan durante meses, pero dejando un suelo de humedad que permite una buena cosecha.

**Clase 3.** Se presentan cuando menos tres inundaciones en forma regular durante ciertos meses del año de modo que el suelo puede utilizarse para el cultivo durante el tiempo restante, los daños a la agricultura son moderados, con pérdidas promedio entre el 20 y 50 por ciento de las cosechas en lapsos de 10 años o se ocasionan retrasos anuales en las siembras que se prolongan durante meses, pero dejando un suelo de humedad que permite obtener una cosecha regular o eventual.

**Clase 4.** Se presentan por lo menos 5 inundaciones que afectan severamente a los cultivos, los daños a la agricultura ocasionan pérdidas promedio de más del 50 por ciento de las cosechas en lapsos de 10 años, u ocasionan retrasos en las siembras que se prolongan durante meses, pero dejando un suelo de humedad que permite obtener una cosecha regular o eventual.

[30]

#### **4.1.2.5. Identificación de los factores de demérito presentes en las diferentes áreas de características fisiográficas similares.**

Los factores de demérito descritos anteriormente, pueden ser observados directamente en las aerofotos o en su caso ser inducidos de acuerdo a la relación recíproca que existe entre cada uno de éstos. Los factores que fueron identificados en la primera fase de fotointerpretación son los siguientes:

##### **Textura.**

Se definió básicamente sobre tres tipos de textura, ligera o arenas, media o limos y pesadas o arcillosas. Y pudo ser identificada en las aerofotos por inducción de otros factores.

El drenaje del suelo es el elemento más significativo a partir del cual se pudo derivar información referente al tipo textural. Debido a que las características de drenaje de un suelo se dan como resultado de su permeabilidad, la cual a su vez se relaciona con el tamaño de partículas y su agregación. [9]

Cuando el drenaje superficial presentaba un escumamiento completamente desarrollado, es decir, se observaba una corriente bien definida, se infirieron condiciones de baja infiltración y por tanto capas de material de baja permeabilidad como las arcillas. Si el drenaje era menos desarrollado, presentando algunas corrientes de agua, se indujo la existencia de mejor infiltración y por lo tanto de capas de material relativamente permeable, es decir, de limos; mientras que en un área carente de escumamientos superficiales observables y por consiguiente de una buena capacidad de infiltración y

permeabilidad, se indujo la existencia de materiales de textura ligera como la arena, la cual no favorece la formación de drenes.

El drenaje es influenciado además, por la pendiente topográfica, ya que esta le imprime velocidad, intensidad y fuerza al escurrimiento, por lo que de acuerdo a la textura presente se observaron ciertas características distintivas.

En pendientes pronunciadas, en las que el escurrimiento provoca la erosión de la superficie de los suelos, se indujo una textura arcillosa, debido a que estos materiales pueden ser arrastrados fácilmente, provocando la formación de cárcavas. En el caso contrario, cuando se trato de un terreno con escasa pendiente y se observaron anegamientos debido a la impermeabilidad del material, se indujo la presencia de arcillas; sin embargo, aquí se debe considerar la profundidad de la capa freática o de los estratos impermeables.

Cuando existen pendientes pronunciadas y el escurrimiento provoca erosión en forma acanalada, se indujo que la textura presente es media y si la erosión es laminar, entonces la textura es ligera.

El grado de erosión es también un factor indicativo de la textura de los suelos, pues ésta se relaciona directamente con el drenaje y la pendiente y por consiguiente con el arrastre de partículas.

En zonas con erosión incipiente, cuando existen drenes con poca longitud y no profundos, se infirió una textura ligera, pues es difícil que estas partículas puedan ser

arrastradas por los escurrimientos aún cuando la pendiente es pronunciada. Cuando se observó erosión moderada, se infirió la presencia de textura media y si la erosión es acelerada y se presentan zonas totalmente erosionadas, con drenes de mayor longitud y profundos, puede esperarse la presencia de materiales arcillosos y en algunos casos limosos.

El color o tono del suelo en la aerofotografía, fue un elemento más que indicó el tipo textural; este factor se consideró solamente cuando el suelo se encontraba desprovisto de vegetación. Concretamente, arenas o texturas ligeras imprimen blanco o gris claro, texturas medias color gris y texturas arcillosas gris oscuro o casi negro; es importante indicar sin embargo, que la tonalidad varía en función de la humedad presente en el suelo, por lo que al observar esta característica en las aerofotos se consideró la presencia de humedad en el terreno.

#### **Profundidad a los lechos rocosos.**

Este factor fue deducido, considerando la topografía, la red de drenaje, el modo de formación de los suelos y el material parental existente.

En áreas localizadas en valles o depresiones, en donde se depositan partículas arrastradas por el escurrimiento superficial y no existen problemas de erosión, se dedujo la presencia de un espesor de suelo considerable y por lo tanto la profundidad a los lechos rocosos puede ser grande.

Por el contrario, en lugares localizados en planicies o laderas con pendiente pronunciada, en donde existe un constante arrastre y se observa erosión moderada o

fuerte, se concluyó la posible existencia de poca profundidad a los lechos rocosos. En las mesetas y el cantil de los cerros presentes en Arroyo Zarco debido al material geológico de basalto del cual están constituidos y que se erosionan con facilidad, fue posible deducir la presencia de suelos de poco espesor y por ende de escasa profundidad a los lechos rocosos. Mientras que en áreas localizadas entre los lomeríos y en planicies de escasa pendiente, en donde los escurrimientos se presentan en forma laminar y la erosión es moderada, se dedujo la presencia de una profundidad media a los lechos rocosos.

#### **Rocosisidad.**

Los afloramientos rocosos, son observados directamente en las aerofotos cuando se cuenta con fotografías de vuelo bajo, sólo si existen piedras de gran dimensión en áreas desprovistas de vegetación. Sin embargo, este factor puede ser inducido de acuerdo al origen de los suelos, el cual proporciona información sobre posibles afloramientos de rocas; así, en lugares que tienen suelos in situ, la presencia de rocas en la superficie es evidente debido a los procesos y al grado de erosión que presente la zona. Por el contrario, en lugares en donde los suelos son de origen aluvial, es decir, que son depósitos de material de arrastre, no se presenta este factor. [19]

#### **Permeabilidad.**

Se definió esencialmente como buena, regular y lenta o rápida. Este factor fue inducido al igual que la textura gracias al drenaje superficial, es decir, a la forma en que se presentan los escurrimientos.

Cuando se tiene una red de drenaje bien definida, en la cual se observan claramente rasgos de erosión en la superficie del suelo, se infirió la presencia de materiales impermeables, pues la infiltración es casi nula y el escurrimiento por lo tanto es horizontal y no vertical, por ende la permeabilidad se consideró lenta. En caso contrario, cuando no existía rasgo alguno de escurrimiento superficial, se indujo que se trataba de un material permeable y la permeabilidad es rápida.

En un suelo en que el escurrimiento se presentó en forma laminar, se indujo la presencia de material poco permeable y por lo tanto se consideró que la permeabilidad es regular.

Cuando el drenaje se presentó en forma laminar, aún cuando existía pendiente pronunciada, el material era permeable y la permeabilidad del suelo se definió como buena.

### **Erosión.**

La erosión fue observada directamente en las fotografías aéreas por medio de las formas que marcan los escurrimientos y el color que presentan las áreas afectadas de erosión.

Las zonas que tienen un escaso espesor de suelo o en donde propiamente los sedimentos ya se perdieron y en las que no existe una cubierta vegetal, se observaron en las aerofotos de color blanquisco y correspondieron a las que tienen erosión muy fuerte con formación de cárcavas, principalmente en lugares con pendiente pronunciada sobre textura arcillosa.

Las zonas con espesor medio, en pendientes ligeras y formaciones acanaladas presentan erosión leve.

Las zonas localizadas en valles o depresiones con pendiente nula o suave, con formación de láminas o canales, presentan erosión leve y por lo tanto el espesor del suelo es mayor.

### **Topografía.**

La topografía es un factor que pudo ser observado sobre pares fotográficos por medio de la visión estereoscópica o tridimensional que da el estereoscópio, tanto del relieve como de la pendiente.

### **Drenaje.**

El drenaje superficial es una de las características de los terrenos que fue identificada directamente sobre las fotografías aéreas y de la cual se hicieron deducciones a cerca de la naturaleza de otras características que no podían ser interpretadas directamente.

Este factor fue observado en las fotografías aéreas debido a los canales de escurrimiento que se forman por el agua que no se infiltra. Este factor se relaciona con el drenaje interno, textura, topografía, vegetación; profundidad del manto freático y de los estratos impermeables.

Cuando en la superficie se observó claramente la formación de drenes, es que existen en el perfil del suelo materiales poco permeables o impermeables, lo que ocasiona un drenaje interno lento y por lo tanto en la superficie el drenaje será rápido. Si el dren tiene una longitud y profundidad mayor, es decir, se presentan cárcavas, el drenaje superficial es muy rápido, puesto que no se tiene ningún obstáculo que impida el escurrimiento.

Cuando el escurrimiento tenía forma laminar aún cuando existía pendiente pronunciada, se concluyó la existencia de material permeable y por lo tanto el drenaje, tanto interno como superficial, es moderado.

Si sobre la superficie del terreno no se presentaba algún indicio de escurrimiento, aún cuando la pendiente era pronunciada o de anegamiento en lugares de pendiente suave, es que el drenaje superficial es bueno puesto que no existe agua sobre la superficie que provoque arrastre de partículas como consecuencia de un drenaje interno eficiente.

En áreas donde el escurrimiento forma anegamientos por la sinuosidad del terreno, el drenaje superficial se definió como lento.

Cuando sobre la superficie se observaron anegamientos en zonas localizadas en valles con pendiente casi horizontal o en depresiones, el drenaje superficial se consideró lento; sin embargo, este fenómeno puede deberse a la presencia de un manto freático elevado o a la poca profundidad de los estratos impermeables.

Por otra parte, es necesario considerar la cubierta vegetal al momento de describir el drenaje superficial; cuando ésta es abundante, el escurrimiento es menor y por lo tanto el arrastre de partículas se reduce y el drenaje superficial se califica como moderado. Por el contrario, cuando la cubierta vegetal es escasa, el escurrimiento es mayor y por lo tanto el drenaje superficial es más rápido.

## **Inundación.**

Este factor pudo ser observado directamente sobre las aerofotos, por medio del tono de la fotografía, el cual es un rasgo característico que indica la presencia de humedad en el suelo, es decir, entre más húmedo esté el material, el tono de la fotografía es más oscuro; la textura fotográfica es un elemento más que pudo ser observado y que indica presencia de humedad.

Este factor se relaciona directamente con la topografía y en base a ésta se pudo deducir la presencia de áreas propicias a inundaciones. En planicies de mínima pendiente o en depresiones donde llegan los escurrimientos de las partes elevadas puede darse dicho fenómeno si se tienen materiales poco permeables en el perfil del suelo y el drenaje es deficiente. Es necesario considerar además la profundidad del manto freático, pues si éste se encuentra elevado y existe un excesivo escurrimiento que sature la superficie de los suelos, puede provocar que el agua que no se infiltra inunde el suelo.

### **4.1.2.6. Selección de sitios representativos para la obtención de claves de fotointerpretación.**

La selección de sitios para la obtención de claves de fotointerpretación se efectuó de la siguiente manera:

Una vez realizada la delimitación fisiográfica de cada área con condiciones similares de geomorfología, drenaje, vegetación, tonalidades y texturas fotográficas, se seleccionaron aquellos lugares con una descripción precisa y clara de cada área, que sirviera como

patrón de reconocimiento en la interpretación y clasificación de tierras con posibilidades de riego.

Los sitios seleccionados debieron presentar características fácilmente reconocibles que a manera de guía permitiera identificar y delimitar zonas con características similares al patrón, es decir, que fueran representativos y que definieran claramente cada unidad de clasificación.

Las claves de fotointerpretación son áreas que en las aerofotos presentan características fisiográficas similares y por naturaleza corresponden a una unidad de suelo con fines de clasificación pedológica o de uso del suelo. Cada una de estas áreas en la primera fase de fotointerpretación fue delimitada y agrupada con la finalidad de tener una muestra de identificación, para lo cual se seleccionó una pequeña área de 4 o 9 cm<sup>2</sup>, la que se denomina clave de fotointerpretación, que presenta una muestra de las características fisiográficas que prevalecen en la unidad de la que es representativa dicha clave.

Estas claves de fotointerpretación se obtuvieron con la finalidad de facilitar la extrapolación de la imagen fotográfica que encierra las características de topografía, drenaje, vegetación inducida y natural además del tono y textura fotográficos hacia toda el área de trabajo y que permitió de esta forma inferir la presencia de las características de cada clave en aquellos terrenos que presentaban una imagen similar.

#### **4.1.2.7. Identificación de las áreas de exclusión.**

Las áreas que presentan características similares a las claves de fotointerpretación se delimitan y sobre éstas se efectúa la primera clasificación con fines de riego.

Las áreas que no presentan similitud con los patrones, son delimitadas y se marcan como incógnitas o de exclusión en los estereogramas para una posterior clasificación.

En estas áreas de exclusión, se hace una revisión en campo para determinar cuales son sus características y que factores de demérito actúan sobre éstas. Para ello, en el gabinete se hace un señalamiento en el plano general del transecto de campo a seguir, mediante el cual se hace la visita a cada área señalada para realizar las observaciones y anotaciones correspondientes, apoyandose en este caso con el estereoscopio de bolsillo y una vez determinada la clave que le corresponda de conformidad con los factores de demérito presentes y su grado de intensidad, ésta se marca en la aerofoto.

#### **4.1.2.8. Primera clasificación con fines de riego.**

Esta fase consistió en la agrupación de clases de suelo en base a los factores limitantes o de demérito y su correspondiente parámetro.

El sistema de clasificación de los suelos con fines de riego se realizó con base en seis clases de suelo, que se designan con números arábigos, de acuerdo al parámetro que le corresponda y al factor o factores que demeriten su uso. [30]

La disminución de cada clase, dependió del parámetro que se le asignó de acuerdo al factor o factores que se presentaron. En consecuencia, los suelos de clase 1 y 2 son aptos para la agricultura de riego, siendo la clase 1 sin limitaciones y la clase 2 con limitaciones moderadas, la clase 3 y 4 presentan limitaciones severas y muy severas respectivamente, mientras que la clase 5 fue omitida, es decir, no se incluyó para ningún factor ya que su designación es tentativa, pues el uso para riego es limitado por las condiciones existentes; sin embargo, si aún se cuenta con suficiente recurso agua para incluir una mayor superficie para riego, estos terrenos son sometidos a una evaluación económica para determinar su rentabilidad y por consiguiente clasificarlos como clase 4 cuando los terrenos son aceptados de acuerdo a las posibilidades del proyecto o clasificarlos como sexta clase cuando los terrenos son segregados por el costo que representa utilizarlos.

El primer paso en la clasificación con fines de riego consistió en identificar únicamente con los espejos del estereoscopio en los pares aerofotográficos las claves de fotointerpretación definidas.

Una vez identificada el área delimitada con características fisiográficas similares, siguiendo la tabla 1, se enlistaron los factores de demérito y su correspondiente parámetro de acuerdo a las características observadas o deducidas en el área de trabajo, como se indica a continuación en una de las unidades de mapeo clasificada en el área de estudio.

TABLA 1. FACTORES Y PARAMETROS PARA LA CLASIFICACION AGRICOLA DE SUELOS CON FINES DE RIBDO

FACTORES Y SIMBOLOS	UNIDADES PARA DESCRIPCION	TIPO DE DETERMINACION	CLASER					
			1	2	3	4	5	6
1.- Textura (ca pa 20 cm) (S1)	Nombre texturas de acuerdo al triángulo de texturas	Campo o laboratorio	Líneas hasta franco	Franco arcillosa hasta franco arcillo arenosa	Arcillo arenosa, arcillo arenosa, franco arcillo arenosa o franco arcillo arenoso		Arcillo, franco arenoso y arenoso	
S	2.- Profundidad a los hechos de: (S2) a) Grava, Gafarusa o Piedra	cm	Medida de campo en el perfil	>120	120-60	60-25	25-10	< 10
	b) Roca Fragmentada o Capas Sexas	cm	Medida de campo en el perfil	>120	120-60	60-30	30-15	< 15
3.- Permeabilidad (S3)	Cualitativa por horizonte	Estimada en todo el perfil	Bueno	Moderadamente rápido ó moderadamente lento	Lento ó rápido	Muy lento ó muy rápido		
A	4.- Salinidad (A1)	medidos a 25 C	Laboratorio ó campo	< 4	4-8	8-16	16-25	>25
	5.- Sodicidad (A2)	Porcentaje de sodio intercambiable	Laboratorio	< 6	6-10	10-18	15-20	>20
P	6.- Pedregosidad en el perfil (P1)	Cualitativa	Agrupaciones de rocas en el perfil	Muy pocas ó algunas	Pocas	Abundante	Muy abundante	
	7.- Pedregosidad en la superficie (P2)	Cualitativa	Agrupación de campo	Muy pocas ó algunas	Pocas	Abundante	Muy abundante	
	8.- Ruedabilidad (retroruedante) (P3)	a) % del área efectada b) esperanzas en m	Campo ó gabinete con fotografías aéreas Campo ó gabinete con fotografías aéreas	< 8 > 40	8-10 40-20	10-25 20-10	25-60 10-3	> 60
E	9.- Errores (hédica o edica) (E)	Cualitativa	Campo ó gabinete con fotografías aéreas	Leve	Moderada	Fuerte	Muy fuerte	
T	10.- Puntuación (T1)	%	Medida en el campo ó gabinete	0-3	3-6	6-10	11-20	>20
11.- Relleno (T2)	Cualitativa	Agrupación en el campo ó gabinete	Poco	Enorme ó excesivo	Castellado	Fragmentado	Encapado	
12.- Ordeño superficial (D1)	Cualitativa	Agrupación cualitativa de la facilidad del drenaje	Bueno	Moderado	Lento ó rápido	Muy lento ó muy rápido		
D	13.- Profundidad del sustrato hédico (D2)	Estimada en cm	Medida en el campo	>180	180-100	100-60	< 60	
	14.- Profundidad del sustrato impermeable (D3)	cm	Medida en el campo	>200	200-120	120-60	< 60	
I	15.- Inundación (I)	Ocurranza en 10 años	Por reflejante ó Infrarrojo satelital	Ninguno	2	3	5	

Factor	Símbolo	Clase
Textura	S <sub>1</sub>	3
Profundidad a los lechos	S <sub>2</sub>	3
Permeabilidad	S <sub>3</sub>	3
Rocosidad	P <sub>3</sub>	1
Erosión	E	2
Pendiente	T <sub>1</sub>	2
Relieve	T <sub>2</sub>	2
Drenaje superficial	D <sub>1</sub>	3
Profundidad al manto freático	D <sub>2</sub>	1
Inundación	I	1

Identificados todos los factores y el parámetro que le corresponde se anota la clase a la que pertenece el área que se este trabajando.

La clase que se le asigne a un suelo, dependerá de la presencia del factor o los factores que más demeriten su uso, es decir, se considera el valor más alto del parámetro que se tenga en cualesquiera de los factores identificados, anotandose la siguiente expresión:

3/S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>S<sub>3</sub>T<sub>1</sub>D<sub>1</sub>

La clase se anota en la parte superior y los factores causantes de dicho demérito en la parte inferior; esta clave indica la lista de factores que deben corregirse.

En este caso, el terreno se clasificó como clase tres debido a su textura arcillo arenosa, la profundidad a los lechos de grava de 50 cm, la permeabilidad rápida y el drenaje superficial rápido.

Determinada la clase de riego de la zona que se esta trabajando, se anota sobre el área correspondiente en la aerofoto.

Las clases de suelo con fines de riego pueden describirse en forma general como se muestra:

**Clase 1.** Son terrenos sin limitaciones, suelos de texturas medias limosas o francos, es decir que presentan buena retención de humedad. No tienen problemas de salinidad ni sodicidad, son terrenos de pendiente ligera de 0 a 3 por ciento, con relieve plano o casi plano, propensos a la erosión en forma muy leve. Cuentan con suelos profundos de 100 cm o más, sin problemas de pedregosidad en la superficie y en el perfil. Tienen buen drenaje superficial y se encuentran situados en donde no existe peligro de inundaciones.

**Clase 2.** Son suelos de texturas medias franco arcillosas y franco arcillo arenosas, tienen buena retención de humedad. No tienen problemas de salinidad o sodicidad o bien estos pueden ser leves, son terrenos de pendientes ligeras de 3 a 6 por ciento, con relieve suavemente ondulado, propensos a la erosión en forma moderada. Cuentan con suelos de profundidad media de 100 a 50 cm, con poca pedregosidad en el perfil y sobre el terreno. Tienen un drenaje superficial e interno moderado y se encuentran situados en zonas con probabilidades de inundación cuando más en dos ocasiones cada 10 años.

**Clase 3.** Son terrenos medianamente buenos, en donde se dispone de suficiente agua, se trabajan con prácticas especiales. Son suelos de texturas arcillo limosas y franco

arenosas. Presentan problemas de salinidad o sodicidad corregibles, son terrenos de pendiente pronunciada de 6 a 10 por ciento y relieve ondulado, propensos a una erosión intensa que puede ser controlada con prácticas especiales de labranza. Presentan suelos poco profundos de 50 a 25 centímetros con problemas de abundante pedregosidad en el perfil y en la superficie, por lo que en ocasiones se dificulta la labranza mecanizada. Tienen un drenaje superficial lento o rápido y un drenaje interno defectuoso que propicia la presencia de inundaciones ocasionales.

**Clase 4.** Son terrenos con limitaciones muy severas, pero aún cuentan con el recurso agua para poder ser aprovechados. Son suelos con texturas arcillosas y arenosas. Presentan graves problemas de salinidad y sodicidad que pueden ser corregidos. Son terrenos de pendientes pronunciadas de 10 a 20 por ciento, con relieve fuertemente ondulado, propensos a una erosión severa si no se manejan adecuadamente. Cuentan con suelos de escasa profundidad de 25 a 10 cm, con pedregosidad abundante en el perfil y en la superficie. Tienen un drenaje deficiente que puede ser muy rápido o muy lento y presentan problemas de inundación frecuentes.

**Clase 6.** Son suelos no aptos para la agricultura, presentan texturas muy pesadas o muy ligeras, por lo que la retención de humedad es sumamente deficiente. Presentan problemas graves de salinidad y sodicidad que resultan costosos de corregir, son terrenos de pendientes mayores al 20 por ciento con relieve escarpado, con fuertes daños ocasionados por la erosión, generalmente desprovistos de suelo o con capas menores de 10 centímetros. Son suelos con excesiva pedregosidad en el perfil y en la superficie por lo que la labranza se dificulta. El drenaje interno y superficial es deficiente y los problemas de inundación son muy frecuentes.

#### **4.1.2.9. Localización de áreas de exclusión, trazo de transectos y ubicación de sitios y perfiles agrológicos.**

El recorrido a los sitios representativos de las áreas de exclusión que hay que efectuar en el campo, se planeó en el gabinete sobre las fotografías aéreas; de esta manera en las propias aerofotos se señaló el camino conveniente a seguir, es decir los transectos por los cuales se hizo el recorrido para realizar el reconocimiento y descripción de las condiciones y factores de demérito que presentó cada área de exclusión, tales como: textura, profundidad, permeabilidad, salinidad o sodicidad, pedregosidad y rocosidad, erosión, topografía, drenaje e inundación.

La elección de los transectos a seguir se realizó bajo los siguientes criterios:

Considerando que la faja de la línea de vuelo en la cual se trabajó, tiene una dirección E-W y que en ella se localiza un tramo de la carretera Arroyo Zarco- Aculco, Edo. de México, el recorrido se trazó en esta dirección; además, se aprovecho ésto para considerar la ubicación de los pozos agrológicos y por ende los sitios de descripción fisiográfica, por lo que el trayecto continua el camino que une dichos sitios.

Para llevar a cabo una descripción del sitio es esencial que estos sean representativos de las condiciones y características de los suelos de acuerdo al objetivo del estudio a realizar, en este caso, la clasificación agrícola de suelos con fines de riego.

La ubicación de los pozos agrológicos se realizó considerando a aquellos lugares que fueran representativos de un conjunto particular de condiciones como: pendiente,

drenaje, tipo de textura y proceso de formación, descartando aquellos lugares que pudieran ser objetables de describir por su carácter no representativo o donde existiera la posibilidad de alteración en el perfil o contaminación del mismo, por encontrarse cerca a corrales, cercas, carreteras u otros.

La selección de sitios para la verificación y descripción de las características fisiográficas, varía en número de acuerdo a los cambios en los rasgos fisiográficos que se presenten. Estas descripciones se realizan en las áreas circundantes a los pozos agrológicos y en aquellos lugares que presentan cambios con respecto a las condiciones fisiográficas que se dan a lo largo del transecto a seguir. [22]

Una vez reconocidos los sitios de descripción de pozos y las áreas de exclusión, se marcaron y enumeraron sobre las fotografías aéreas y se anotaron en la libreta de campo, con el fin de llevar una guía para la toma de datos.

Los pozos agrológicos marcados en gabinete fueron 5 mientras que no existieron áreas de exclusión. Es necesario indicar, sin embargo, que existieron modificaciones en campo de acuerdo a las condiciones que se presentaron.

#### **4.2. Fase 2. Trabajos de campo.**

Una vez realizada la primera fase de fotointerpretación, se efectuó un recorrido de campo, para ratificar o rectificar los puntos de control o claves definidas en la etapa anterior y al mismo tiempo, obtener información específica y directa en los lugares en que se detectó tal necesidad, lo cual permitió definir correctamente las diferentes unidades de mapeo representadas. Para ello, fue necesario llevar una guía de

descripción de sitios y de perfiles, además del estereoscopio de bolsillo y los estereogramas, sobre los cuales se anotaron las correcciones correspondientes.

La caracterización de perfiles de suelos en el campo consta de dos partes: la descripción fisiográfica del sitio y la descripción del perfil propiamente dicha.

Al efectuar la excavación de un perfil de suelos, debemos considerar que de alguna manera ese espacio está asociado con los terrenos que lo rodean, por lo tanto resulta conveniente hacer recorridos a través del área que se desea estudiar; dicha área representada por un perfil y la zona adyacente a éste, es lo que se denomina sitio. [21]

La descripción del sitio involucra aspectos tales como localización, elevación, relieve, drenaje superficial, material parental, flora, fauna y clima. La utilidad básica de la descripción del sitio radica en dos hechos principales: el primero es el empleo de cartografía y fotografías aéreas, ya que de esta manera se establece la asociación entre las características del perfil con las condiciones superficiales y el segundo, son las interpretaciones del levantamiento porque al describir sitios, se aprecian las condiciones en que se encuentran los suelos, los cultivos y los problemas técnicos que se tienen, que en gran medida dan una guía clara para la clasificación de suelos, de acuerdo a los factores de demérito y los parámetros que se están considerando para la clasificación con fines de riego.

La descripción del perfil puede considerarse como el estudio anatómico del suelo, por lo que este estudio debe realizarse de manera cuidadosa y objetiva.

La descripción del perfil del suelo, como la del sitio, es una actividad que se lleva a cabo principalmente en campo, pero puede ser complementada con el análisis de muestras procesadas en el laboratorio, si la determinación de campo se considera no suficiente.  
[22]

#### **4.2.1. Conocimiento de las condiciones presentes en las áreas de exclusión.**

El primer paso consiste en localizar el área de exclusión marcada en las aerofotos en campo durante el transecto a seguir y mediante la apreciación directa de las condiciones que presentan dichas áreas, determinar los factores de demérito existentes. Para ello es necesario realizar el siguiente procedimiento. Se lleva a cabo un listado de la misma manera que el realizado en la primera fase de fotointerpretación (punto 4.1.2.7.) y se anota de acuerdo a la observación directa que se realiza del lugar la clasificación que le corresponde en función del o de los parámetros observados.

Una vez realizada la clasificación del área excluida en la primera fase de fotointerpretación, se anota o señala en la aerofoto correspondiente la clase que se le ha asignado. Este procedimiento se continua con todas las áreas de exclusión marcadas.

Cuando en las aerofotos se localizan con ayuda del estereoscopio de bolsillo áreas de exclusión con características similares a áreas de exclusión visitadas y clasificadas se realiza la extrapolación de la clasificación a estas áreas, puesto que los factores y sus correspondientes parámetros deben ser los mismos.

#### **4.2.2.Verificación de los aspectos fisiográficos en los sitios seleccionados.**

La verificación de los aspectos fisiográficos, se refiere a la descripción de cada uno de los sitios de muestreo señalados, para lo cual se requiere de una guía de campo que a continuación se enlista.

##### **A. Datos generales.**

Se incluye el número del perfil, la localización de acuerdo a la fotografía aérea empleada, localidad y fecha.

##### **B. Características fisiográficas. En las que se incluyen los siguientes datos:**

- a) Elevación. Es la altura sobre el nivel del mar del sitio a describir.
- b) Relieve. Se describe la forma terrestre en donde se encuentra el perfil, de acuerdo a la geofoma; a la exposición en relación a los puntos cardinales, esta se obtiene por medio de la brújula.

A la pendiente, la cual se obtiene en grados o en porcentaje con el clisímetro.

A la forma de la pendiente: convexa, concava, regular, plana o terraceada. A la posición del perfil en relación a la pendiente. Y se describe el microrrelieve del sitio.

- c) Drenaje superficial del sitio. Se describe en base a la velocidad que alcanza el agua en el sitio de acuerdo a la siguiente escala: nulo o estancado, muy lento, lento, medio, rápido y muy rápido.

##### **O en base a sus características topográficas:**

- Sitio donador: Cuando los escurrimientos exceden la cantidad de agua que llega al sitio

- Sitio normal: La cantidad de escurrimiento es la misma antes y después del sitio.
  - Sitio receptor: Recibe más escurrimientos que los que pierde.
  - Sitio anegado: Este puede ser por aguas dulces, aguas saladas, en períodos regulares u ocasionales.
  - Sitio bajo riego, en el cual se describe el método, lámina aplicada y duración.
  - Sitio con drenaje artificial.
- d) Pedregosidad. Se refiere a la proporción relativa de piedras en la superficie y a los afloramientos rocosos.

### C. Vegetación.

Se refiere a las plantas que se desarrollan en forma natural en el sitio, de acuerdo a su forma de vida, función, tamaño y cobertura.

Se incluye también la vegetación cultivada, anotando en este punto la especie y variedad, período vegetativo, fecha de siembra, tipo, clase y dosis de fertilizante, método de preparación del terreno, forma de preparación, densidad de plantas por hectárea, condiciones del cultivo y tipo de cultivo, riego o temporal.

### D. Material parental.

Se refiere al materia a partir del cual se formó el suelo e incluye las siguientes características.

- a) Edad estratificada. Epoca en que se formó el suelo.
- b) Origen. Igneo, metamórfico, sedimentario.
- c) Modo de origen.
  - In situ o residual. El material a partir del cual se formó el suelo nunca fue transportado.

- Aluvial. El material fue transportado por efecto del agua, antes de formarse el suelo.
- Coluvial. El material fue transportado por efecto de la gravedad antes de que se formara el suelo.

E. Erosión. Si existe se anota el agente dominante que la produce y su grado de desarrollo.

F. Condiciones meteorológicas.

La verificación de este factor se realiza mediante la observación de daños en cultivos. Se consideran por tanto aquellos elementos que pueden ser limitantes en la producción y que de acuerdo a los antecedentes de la zona son frecuentes. Su descripción se realiza de acuerdo a los siguientes puntos:

- b) Granizadas. Frecuencia, época, pérdidas de cosecha, tipo de daño.
- c) Vientos. Cultivos que más afectan, pérdidas en cosecha, frecuencia y época.
- d) Precipitación. Cultivos de temporal, pérdidas.

[4]

#### 4.2.3. Descripción de pozos agrológicos.

Invariablemente, lo primero que se hace al describir un perfil, es separar a los horizontes que lo constituyen. La diferenciación de horizontes se considera que es debido a cuatro tipos básicos de cambios, a partir del material del cual se han formado, dentro del suelo, los cuales son: adiciones, pérdidas, traslocaciones y transformaciones.

Los métodos para diferenciar horizontes en campo son variables, algunos emplean solo la vista, apreciando el color ya sea en su estado natural o humedeciendo el perfil; otros usan el tacto mediante el cual se trata de sentir cambios de dureza a través del perfil picando en diferentes partes en sentido vertical con una navaja, el martillo edafológico o cuchillo o bien obteniendo pequeñas muestras, las cuales se humedecen o no y se frotran entre los dedos para detectar cambios texturales o de consistencia.

Por lo general, el espesor de las capas a muestrear es variable dependiendo del espesor total del suelo.

Una vez diferenciadas las divisiones en el suelo, se les asigna a cada división y de acuerdo al número del pozo agrológico un número que nos ayude a identificar la muestra que se este describiendo, de acuerdo a su espesor, textura, humedad, estructura, pedregosidad, permeabilidad, consistencia, porosidad, raíces, cutanes, nódulos, concreciones, presencia de capas duras, reacción al HCl, reacción al  $H_2O_2$ , pH, forma y transición a la siguiente capa.

Para llevar a cabo la descripción del perfil se emplea la siguiente guía de campo.

**A. Descripción de la superficie del suelo si ésta se encuentra descubierta.**

**B. Profundidad del suelo. Medida desde la superficie hasta el límite del perfil.**

**C. Número y símbolo del estrato. A cada estrato descrito se le debe asignar un número consecutivo empezando en la superficie, el mismo que se anotará en la muestra correspondiente.**

D. Espesor y profundidad de cada horizonte. Dichas medidas se anotan en centímetros.

E. Límite entre horizontes. Se anota si el límite entre estratos es marcada o ténue y la forma del límite: uniforme, ondulado o irregular.

F. Humedad. Se refiere al contenido de agua que presenta cada horizonte.

- a) Seco. Cuando los elementos estructurales no se unen y cuando se desmoronan producen polvo.
- b) Ligeramente húmedo. Al desmoronarse forma fragmentos que no pueden ser moldeados.
- c) Húmedo. El suelo no cambia de color al humedecerlo y es moldeable, excepto las arcillas.
- d) Muy húmedo. Se pega a los dedos cuando se moldea.
- e) Mojado. El suelo moja los dedos inmediatamente al tocarlo.
- f) Saturado. El agua gotea al coger el suelo.

G. Color. Este se determina por comparación con las tablas de Munsell para cada horizonte a la humedad que se encuentre el suelo y se anota la clave correspondiente.

- a) Patrón de moteado. Se describe de acuerdo a su contraste con el suelo circundante.

A su abundancia, es decir la proporción de la superficie del estrato del suelo cubierta por motas. Y al tamaño de la mancha, que varía de finísima a grande.

H. Textura. Proporción de arenas, limos y arcillas que presenta el suelo. Se determina al tacto para cada horizonte.

**ESTA TESIS NO DEBE  
JALIR DE LA BIBLIOTECA**

**I. Pedregosidad en el perfil.** Se describe en términos de cantidad, tamaño, forma y clase de piedras.

- a) Cantidad. Se estima la proporción de piedras en base al volúmen de suelo.
- b) Tamaño. Se considera desde la grava (2mm a 1cm) hasta las piedras muy grandes (20 cm).
- c) Forma. Ya sea angular, subangular, redondo, laminar o tabular.
- d) Clase de piedras. De acuerdo al material de que proceden.

**J. Estructura.** Se refiere a la cantidad , forma y persistencia de terrones o agregados en el suelo.

El grado de desarrollo se determina en base a la proporción de suelo que se encuentra formando agregados y el desarrollo de las caras de los mismos. Se emplea la siguiente escala:

- a) Sin estructura. No se observan agregados o no hay un patrón definido de ruptura. Un material así puede ser: coherente y granular simple si es incoherente.
- b) Débilmente desarrollada. Los agregados están ligeramente formados , se rompen en una mezcla de pocos agregados, muchos agregados rotos y mucho material sin agregación.
- c) Moderadamente desarrollada. Agregados bien formados y definidos, durables pero o se notan en el suelo sin alterar.
- d) Fuertemente desarrollada. Agregados evidentes en el suelo sin alterar y se separan cuando el suelo es alterado.

**K. Consistencia.** Se refiere a la fuerza con que se mantienen unidos los agregados. Esta se puede determinar en seco o húmedo.

a) Consistencia en seco. Se emplea la siguiente escala:

Suelto, partículas individuales.

Blando, se desmorona a polvo o partículas elementales con ligera presión.

Ligeramente duro, se rompe con alguna presión entre el pulgar y el índice.

Duro, se rompe difícilmente entre el pulgar y el índice pero fácilmente con la mano.

Muy duro, se rompe con la mano con dificultad.

b) Consistencia en húmedo. Se determina cuando el contenido de humedad se encuentra entre capacidad de campo y suelo seco al aire. Se utiliza la siguiente escala:

Suelto, partículas individuales.

Muy friable, se desmorona con muy ligera presión y cuando se presiona no se junta.

Friable, se demenuza bajo ligera presión, pero se junta cuando se presiona.

Firme, el suelo se desmorona bajo presión moderada.

Muy firme, el suelo se demenuza bajo presión fuerte.

c) Consistencia cuando muy húmedo. Cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo. Se determina en base a su adhesividad y plasticidad.

La adhesividad se refiere a la facultad de un suelo para mantenerse unido a otros materiales y se pueden clasificar como no adhesivos, cuando al presionar entre el pulgar y el índice no queda adherido ningún material a los dedos. Ligeramente adhesivo cuando el suelo se adhiere a alguno de los dedos con que se hace presión. Adhesivo cuando el suelo se adhiere a ambos dedos y tiende a estirarse al separar los dedos. Y muy adhesivo, cuando se adhiere totalmente a los dedos.

La plasticidad, es la facultad que tiene un suelo húmedo para cambiar de forma al aplicar una fuerza y mantener esta nueva forma adquirida al cesar la fuerza. Se determina formando una masa de suelo húmedo con la que se forma un cordón, luego se presiona éste entre el pulgar y el índice para formar una cinta. Se definen cuatro categorías de suelo: no plástico, cuando no se forma cordón; ligeramente plástico, cuando se forma un cordón que se quiebra fácilmente; plástico, cuando se forma cordón y cinta y muy plástico, cuando la cinta formada soporta bien su propio peso.

L. Estratos endurecidos. Se describen en términos del grado de endurecimiento, continuidad y estructura o con el penetrómetro.

M. Poros. Se determinan examinando el perfil con la ayuda de una lente de aumento los microporos, macroporos o fisuras aparentes. Estos poros se pueden describir en términos de número, diámetro, continuidad, localización y morfología.

N. Permeabilidad. Es la capacidad del suelo para transmitir agua o aire a través de él. La determinación de ésta se basa en la estructura, textura y porosidad del perfil. Se consideran cinco categorías.

- a) Muy lenta, cuando se tiene textura arcillosa con estructura masiva.
- b) Lenta, con estrato de textura migajosa arcillosa.
- c) Moderada, con estrato de textura franca o una migajón arcillosa bien estructurada.
- d) Rápida, cuando la textura es arenosa o migajón arcillosa muy bien estructurada.
- e) Muy rápida, cuando la textura es migajón arenosa o un suelo delgado calcáreo.

**O.Raíces.** Se describen de acuerdo a la cantidad de raíces por  $\text{dm}^3$  de superficie, de acuerdo a su tamaño y a la profundidad que alcanzan.

**P.Reacción.** Se determina el pH de cada horizonte de la siguiente manera: se mezcla un poco de suelo con agua destilada en un tubo de ensayo, se deja en reposo 10 minutos y se determina con papel indicador.

**Q.Drenaje del perfil.** Se estima para el conjunto de horizontes en base a las demás características, de acuerdo a las condiciones de reducción que se presenten. Existen cinco clases de drenaje que pueden ser reconocidas.

- a) Excesivamente drenado, en el cual se tiene suelo esponjoso, baja población de lombrices, contenido de materia orgánica alto en la superficie, suelos muy permeables en los que se incluyen suelos delgados sobre roca quebrada o desarrollados sobre roca extremadamente permeable.
- b) Bien drenados, en los que no existe moteado debido a la oxidación en los primeros 60 cm de profundidad y moteado inferior escaso.
- c) Imperfectamente drenados. En estos suelos se presentan motas a lo largo de los canales de las raíces.
- d) Pobremente drenados. En los primeros 60 cm hay un estrato grisáceo, en casiones colores ocre dentro de los agregados debido a las condiciones de reducción.
- e) Muy pobremente drenados. Todo el perfil presenta color gris, en muchos casos tiene una capa rica en materia orgánica como turba.

Una vez realizada la descripción del perfil, se obtiene una muestra de suelo por cada división y se envía al laboratorio para su análisis si es necesario.

#### **4.2.4. Comprobación de los factores de demérito y parámetros en los sitios correspondientes a las claves de fotointerpretación.**

En esta etapa se corrigieron los límites trazados por fotointerpretación de los factores que pudieran determinarse directamente en campo como: profundidad del suelo, permeabilidad, salinidad y sodicidad, pedregosidad en el perfil, pedregosidad en la superficie, profundidad del manto freático y profundidad del estrato impermeable.

Siguiendo el transecto señalado se localizaron en el campo los sitios seleccionados como claves de fotointerpretación y se llevó a cabo la verificación de la clasificación realizada en gabinete en la primera fase de fotointerpretación, cotejando con el estereoscopio de bolsillo cada uno de los factores y parámetros establecidos en la clasificación en las fotografías aéreas.

Para ello fue pertinente seguir la guía que se describió en el punto 4.2.2. y 4.2.3. ya que fue necesario realizar la abertura de pozos agrológicos con el fin de ampliar la información de las claves de fotointerpretación.

Una vez que se comprobó o verificó la existencia de los factores de demérito y su respectivo parámetro de clasificación en las claves de fotointerpretación, se anotaron las correcciones necesarias.

### **4.3. Fase 3. Trabajo de gabinete.**

El desarrollo de esta etapa consistió en la revisión y/o corrección de contactos y claves a partir del trabajo de campo, quedando de esta forma clasificadas y delimitadas las diferentes unidades de mapeo sobre las aerofotos.

#### **4.3.1. Segunda fase de fotointerpretación.**

La segunda etapa de clasificación se realizó con el estereoscopio de espejos, empleando los binoculares para realizar con mayor precisión la delimitación final de las áreas en las cuales se comprobaron o modificaron los factores de demérito y sus respectivos parámetros en campo, así como para realizar la clasificación final de las zonas de exclusión que se marcaron en una primera fase de fotointerpretación.

Una vez clasificada o verificada cada zona, se anotó la clase correspondiente y se procedió a restituir la zona de trabajo de las fotografías en un plano para realizar posteriormente la cuantificación de la superficie que ocupa cada clase.

## V. RESULTADOS DE LA CLASIFICACION Y SU ANALISIS.

### 5.1. Resultados de la clasificación.

Los resultados obtenidos de acuerdo a la clasificación con fines de riego propuesta por la USDA, indican que de la superficie total de 1050 hectáreas, el 48.9 por ciento de la superficie corresponde a suelos de clase 2 con 513 hectáreas, el 23.3 por ciento corresponde a suelos de tercera clase que representan una superficie de 245 hectáreas, el 20.4 por ciento de la superficie con 214 hectáreas corresponde a suelos de cuarta clase y el 7.4 por ciento restante son suelos de sexta clase con 78 hectáreas. Como se observa no existen suelos de primera clase.

En los suelos clasificados de segunda clase se delimitaron 5 sub-clases de suelo diferentes de acuerdo a los factores de demérito que presentan. Dentro de esta clase tenemos las siguientes unidades.

2/S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	con 67 hectáreas.
2/S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	con 11 hectáreas.
2/S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	con 147 hectáreas.
2/S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	con 265 hectáreas.
2/S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> ET <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	con 22 hectáreas.

Estas sub-clases corresponden a suelos que tienen ligeras limitaciones para fines de riego, son moderadamente productivos y requieren un manejo mejor para obtener cosechas con altos rendimientos.

Dentro de los suelos de segunda clase, los factores de mayor incidencia son la textura franco arcillosa, la profundidad del suelo menor a 100 centímetros y la pendiente promedio del 4 por ciento.

En cuanto a textura como factor limitante, el cien por ciento de esta clase presenta restricciones de manejo por dicho factor, al igual que el factor profundidad del suelo, lo que indica restricciones en la introducción de cultivos.

Por otra parte, el 93 por ciento de la superficie delimitada como clase dos presenta restricciones por permeabilidad moderadamente lenta, lo cual se relaciona directamente con la textura franco arcillosa; mientras que el 87 por ciento presenta una pendiente promedio del cuatro por ciento y el 29 por ciento presenta limitaciones por relieve suavemente ondulado.

El drenaje superficial es otro factor demeritante de esta clase, presentándose en el 8 por ciento de la superficie que representa la clase dos, un drenaje superficial moderado.

Por último, la erosión moderada afecta sólo el 4 por ciento de los suelos de segunda clase.

Los suelos clasificados de tercera clase de acuerdo al parámetro que alcanzan en los factores de demérito presentes, comprenden cinco sub-clases de suelo:

3/S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>S<sub>3</sub>      36 hectáreas.

3/S<sub>2</sub>              84 hectáreas.

3/S<sub>2</sub>T<sub>1</sub>            39 hectáreas.

3/S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>S<sub>3</sub>T<sub>1</sub>      39 hectáreas.

3/S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>S<sub>3</sub>D<sub>1</sub> 47 hectáreas.

Estos suelos presentan moderadas limitaciones para fines de riego, son de productividad restringida para la mayor parte de los cultivos adaptados climáticamente y requieren de un manejo de alto nivel para llegar a obtener cosechas con altos rendimientos.

El factor de mayor incidencia que lleva a estos suelos a ser considerados clase tres, es la profundidad del suelo, la cual como factor de demérito se presenta en el cien por ciento de esta clase, lo que considera a las cinco sub-clases de suelos.

La textura arcillo-arenosa, se presenta en el 50 por ciento de la superficie de los suelos clase tres, lo que representa el segundo factor de demérito de mayor incidencia dentro de esta clase, al igual que la permeabilidad; sin embargo, el 15 por ciento de este factor afecta al suelo por presentar permeabilidad lenta, mientras que el 35 por ciento lo afecta de manera contraria por tener una permeabilidad rápida.

El 32 por ciento de la superficie, presenta problemas por pendiente pronunciada y sólo el 19 por ciento presenta problemas de drenaje superficial rápido.

Los suelos delimitados dentro de la cuarta clase, están representados por las siguientes sub-clases de suelos.

4/T<sub>1</sub> 49 hectáreas.

4/S<sub>2</sub>D<sub>1</sub> 64 hectáreas.

4/S<sub>2</sub>D<sub>1</sub>E 41 hectáreas

4/S<sub>2</sub>T<sub>1</sub> 36 hectáreas.

4/S<sub>3</sub>D<sub>1</sub>D<sub>2</sub>! 23 hectáreas.

Los suelos de cuarta clase son suelos que tienen muy severas limitaciones para fines de riego y generalmente son adecuados para unos cuantos cultivos adaptados climáticamente, que pueden crecer o producir bajo un nivel muy alto de manejo.

En el área de estudio del presente trabajo, los factores de demérito que hacen que dichos suelos pertenezcan a la cuarta clase son: la profundidad del suelo, la cual en promedio es de 25 centímetros; el drenaje superficial excesivo; la pendiente cuyo promedio es del 12 por ciento para esta clase y la erosión; así como la poca profundidad al manto freático y la frecuencia de inundaciones que se observa en un área muy específica de la zona.

Los suelos considerados de sexta clase, son suelos no propicios para la irrigación. Dentro del área clasificada, esta clase esta representada por una sola unidad de mapeo, en la cual los factores que propician mayor demérito son: la profundidad del suelo menor a 10 centímetros y los afloramientos rocosos.

En general, puede apreciarse que los factores que provocan mayores limitaciones para el uso y manejo de los suelos bajo riego son: la profundidad del suelo, la textura, la permeabilidad y la pendiente en todas unidades de mapeo, aún cuando su intensidad es variable, el manejo de estos factores es imprescindible tanto en suelos clase dos como clase seis.

**TABLA 2. UNIDADES DE SUELO**

CLASE	FACTORES DE DEMERITO	SUPERFICIE HAS.	PORCENTAJE
2	S1 S2 S3 D1	68.0	6.48
2	S1 S2 T1	11.0	1.05
2	S1 S2 S3 T1 T2	147.0	14.00
2	S1 S2 S3 T1	265.0	25.24
2	S1 S2 E T1 D1	22.0	2.09
	<b>Subtotal</b>	513.0	48.86
3	S1 S2 S3	36.0	3.43
3	S2	84.0	8.00
3	S2 T1	39.0	3.71
3	S1 S2 S3 T1	39.0	3.71
3	S1 S2 S3 D1	47.0	4.48
	<b>Subtotal</b>	245.0	23.33
4	T1	49.0	4.76
4	S2 D1	64.0	6.10
4	S2 D1 E	42.0	3.90
4	S3 D1 D2 I	23.0	2.19
4	S2 T1	36.0	3.43
	<b>Subtotal</b>	214.0	20.38
6	S2 P3	78.0	7.43
<b>TOTAL</b>		1,050.0	100.0

Los suelos que tienen la factibilidad de ser usados bajo condiciones de riego representan el 72 por ciento con una superficie de 758 hectáreas, las cuales comprenden las clases de suelo 2 y 3; mientras que el 20 por ciento de la superficie representada por unidades de suelo de la clase 4, son factibles de ser usadas bajo riego, siempre que se cuente con este recurso; sin embargo, hay que considerar que el manejo de estos suelos se hará empleando técnicas especiales.

## **5.2. Análisis de resultados de acuerdo a los factores de demérito.**

En base a los factores de demérito que están presentes en las unidades de mapeo clasificadas, es necesario seleccionar las medidas que deben ser adoptadas para conservar o mejorar las condiciones de estos suelos, para ello, debe analizarse cada factor y las limitantes que ocasionan.

Los factores que de acuerdo a los resultados de la clasificación deben considerarse son: textura, permeabilidad, profundidad, pendiente, relieve, erosión, drenaje superficial e inundación.

En cuanto al factor textura, encontramos que en las clases de suelo delimitadas, existen suelos de textura arcillo arenosa que no presentan grandes restricciones para los cultivos adaptados a la zona como cultivos de escarda: maíz, frijol, soya, legumbres; cactáceas y algunas especies frutícolas; en tanto que éstas pueden desarrollarse adecuadamente, considerando que el tipo de textura se relaciona directamente con la permeabilidad del suelo. Por otra parte en suelo de textura franco arcillosa, los cultivos recomendables son: alfalfa, trigo, cebada, avena, maíz y pastos, en tanto que la

permeabilidad es lenta y pueden presentarse problemas de aereación provocando daños a los cultivos.

En cuanto a profundidad, las clases de suelo que presentan limitaciones severas con respecto a este factor son la clase 3 y la clase 4, por lo que se requiere en este sentido de especies que puedan adaptarse a dichas condiciones. En los siguientes cuadros se aprecian algunas especies y la profundidad que puede alcanzar su sistema radicular.

**Cuadro 27. Longitud radicular de algunas especies cultivables.**

Cultivo	Máxima profundidad al momento de madurez cm
Alfalfa, calabaza, sandía.	180
Ajo, tomate, sorgo.	150
Avena, maíz, trigo.	120
Betabel, calabacita, chile, frijol, cebada.	90
Brócoli, cebolla, col, trébol, espinaca, pastos.	60
Apio, lechuga, rábano.	30

[1]

De acuerdo a la clasificación realizada, los suelos delgados con espesor de 10 a 25 centímetros, es decir, suelos de clase 4, son los que presentan mayores restricciones en cuanto a su manejo, estos se localizan en laderas y en la parte alta de los lomeríos. En cuanto a su manejo se recomienda el subsoleo y la aplicación de abonos verdes, mientras que el método conveniente de riego para estos suelos es la aspersión y el

goteo, dado que estos suelos impiden el desarrollo radicular normal y condicionan la cantidad de agua a aplicar.

Para suelos de tercera clase con profundidad de 50 a 25 centímetros, localizados en lomeríos, se recomiendan cultivos preferentemente de cobertura total como pastos y otros forrajes; en estos suelos si se tienen texturas finas podrán ser regados por gravedad, ya que presentan limitantes en texturas medias y se adaptan mejor a la aspersión o goteo en texturas gruesas.

Finalmente, los suelos de segunda clase, se adaptan al riego por gravedad y la restricción a los cultivos que pueden desarrollarse son menores.

La permeabilidad como factor limitante, se relaciona directamente con la textura; así tenemos que en suelos de segunda y tercera clase ésta se encuentra presente.

De acuerdo al análisis de la clasificación, en los suelos de texturas medias y gruesas, existen permeabilidades rápidas, lo que ocasiona pérdidas de agua por percolación, por lo que en estas condiciones en cuanto a riego se refiere, se recomiendan los métodos de aspersión o tipo localizado como el goteo. En suelos con texturas arcillo-arenosas con permeabilidad lenta, se recomienda efectuar labores agrícolas con suelo más seco y programar el subsoleo, como medida de mejoramiento de la estructura del suelo, así como la incorporación de abonos verdes y trazo de drenes.

En cuanto al factor erosión, encontramos que desde la segunda hasta la cuarta clase, tenemos presente este problema en sus diferentes formas y magnitudes, por lo que se

recomiendan como métodos de conservación, el establecer surcos en contomo, borderías a nivel, sistemas de terrazas y canales de desvío, lo cual permitirá reducir los escumamientos superficiales y disminuir la erosión de los suelos.

Se recomienda además la aplicación de abonos verdes y la incorporación de los residuos de cosechas a fin de preservar y aumentar la infiltración, promover el estado de agregación de los suelos y disminuir el efecto del impacto de las gotas de lluvia sobre las partículas del suelo.

**Cuadro 28. Profundidad de la zona densa de las raíces de algunas especies.**

PROFUNDIDAD SUELOS			PROFUNDIDAD SUELOS		
CULTIVO	LIGEROS	PESADOS	CULTIVO	LIGEROS	PESADOS
	m	m		m	m
Alfalfa	1.05	0.70	Jitomate	0.85	0.40
Algodó	0.60	0.35	Maíz	0.70	0.30
Cacahuate	0.50	0.40	Melón	0.80	0.50
Chile	0.45	0.25	Papa	0.65	0.35
Cebada	0.60	0.30	Pepino	0.60	0.30
Frutale	1.20	0.75	Pastos	0.45	0.25
Frijol	0.55	0.30	Soya	0.60	0.35
Garbanzo	0.55	0.30	Trigo	0.55	0.30

{1}

En suelos de segunda clase, se recomienda la nivelación de tierras con escropa y/o alisamientos para eliminar los escurrimientos que podrían llegar a convertirse en cárcavas.

En suelos de cuarta clase se recomienda el establecimiento de cultivos de cobertura particularmente.

La topografía, es otros de los elementos importantes a tratar puesto que este factor puede indicar la existencia de encharcamientos, problemas de erosión, cambios de sección o rompimiento de surcos, así como problemas de mecanización y riego.

En cuanto a pendiente, de acuerdo a la clasificación de tierras, a partir de la clase dos, a la cual corresponden pendientes del 3 al 5 por ciento, se recomiendan prácticas de manejo como los surcos en contorno y terraceo. Por otro lado en relación con los métodos de riego tradicionales, se recomiendan los surcos y melgas rectas. En suelos de segunda clase con pendientes de 3 a 5 por ciento y relieve suavemente ondulado, es factible establecer el riego por gravedad tradicional. En suelos de tercera clase con pendiente de 6 a 12 por ciento se infiere que el terreno tiene problemas para el riego por gravedad, pudiendo utilizarse en cultivos de cobertura con zanjas al contorno o riego por aspersión o, en su caso, recomendar prácticas de nivelación o terraceo.

En el caso de suelos de segunda clase con relieve suavemente ondulado, se pueden realizar labores de empareje del terreno que permiten emplear métodos de riego tradicionales. Para ello, es necesario elegir un determinado método de riego en dirección de la mínima pendiente, salvo que la rentabilidad y/o escasez de agua hagan factible el establecimiento de métodos de riego por aspersión, goteo o tubería portátil.

Cuando los terrenos presentan un relieve plano, es posible realizar trabajos de nivelación de tierras, para regar con eficiencia, por melgas o surcos rectos.

Si no existen limitaciones de suelo (profundidad), y el valor económico de los cultivos justifica esas inversiones, los movimientos de tierra pueden ser importantes a fin de asegurar una pendiente uniforme.

Cuando los suelos presentan restricciones, como suelos de textura pesada para pastos, el riego será por melgas en contorno.

En el caso de que exista la necesidad de un fuerte movimiento de tierras, es necesario considerar que esto puede afectar la productividad, bajando normalmente la producción en las áreas de corte, por lo que será necesario aplicar materia orgánica, fertilizantes e incorporar los residuos de las cosechas.

Por otro lado, en suelos someros, de escasa profundidad, como son los suelos de tercera clase y los suelos que presentan horizontes de arena, el movimiento de tierras no se hace recomendable.

Finalmente conviene hacer notar que las recomendaciones realizadas se encauzan básicamente al caso de suelos de segunda y tercera clase que tengan problemas de relieve y pendiente. Con respecto a suelos de cuarta clase, con pendientes de 12 a 20 por ciento, se recomendaría el establecimiento de pastizales para explotaciones pecuarias, ya que estos suelos se localizan en áreas de lomeríos y laderas de cerros.

En cuanto al factor inundación, es necesario realizar un estudio económico, para evaluar la conveniencia de drenaje, el cual debe tomar en cuenta la duración, profundidad y

época de las inundaciones, ya que puede suceder que la inundación se presente en épocas libres de cultivos, en cuyo caso el drenaje no será problema. Por otro lado, si existe peligro de erosión, no es conveniente construir zanjas de drenaje. Las medidas correctivas en zonas de inundación son: rectificar los cauces, dragado de cauces y diques marginales. además se recomienda el uso de especies tolerantes a inundaciones como los pastizales.

Para la zona las especies recomendables serían: buffalograss (*Buchloe dactyloides*), vine mesquite (*Panicum obtusum*) y western wheatgrass (*Agropyron smithii*). [1]

En suelos de sexta clase, en donde existe erosión excesiva y la formación de cárcavas es evidente, se recomienda controlar el escurrimiento proveniente de los terrenos con pendiente para que éste fluya hacia terrenos más bajos sin que se formen riachuelos y por ende se sigan profundizando y extendiendo las cárcavas existentes. Ya que éstas, como puede apreciarse en las aerofotos, dividen el suelo en varias partes, ocasionando con ello que junto a suelos clasificados como segunda o tercera clase, existan zonas completamente erosionadas, de cuarta o sexta clase.

El método básico para el control de dichas cárcavas es la construcción de canales cubiertos con vegetación y la modificación de la sección transversal de manera que la corriente mantenga una velocidad que no dañe la vegetación.

TABLA 3. PRACTICAS DE MANEJO DE ACUERDO A LAS LIMITACIONES DE LOS SUELOS.

SIMBOLO	FACTORES	UNIDAD DE DESCRIPCION	CLASES		
			2	3	4
S1	Profundidad efectiva del suelo	cm	I. Si el suelo se encuentra limitado por materiales no consolidados.  1) Realizar las prácticas señaladas para los factores erosión y topografía  2) Labores de subsuelo 3) Selección de especies vegetales con sistema radicular poco profundo.		II. Si el suelo se encuentra limitado por materiales consolidados  1) Seleccionar especies vegetales con sistema radicular poco profundo  2) Plantar árboles frutales
T1	Pendiente	%	1) Establecer prácticas mecánicas (surcos en contorno y terrazas de diferentes tipos)  2) Realizar prácticas vegetativas (adición de abonos verdes, estercoles, residuos de cosechas, cultivos de cobertura, cultivos de fajas, rotación de cultivos, huertos en contorno)		
T2	Relieve	%			
E	Erosión	Cualitativa	1) Establecer labranzas al contorno, sistemas de terrazas y canales de desvío 2) Incorporar abonos verdes, estercoles y residuos de cosechas 3) Establecer cultivos de cobertura, rotación de cultivos, cultivos en fajas, huertos al contorno 4) Nivelación y/o emparejamiento para borrar surcos en formación		
D1	Drenaje superficial	Cualitativa	1) Drenes aislados en la zona de afloramiento. Bordos paralelos interceptores a la línea de flujo 2) Drenaje sistemático horizontal, vertical y combinación de ambos 3) Detectar fuentes de aprovisionamiento de agua 4) Desarrollar barreras vivas de especies forestales 5) Empalizadas		
D2	Profundidad al manto freático	cm	1) Localizar si es posible las fuentes de abastecimiento 2) Establecer sistemas de drenaje para abatir mantos freáticos 3) Desarrollar drenaje vertical (bombeo)		
I	Inundaciones	Cualitativa	1) Nivelación de tierras 2) Canales de desvío para evitar entradas de agua 3) Sistema de drenaje superficial o sistema de bombeo 4) Implantar cultivos adaptados a excesos de humedad		

## VI. CONCLUSIONES.

De acuerdo al estudio que se realizó en la zona de trabajo del Distrito de Riego Arroyo Zarco, Edo. de México, Se concluye que:

- Las áreas clasificadas de segunda clase, las cuales cubren un área de 513 hectáreas, es decir el 48 por ciento de la superficie, son factibles de ser usadas con fines agrícolas de riego, es decir, tienen la posibilidad de ser irrigadas, ya que, estos suelos reúnen las propiedades de drenaje, textura, profundidad y topografía necesarias para producir cosechas bajo riego con mejores rendimientos y con un manejo sencillo.

-Las áreas clasificadas de tercera clase, las cuales representan el 23 por ciento de la superficie, tienen la factibilidad de ser usadas con fines agrícolas de riego, siempre que la disponibilidad hidráulica lo permita, es decir, exista suficiente recurso agua para irrigar dichas áreas. Sin embargo, en estos suelos, deberán realizarse prácticas agrícolas especiales, de acuerdo a los factores de demérito que los afectan y por ende limitan su uso a ciertos cultivos y prácticas de manejo de suelo y agua.

- Los suelos clasificados de cuarta clase, cuya superficie representa el 20 por ciento, tienen la posibilidad de ser usados con fines agropecuarios, es decir, tienen la factibilidad de ser cultivados con forrajes de temporal, y si el abastecimiento de agua lo permite, la posibilidad de introducir forrajes con riego; considerando siempre el manejo y conservación de estos suelos.

- En los suelos de sexta clase, los cuales representan el 7 por ciento de la superficie, se hace necesaria la implementación de prácticas de manejo y conservación de suelos, que controlen la excesiva erosión de éstos, evitando así, que se sigan deteriorando las zonas de cultivo, en tanto que las cárcavas formadas provocan la fragmentación de los suelos cultivables, obstaculizando las labores de una parcela a otra y disminuyendo el valor del terreno agrícola.

- De acuerdo al uso actual de los suelos, se hace necesaria la reestructuración de los patrones de cultivo así como llevar a cabo una reubicación del uso general de éstos, es decir, realizar cambios en las superficies dedicadas a los cultivos de riego, temporal y agostadero.

- Para realizar un mejor aprovechamiento de los suelos factibles de ser utilizados con fines agrícolas de riego, los cuales constituyen el 72 por ciento de la superficie y comprenden a los suelos de segunda y tercera clase, se hace necesaria la realización de prácticas que estén de acuerdo a las propiedades particulares de estos suelos, es decir, a los factores de demérito que limitan las prácticas agrícolas y que restringen algunos cultivos, así como la implementación de métodos de riego que garanticen el abasto del agua eficientemente.

## **VII. BIBLIOGRAFIA.**

- 1. Banco de México, 1985. Instructivos Técnicos de Apoyo para la Formulación de Proyectos de Financiamiento y Asistencia Técnica. Serie: Agricultura y Drenaje, Vol. I y II, FIRA, México.**
- 2. Comisión Nacional del Agua, 1993. Características generales del Distrito de Riego No. 69 Arroyo Zarco, Mex., CNA Gerencia en el Edo. de México, Jilotepec, México.**
- 3. Comisión Nacional del Agua, 1991. Características de los Distritos de Riego, Vol. II, Regiones: Lerma-Balsas, Valle de México y Sureste, SARH, México.**
- 4. CUANALO de la C.H., 1975. Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo, Colegio de Postgraduados, México.**
- 5. Department of the Interior Bureau of Reclamation Manual, 1963. Manual de Clasificación de Tierras con Fines de Riego, Parte 2, Trad. Estrada, J. A., Ministerio de Obras Públicas, Venezuela.**
- 6. Department of Agriculture, 1965. Manual de Levantamiento de Suelos, Trad. Castillo B.J. Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección de Recursos Naturales Renovables, Sección de Suelos, Caracas, Venezuela.**
- 7. DUCHAUFOR, Ph., 1984. Edafología. Edafogénesis y Clasificación, Ed. Masson, Barcelona, España.**

8. FITZPATRICK, E.A., 1990. **Ciencia del Suelo**, 2a. Edición, Ed. Publicaciones Cultura, México.
9. FORD, I.N., 1984, **Dinámica Mineral en el Suelo**, UACH, Departamento de suelos, Chapingo, México.
10. FOURNIER, F., 1975. **Conservación de Suelos**, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
11. GAVANDE, S.A., 1982. **Física de Suelos. Principios y Aplicaciones**, Ed. Limusa, México.
12. GLEN, O.S., FREBERT, R. 1990. **Ingeniería de Conservación de Suelos y Aguas**, Ed. Noriega-Limusa, México.
13. HENIN, S., Gras, R. 1972. **El Perfil Cultural**, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
14. HILLEL, D. 1982. **Introduction Soil Physics**, Academia Press, San Diego California.
15. INEGI, 1981. **Síntesis Geográfica del Estado de México**, INEGI-SPP. México
16. INEGI, 1990. **Cuaderno de Información para la Planeación, Edo. de México**, INEGI, México.
17. INEGI, 1991. **Censo General de Población y Vivienda, Edo. de México. Vol II**, Tomo 15, INEGI, México .

18. INEGI, 1992. **Anuario Estadístico del Edo. de México**, Gob. del Estado de México, México.
19. KIRKBY, M.J., MORGAS, R.P., 1984. **Erosión de Suelos**, Ed. Limusa, México.
20. MORA, R.P. 1993. **La Ingeniería de Operación en los Distritos de Riego**, Ed. Trillas, México.
21. MORENO, O.C., 1989. **Levantamientos Agrológicos**, Ed. Trillas, México.
22. ORTIZ, S.C., CUANALO de la C. H., 1981. **Introducción al Levantamiento de los Suelos**, Colegio de Postgraduados, México.
23. ORTIZ, S.C., CUANALO de la C.H., 1984. **Metodología del Levantamiento Fisiográfico. Un Sistema de Clasificación de Tierras**, 2a. Edición , Colegio de Postgraduados, México.
24. ORTIZ, V.B., ORTIZ, S.C., 1990. **Edafología**, 5a. Edición, UACH, México.
25. SARH, 1978. **Estudio Agrológico para la Rehabilitación del Distrito de Riego No. 33, Arroyo Zarco Edo. de México**, Apéndice 15, SARH, México.
26. SARH, 1990. **Manual de la Metodología para Evaluar la Aptitud de las Tierras para la Producción de Cultivos Básicos en Condiciones de Temporal**, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

27. STALLINGS, J.H., 1979. **El Suelo, su Uso y Mejoramiento**, Ed. Continental, México.
28. TORRES, C.R., 1989. **Fotogrametría y Fotointerpretación Aplicada a Suelos**, UNAM, FES-C, México.
29. UACH, 1977. **Manual de Conservación del Agua y del Suelo. Instructivo**, SARH, México.
30. VELASCO, M.H., 1992. **Uso y Manejo del Suelo**, Ed. Limusa, México.

## VIII. ANEXOS

CLAVES DE FOTOINTERPRETACION



$$\frac{2}{S_1 S_2 T_1}$$



$$\frac{2}{S_1 S_2 S_3}$$



$$\frac{2}{S_1 S_2 S_3 T_1 T_2}$$



$$\frac{2}{S_1 S_2 E T_1}$$



$$\frac{3}{S_1 S_2 S_3 D_1}$$



$$\frac{3}{S_2 T_1}$$



$$\frac{3}{S_2}$$



$$\frac{3}{S_1 S_2 S_3 T_1}$$



$$\frac{4}{S_3 D_1 D_2 I}$$



$$\frac{4}{S_2 T_1}$$



$$\frac{4}{S_2 D_1}$$



$$\frac{4}{S_2 D_1 E}$$



$$\frac{6}{S_2 P_3}$$



Sitio 1. Clase 6, cárcava, orilla sur de la carretera. Suelo totalmente erosionado.

REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

ESTUDIO: ARROYO ZARCO

LOCALIZACION: SMO 2

FOTOGRAFIA: 18

HORIZONTES	PROFUNDIDAD METROS	COLOR	CONSTITUCION				
			COMPACTACION	CEMENTACION	POROSIDAD		CONSISTENCIA
					ENTRE UNIDADES	DENTRO UNIDADES	
A	0.00-0.20	5 YR 2.5/2 Café rojizo oscuro	Poca	No	Finamente fisurada y abundantes	Abundantes	Muy poca
B	0.20-0.40	7.5 YR 2.5/0 Negro fuerte húmedo	Media	No	Finamente fisurada y abundantes	Muy finos y abundantes	Fuerte

## GÉNESIS DE SUELOS

## REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

LOCALIZACION: SITIO 2

HOJA 2 DE 3

HORIZONTE	PLASTICIDAD	ADHESIVIDAD	TEXTURA	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD	DRENAJE	CONTENIDO DE RAICES	CONCRESIONES E INTRUSIONES
A	Media	Poca	Franco ó Migajón arcillo arenoso	Granular media a terrosa chica	Media	Excesivo superficial	Abundantes finas	No
B	Plástico	Muy adhesivo	Arcillo arenoso	Terrosa media e prismática	Media	Eficiente interno	Abundantes muy finas	No

**OBSERVACIONES GENERALES**

**TOPOGRAFIA:** Las pendientes son de 6 a 8 por ciento. Erosión severa acumulada y laminar. Debido a la pendiente y a la textura de los suelos, la erosionabilidad se promueve.

**USO:** Los terrenos se dedican al pastoreo paupérrimo a base de gramíneas naturales no mayores de 10 cm. Existen residuos de cultivos de maíz y avena en parcelas dentro de las praderas. Se han introducido magueyes y nopales.

**DATOS ADICIONALES**

**EDAD:** Semimaduro

**ZONALIDAD:** INTRAZONAL:

**HABITO DEL PERFIL:** Suelos delgados con horizonte A y B, color café rojizo oscuro y negro respectivamente, francos o migajón arcillo arenoso y arcilla arenosa respectivamente, porosos, estructura fina y estable, desarrollados insitu a partir de tobas volcánicas (pómez).

**NOTA E INTERPRETACION AGROLOGICA:** 4/S2D1E S2 = Profundidad  
D1 = Drenaje superficial  
E = Erosión

REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

ESTUDIO: ARROYO ZARCO

LOCALIZACION: SITO 3

FOTOGRAFIA15

HORIZONTES	PROFUNDIDAD METROS	COLOR	CONSTITUCION				CONSISTENCIA
			COMPACTACION	CEMENTACION	POROSIDAD		
					ENTRE UNIDADES	DENTRO UNIDADES	
A	0.00-0.00	7.5 YR 4/2 Café oscuro	Poca	No	Finamente fissurada abundantes	Abundantes finos	Muy poca
B	0.00-0.25	10 YR 4/5 Gris oscuro	Media	No	Finamente fissurada abundantes	Abundantes finos	Media
<p>Corresponde a una brecha pomácea de color café muy pálido y la pomex se distingue principalmente por su estructura fibrosa. En la brecha existen diversos minerales como son los feldespatos ferromagnesianos, fragmentos de rocas basálticas en ocasiones andesíticas o de otros tipos.</p>							

## GENESIS DE SUELOS

## REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

LOCALIZACION: SITIO 3

HOJA 2 DE 3

HORIZONTE	PLASTICIDAD	ADHESIVIDAD	TEXTURA	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD	DRENAJE	CONTENIDO DE RAICES	CONCRECIONES E INTRUSIONES
A	Medea	Poca	Migajón arcillo arenoso	Terrosa chica y granu- lar gruesa.	Rápida	Eficiente Interno y excesivo superficial	Medio y finas	No
B	Muy plástico	Muy adhesivo	Arcilla arenosa	Terrosa media a prismática	Medea		Medio y finas	No

**OBSERVACIONES GENERALES**

TOPOGRAFIA: Lomeríos de pendiente moderada a fuerte y poca en las partes altas de las mesetas.

VEGETACION NATURAL: Casi no existe debido a que está totalmente desmontado sólo se aprecian gramíneas y pastos nativos, anís, maguayes, nopales.

VEGETACION CULTIVADA: Maíz, muy raquítico. Existe la práctica de excavar canales alrededor de las propiedades con el objeto de captar los azoles mediante muros atravesados en dichos canales que generalmente tienen fuerte pendiente. El azolve lo utilizan como abono.

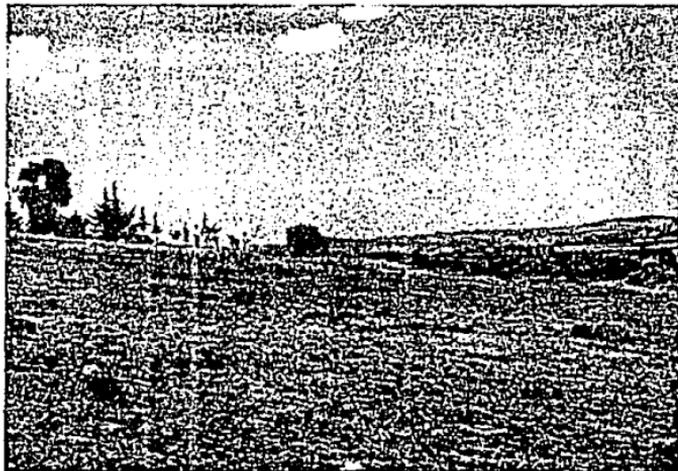
**DATOS ADICIONALES**

EDAD: Semimaduro

ZONALIDAD: INTRAZONAL:

HABITO DEL PERFIL: Suelos muy delgados con horizonte A y B de texturas de migajón arcillo arenoso y arcilla arenosa respectivamente, -estructura terronosa chica y media, color café oscuro y gris oscuro respectivamente.

NOTA E INTERPRETACION AGROLOGICA: 4a.



Sitio 3. Clase 4. Inverio de pendiente moderada, suelos delgados.

REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

ESTUDIO: ARROYO ZARCO

LOCALIZACION: SITIO 4

FOTOGRAFIA: 16

HORIZONTES	PROFUNDIDAD METROS	COLOR	CONSTITUCION				
			COMPACTACION	CEMENTACION	POROSIDAD		CONSISTENCIA
		ENTRE UNIDADES			DENTRO UNIDADES		
A	0.00-0.17	7.5 YR 4/2 Calé oscuro	Blando (h) Fuerte (h)	No	Finamente fisurada y abundantes	Abundantes y finas	Media (h) Fuerte (h)
B	0.17-0.50	5 YR 5/1 Negro	Blando (h) Fuerte (h)	No	Finamente fisurada y abundantes	Abundantes muy finos	Media (h) Fuerte (h)

## GENESIS DE SUELOS

## REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

LOCALIZACION: SITIO 4

HOJA 2 DE 3

HORIZONTE	PLASTICIDAD	ADHESIVIDAD	TEXTURA	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD	DRENAJE	CONTENIDO DE RAICES	CONCRECIONES E INTRUSIONES
A	Plastico	Adhesivo	Arcilla arenosa	Bloques prismáticos +25 cm	Lenta	Eficiente y moderadamente rápido	Abundantes y finas	No
B	Muy plástico	Muy adhesivo	Arcilla	Bloques prismáticos +25 cm (en húmedo tienden a dividirse en lantones grandes tendientes a formas prismáticas)				

**OBSERVACIONES GENERALES**

**TOPOGRAFIA:** Corresponde a un peneplano con pendientes moderadas y con mesetas casi horizontales.

**VEGETACION NATURAL:** No existe a excepción de la inducida a base de malas yerbas y zacates.

**USO:** Terrenos cultivados de maíz requiño.

**DATOS ADICIONALES**

**EDAD:** Semimadura

**ZONALIDAD, INTRAZONAL:**

**HABITO DE PERFIL:** Suelos delgados, arcillosos, con horizonte A y B, color café obscuro y negro.

**NOTA E INTERPRETACION AGROLOGICA:** 3/S1S2S3T 3ª clave con factores de demérito

S1 = Textura

S2 = Profundidad

S3 = Permeabilidad

T1 = Pendiente



Sitio 4. Clase 3, terreno de pendiente moderada, localizado junto al canal.

REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

ESTUDIO: ARROYO ZARCO

LOCALIZACION: SMO 5

FOTOGRAFIA: 16

HORIZANTES	PROFUNDIDAD METROS	COLOR	CONSTITUCION					
			COMPACTACION	CEMENTACION	POROSIDAD		CONSISTENCIA	
					ENTRE UNIDADES	DENTRO UNIDADES		
A	0.00-0.12	10 YR 4/1 Gris obscuro	Poca (fuerte en seco)	No	Finemente fisurada y abundantes	Abundantes y finas	Poca (duro en seco)	
B1	0.12-0.53	10 YR 2.5/1 Negro (lg. húmedo)	Poca	No	Finemente fisurada y abundantes	Abundantes	Poca	
Bc	0.53-0.62	10 YR 4/3 Café obscuro	Muy poca	No	Finemente fisurada y abundantes	Muy abundantes	Muy poca	
C	0.62-	Corresponde a una toba de color café pálido, compacta con poca o casi nada de contenido de pomez, lo cual hace considerar su riqueza de otros minerales a parte de la sílica, lo cual ha dado lugar a un suelo arcilloso de tipo montmorillonítico y relativamente profundo si se le compara con los suelos dominantes del área.						

## GENESIS DE SUELOS

REPORTE MORFOLOGICO DE CAMPO

LOCALIZACION: SITIO 5

HOJA 2 DE 3

HORIZONTE	PLASTICIDAD	ADHESIVIDAD	TEXTURA	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD	DRENAJE	CONTENIDO DE RAICES	CONCRESIONES E INTRUSIONES
A	Plástico	Adhesivo	Arcilla arenosa	Terronosa grande	Rápida	Eficiente el interno muy eficiente el superficial	Medio y finas	No
B	Muy plástico	Muy adhesivo	Arcilla limosa	Terronosa media con tendencia a prismática	Medio		Pocas y finas	No
C	Plástico	Adhesivo	Arcilla limosa	Granular muy chica	Medio		Pocas y finas	No

**OBSERVACIONES GENERALES**

**TOPOGRAFIA:** Suelos desarrollados en una meseta cuyo relieve es ligeramente ondulado; sin embargo en las partes cercanas en las laderas existen erosiones severas.

**VEGETACION:** Como el área está abierta al cultivo, la vegetación natural prácticamente no existe; en cambio existe la vegetación inducida que son pastos nativos, nopales, magueyes.

**USO:** Maíz (1.5 ton/ha de temporal bueno con fertilizante) y máximo 1.0 ton/ha de temporal deficiente); algunas praderitas pequeñas de asociación de trébol y pastizales que se riegan, magueyes y nopales.

**DATOS ADICIONALES**

**EDAD:** Semimaduro a maduro

**HABITO DE PERFIL:** Suelo delgado de 62 cm, con horizonte A, B y Bc, de color gris oscuro, negro y café oscuro respectivamente, estructura terronosa y granular fuera en el horizonte A.

**NOTA E INTERPRETACION AGROLOGICA:** 2da.



Sitio 5. Clase 2. Suelo delgado de color gris obscuro, con relieve ligeramente ondulado.



Suelo clase 4, localizado en el fondo del vaso de Arroyo Zarco, presenta problemas de inundación.

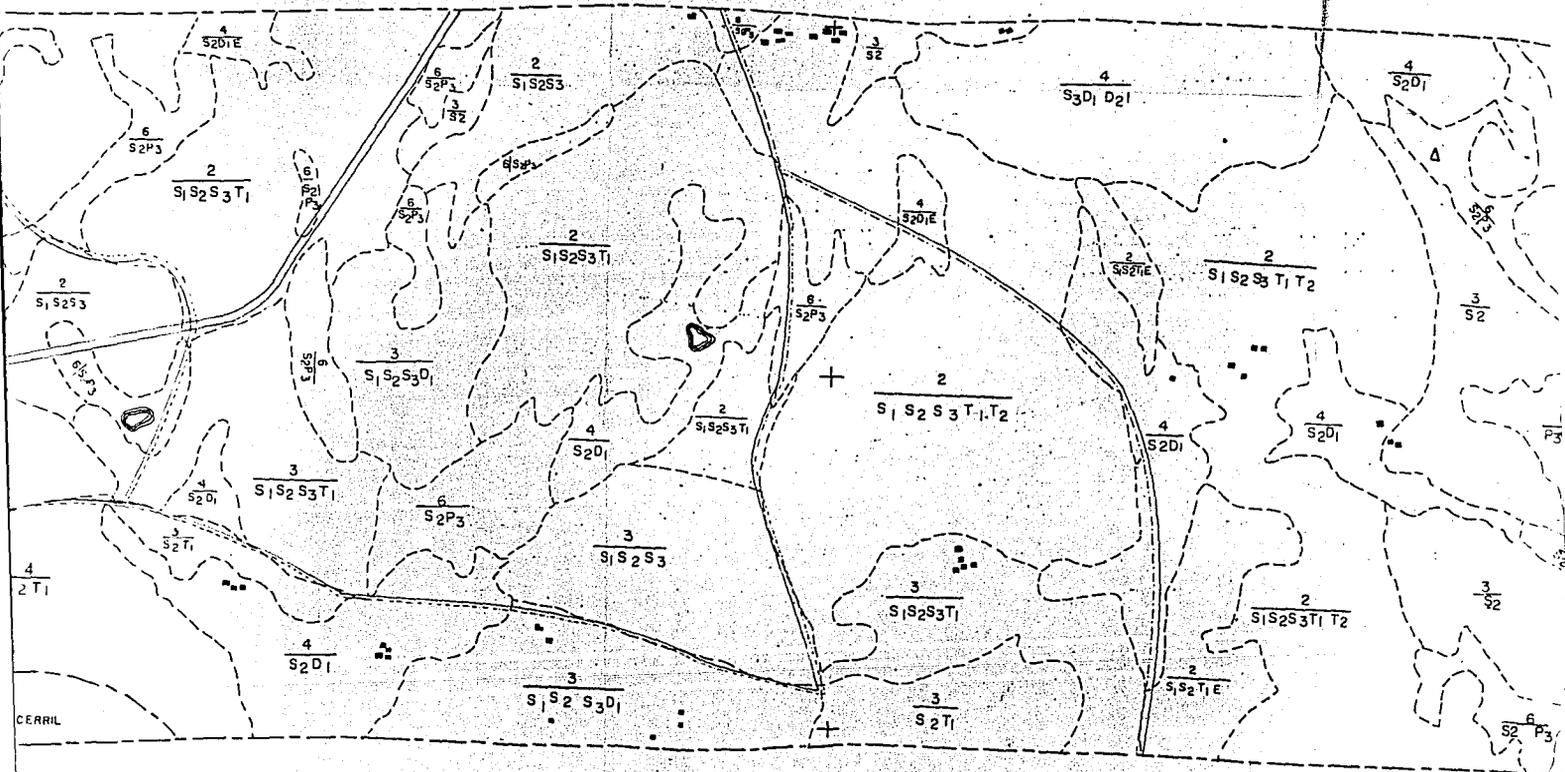


Suelo pedregoso con pendiente pronunciada, correspondiente a un área cerril. Ladera del Cerro del Comal.





99°43'



99°43'





ZACION

CUADRO DE SUPERFICIES					
CLASE	FACTORES	SUPERFICIE EN HAS		PORCENTAJE (%)	
		PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL
2	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	68		6.48	
	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	11		1.05	
	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	147		14.00	
	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	265		25.24	
	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> E T <sub>1</sub>	22		2.09	
			513		48.86
3	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	36		3.43	
	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	39		3.71	
	S <sub>1</sub> S <sub>2</sub> S <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	47		4.48	
	S <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	39		3.71	
	S <sub>2</sub>	84		8.00	
			245		23.33
4	T <sub>1</sub>	49		4.76	
	S <sub>1</sub> D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	23		2.19	
	S <sub>2</sub> D <sub>1</sub> E	41		3.90	
	S <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	64		6.10	
	S <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	36		3.43	
			214		20.38
5	S <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	78		7.43	
					7.43
TOTAL			1050		100.0

## LEYENDA

**Clase 2.** Corresponde a suelos de texturas medias franco arcillosas y franco arcilla arenosas, tienen buena retención de humedad. Presentan pendientes ligeras de 3 a 6 % con relieve suavemente ondulado, son propensos a erosión en forma moderada. Tienen una profundidad de 100 a 50 cm y un drenaje superficial e interno moderado.

**Clase 3.** Corresponde a suelos de texturas arcilla limosas y franco arenosas. Tienen pendiente pronunciada de 6 a 10 % y relieve ondulado, son propensos a una erosión intensa. Presentan espesores de 50 a 25 cm. Y tienen drenaje sup rápido o lento y un drenaje inferior defectuoso.

**Clase 4.** Corresponde a suelos con limitaciones severas de texturas arcillosas y arenosas, con pendientes pronunciadas del 10 al 20%, propensos a una erosión severa. Presentan escasa profundidad de 25 a 10cm. Tienen un drenaje superficial deficiente y presentan problemas de inundaciones frecuentes.

**Clase 6.** Corresponde a suelos no aptos para la agricultura. Están desprovistos de suelo o con capas menores a 10cm, presentan pendientes pronunciadas con daños ocasionados por la erosión. Tienen drenaje deficiente.

## FACTORES DE CLASIFICACION

- S<sub>1</sub> TEXTURA
- S<sub>2</sub> PROFUNDIDAD DEL SUELO
- S<sub>3</sub> PERMEABILIDAD
- P<sub>1</sub> PEDREGOSIDAD EN PERFIL
- P<sub>2</sub> PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL
- P<sub>3</sub> ROCOSIDAD
- E EROSION
- T<sub>1</sub> PENDIENTE
- T<sub>2</sub> RELIEVE
- D<sub>1</sub> DRENAJE SUPERFICIAL
- D<sub>2</sub> PROFUNDIDAD MANTO FREATICO
- D<sub>3</sub> PROFUNDIDAD ESTRATO IMPERMEABLE
- I INUNDACION

ESCALA 1:10000



<b>UNAM</b>	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
	PLANO DE CLASIFICACION AGRICOLA DE SUELOS CON FINES DE RIEGO
DISTRITO DE RIEGO ARROYO ZARCO, EDO.MEX.	
ELABORO: MARTINEZ GARCIA ANA MARÍA	
Cuatitlán Edo. Mex.	Abril 1994 H I D E I