



00359  
UNIVERSIDAD NACIONAL <sup>3</sup>  
AUTÓNOMA DE MÉXICO <sub>2ej</sub>

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO

Determinación de algunos efectos de la erosión de suelos en el  
límite Este - Sureste del Valle de San Luis Potosí, S.L.P.\*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS  
(EDAFOLOGÍA)

PRESENTA

José Carmen Rodríguez García

DIRECTOR DE TESIS  
M.C. ROSALIA RAMOS BELLO

MÉXICO, D.F.

1999

\* Se terminó con la ayuda económica del Programa SUPERA.

273623  
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

# DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE QUIENES ALENTARON ESTE TRABAJO

Me en C. NICOLÁS AGUILERA HERRERA†  
Y POR COMPARTIR SU EXPERIENCIA

A MIS PADRES

JOSÉ CARMEN RODRÍGUEZ CARDENAS†.  
MARIA CARMEN GARCÍA PAZ†

A TU APOYO Y PACIENCIA HERMANA

MARÍA LUISA

A MI ESPOSA E HIJOS:

LILIA

JOSÉ CARMEN  
MARÍA GUADALUPE  
LIVIA †  
TALIA  
YEHOSUA

## AGRADECIMIENTOS

DESEO AGRADECER AL PROGRAMA SUPERA POR SU SENSIBILIDAD HUMANA Y AYUDA ECONÓMICA PARA LA CONCLUSIÓN DEL PRESENTE.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POR BRINDARME LA APORTUNIDAD DE REALIZAR LOS ESTUDIOS DE POSTGRADO Y EL FAVOR RECIBIDO DE SU PERSONAL.

A LA MAESTRA EN CIENCIAS ROSALIA RAMOS BELLO POR ACEPTAR LA DIRECCIÓN Y CRÍTICA DE ESTE TRABAJO, AL MAESTRO EN CIENCIAS JORGE L. TOVAR SALINAS POR SU ASESORIA Y APOYO ALENTADOR PARA LA CONCLUSIÓN DEL MISMO. A LA DRA. NORMA GARCIA CALDERON POR SUS ATINADOS COMENTARIOS. AL DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE SUELOS DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS, ESPECIALMENTE AL DR. OROPEZA POR LAS FACILIDADES Y COLABORACIÓN EN EL PROGRAMA PARA PROCESAR LOS PLUVIOGRAMAS. AL DR. JOSÉ DE JESÚS MARTÍNEZ H. DEL CAMPUS DE SALINAS, SLP. POR LAS FACILIDADES PARA UTILIZAR EQUIPO DE COMPUTO, ASÍ COMO AL M. en C. ALEJANDRO AMANTE POR SU PACIENCIA EN LOS ENSAYOS CON SOFTWARE. AL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UASLP, POR EL TIEMPO PERMITIDO PARA LA DIGITALIZACIÓN DE LOS PLUVIOGRAMAS. AL DR. OCTAVIO MARTÍNEZ DE LA VEGA POR SU ASESORIA Y PROCESO ESTADÍSTICO DE LA BASE DE DATOS EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UASLP, AL DR. ANTONIO B. TORRES R. POR SU ASESORIA Y COMENTARIOS.

A LOS MIEMBROS DEL JURADO POR ACEPTAR LA REVISIÓN, A QUIENES AGRADEZCO SUS CRÍTICAS Y COMENTARIOS, DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, DR. GILBERTO HERNÁNDEZ SILVA, DR. JOSÉ LOPEZ GARCIA, DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ GAMIÑO, DR. VÍCTOR MANUEL ORDAZ CHAPARRO, M. en C. ROSALIA RAMOS BELLO Y M. en C. JORGE L. TOVAR SALINAS.

ASÍ COMO AL PERSONAL DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE ZONAS DESÉRTICAS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ, POR SU APOYO INCONDICIONAL, ESPECIALMENTE DEL DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA E HIDROGEOQUÍMICA, A JOSÉ BUENAVENTURA FRAGA R. DURANTE EL MUESTREO. Y AL DR. JUAN ROGELIO AGUIRRE RIVERA, ENCARGADO DE LA DIRECCIÓN, POR PROMOVER ESTA ACTIVIDAD. IGUALMENTE MI GRATITUD A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA INTERVINIERON EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO, SIN EMBARGO, LOS ERRORES QUE HAYAN RESULTADO SON DE RESPONSABILIDAD TOTAL DEL AUTOR.

# CONTENIDO

	página
INDICE DE FIGURAS	V
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FOTOGRAFIAS	VII
RESUMEN	VIII
1. INTRODUCCION	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1.1 Objetivo General	3
2.1.2 Objetivos Específicos	4
2.2. Hipótesis	4
3 ANTECEDENTES	5
3.1. Consideraciones agrícolas	5
3.2. Consideraciones climáticas	6
3.2.1. Consideraciones sobre la Lluvia	7
3.3. Cobertura vegetal	10
3.4. Escorrentia en sistemas agrícolas	10
3.5. Producción de sedimentos	12
3.6. Métodos de predicción de la erosión	15
3.7. Consideraciones hidrológicas	16
3.8. Pérdida de nutrientes	18
3.9. Consideraciones edáficas	20
3.10. Erosionabilidad del suelo	22
3.11. Conservación del suelo	23
3.12. Conclusiones	26
4 MATERIAL Y MÉTODOS	27
4.1. Características ambientales de la zona de estudio	27
4.1.1. Comunicaciones	27
4.1.2. Urbanismo y población	28
4.1.3. Geología	28
4.1.4. Fisiografía	37
4.1.5. Clima	37
4.1.6. Vegetación	41

4.1.7. Fauna	42
4.1.8. Suelo	42
4.1.8.1. Génesis del suelo	42
4.1.8.2. Uso del suelo	43
4.1.9. Hidrología	44
4.2 TRABAJO DE CAMPO, LABORATORIO Y COMPUTO	48
4.2.1. De campo	48
4.2.2 El muestreo	48
4.2.3. De laboratorio	49
4.2.3.1 Propiedades físicas	49
4.2.3.2 Propiedades químicas	49
4.2.4. De computo	50
4.2.5. Variables consideradas en el trabajo	50
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DE LAS LOCALIDADES DEL PERFIL DEL SUELO	53
5.1.1. La Boquilla, Municipio de Villa de Reyes, S.L.P (Perfil 1 y 2).	53
5.1.2. Ojo Caliente, Municipio de Santa María del Río, S.L.P (Perfil 3 y 4).	55
5.1.3. Valle de los Fantasma, Municipio de Villa de Zaragoza, S.L.P (Perfil 5 y 6).	56
5.2 ANALISIS ESTADÍSTICO	57
5.2.1. Lotes 1 y 2, La Boquilla, Municipio de Villa de Reyes, S.L.P..	58
5.2.2. Lotes 3 y 4, Ojo Caliente, Municipio de Santa María del Río, S.L.P	64
5.2.3. Lotes 5 y 6, Valle de los Fantasma, Municipio de Villa de Zaragoza, S.L.P	71
6 ANALISIS AGRONOMICO	76
7 CONCLUSIONES	78
8 RECOMENDACIONES	79
9 BIBLIOGRAFÍA	80
10 APENDICE	86
Anexo 1. Descripción morfológica y resultados de análisis físico – Químico de los perfiles y de las muestras del suelo de cada perfil.	
Anexo 2. Cuadros con registro de lluvia y suelo de escorrentía en cada parcela de las tres localidades.	
Anexo 3. Algunos resultados estadísticos de los datos registrados en cada lote.	

## INDICE DE FIGURAS

	página
Figura 3.1 Movimiento del suelo por impacto de las gotas de lluvia.	8
Figura 3.2 Conjunto de fuerzas que actúan sobre las partículas del suelo en el interflujo somero de la escorrentía.	9
Figura 3.3 Comportamiento de la velocidad de depósito de partículas finas (limo y arcillas) y gruesas (arena), entre la ley de stokes y ley del impacto.	13
Figura 3.4 Velocidad de flujo promedio para tamaño de partículas a 1 m de profundidad del agua.	15
Figura 3.5 Evolución del suelo en régimen diferente de lluvia.	21
Figura 3.6 Nomograma para determinar la erosionabilidad del suelo.	23
Figura 4.1 Localización y vías de acceso del área de estudio.	29
Figura 4.2.1 Geología en los lotes de escorrentía de La Boquilla y Ojo Caliente.	35
Figura 4.2.2 Geología en los lotes de escorrentía de Valle de los Fantasma.	36
Figura 4.3 Delimitación de provincias y subprovincias fisiográficas en San Luis Potosí.	38
Figura 4.4 Delimitación de los tipos de clima “B” en los lotes de escorrentía del área de estudio.	40
Figura 4.5.1 Delimitación de los tipos de suelo en el área de La Boquilla y Ojo Caliente.	45
Figura 4.5.2 Delimitación de los tipos de suelo en el área de Valle de los Fantasma	46
Figura 4.6 Regionalización de las cuencas hidrológicas en San Luis Potosí.	47
Figura 5.1 Relación CIC, BI y M.O. Perfil 1, La Boquilla, Municipio de Villa de Reyes, S.L.P.	89
Figura 5.2 Relación CIC, BI y M.O. Perfil 2, La Boquilla, Municipio de Villa de Reyes, S.L.P.	91
Figura 5.3 Relación CIC, BI y M.O. Perfil 3, Ojo Caliente, Municipio de Santa María del Río, S.L.P.	94
Figura 5.4 Relación CIC, BI y M.O. Perfil 4, Ojo Caliente, Municipio de Santa María del Río, S.L.P.	96
Figura 5.5 Relación CIC, BI y M.O. Perfil 5, Valle de los Fantasma, Municipio de Villa de Zaragoza, S.L.P.	98
Figura 5.6 Relación CIC, BI y M.O. Perfil 6, Valle de los Fantasma, Municipio de Villa de Zaragoza, S.L.P.	100

## INDICE DE CUADROS

	<i>página</i>
Cuadro 3.1 <i>Pérdida de nutrimento por erosión en los continentes.</i>	20
Cuadro 3.2 <i>Magnitud del factor k de erosionabilidad del suelo por su textura y materia orgánica.</i>	24
Cuadro 3.3 <i>Tipo de vegetación y grado de erosión en México.</i>	25
Cuadro 4.1. <i>Relación de variables ambientales de los sitios con registro de escorrentia, pluviogramas y la EUPS.</i>	52
Cuadro 5.1 <i>Análisis de correlación lote No. 1, La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.</i>	60
Cuadro 5.2 <i>Análisis de correlación lote No. 2, La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.</i>	61
Cuadro 5.3 <i>Análisis de correlación lote No. 3, Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.</i>	67
Cuadro 5.4 <i>Análisis de correlación lote No. 4, Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.</i>	68
Cuadro 5.5 <i>Resumen de la relación de valores de lluvia, muestras de escorrentía y peso de suelo erosionado en cada lote.</i>	75
Cuadro 5.6 <i>Resultados del análisis físico de las muestras de los perfiles de suelo.</i>	101
Cuadro 5.7 <i>Resultados del análisis químico de las muestras de los perfiles de suelo.</i>	102
Cuadro 5.5.1 <i>Registro de lluvia y suelo de escorrentia, lote No. 1, La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.</i>	104
Cuadro 5.5.2 <i>Registro de lluvia y suelo de escorrentia, lote No. 2, La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.</i>	105
Cuadro 5.5.3 <i>Registro de lluvia y suelo de escorrentia, lote No. 3 Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.</i>	106
Cuadro 5.5.4 <i>Registro de lluvia y suelo de escorrentia, lote No. 4 Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.</i>	107
Cuadro 5.5.5 <i>Registro de lluvia y suelo de escorrentia, lote No. 5, Valle de los Fantasma, Villa de Zaragoza, S.L.P.</i>	108
Cuadro 5.5.6 <i>Registro de lluvia y suelo de escorrentia, lote No. 6, Valle de los Fantasma, Villa de Zaragoza, S.L.P.</i>	109
Cuadros de resultados de las pruebas estadísticas aplicadas a los datos registrados en cada lote.	110



## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

	<b>página</b>
Fotografía 5.1 Perfil del suelo profundo de planicie, parcela de pastoreo en La Boquilla, Villa de Reyes.	89
Fotografía 5.2 Perfil del suelo somero de ladera ligera, parcela de pastoreo en La Boquilla, Villa de Reyes.	91
Fotografía 5.3 Perfil del suelo en parcela de temporal y riego en Ojo Caliente, Santa María del Río.	94
Fotografía 5.4 Perfil del suelo en parcela silvícola en Ojo Caliente, Santa María del Río.	96
Fotografía 5.5 Perfil del suelo somero de montaña, parcela de pastoreo con 50 por ciento de cobertura de pasto en Valle de los Fantasma, Villa de Zaragoza, S.L.P.	98
Fotografía 5.6 Perfil del suelo somero de montaña, parcela de pastoreo con 100 por ciento de cobertura de pasto en Valle de los Fantasma, Villa de Zaragoza, S.L.P.	100

## RESUMEN

En el presente trabajo se hace un intento por conocer cuál es esta tendencia en la erosión del suelo, mediante la agrupación de algunas variables de factores como el clima (radiación, lluvia); topografía (pendiente y longitud de la pendiente); vegetación (% de cobertura); edafología (contenido de materia orgánica, textura); uso del suelo (agrícola, pastoreo); prácticas humanas (riego, conservación del suelo).

Se compiló información ambiental de tres localidades en los límites del valle de San Luis Potosí, que han tenido cambios en cuanto al aprovechamiento de sus recursos para cotejarlos con valores de escorrentía observados en ellos. Los cambios evidentes como la deforestación para utilizar el área en el cultivo y la vegetación espontánea como combustible, la persistencia de áreas naturales o de poco uso, que manifestaron los usuarios en cada localidad y la escorrentía cuantificada en cada una, así como la disponibilidad de registros pluviales y la digitalización de éstos, fueron las circunstancias para que los valores de estas variables se sometieran a un análisis estadístico multivariado.

El resultado de la evaluación estadística por componentes principales, indica que cada variable de los factores son independientes entre sí, en cambio la evaluación de esos valores en la regresión por pasos (Stepwise), señala que existen relaciones entre variables, que las hace dependientes a ciertas condiciones que pueden favorecer o inhibir la pérdida del suelo y la disponibilidad de nutrimentos que afectan un porcentaje de cobertura de la vegetación herbácea, principalmente, por lo que el conocimiento de las propiedades de cada factor y el uso racional de los recursos es la clave para conservar la capacidad productiva de las áreas agrícolas, como silvícolas.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La erosión como parte de los procesos geológicos ha prevalecido en la evolución de los continentes y en gran parte, ha determinado los ecosistemas para el desarrollo de los organismos anteriores a la existencia del hombre como organización. Asimismo, el suelo es producto de la intemperización, recurso que requiere de períodos muy amplios para definirse. Sin embargo, el hombre mediante sus hábitos agrícolas y sus grandes núcleos urbanos altera y deteriora este proceso.

Los núcleos urbanos por su requerimiento de grandes volúmenes de productos básicos para su alimentación, necesitan de las áreas con un buen grado de fertilidad, adecuada profundidad del suelo y buena proporción de humedad y asegurar una cosecha que los satisfaga, pero no siempre se aplican técnicas apropiadas, por lo que se originan pérdidas de cultivo y causa la baja productividad en los suelos.

En los últimos cincuenta años se ha detectado que la erosión se ha modificado en su proceso y evolución natural por efecto del hombre y la oscilación climática. Alteración tal vez tan rápida, que disgregó la organización social, como sucedió con los habitantes de diferentes culturas en el mundo y de las que tan solo se encuentran esbozos de su magnificencia en sus ruinas (Stallings, 1982; Hopcraft, 1983). A pesar de tales hechos el hombre se ha alarmado verdaderamente hasta hace unas cuantas décadas, y su propio desarrollo tecnológico ha sido deficiente en la restauración de las áreas deterioradas.

En México, el Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, es la primera institución oficial que plantea la necesidad de conservar el suelo y agua, Presenta datos de las áreas erosionadas por la desertización (Op cit., 1966). El Colegio de Postgraduados ha realizado trabajos de conservación de suelos y experimentado con simuladores de lluvia para observar la erosión en áreas de cultivo (Op. cit., 1966, Fernández L. 1943; Figueroa, 1975).

Los países altamente desarrollados cuentan con tecnología muy sofisticada que debe manejarse con gran cuidado, porque al implementarse en México ocasiona degradación en los recursos por el mal manejo de éstos (Op cit., 1983; Bocco, 1989).

Se han observado como causas que incrementan la pérdida de suelos a: los desmontes, la agricultura nómada, el sobre pastoreo, el monocultivo, las prácticas agrícolas y de riego malas; el cambio de régimen en la tenencia y uso de la tierra, sobre todo de los bosques y las praderas naturales (Blanco, 1966).



00000

## 2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la FAO (1992), existe un decremento de áreas de cultivo a zonas desérticas irreversibles en 5.5 millones de hectáreas debido al excesivo pastoreo, inapropiada rotación de cultivos y salinización, incidiendo en ellas las cíclicas y prolongadas sequías.

La zona semiárida de San Luis Potosí abarca el 50 % de los municipios que conforman el Estado. El acelerado incremento de la población y su concentración induce una planeación y administración unilateral<sup>1</sup> de los componentes del ambiente, crea una demanda de mayores recursos y que el área productiva se vea reducida, provocando cambios que incrementan la degradación del suelo y del conjunto regional; así la dinámica del ecosistema se modifica y por su cotidianidad como consecuencia, los cambios ambientales se soslayan y por ende la recuperación natural de los recursos deteriorados es muy lenta, por todo esto se requiere que se den alternativas que frene la erosión del suelo y que lleven a una agricultura persistente para la población en aumento.

Las actividades de extracción y agropecuarias donde es alta la densidad de población son determinantes en el deterioro ambiental. Las oscilaciones del clima, especialmente las prolongadas sequías hacen más espectacular el deterioro. Las zonas áridas geológicamente son un proceso sedimentario, como tales, son una zona cuya amplitud permite que los factores atmosféricos dispersen su fuerza y su carga erosiva en ella y la lluvia como agresividad climática se originó en otro lugar, es por ello necesario conocer al menos parcialmente como es la erosión hídrica de las zonas semiáridas y sub húmedas; tomado en cuenta el registro pluvial directo y su escorrentía, bajo los siguientes objetivos:

### 2.1 Objetivo general:

Determinar los efectos pluviales y la remoción de suelo registrados en parcelas de cultivo temporal y silvícolas de tres localidades en el límite este - sureste del valle de San Luis Potosí.

---

<sup>1</sup> Monocultivo, pastoreo, tala, industria u otra.

## 2.2. Objetivos específicos:

- a).- Digitalizar los registros pluviográficos de 1981 a 1989 de “La Boquilla”, Villa de Reyes; “Ojo Caliente”, Santa María del Río y “Valle de los Fantasma”, Villa de Zaragoza
- b).- Determinar los factores ambientales que intervienen en la escorrentia, en los lotes de remoción de suelo de parcelas de uso agropecuario y silvícola.
- c).- Comparar la erosión observada y los valores de predicción de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) calculados para parcelas de uso agropecuario y silvícola.

## 2.3 Hipótesis:

La erosividad pluvial es semejante para ecosistemas semiáridos o subhúmedos.

La erodabilidad del suelo de las zonas semiáridas depende del material parental más que de los factores de la vegetación.



### 3. ANTECEDENTES

El suelo ha sido motivo de estudio de acuerdo a cada país, según la demanda alimentaria y a la concentración de su creciente población, cuyo resultado global, han originado términos como el de desertización y más recientemente el de desertificación por lo ocurrido en el Sahel, Africa en 1973 (Hopcraft, Op cit.; Roldán 1978; Stallings Op cit.).

Ante la problemática de tenencia de la tierra, y los incipientes programas de conservación del suelo y agua, hace que cada día sean más difíciles de controlar los problemas de erosión y contaminación en el país; por lo que en buena medida, el avance en estudios e investigación en este campo no llevan la misma tónica, como por ejemplo, el desarrollo de la tecnología de sistemas digitales, sin embargo, lo más importante y urgente volverá a ser la producción y abastecimiento de alimentos.

#### 3.1 Consideraciones agrícolas

El paisaje natural ha sido parte del desarrollo cultural y socioeconómico de la civilización y la técnica empleada determina el grado de perturbación, por lo que se ha intensificado la investigación en diversos aspectos para conocer las causas del deterioro, algunas conclusiones de ésta, son:

Mela (1963), muestra cuadros comparativos de valores de erosión del suelo y nutrimento de acuerdo a las condiciones de precipitación, pendiente y cultivo. Asegura que la pérdida de suelo y nutrimento es mayor que lo que aprovecha la planta en un clima húmedo, que hay un comportamiento semejante para los cultivos establecidos en pendiente que sobrepasan el 3 %; en cambio para los climas secos, esta pérdida es menor, y afirma que el suelo se empobrece más a causa de la erosión, que al prolongado cultivo; pero, si esta agricultura se realiza inadecuadamente, entonces las acciones agrícolas contribuyen al aumento de la erosión.

Stallings (1982), expone a la erosión como factor determinante de la evolución y desarrollo de la civilización, menciona criterios de clasificación del suelo de acuerdo a su uso, así como los factores a considerar al evaluar la erosión y muestra algunas técnicas para su control.

Figueroa (1975), implementa la técnica de Hudson en la cuenca del lago de Texcoco, para evaluar la erosión en términos de cultivo, analizando tanto pérdidas de suelo como de nutrimentos y obtiene como resultado, que las áreas con mayor vegetación proporcionan mejor protección al suelo de la acción pluvial, mientras que las áreas desnudas son objeto de una mayor cantidad de pérdida en peso de suelo.

Terrazas (1977), en su trabajo de maestría presentan cinco tratamientos de cultivo para tres series de suelos. Concluye que los tratamientos de cobertura de rastrojo de maíz y la cobertura del cultivo de cebada, reducen la erosión, pero aumenta ésta en las partes bajas cultivadas con maíz. No muestra diferencias estadísticas significativas en la técnica empleada; en cambio, el rendimiento de la cosecha si fue afectado por la clase de suelo.

Fortanelli (1981), al evaluar los sistemas de producción de cosechas en planicies y cañadas de los alrededores de San Luis Potosí, concluye que los productores conocen las limitaciones ambientales y hacen un uso eficiente de los recursos ecológicos para la obtención de productos de subsistencia.

### **3.2 Consideraciones climáticas**

La oscilación de la atmósfera y su efecto en el cultivo ha sido motivo de su registro y análisis, así como el asociarla a factores que influyen en la distribución y frecuencia de la lluvia; esta variable se considera benéfica, ya que fija la cantidad y calidad de cosecha pero otras veces es perjudicial, pues hay parcelas donde el suelo es muy erosionablea las gotas y escorrentía.

Noble y Lebrija (1956), hacen un análisis de las condiciones isobáricas y la presencia de sequías mensuales y anuales del país, explican que a consecuencia de tales condiciones, las precipitaciones son normales para los períodos de 1875 a 1949. y que la ausencia de humedad es

una proporción de las condiciones isobáricas que afectan al país de enero a julio y que no se prolongan hasta agosto, aunque tal efecto es diferencial en zonas más o menos extensas de la República; señalan además, la existencia de una inflexión descendente de la precipitación que motiva las repetidas sequías en el país.

El índice de aridez se ha definido en diferentes aspectos; Pedrero (1963), lo agrupa bajo condiciones tropicales y de aridez, subordinando a éstos la presencia de vientos cargados de vapor los cuales, según el gradiente térmico que atraviesen, pueden desembocar desde leves brisas a huracanes. Hacen notar que tales vientos se distribuyen desde el SE a lo largo de las Sierras Madre Oriental y Occidental. Por lo que, de acuerdo a la demanda de humedad de cada zona, se originan diferentes grados de aridez por la ausencia de precipitación.

Mora (1982), realizó un estudio de las condiciones climáticas de San Luis Potosí, registradas durante los períodos 1881-1903 y 1924-1948, tomando algunas variables, para un análisis estadístico, como a la precipitación, evaporación y humedad relativa. Concluye que, condiciones climáticas y ecológicas mejores persistieron en el valle de San Luis Potosí y que tal vez fue la actividad minera, por la que se incrementó la tala de bosques.

### **3.2.1 Consideraciones sobre la Lluvia**

Una buena distribución y frecuencia de la lluvia determina la cantidad y calidad de la cosecha agrícola de temporal, pero también se considera como factor degradativo del suelo, ya que en algunas parcelas el suelo es muy erosionable a las gotas de lluvia y a su escorrentía; en este sentido se han realizado las siguientes investigaciones:

Wischmeier (1965), estudió la relación de energía cinética de la lluvia sobre diferentes tipos de cobertura del suelo, de lo que resultó que las áreas con mayor cobertura toleran y resisten más a las diferentes intensidades pluviales, que las superficies desprotegidas por la vegetación.

La estimación de la energía generada de las gotas de lluvia, puede ser calculada por la ecuación propuesta por Wischmeier y Smith, adecuada al Sistema Internacional de Unidades (Foster *et al*, 1981):

$$E = 0.119 + 0.0873 \log I \quad (3.1)$$

Donde :

- E : energía para un intervalo de intensidad (Mj/ha).
- I : intensidad de lluvia (mm/h).

Mitchell y Bubenzer (1984), mencionan que un 30% del promedio de la lluvia anual produce el 80 % del movimiento de las partículas del suelo, estableciendo que la máxima dispersión de las partículas del suelo se presenta cuando la profundidad de la lámina de agua sobre la superficie del terreno, es igual al diámetro de la gota de la lluvia.

Por ello, la erosividad de la lluvia se considera proporcional a la energía cinética, al producto de la masa de la gota y al cuadrado de su velocidad del impacto, frecuentemente usados como indicadores de la erosividad. Esta energía por unidad de lámina de la lluvia varía aproximadamente en 0.14 MJ/ mm, del poder de la intensidad de la lluvia (Troeh *et al*. 1980).

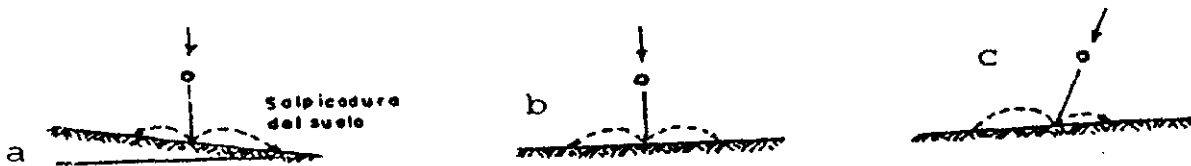


Figura 3.1. Movimiento del suelo causado por el salpicado de las gotas de lluvia. Lluvia vertical: a) terreno en pendiente; b) terreno plano; c) lluvia inclinada

Para estimar la cantidad de suelo erosionado por salpicado Ellison (1947), citado por López y Blanco (1968), establece la relación:

$$G = KV^{4.33} D^{1.07} i^{0.65} \quad (3.2)$$

Donde :

- G : cantidad de suelo erosionado en 30 minutos (g).
- V : velocidad (pies/s).
- i : intensidad (pulg/h).

- K : coeficiente de pendiente.
- D : diámetro (mm).

Una relación típica usada para describir la capacidad de remoción del suelo en surcos individuales fue propuesta por Evans, *et al.* (1984).

$$D_c = Krs (r - r_c) \tag{3.3}$$

Donde:

- D : capacidad de remoción en surcos por el flujo ( $\text{kg/s m}^2$ )
- K rs : parámetro de erosionabilidad en surcos (s/m).
- r : esfuerzo cortante (Pa).
- $r_c$ : esfuerzo cortante crítico (Pa).

La determinación del esfuerzo cortante "r", se establece de la ecuación

$$r = Y R s r \tag{3.4}$$

Donde:

- Y : peso específico del agua ( $\text{g/cm}^3$ ).
- R : radio hidráulico (m)
- s : pendiente del lecho (m/m)

Entre otros autores, Evans (1984) supone que el desprendimiento de las partículas no cohesivas ocurre como resultado del arrastre ejercido por tensión diferencial superficial de las mismas partículas (Figura 3.2).

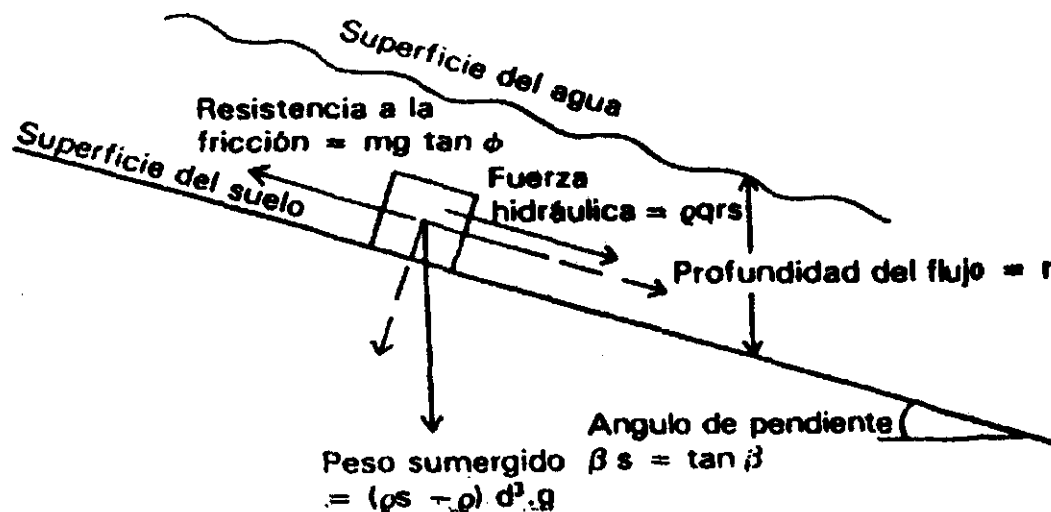


Figura 3.2 Conjunto de fuerzas que actúan sobre las partículas del suelo dentro del interflujo somero de escorrentía. (Kirkby, 1980).

### 3.3 Cobertura vegetal

La vegetación y el tipo de cobertura son condicionantes del uso del suelo para que la lluvia erosione en mayor o menor grado, pues el transporte de sedimentos es detenido por la vegetación o bien, es depositado en pequeñas depresiones.

Rosewell y Marston (1980), *Op cit.*, (1984), consideran que la acción erosiva del agua aumenta cuando la cobertura vegetal es removida y se expone la superficie del suelo a la acción directa de las gotas de lluvia. La erosión disminuye de la superficie agrícola cuando tiene un porcentaje de cobertura del 30%, para la cual se considera el continuo cambio de cobertura, así como las condiciones económicas imperantes (Wolfe *et al.*, 1983).

El papel de la vegetación en la conservación del suelo se puede resumir en los siguientes puntos:

- a) Protección directa de la superficie del suelo contra los agentes erosivos (precipitación y escorrentía).
- b) Protege e incrementa la estabilidad de la estructura del suelo y con ella amortigua la fuerza erosiva de la lluvia.
- c) Mayor capacidad del suelo para absorber agua, disminuyendo la escorrentía superficial.
- d) Incrementa la fertilidad del suelo.

### 3.4 Escorrentía en sistemas agrícolas

Un área agrícola necesariamente requiere un aclareo de la vegetación espontánea y por ello la superficie, de ser zona de amortiguamiento pasa a ser incremento de la escorrentía.

Troeh *et al.* (1980), consideran la erosividad del escurrimiento proporcional a su energía e influenciado por su volumen; el escurrimiento está relacionado con la intensidad de la lluvia y su duración es inversamente proporcional a la velocidad de infiltración y permeabilidad.

Solano (1982), encontró una correlación alta ( $r^2 = 0.95$ ) entre las pérdidas de suelo con respecto al volumen escurrido. Para la determinación del escurrimiento Meyer y Wischmeier (1969),

toman al escurrimiento como un estimador unitario anual del proceso erosivo mediante el siguiente método:

1) Método racional:

$$Q = 0.0028CiA \quad (3.5)$$

Donde:

- Q : escurrimiento máximo (m<sup>3</sup>/s).
- C : coeficiente de escurrimiento (adimensional).
- i : intensidad de la lluvia (mm/h) para un período de retorno dado y para una duración de la lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca.
- A : área de la cuenca (ha).
- 0.0028 : factor de conversión (del sistema inglés al decimal).

2) Método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) propuesto por el USDA, para determinar el escurrimiento medio de una lluvia uniforme. El método utiliza el concepto hipotético del hidrograma unitario, del que se obtiene el tiempo del flujo máximo.

Por lo tanto, el transporte por escorrentía puede estimarse como una función de la descarga de agua, profundidad y velocidad del flujo, efectos de la profundidad del suelo, de la lluvia y pendiente.

También se efectúan tratamientos estadísticos con datos hidro meteorológicos Op cit., (1989), para evaluar la influencia en el desarrollo de cárcavas en unidades de suelo, derivadas de material metamórfico (bosque) y volcánico (temporal). Además, señala que en las observaciones de campo forestal, como en los tratamientos a pesar de la precipitación, falta agua para escurrimiento y por lo tanto hay baja probabilidad de erosión y aún cuando hay más escurrimiento que puede inducir mayor erosión es menor la probidad que en las áreas de temporal. Concluye que las vertientes metamórficas requieren de menor humedad previa a la lluvia para los escurrimientos que provocan erosión concentrada; y que las vertientes volcánicas necesitan mayor humedad precedente y por consiguiente tienen demora hidrológica en las zonas perturbadas para provocar erosión concentrada.

### 3.5 Producción de sedimentos

En condiciones normales la erosión progresa aproximadamente con la misma rapidez que el intemperismo de la roca. Los fragmentos sueltos del intemperismo, quedan disponibles para ser movidos por fluidos de los agentes geológicos y constituyen el material de transporte. El comportamiento de las partículas dentro de los fluidos sigue dos leyes: de Ley de Stokes y ley del impacto. Los detalles de la derivación de estas leyes fueron expuestos por Rubey (1933).

**Ley de Stokes.** Se determina la relación de las partículas pequeñas para ser transportadas y depositadas, cuya relación se define por el tamaño de esfericidad y densidad de partícula; las partículas (<0.1 mm de diámetro en agua) se comportan como:

$$v = K_1 d^2 \quad (3.6)$$

Esta expresión es la forma más simple de la Ley de Stokes.

Donde:

v : velocidad de sedimentación.

$K_1$  : constante proporcional en la que se han reunido volumen de la partícula, gravedad y densidad de la partícula y del fluido.

d : diámetro de la partícula.

**Ley de impacto.** Por esta ecuación se determina la relación de partículas grandes, cuando son de tamaño tal que la velocidad de depósito pueda ser regulada por la viscosidad del fluido, y la resistencia al movimiento es proporcional al producto de la densidad de la esfera, el cuadrado de su diámetro y el cuadrado de su velocidad; las fuerzas de viscosidad se vuelven despreciables. Puede demostrarse que para las partículas grandes la velocidad de depósito es proporcional a la raíz cuadrada de su diámetro particular:

$$v = K_2 \sqrt{d} \quad (3.7)$$

Se han reunido en  $k_2$  las diversas constantes como en la anterior. Esta segunda relación, es la forma más sencilla de la Ley de impacto. La Ley de Stokes y la Ley de impacto tienen como representación gráfica una parábola cóncava y un paraboloide convexo, como se ilustra en la Figura 3.3.



Los datos observados para el asentamiento de los granos de cuarzo (la curva de línea gruesa en la figura), demuestran que los granos muy pequeños siguen la Ley de Stokes, mientras que los más grandes se comportan conforme a la Ley de impacto. En una zona de transición que se extiende entre los diámetros 0.1 a 1.0 mm los datos experimentales coinciden con un promedio de las dos leyes, lo cual indica su mutuo efecto.

El significado físico de las curvas de la Figura 3.3 es que las partículas pequeñas (principalmente de limo y arcilla) se asientan en condiciones de resistencia viscosa, mientras que las más grandes (arenas y gravas) se asientan en condiciones de inercia. Si se consideran las partículas mantenidas en suspensión por corrientes ascendentes, es evidente que unas corrientes muy débiles podrían mantener en suspensión a las partículas más pequeñas, mientras que gravas de 10 mm de diámetro requerirían una corriente ascendente de casi 1 m/s.

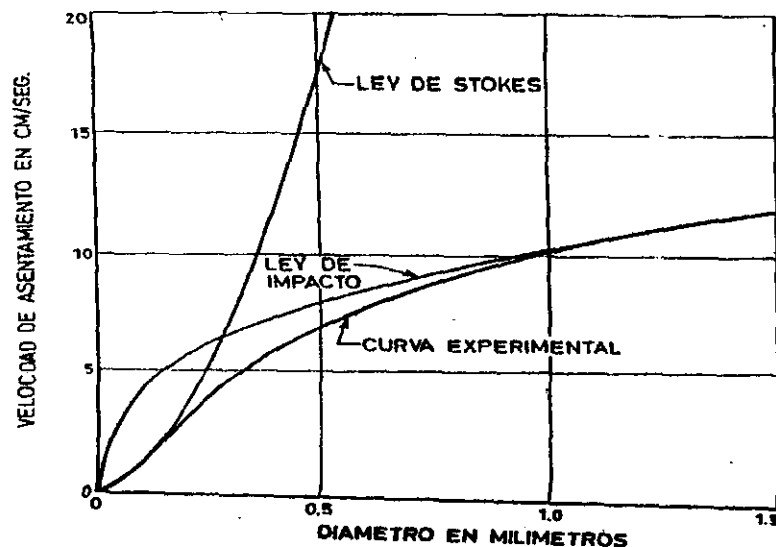


Figura 3.3. Comportamiento de la velocidad de depósito de partículas finas (limo y arcilla) y gruesas (arena), de acuerdo a la ley de Stokes y la del impacto (Krumbein, *et al.*, 1963).

Aún entre las partículas pequeñas existe una diferencia significativa en su velocidad de asentamiento. Una partícula de arcilla de 0.001 mm de diámetro se asienta a 0.0001 cm/s que equivale a unos 30 cm en un lapso estimado de 3 días. Una partícula de limo de 0.02 mm de

diámetro se asienta a 0.04 cm/s, equivalente a un asentamiento de 30 cm en 10 minutos (Krumbein, Op cit), ver Figura 3.4.

Efecto de la forma de la partícula. La mayoría de los granos de cuarzo tienen esfericidad de 0.7mm. Sólo ciertos granos sedimentarios de ocurrencia ocasional son de mayores dimensiones, como la hornblenda y la mica, que se apartan marcadamente de las formas esferoidales. Mientras las partículas tienen diámetros del orden de 0.7 ó más, su velocidad de depósito variará bruscamente en la misma proporción que la esfericidad (Krumbein, Op cit).

Una partícula de cuarzo con esfericidad de 0.8 mm se asienta aproximadamente 0.8 veces más lento que una esfera de cuarzo del mismo volumen. Por lo tanto, al aplicar las leyes de la velocidad de depósito a las partículas sedimentarias no es necesario hacer ajuste en los razonamientos, excepto para reconocer que las partículas no esféricas tienen velocidades de asentamiento menores que las partículas esféricas correspondientes (Krumbein, Op cit).

En una área de drenaje, la producción total de sedimentos para un período específico, se encuentra afectada por el uso del suelo, la erosión natural, clima, topografía, suelos y vegetación (Brooks *et al.*, 1991).

Arias (1986) (citado por Guevara 1994), concluye que la masa total de producción de sedimentos está fuertemente relacionada con la velocidad del escurrimiento y con la erosionabilidad del suelo en las parcelas.

Algunas metodologías para estimar el transporte de sedimentos, son:

a.- Métodos directos y/o de medición; son aquellos que utilizan para su determinación estructuras pre calibradas, determinando con esto la erosión total, las tasas de erosión, la erosión laminar, la erosión en cárcavas y otras.

b.- Métodos indirectos y/o empíricos, son aquellas ecuaciones empíricas fundamentadas en parámetros físicos de sedimentos y las características de la cuenca.

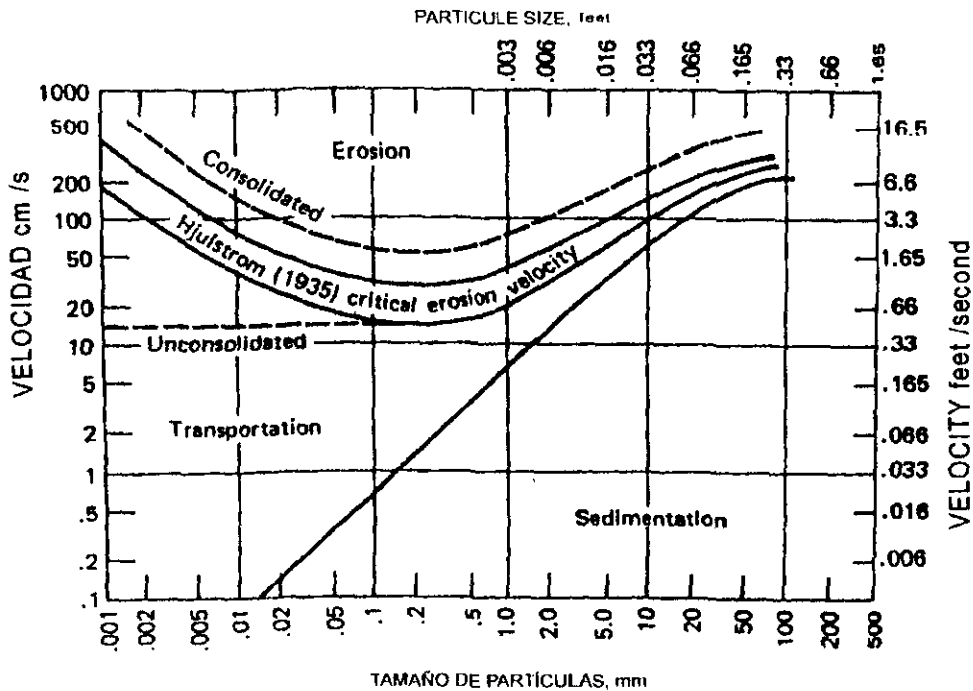


Figura 3.4. Velocidad de flujo promedio para el tamaño de partículas a 1 m de profundidad del agua (Krumbein *et al*, 1963).

Los métodos se utilizan indistintamente para determinar la carga de sedimentos transportados en suspensión y/o en el lecho.

### 3.6 Métodos de predicción de la erosión

Para prevenir la erosión se han propuesto diversas técnicas, sin embargo, no siempre se cuenta con datos meteorológicos con registro prolongado para prever en que ciclo de la oscilación climática se esta y por otro lado si los hubiere, esta en juego la alta inversión necesaria para cubrir la eventualidad de excesos de lluvia.

Rodríguez (1984), presenta un modelo computarizado de simulación cualitativa, donde se describen los comportamientos de las variables ecológicas de un ecosistema en el que ya ocurrieron los procesos de la Desertificación. El mismo autor indica, que este modelo es aplicable sólo en estas condiciones, por lo que, no es modelo predecible del comportamiento de los factores en los ecosistemas.

Foster *et al.*, (1981), aseveran que los métodos de predicción de la erosión, son una importante herramienta en la conservación del suelo; generalmente son usados para conocer una magnitud aproximada de la erosión, con el fin de detectar las áreas con problemas de erosión, así como para ver las tendencias gruesas y los cambios en la producción de los cultivos por efecto de la erosión del suelo.

Entre las modificaciones realizadas a la ecuación universal de pérdidas de suelo (EUPS), es común que se involucre el factor R, el cual se considera refleja la mayor variabilidad de la erosión entre eventos pluviales. Israelsen, *et al*, (1980), establecen que la EUPS desarrollada para suelos agrícolas, presenta algunas limitaciones:

- 1.- La EUPS es semiempírica, y aplicable sólo a pendientes máximas de 20% y longitudes de 91.5 m.
- 2.- El índice de erosión por lluvia mide sólo la erosividad de la lluvia, asociada al escurrimiento.
- 3.- Está enfocada a la erosión laminar y en surcos; la erosión en cárcavas no es considerada.
- 4.- Es aplicable para la predicción de pérdida de suelo anual; las predicciones de tormenta a tormenta, presentan errores por las interrelaciones entre las fuerzas gobernantes de la velocidad de pérdida.

### 3.7 Consideraciones hidrológicas

Como consecuencia de los dos aspectos precedentes, se persibe que la lluvia y la falta de cobertura vegetal, así como el área de drenaje son determinantes para la evolución de los procesos de erosión en el paisaje.

El escurrimiento superficial medio, calculado por la ecuación propuesta por el Servicio de Conservación del Suelo (SCS), USDA;

$$Q = \frac{(P - 0.2s)^2}{P + 0.8s}, \quad (3.8)$$

si  $P > 0.2s$

Cuando  $P \leq 0.2s$ ;  $Q = 0.0$

Donde:

- Q : escurrimiento diario (mm).
- P : lluvia diaria (mm).
- s : parámetro de retención de la curva numérica.

Para la determinación del parámetro de retención (s), estimada a partir del contenido de humedad del suelo mediante la relación:

$$s = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (3.9)$$

Donde:

- 254 : constante.
- CN : curva numérica bajo la condición de humedad II<sup>1</sup>, en pendientes de 5 %.

La determinación del escurrimiento máximo se basa en la modificación de la ecuación racional (Williams *et al.*, 1983).

$$Q_p = \frac{(a)(Q)(A)}{360.(tc)} \quad (3.10)$$

Donde:

- Q<sub>p</sub> : escurrimiento pico (m<sup>3</sup>/s).
- a : coeficiente adimensional.
- Q : escurrimiento (mm).
- A : área de la cuenca (ha).
- tc : tiempo de concentración en horas (h).

El tiempo de concentración del flujo puede ser estimado con la relación:

$$tc = tcc + tcs \quad (3.11)$$

Donde:

- tcc : tiempo de concentración del flujo en el canal (h).
- tcs : tiempo de concentración del flujo en la superficie (h).

Para la determinación de la percolación, se utiliza la técnica de ruptura de almacenamiento, el cual ocurre cuando el contenido de agua en el suelo, excede la capacidad de campo. La percolación diaria, puede ser calculada mediante la diferencia entre el contenido inicial de agua (sw) y el final (SWo). Op cit., (1994).

<sup>1</sup> Suma de la lluvia de cinco días anteriores a la tormenta de estimación.

$$Q_1 = (SWo_1 - FC_1) [1.0 - \exp(-\Delta t/TT_1)] \quad (3.12)$$

Donde:

$Q_1$  : percolación en la capa 1, en milímetros por día (mm/d).

FC : capacidad de campo (mm).

TT : tiempo de transporte a través de la capa 1, en horas (h).

SW y SWo : contenido de agua (mm).

El flujo subsuperficial lateral es calculado simultáneamente con la percolación, para lo cual cada 4 mm existe percolación, siendo el residuo sujeto a la función del flujo lateral, lo que puede ocurrir cuando el almacenamiento en alguna capa, excede la capacidad de campo después de percolar. La función del flujo lateral es expresado con la ecuación:

$$Q_{ri} = (S_{wi} - FC_i) [1 - \exp(-1.0 / TT_{ri})] \quad (3.13)$$

Donde:

$Q_{ri}$  : cantidad de flujo lateral en la capa del suelo  $i$  (mm/d).

$TT_{ri}$  : tiempo de transporte del flujo lateral, en días (d).

Guevara (1994), validó la erosión e hidrología del modelo EPIC (Erosion - Productivity Impact Calculator) de predicción de pérdida suelo, en parcelas de temporal, concluye que el modelo es adecuado y con alta eficiencia estadística para la predicción de suelo (0.96), como para la escorrentía (0.73) y mayor respuesta de la lluvia al efecto de la pérdida estimada.

### 3.8 Pérdida de nutrimentos

El suelo como fase de transición del ciclo de las rocas y de los iones de sus minerales, cambia lentamente a condiciones químicas más estables y por lo tanto, tiende a ser más similar que diferente entre sí. Las diferencias del suelo en su distribución horizontal como vertical con fines de fertilidad, así como otros factores de la producción pueden ser controlados por el agricultor, ya que el cambio se puede inducir con el agua y los compuestos orgánicos; sin embargo, la percolación o lixiviación de iones presentan diferente permanencia en el suelo, debido al flujo de humedad y variación de la temperatura (Bohn *et al*, 1993).

La intemperización puede continuar aún lentamente, como sucede en los suelos con drenaje deficiente. Sin embargo, la falta de agua interrumpe casi totalmente la evolución del suelo. Los

cationes de metales alcalinos y alcalinotérreos se pierden principalmente como iones disueltos. El silicio, aluminio y hierro se pierden por erosión, como sedimentos suspendidos y no por disolución química, aunque la disolución de la sílice es apreciable. El contenido de sodio en el suelo es de aproximadamente 0.4 %, es decir, 50 000 kg ha<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>. La pérdida de sodio de 300 moles ha<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> o sea, 7kg ha<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, lo que indica que el tiempo de residencia del sodio, es aproximadamente de 7000 años en la superficie de los suelos, considerado a un metro de profundidad (Bohn, Op cit.).

La pérdida de cationes alcalino y alcalinotérreos por los diferentes procesos oscila entre 2 y 20 kg/ha/año (50 a 1000 moles ha/año), la composición del suelo y la velocidad de intemperismo, es un índice de la temporalidad de los iones en el suelo (Bohn, Op cit.). Estos mismos autores estiman que el tiempo de residencia del calcio en los suelos es de aproximadamente 2,500 a 5,000 años.

Las pérdidas de varios elementos que sufren los continentes, se muestran en el Cuadro 3.1. Los valores muestran la composición y flujo del agua de los ríos. Se incluyen algunas cantidades disueltas de los sedimentos más profundos, los valores presentados son índices globales del intemperismo y pérdida del suelo. Las relaciones del contenido de las rocas, el suelo y solubilidad se pueden utilizar en estimaciones de tiempo de permanencia de los iones en el suelo.

El componente de nutrimentos, estima la pérdida de nitrato por efecto del escurrimiento superficial, para lo cual se consideran solamente los primeros 10 mm de la capa superior del suelo. La cantidad total de agua, se establece como la suma de los escurrimientos, flujo lateral superficial y la percolación.

$$QT = Q + O_1 + QR_1 \quad (3.14)$$

Donde:

QT : pérdida total de agua desde la primera capa (mm).

Q : escurrimiento superficial (mm).

O<sub>1</sub> : Velocidad de percolación de la capa 1.

R<sub>1</sub> : precipitación (mm).

La cantidad de nitratos perdidos con QT es:

$$VNO_3 = (QT) (C_{NO_3})$$

Donde:

VNO<sub>3</sub>: cantidad de NO<sub>3</sub> en la primera capa.

$C_{NO_3}$  : concentración de  $NO_3 - N$  en la primera capa.

Terrazas (1978), evaluó la pérdida de nutrientes bajo tratamientos de manejo del suelo y reporta que la pérdida de nutrientes es menor cuando se cubre al suelo con seis toneladas de rastrojo al cultivo de maíz, 3 y 6 toneladas de rastrojo en cultivos de maíz -frijol y cebada; en suelo franco superficial también fue menor la pérdida de nutrientes y suelo.

Cuadro 3.1.- Pérdida de nutrientes por intemperización de los continentes ( $1.2 \cdot 10^8 \text{ km}^2$ ) hacia el mar (Bohn., *Op cit.*).

ELEMENTO	SOLUBLE		SEDIMENTO
	por $10^{12}$ moles año <sup>-1</sup>	moles ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	moles ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
Sodio	3.6	300	130
Potasio	1.8	150	120
Magnesio	5.5	460	110
Calcio	13.0	1100	130
Silicio	9.0	750	3300
Aluminio <sup>1</sup>			930
Hierro <sup>1</sup>			300
Azufre <sup>1</sup>	1.9	160	
Cloro <sup>1</sup>	2.7	220	
Fósforo <sup>1</sup>		2	

1. El autor no reportó cantidad de estos elementos para la condición soluble o sedimento.

### 3.9 Consideraciones edáficas

La temperatura y el flujo de humedad son las principales variables ambientales que afectan la evolución del suelo. El flujo de agua a través de los suelos determina la rapidez a la que los solutos intemperizados son retirados de la cercanía de las partículas del suelo. Jenny (1941), citado por Bohn (1993), propuso que el suelo se considerará como el resultado de cinco factores de formación: clima, características topográficas, biósfera, roca madre y tiempo. Ninguno de los cinco factores se ha valorado numéricamente de forma adecuada. Por ejemplo, el clima, es una integración mal definida de la intensidad, duración y distribución estacional de la temperatura, humedad y evaporación. La acumulación de sales y polvo transportadas por el viento también deberían incluirse como parte difícil de resolver del clima (Figura 3.5).



	LIGERAMENTE INTEMPERIZADA	MODERADAMENTE INTEMPERIZADA	FUERTEMENTE INTEMPERIZADA
MATERIA ORGÁNICA	MATERIA ORGÁNICA	MATERIA ORGÁNICA	MATERIA ORGÁNICA
NEUTRO A LIGERO ALCALINO	LIGERO ÁCIDO	MUY ÁCIDO	NEUTRO A LIGERO ÁCIDO
LIGERO ALCALINO	NEUTRO A LIGERO ALCALINO	ÁCIDO	MUY ÁCIDO
ACUMULACIÓN DE CARBONATOS			
ACUMULACIÓN DE SAL SOLUBLE			
ROCA MADRE	ROCA MADRE	ROCA MADRE	ROCA MADRE

Figura 3.5 La evolución del perfil del suelo que se presenta es característica de aquellos que se encuentran en las regiones áridas (intemperismo ligero), húmedas (intemperismo moderado) y húmedas tropicales (intemperismo fuerte), respectivamente. Los suelos desérticos pueden ser viejos cronológicamente, aunque jóvenes en el sentido de la evolución que ha actuado en ellos. (Bohn, *Op cit.*)

Grande (1968, 1974, 1985), ha estudiado los diferentes tipos de suelos de varios municipios de San Luis Potosí. Describe los paleosuelos en función de un análisis de las estructuras cristalquímicas, roentgenográficas y espectrofluorimetría en suelo total (sin separar arcillas) y rocas; concluye que condiciones de mayor humedad dieron origen a esos suelos. Por otro lado, en función de las características y condiciones fisiográficas, ha cartografiado a nivel de orden, los suelos del desierto chihuahuense.

Rodríguez (1979), identificó los estados de intemperización de las rocas ígneas, suelo total y arcillas, en razón de las condiciones de aridez y semiáridéz para el desarrollo del suelo, indicando que en tales circunstancias y por influencia topográfica, hay una erosión diferencial de sus partículas, por lo que se hace notoria la pérdida y acumulación de sedimentos de un sitio a otro y que la roca y el tiempo, han afectado más que el clima en el desarrollo del suelo. Concluye que la intemperización se halla en su fase intermedia. Rodríguez y Gallegos (1984), al analizar las condiciones superficiales de erosión para cinco localidades, confirman estos procesos.

### 3.10 Erosionabilidad del suelo

El desarrollo del suelo proporciona cualidades que le dan cierta susceptibilidad a ser erosionado por el agua. Las propiedades que influyen al grado de separación de sus partículas, se agrupan en dos clases: 1) Aquellas que influyen en la velocidad de infiltración y permeabilidad. 2) Las que resisten las fuerzas de dispersión, salpicamiento, abrasión y transporte de la lluvia y la escorrentía. La porosidad superficial y el contenido de humedad son trascendentales para la infiltración; la permeabilidad depende de la porosidad. La condición estructural superficial, afecta la intensidad de dispersión. En condiciones de sequedad y compactación ligera, la lluvia produce disgregación superficial y alta densidad de escorrentía (Hudson, 1971).

La erosionabilidad de un suelo se puede determinar en condiciones controladas de algunas de sus propiedades, lo que ha dado como resultado dos tipos de índices de erodabilidad: 1) los que incluyen las propiedades que afectan la dispersión del suelo y 2) los que utilizan las propiedades que influyen en la dispersión y en la filtración del agua en el perfil de un suelo.

Son varios los factores y propiedades que influyen en la erodabilidad del suelo. Entre los factores están, los cultivos usados, prácticas de manejo, erosión antecedente y otros. La duda de los efectos causados en el suelo por lluvia y/o manejo en la evaluación de la erosionabilidad, complica más el problema. Wischmeier *et al.*, (1971), propusieron el índice de erosión de lluvia para estandarizar la pérdida de suelo ante diferentes características de la precipitación.

Wischmeier *et al.*, (1971); Michell, (1984), se basaron en 15 propiedades de suelo para expresar empíricamente la erosionabilidad del suelo; sin embargo, posteriormente determinaron que son 5 parámetros (límites más arena muy fina -0.002 a 0.10 mm-; % de arena -0.10 a 2.0 mm-; % de materia orgánica, estructura y permeabilidad), que permiten valorar la erosionabilidad del suelo, Figura 3.6; Cuadro 3.2.

3.11 Conservación del suelo

Trueba (1978), evaluó la eficiencia de prácticas mecánicas utilizadas para reducir la pérdida de suelo y nutrientes por erosión pluvial, en Lomas de San Juan, Chapingo. Concluyó que las diferencias fueron significativas para la remoción de suelo, en las terrazas de base angosta (SARH y CP) y las de banco en relación al testigo (surcado perpendicular a la pendiente). También lo fue para los sulfatos, potasio y nitratos. Y no significativa en los rendimientos durante dos ciclos. Las prácticas de conservación resultan rentables, permitiendo recuperar la inversión y generar beneficios económicos adicionales en relación al testigo.

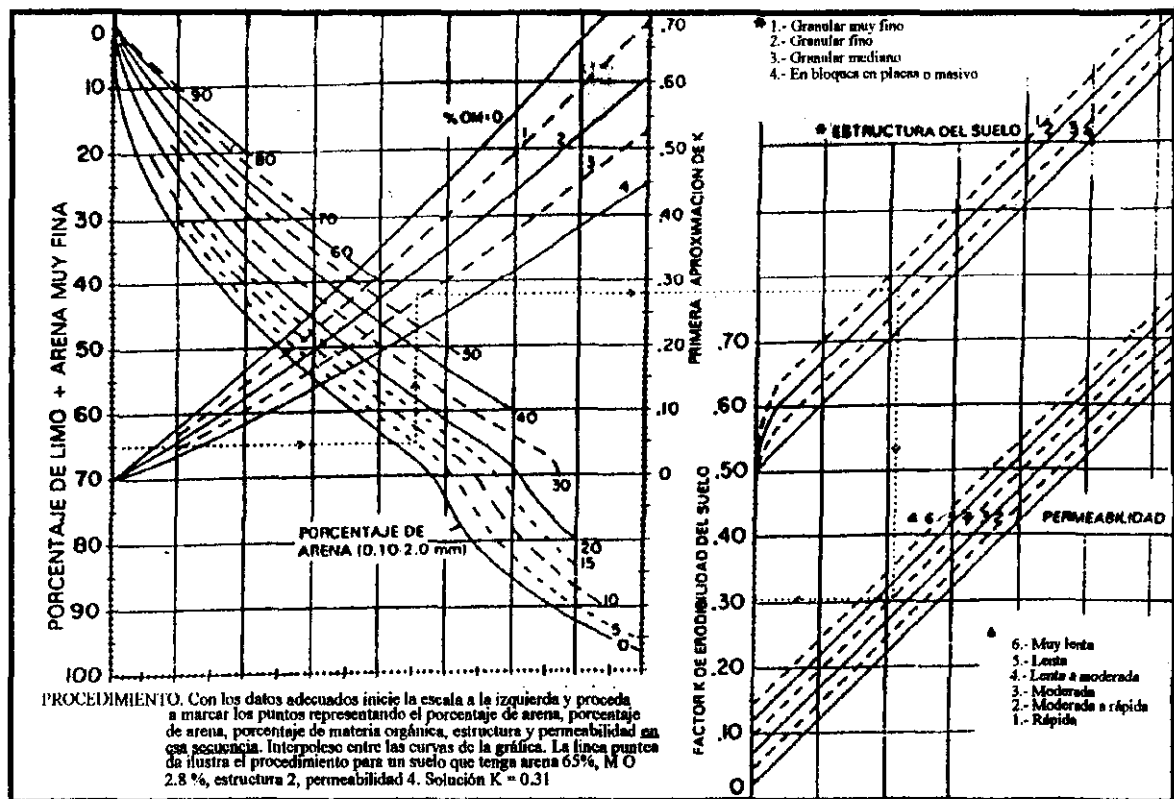


Figura 3.6 Nomograma de erosionabilidad del suelo (Michell, *Op cit.*).

García-Oliva (1990), resume las causas de erosión, prácticas de conservación, reducción de erosividad y las que favorecen las características del suelo en zonas tropicales; así como el manejo de sedimentos y concluye que la importación de prácticas de conservación de suelos pueden resultar un fracaso en las condiciones ecológicas y socioeconómicas en nuestras zonas de tierras de

México. Considera que las prácticas de cultivo mixto, la no labranza y acolchadas son buena alternativa.

Cuadro 3.2 Valores de la magnitud general del factor  $K^1$  de erosionabilidad del suelo cuando sólo se conoce textura y cantidad de materia orgánica.

Clase de textura	Contenido de materia orgánica		
	0.5 %	2 %	4 %
	K	K	K
Arena	0.05	0.03	0.02
Arena fina	0.16	0.14	0.10
Arena muy fina	0.42	0.36	0.28
Arena migajosa	0.12	0.10	0.08
Arena fina migajosa	0.24	0.20	0.16
Arena muy fina migajosa	0.44	0.38	0.30
Migajón arenoso	0.27	0.24	0.19
Migajón arenoso fino	0.35	0.30	0.24
Migajón arenoso muy fino	0.47	0.41	0.33
Migajón	0.38	0.34	0.29
Migajón limoso	0.48	0.42	0.33
Limo	0.60	0.52	0.42
Migajón arcilloso arenoso	0.27	0.25	0.21
Migajón arcilloso	0.28	0.25	0.21
Migajón arcilloso limoso	0.37	0.32	0.26
Arcilla arenosa	0.14	0.13	0.12
Arcilla limosa	0.25	0.23	0.19
Arcilla		0.13 - 0.29	

1.- Los valores son promedios estimados de escalas ampliadas de valores específicos de suelo. Cuando una textura se halla cerca de una línea límite de dos clases de texturas, debe utilizarse el promedio de los dos valores de K. Para un suelo específico, el uso de la figura 3.6 proporcionará una mayor exactitud. (Michell, *Op cit.*).

Renard y Foster (1983), citado por Gevara 1994, y Zazueta (1984), establecen que la pérdida de suelo es mayor en presencia de labranza tradicional que en la no labranza, la primera aumenta el escurrimiento, disminuye la velocidad de infiltración, modifica la estructura, y disminuye el contenido de materia orgánica; la no-labranza reduce la pérdida de suelo hasta un 43.3% en relación a la labranza tradicional.

Aguilera y Chávez (1990), analizaron los coeficientes correlativos de propagación de incendios, comportamiento de erosión y recomendaron que las áreas con índices de sequía alta, se quemara la hojarasca en forma controlada, principalmente en suelos arenosos para evitar la erosión. En las

áreas de mayor riesgo de suelos erosionables se favorezca la presencia del sotobosque y conservar la arborea.

Ante la problemática de tenencia de la tierra, y los incipientes programas de conservación del suelo y agua, hace que cada día sean más difíciles de controlar los problemas de erosión y contaminación en el país; por lo que en buena medida, el avance en estudios e investigación en este campo no llevan la misma tónica, como por ejemplo, el desarrollo de la tecnología de sistemas digitales, sin embargo, lo más importante y urgente volverá a ser la producción y abastecimiento de alimentos. Se presenta un censo de la vegetación y del grado de erosión en el país, Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Relación de tipos de vegetación y grado de erosión por superficie en México, según diferentes estimaciones.

Año	Epoca	millones de hectáreas				Total <sup>1</sup> .		
		Bosque	Selva	Otra veg.				
1500	Indígena	26.6	28.9	70.3	125.8			
1800	Colonial	120.6	18.4	244.2	383.2			
1825	Independiente	123.1	20.8	246.2	390.1			
1900	Pre revolución	41.7	20.7	133.4	195.8			
1978	presente	29.2	14.9	93.1	137.2			
Grado de Erosión <sup>2</sup>	DGCSA <sup>3</sup> (1960)		Estrada y Ortiz (1984) <sup>4</sup>		Martínez et al (1984)		SEDUE <sup>5</sup> (1986)	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Sin erosión	38.2	19.0			36.5	18.5	28.1	14.4
leve	28.6	15.0	71.6	38.4	44.5	22.6	27.8	14.2
moderada	46.7	24.0	67.5	34.3	62.2	31.6	47.3	24.2
severa	52.2	26.0	40.3	20.5	34.7	17.7	59.8	30.5
muy severa	30.7	16.0	15.9	8.6	15.8	8.0	32.7	16.7

1. Fuente: Blanco, (1966); INIF (1978).

2. Fuente: Toledo et al (1989), citado por Fraustro, (1990).

3. Dirección General de Conservación del Suelo y agua.

4. La superficie y el porcentaje sin erosión no fue reportada por el autor.

5.-Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

### 3.12 Conclusiones

Los antecedentes señalan que el hombre ha tenido un interés por conocer los mecanismos evolutivos del paisaje, para lo cual algunos autores han recurrido a las técnicas de laboratorio, otros han correlacionado éstos resultados con observaciones de campo y mediante el control de algunas variables otros han establecido leyes fundamentales. Ahora con el desarrollo tecnológico se vislumbra la posibilidad de conjuntar algunas técnicas, como son: USLE, EPIC y el monitoreo por sistemas de información geográfica (GIS), para intentar resolver los diferentes problemas del entorno entre ellos el más difícil de resolver posiblemente sea el de obtener buenos alimentos sin deteriorar el ambiente y el hombre.

Para conseguir lo anterior es fundamental el intercambio de experiencias, así como el disponer de una apertura cultural y agudeza mental para la transmisión y aceptación de los resultados y poner en marcha nuevos programas que tiendan al logro de este objetivo.

Ante la necesidad social de sostener un estándar de vida o de sobrevivir, no se puede prever o tener un control total de los factores que propician la erosión y deterioro del ecosistema, sin embargo el conocer los mecanismos concomitantes, es posible evitar daños fuertes en el ambiente y haga más lento el proceso erosivo de los factores atmosféricos. Las oscilaciones del clima, especialmente las prolongadas sequías hacen más espectacular el deterioro.

Con el fin de conocer cual es efecto pluvial en las zonas semiáridas y subhúmedas, aquí se aborda una perspectiva técnica, en la cual se conjuntan variables adicionales del clima y del uso de la parcela con la intención de ver si tienen una relación con las cantidades de suelo erosionado y lluvia, bajo los objetivos e hipótesis ya citados al principio.

## 4. MATERIAL Y METODOS

### 4.1 Características ambientales de la zona de estudio

El área de trabajo, está delimitada por los paralelos  $21^{\circ} 47' 20''$  y  $22^{\circ} 06' 15''$  de latitud Norte y abarca del meridiano  $100^{\circ} 35' 45''$  hasta el  $100^{\circ} 53' 10''$  al Oeste del meridiano de Greenwich. En ella se hallan los límites de tres municipios, el de Santa María del Río, Villa de Reyes y el de Villa de Zaragoza; cubriendo una extensión de  $750 \text{ km}^2$ , la mayor parte corresponde a la cuenca alta del río Santa María. Para visualizarla se usaron las hojas F 14 A84, F 14 A85, F 14 C14 y F 14 C15 de INEGI (1971).

#### 4.1.1 Comunicaciones.

Son tres carreteras las que permiten el acceso al área de estudio, la más importante es la federal número 57 que abarca cuatro carriles y la atraviesa de NW a SE, saliendo de la capital potosina a la ciudad de México; en éste sentido y después de recorrer 33 kilómetros, en la orilla derecha hay una brecha hacia el sur, por la que se transita ( $\pm 5 \text{ km}$ ) hasta llegar a la rancharía de "La Boquilla". También saliendo de San Luis Potosí al recorrer 40 kilómetros de la carretera número 57, existe una desviación a la derecha que facilita llegar a la plazuela de los baños termales de "Ojo Caliente", de ahí se sigue un camino de terracería ( $\pm 1 \text{ km}$ ) con rumbo al oeste para llegar a las parcelas en las que se midió la escorrentía.

La carretera estatal número 70 se localiza en la porción superior NE del área; partiendo en la misma ciudad potosina en sentido WNW-ESE, rumbo a Tampico ( $\pm 39 \text{ km}$ ), y al llegar al kilómetro 222 en la orilla izquierda hay una brecha ( $\pm 0.5 \text{ km}$ ) que permite llegar al borde superior del "Valle de los Fantasmas" donde se tomaron los registros pluviales

La carretera estatal número.37, se entronca con la carretera federal 57 en el kilómetro 23 y en el 25 de la carretera 70 respectivamente y permite el acceso entre las localidades como se esquematiza en la Figura 4.1, en la que se muestra además algunas brechas ( \_ \_ ) y las líneas entre cortadas

señalan el límite de los municipios de (de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo), San Luis Potosí, Villa de Zaragoza, Villa de Reyes y Santa María del Río.

La carretera número 37 sigue en dirección N-SW, para comunicarse con el Estado de Guanajuato; en el área también existen caminos de mano de obra y brechas transitables durante todo el año, salvo en la porción superior NE, que durante la temporada de lluvias se dificulta el transporte entre los poblados y rancherías.

#### **4.1.2 Urbanismo y población.**

El municipio de Santa María del Río, tiene una extensión de 1,769 km<sup>2</sup>; cuenta entre sus asentamientos a: Villela, El Fuerte, La Labor del Río, Palmarito y Badillo. Se dispone de infraestructura educativa desde preescolar a bachillerato técnico. Distribución de energía eléctrica, teléfono, telégrafo. Servicios médicos de IMSS, SSA y delegación de Cruz Roja (*Op cit.*, 1988).

Villa de Reyes se fundó en 1570, ocupa una superficie de 1,122 km<sup>2</sup>, entre los sitios que destacan están las ex haciendas de Gogorrón, Ventilla, Bledos y Pardo. La cabecera municipal dispone de energía eléctrica, teléfono, telégrafo. Los servicios médicos están a cargo de IMSS y una delegación de la Cruz Roja.

La distribución urbana del municipio de Villa de Zaragoza, consta de 100 rancherías, de ellas sobresalen: La Alberca, Cerro Gordo, La Esperanza, Xoconostle, Texas y Salitrera. En la cabecera municipal se imparte educación preescolar hasta secundaria; la medicina social es aplicada por el IMSS y organismos privados. Existe red eléctrica, de agua potable, drenaje y telefónica, así como de oficinas de correo y telégrafo.

#### **4.1.3 Geología.**

Se transcribe las unidades de roca por su mayor antigüedad a la más reciente. En el área de Valle de los Fantasma (hoja Santa Catarina), Garza (1978), cartografió las siguientes formaciones:



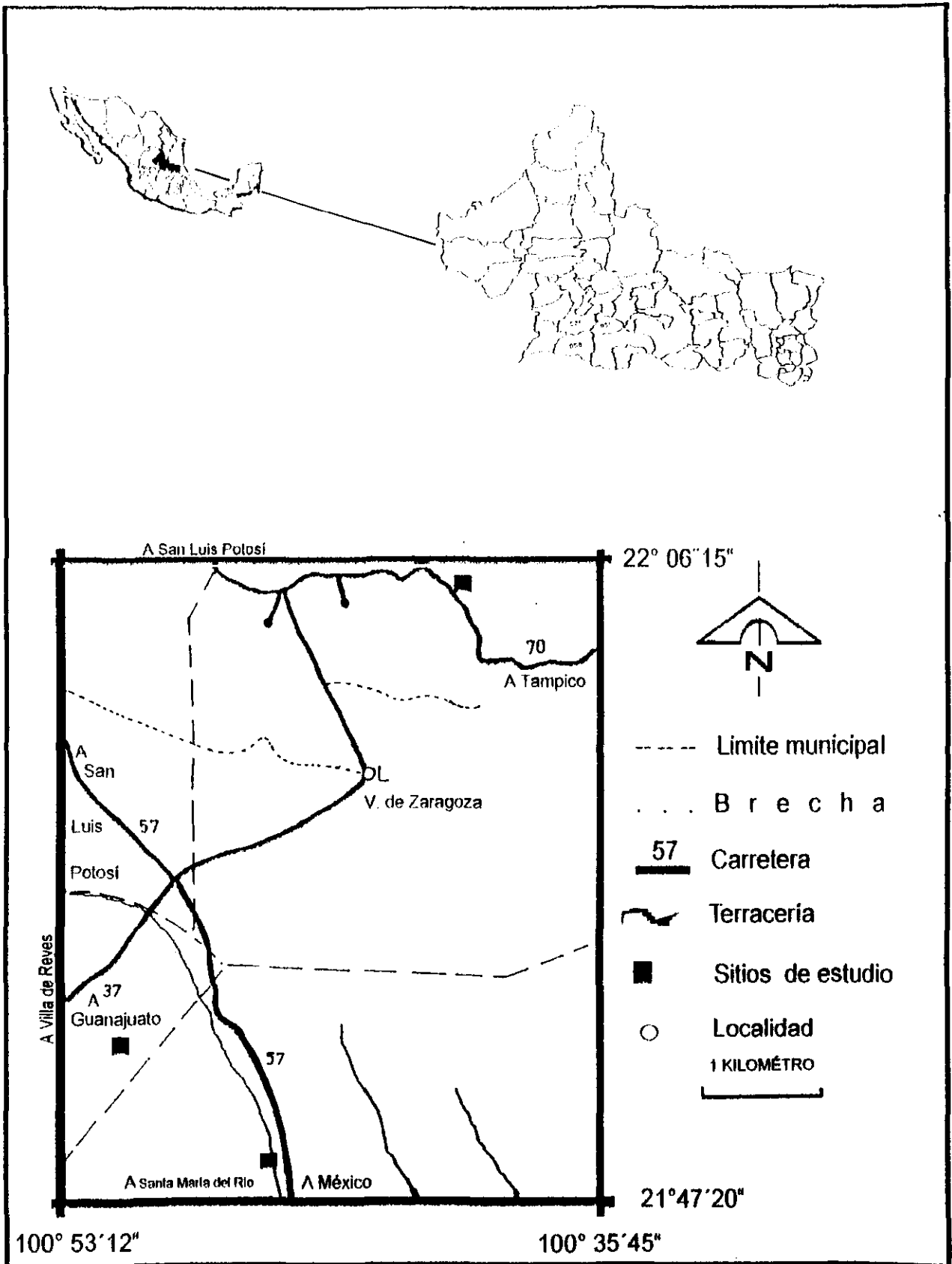


Figura 4.1 Localización y vías de acceso del área de estudio (INEGI, 1994)

### **Formación la Peña (Kip)**

Descrita originalmente por Imlay en 1936 en el flanco norte de la Sierra de Taraises, lugar que él designó localidad tipo, ubicada aproximadamente a 3 millas al E - SE de la Hacienda La Peña, en el Estado de Coahuila. Humprey (1949) la redefinió al estudiarla en la Sierra de los Muertos.

En su definición Humprey (1949), menciona que la unidad está compuesta por margas de color gris que intemperizan en colores rojo y rosa, interestratificadas con delgadas capas de calizas arcillosas de color gris claro a gris oscuro. Presenta estratos delgados de lutitas fisilis<sup>1</sup> de color gris oscuro a negro y comúnmente contiene lentes y vetillas de 1 a 3 pulgadas de espesor de pedernal negro.

Si bien la litología en el área Santa Catarina difiere bastante en la descripción anterior, se asemeja bastante a la que presenta en áreas cercanas a ésta (Zarate, 1977; Labarthe *et al.*, 1976), citados por Garza (1978). Aflora en franjas paralelas al rumbo general que presentan las estructuras formadoras de la Sierra de Alvarez y están localizadas y formando los ejes de los anticlinales en esta misma sierra. Debido al intenso plegamiento sufrido por la formación y por aflorar sólo en la cima de ésta, no es posible medirle su espesor; sin embargo, otros autores le han estimado espesores desde los 150 a 400 m. Por su posición estratigráfica se le ha asignado una edad Aptiano, se correlaciona con la formación Tamaulipas Superior.

En el área subyace concordantemente a la formación Cuesta del Cura; no aflora su base dentro del área en estudio.

### **Formación Cuesta del Cura**

Cretácico Inferior (Albiano - Cenomaniano) (Kcc).

Imlay (1936), la define en la Sierra de Parras, como una unidad de calizas de estratificación ondulada, compacta, color gris oscuro a negro, pero a lo largo incluye divisiones lutíticas grises y numerosas bandas de pedernal. Algunas capas de calizas están finamente laminadas, con alternancia de bandas gris oscuro a negras. En el área, aflora en la Sierra de Álvarez, siguiendo el rumbo

---

<sup>1</sup> Propiedad de la roca a la separación en planos más o menos finos.

general de la estructura (SE-NW), sobreyace a la formación La Peña en un contacto concordante y transicional; sobre ella, y en aparente concordancia, se encuentra la Formación Soyatal.

Lateralmente hacia el NE, y mediante un contacto interdigitacional, los depósitos de la formación Cuesta del Cura cambian a una facies arrecifal correspondiente a la formación El Doctor. Dicho cambio de facies representa la terminación de la cuenca mesozoica del centro de México y el principio de la Plataforma Valles - San Luis Potosí. Por los fósiles encontrados (pequeños Amonites desenrollados y algunos Gasterópodos) y por su posición estratigráfica, su edad se estima desde principios del Albiano hasta fines del Cenomaniano.

### **Formación El Doctor**

Cretácico inferior (Albiano - Cenomaniano) (Kid).

Originalmente descrita por Wilson, Hernández y Meave (1955); citados por Garza (1978); al Occidente de Zimapán, Hidalgo, en el distrito minero de El Doctor en donde diferenciaron cuatro facies de calizas arrecifales, agrupándolas bajo el nombre de El Doctor.

En el área estudiada no se midió su espesor y se le asigna el de 1800 m, que le da Carrillo (1971), *Op cit.*, (1978). En el pozo Tolentino 1 perforado por Pemex, se cortaron 312 m de esta formación, quedando el espesor a esa profundidad (Comunicación verbal). Por su posición estratigráfica y contenido faunístico se le asignó una edad Albiano - Cenomaniano (*Op cit.*, 1978).

### **Formación Soyatal**

Cretácico Superior (Turoniano) (Kss)

Originalmente descrita por White (1949) y más tarde por Wilson (1955), como sigue: la caliza El Doctor esta cubierta por la formación Soyatal, del Turoniano. El contacto parece ser concordante en algunos lugares y discordante en otros.

Explicó Garza (1978), que el área estudiada, Zárate (1977), la dividió en dos unidades litológicas, Unidad inferior (Kss<sub>1</sub>) y Unidad Superior (Kss<sub>2</sub>), quién señala que son muy distinguibles los

afloramientos de esta formación. La unidad inferior (Kss<sub>1</sub>), la cual consiste de calizas arcillosas y carbonosas y limolitas<sup>1</sup> de color gris oscuro a negro, en estratos medios a delgados, en ocasiones presenta intercalaciones de lutitas fisiles, a veces en tono violáceo a rojo, con abundantes vetillas de calcita. En ocasiones presenta estructuras del tipo "boudinage"<sup>2</sup>.

La unidad Superior (Kss<sub>2</sub>), se ve como una alternancia de lutitas fisiles color gris, gris oscuro y gris verdoso, con calizas arcillosas calcarenitas de color gris oscuro a negro, a veces intercaladas por delgados horizontes arcillosos de color violáceo. El estrato intemperiza en un color amarillo ocre. En ocasiones presenta abundantes vetillas de calcita.

Las rocas afloran ampliamente en el sinclinorio "El Milagro", ubicado en la parte occidental del área con un rumbo N15° W, así como al NE del anticlinal de Carbonera aproximadamente paralelo al NE del anterior (Op cit., 1978). En la margen occidental del sinclinorio "El Milagro" sobreyace a la formación Cuesta del Cura mediante un contacto concordante y ligeramente transicional.

### **Formación Cárdenas.**

Cretácico Superior (Coniaciano - Maestrichtiano). (Kcd)

A las areniscas y lutitas calcáreas que afloran a lo largo de las vías de ferrocarril en un tramo de Cárdenas a Tampico, Bose, las definió como "Formación Cárdenas". Myers (1968), le re definió de la siguiente manera; citados por Garza, (1978):

Reconoció en la formación Cárdenas tres miembros que designó informalmente. El primero inferior es de 180 m de espesor, de capas alternantes de lutita, arenisca y biosparita;<sup>3</sup> el miembro medio es de lutita limolita; el miembro superior es de 430 m de limolita, arenisca y biosparudita<sup>4</sup>.

En el área cartografiada aflora hacia la parte noroccidental de la Sierra de Alvarez, constituyendo el eje del sinclinorio del Milagro, existiendo otros pequeños afloramientos al sur de San Nicolás Tolentino y al norte y oeste de El Pinal, sobre la Sierra de la Chagolla.

<sup>1</sup> Roca de limo cementado y metamorfizada

<sup>2</sup> Estructura debida a esfuerzo tensional entre capas de plasticidad diferente con aspecto de ristra de salchicha.

<sup>3</sup> Caliza biogénica con alto contenido de fosfato.

<sup>4</sup> Caliza orgánica sin matriz de grano fino.

Por su posición estratigráfica y contenido faunístico, Carrillo (1975), le asignó una edad Campaniano - Maestrichtiano y la considera como un depósito de tipo regresivo, constituido por sedimentos acumulados en aguas poco profundas y de alta energía, (*Op cit.*, 1978).

Para la hoja Santa María del Río, se presenta una síntesis de las rocas descritas por Labarthe, *et al.*, (1980). La geología en la región está dominada por rocas ígneas extrusivas ácidas del terciario (Ignimbritas, Traquitas, Latitas y Ceniza volcánica), además del material aluvial, coluvial y fluvial que conforman las diferencias edáficas. Las rocas están muy fracturadas a causa de las diferentes manifestaciones volcánicas, están orientadas al NW. Se distinguen en el área tres tipos de material ígneo (Figura 4.2)

### 1. - Traquita Ojo Caliente (Toc).

La traquita Ojo Caliente aflora ampliamente al oriente, sur y sureste de la hoja Santa María del Río, consiste de una roca de color gris claro, a café grisáceo de textura porfírica y fluidal, con un 5 a 8 % de fenocristales de 2 a 4 mm de sanidino en una matriz desvitrificada.<sup>1</sup> Tiene algunos fenocristales de óxidos de hierro. Generalmente intemperiza en forma astillosa característica y es frecuente encontrarle zonas brechosas. (Labarthe, 1980)

Presenta varios tipos de fuentes, la más notable de ellas, se localiza al E de La Presa de San Agustín en la falda occidental del cerro "El Pelillo". Consiste de una amplia zona de vitrófido, con bloque de la traquita dentro de él. Otro tipo de fuente se halla en las cercanías del "Tepozan" y se caracteriza por tener sus líneas de fluidez verticales. Un tercer tipo diseminado aisladamente en el área, consiste de zonas más o menos amplias de material sumamente brechoso" (*Op cit.*, 1980).

### 2. - Ignimbrita Santa María (Tis).

Al cartografiar la geología de la hoja Santa María del Río, Labarthe (1980), dice que la ignimbrita Santa María aflora ampliamente en la parte oriental y suroriental de la hoja mencionada. Se trata de

<sup>1</sup> Desarrollo de cristales pequeños sobre una masa vítrea.

una roca bien soldada, de color gris rosáceo, de textura porfírica y eutaxítica, con 30 a 40 % de fenocristales de 2 a 5 mm de cuarzo y sanidino en una matriz fina desvitrificada. Se distingue por los fragmentos colapsados de pómez, que miden de 2 a 15 cm de largo y que al intemperizar quedan cavidades alargadas en la roca, (Labarthe, Op cit.).

### **3.- Riolita Panalillo (Trp)**

Es la roca más reciente y se integra por tres fases: toba depositada por aire, ignimbrita soldada y riolita esferolítica; su miembro inferior es una toba de color crema, gradada y grano muy fino y otros arenosos cristalinos. La ignimbrita es de color pardo, bien soldada, con fragmentos delgados muy colapsados de pómez, con 10 % de fenocristales de 2 mm de cuarzo y sanidino. La riolita es de color pardo con esferulitas de 2 a 12 mm, rellenas de feldespatos, cuarzo y calcedonia. La matriz presenta una textura fluidal muy notable (Labarthe Op cit.).

### **Conglomerado (Cg)**

Las sierras están flanqueadas por un conglomerado mal clasificado, casi sin estratificación, con fragmentos de 2 a 40 cm de las rocas de la región, cuyo espesor se estima en 30 m (Labarthe Op cit.).

### **Aluvión (Q)**

Está constituido por gravas, arenas, limos y arcillas que rellena principalmente los graben de Villa de Reyes y Enramadas. Además aparecen estos depósitos aluviales en las vegas en algunos de los ríos y arroyos importantes (Santa María, Ojo Caliente, Palmarito), (Labarthe Op cit.). Distribuido en la porción central y noreste, cubriendo las partes bajas de los cerros y forma algunos lomeríos de escasa elevación; da origen a suelos someros y pobres en cubierta vegetal (xerófila y micrófila).

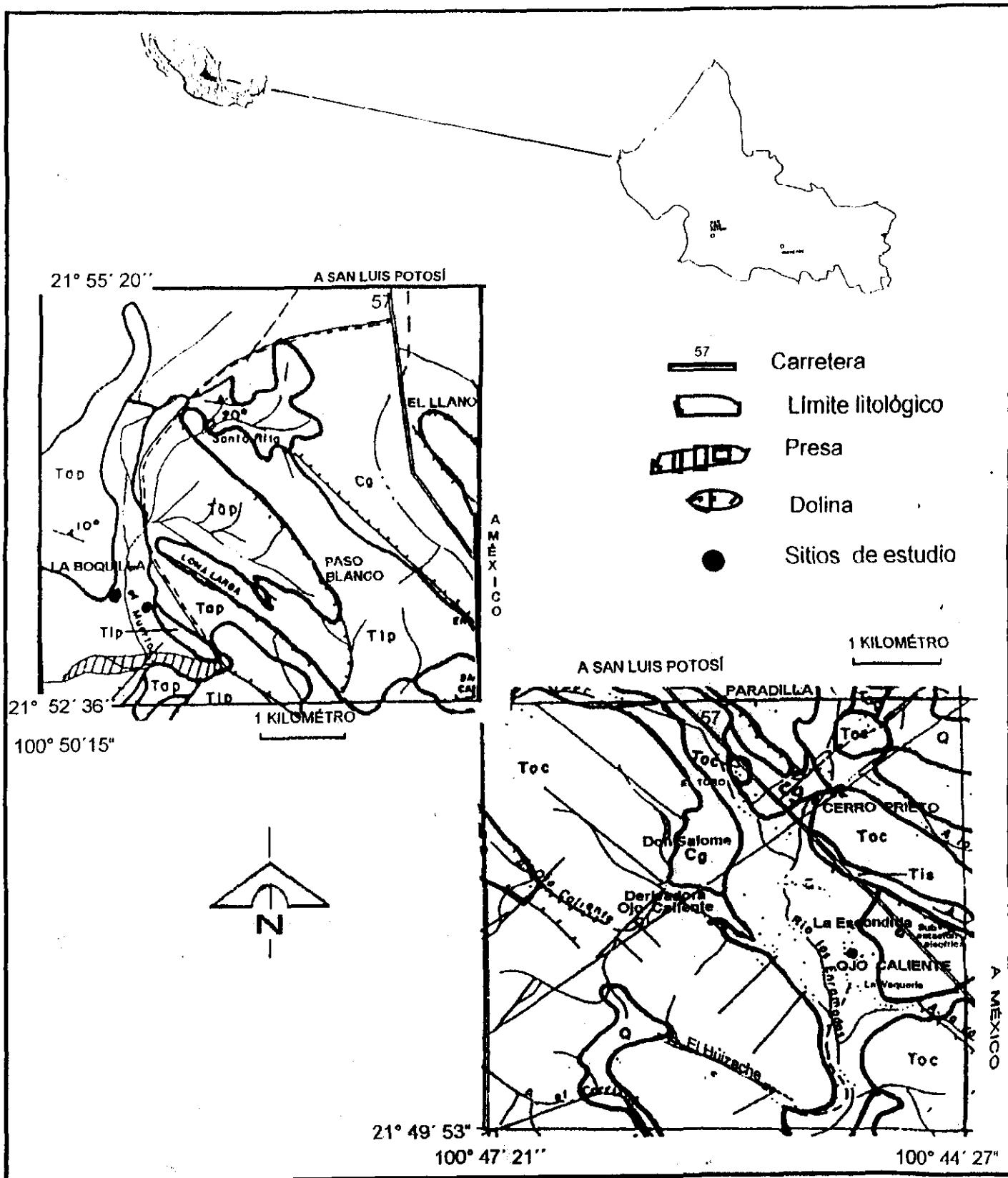


Figura 4.2.1 Geología en los lotes de escorrentía del área de estudio (Labarthe et al. 1979)

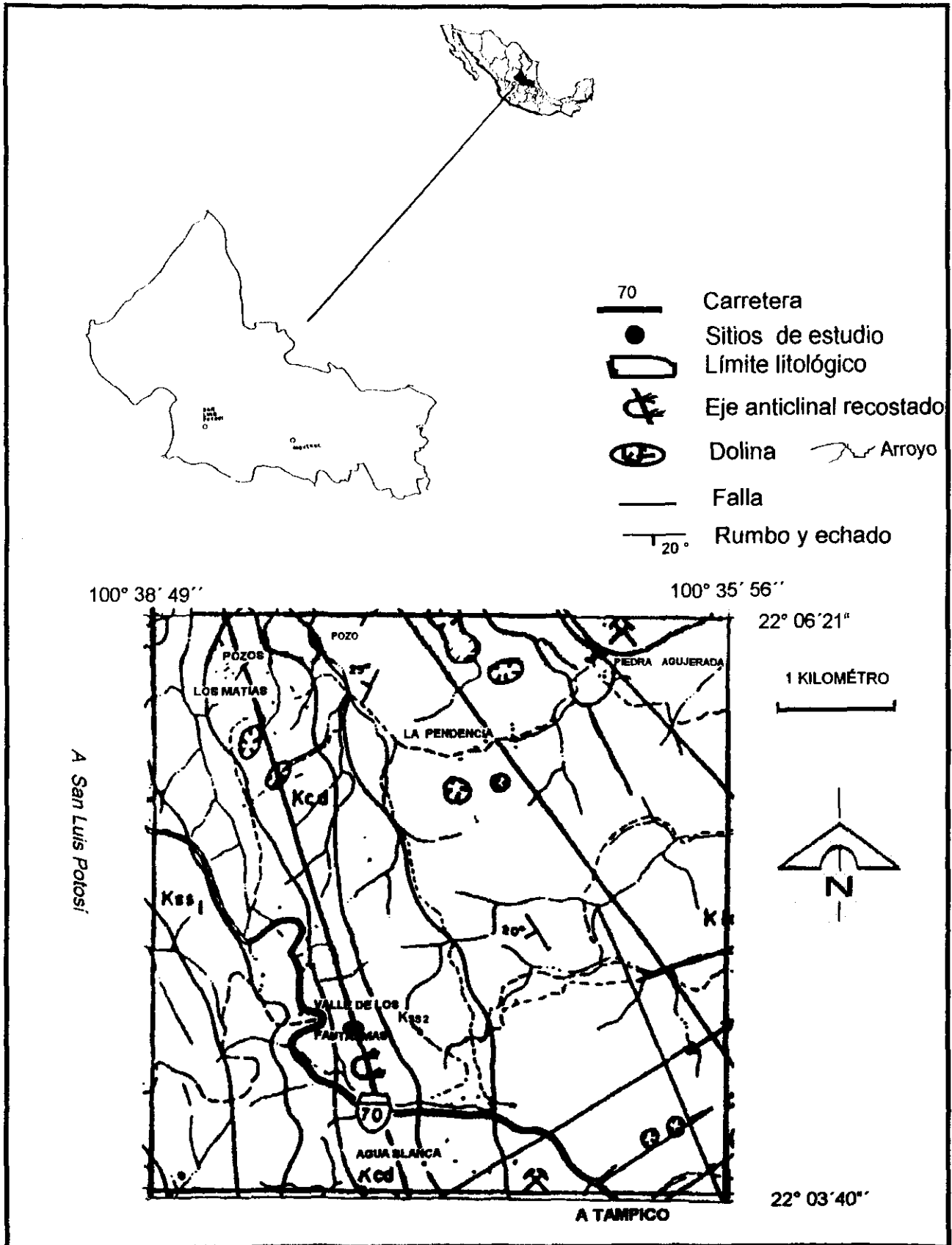


Figura 4.2.2 Geología en los lotes de escorrentía del área de estudio (Labarthe et al, 1979)



#### 4.1.4 Fisiografía.

La parte noreste del área de referencia, tiene origen sedimentario (calizas y/o lutitas), la cual se encuentra muy plegada y parcialmente metamorfizada. El relieve lo conforman las estribaciones de la Sierra de Álvarez, la cual pertenece a una sierra plegada con llanuras alargadas intermontanas (Op cit., 1983). Las porciones más septentrionales de la Sierra Gorda de Guanajuato, forman parte de la subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato y son de naturaleza ígnea, que corresponde a la provincia Mesa del Centro (Figura 4.3).

En la provincia Sierra Madre Oriental. En la ranchería conocida como Valle de los Fantasma, se midió la precipitación y la escorrentía. Dentro de un sistema de sierra alta con mesetas, se localizan las rancherías “La Boquilla” y “Ojo Caliente”, en cuyos alrededores también se tomaron los datos pluviales y de escorrentía.

El cerro “Los Caballos”, tiene una altitud de 2660 m, cercano a “Valle de los Fantasma”, Villa de Zaragoza. Tiene pendientes mayores del 20 %. El paisaje ha sido muy alterado por la explotación de roca caliza para la elaboración de cal. La “Mesa Zamora” es la elevación mayor (2100 msnm), cercana a “Ojo Caliente”, Santa María del Río. Presenta pendientes menores del 8 %. El “Cerro Blanco” tiene una altitud de 2020 m y es la prominencia más cercana a “La Boquilla”, Villa de Reyes, también su desnivel es menor de 8 %.

#### 4.1.5 Clima

La estación climatológica Ojo Caliente (24-067), reporta una temperatura media anual de 18.64° C; precipitación media anual de 397.80 mm, con una máxima de 528.7 mm (1968) y una mínima de 272.3 mm (1974) durante 9 años de observación (CNA, 1988).

En el área se han detectado 3 climas tipo "B" (INEGI, 1994), el seco templado (BSk), semiseco templado (BS<sub>1</sub>k) y el seco semicálido (BSh), Figura 4.4, por los que transcurre la isoterma de los 18° C en dirección E-W y las isoyetas de 500 y 400 mm en sentido SE-NW; orientación que concuerda con el del relieve, por lo que se deduce que la distribución pluvial es fuertemente

determinada por la fisiografía en concurrencia de la influencia ciclónica del Atlántico y del Pacífico (Campos, 1987; Griffiths, 1985; García, 1973).

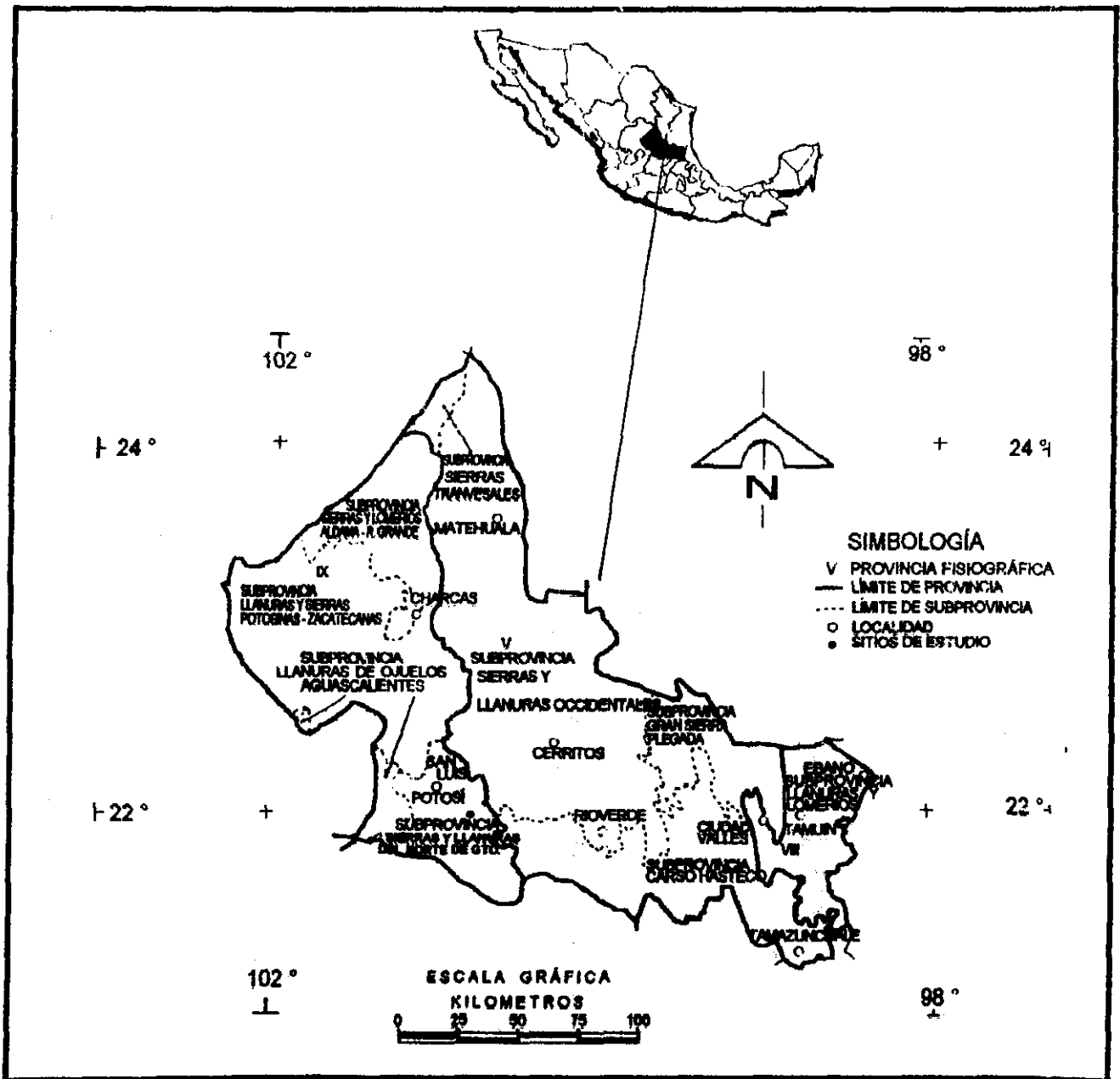


Figura 4.3 Delimitación de provincias y subprovincias fisiográficas en San Luis Potosí (INEGI, 1994).

Algunas observaciones de las lluvias en el Valle de San Luis Potosí durante la temporada ciclónica (mayo - octubre), el viento y nubosidad húmeda, son arrastradas generalmente por corrientes convectivas, generadas por la diferencia de temperatura a través de la superficie de diferentes elevaciones, las cuales cruzan de SE a NW y descargan la humedad aleatoriamente en el valle o sobre estribaciones bajas de la sierra de San Miguelito. El contacto entre la masa de aire y la superficie terrestre induce a las tormentas eléctricas y cuando se manifiesta antes de las 12:00 horas generalmente la lluvia se desvía a regiones con altitudes superiores a 2000 m (Hernández, 1984). Las tormentas eléctricas que se inducen después del cenit diurno pueden generar granizadas o al menos precipitaciones de duración corta e intensidad alta; un factor para que la lluvia sea de alta duración e intensidad, es la temperatura ambiente (alta insolación o radiación).

La fórmula, BSohkw”(e)g, se describe a continuación.

Bso. El más seco de los climas secos esteparios

hk. Semicálido con verano caluroso

w”. Dos estaciones lluviosas, separadas por una temporada seca corta en el verano (canícula) y una larga en el invierno.

(e). Extremoso.

g. La temperatura más alta generalmente se registra en mayo (García, 1973).

Las masas de aire que provocan los nortes en invierno en México son: la de aire polar continental y la polar marítima que provienen desde el pacífico septentrional y penetran por el noroeste. Procedentes del Atlántico tropical y menos frecuente del pacífico tropical, con respecto a la masa tropical continental, en la época de lluvias, se asocian a una zona de alta presión térmica, el aire se seca debido a su propia subsidencia por la celda subtropical del pacífico (Campos, 1987).

Las glaciaciones influyeron parcialmente en el ecosistema, al establecer una vegetación submontana, actualmente muy perturbada (El Sol, 1970; Rzedowski, 1961; Matthews, 1968). La disminución de la relación precipitación - temperatura, limitó el desarrollo edáfico a expensas de la vegetación y el material lítico. Lo anterior se observa en las pequeñas porciones de los abanicos aluviales, que fueron desmontados y actualmente ocupadas para agricultura.

Como consecuencia del clima y el relieve se observan abundantes arroyos, de los también intermitentes ríos, sobresale por su influencia en la geoforma el de Enramadas y principal afluente del de Santa María del Río.

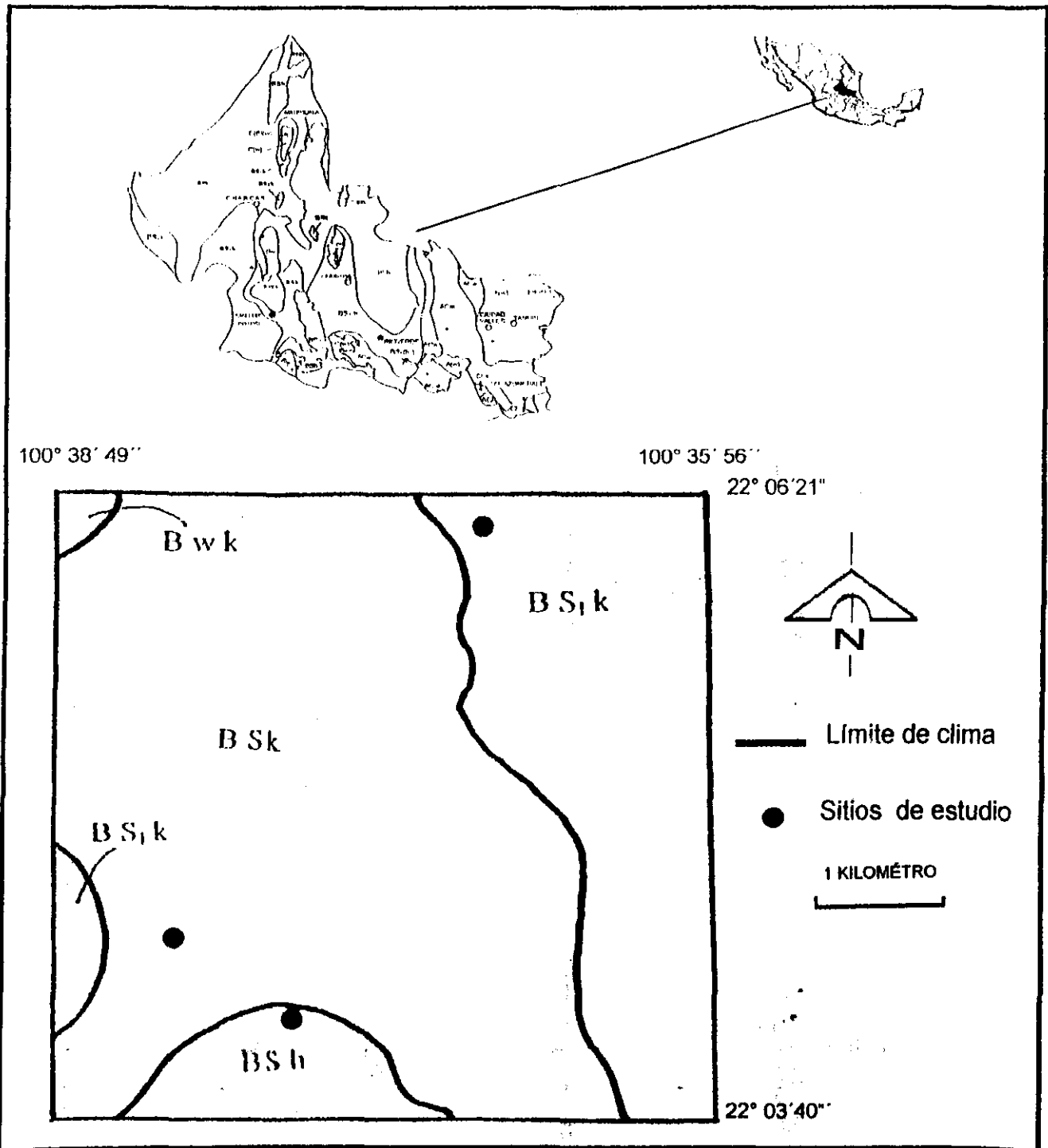


Figura 4.4 Delimitación de los tipos de clima "B" en los lotes de escorrentía del área de estudio (INEGI, 1994).

#### 4.1.6 Vegetación.

Rzedowski (1961), presenta un resumen de las exploraciones botánicas en San Luis Potosí, expone las condiciones ecológicas de vegetación desde las condiciones físicas del suelo, de los ecosistemas húmedo y árido y las del hombre. Establece una equivalencia fisonómica comparada con la nomenclatura de Miranda - Hernández y otros, definiendo así la vegetación del estado potosino.

En el dominio sedimentario marino, el relieve es más elevado y con mayor precipitación, la vegetación es de encino y pino - encino, algunas partes han sido reforestadas con especies exóticas (eucalipto y cedro), a fin de frenar la erosión, sin embargo la perturbación vegetal es en forma radial o semiradial y proporcional a la concentración y distribución del caserío, ubicación de hornos y bancos de roca caliza, tanto para combustible como para la fabricación de cal.

Sobre el material ígneo, la vegetación original se observa muy alterada por la actividad humana y en general predomina matorral micrófilo, matorral crasicale y matorral submontano. El mezquital ocupa las altitudes por debajo de los 1850 m y superficies de suelo más o menos profundo y/o áreas donde la roca esta fracturada, así como las de conglomerados mal clasificados. Comprende el 4.65 % (10.9 km<sup>2</sup>), se ha observado que esta comunidad esta muy disminuida y su espacio ocupado por parcelas, en el menor de los casos se ha convertido en chaparral (mezquites de bajo porte), el cuál con el sobre pastoreo a proliferado el matorral crasicale (cardonal).

Cabe mencionar la presencia de vegetación xerófila distribuida en manchones, tanto en el pastizal como en el mezquital, la cual obedece a diferentes condiciones: edáficas, suelo somero en superficies generalmente planas, debido a la actividad del hombre, tanto por la tala para combustible como en la delimitación de parcelas o lindes urbanos.

Algunos especialistas (Gómez, 1985), consideran que el matorral crasicale (cactaceas) y rosetófilo (magueyal) son signos de perturbación de la vegetación original y en este mismo sentido, se afirma que la dominancia de pastizales es consecuencia, de la erradicación de las zonas arbóreas de las regiones subhúmedas y semiáridas, hecho confirmado por el autor en parcelas de Ojo Caliente. Por

tal motivo quizás esta vegetación ocupa una superficie mayor (5.4 %) que la dedicada a la agricultura y asociado con el matorral.

Una superficie de 9.9 km<sup>2</sup> (4.23 %), se utiliza para la agricultura de temporal permanente, con cultivos anuales y parcialmente restringida a los márgenes de los ríos intermitentes y algunas áreas contiguas de los mismos, ya que se aprovechan algunos depósitos naturales de agua; de éste porcentaje se estima que sólo el 1 % se emplea para agricultura de riego, cuyas áreas quedan limitadas a la combinación fortuita de buen suelo y disponibilidad de agua. Estas superficies tienen el nivel freático de 3 a 8 m, de acuerdo a su posición topográfica.

#### **4.1.7 Fauna**

Entre las observaciones en el lugar están: en la vegetación pino - encino, se ve ocasionalmente venados cola blanca (Hernández, 1984). En la parte transicional del ecosistema; a coyotes, conejos, liebres, tórtolas (palomas), aguilillas, cuervos, zopilotes, correcominos, serpientes y culebras, ardillas, hormigas, arañas, grillos y saltamontes y otros más; todos estos organismos se localizan de acuerdo al grado de perturbación de la vegetación y concentración de población rural y suburbana. Mellink y Aguirre (1986), aseveran que la fauna se ha disminuido más por la urbanización que por la propia actividad de cacería.

#### **4.1.8 Suelo**

##### **4.1.8.1 Génesis del suelo**

La traquita "Ojo caliente", abarca las porciones más elevadas y pendientes con poco desarrollo de suelo y cubierto por el pastizal, con inclusiones de cardonal y chaparral. La ignimbrita Santa María, generalmente aparece en ventanas de fractura o de intemperización (Labarthe, *Op cit*), pues subyace a la traquita, cuando forma elevaciones, presenta suelos muy pedregosos y someros con muy escasa vegetación herbácea.

Derivados de las rocas efusivas se presentan conglomerados en las porciones bajas, generalmente coluviales a los cerros ígneos y formando márgenes de arroyos, cuando esta más o menos

clasificado tiene suelo somero y es cubierto por matorral y mezquital, cuando profundo lo cubre nogal, sauce y otros. El material aluvial de las márgenes de arroyos y ríos forma pequeños meandros que son ocupados como parcelas temporaleras en combinación de frutales. Los perfiles profundos pueden tener un estrato de conglomerado parcialmente cementado, en otros, roca muy alterada y fracturada o una capa de ceniza volcánica de diferente espesor.

Los sedimentos del cuaternario son arena, limo y arcilla, en diferentes porcentajes, los cantos<sup>1</sup> también varían en tamaño y cubren superficies de escasa extensión; este material coluvio - aluvial, se dedica también a la agricultura de temporal, el suelo presenta pedregosidad en diferentes proporciones y tienen un pseudo estrato de tepetate, ya que la intemperización provoca una acumulación de carbonatos que cementa temporalmente el fracturamiento de las rocas y limita la infiltración rápida.

En “Valle de los Fantasma”, la caliza y lutita que constituyen la formación Cuesta del Cura, presentan suelo de profundidad variable, con relación a la pendiente y geoforma local; cuando hay cobertura de encino, matorral micrófilo y/o pasto, el perfil muestra sus horizontes bien definidos. Las áreas con alteración de la vegetación espontánea, muestran una disminución progresiva del grosor en sus horizontes de diagnóstico de tal forma, que algunas parcelas sólo aparece el horizonte “C” de lutita.

De acuerdo con la clasificación de FAO (INEGI, *Op cit*), se distinguen ocho unidades de suelo, que se conocen como: Fluvisol eutricto + Litosol eutricto; Phaeozem sódico, Phaeozem lúvico; Luvisol órtico + Litosol; Castañozem luvico; litosol eutricto + Regosol eutricto, litosol + luvisol crómico, luvisol ortico + litosol (Figuras 4.5.1 y 4.5.2). A la vista de los resultados analíticos se hace una clasificación de ellos y se reporta en el apartado de resultados.

#### **4.1.8.2 Uso del suelo**

##### **Municipio de Santa María del Río.**

La localidad de Santa María del Río se asienta en Luvisol y Litosol, y de acuerdo a INEGI, (1971),

---

<sup>1</sup> Conjunto de trozos de piedra desprendida de los grandes peñascos y redondeadas por los agentes meteorológicos.

el uso del suelo, es de agricultura de riego anual permanente (Arap), y su potencial lo considera desde silvestre a practicultura<sup>1</sup> limitada (VII) por el factor suelo (Op cit., 1971).

El poblado de Ojo Caliente del municipio de Santa María del Río y cercano a la cabecera municipal, lo clasifican con mejores condiciones y en cuanto al uso del suelo, como agrícola de riego permanente anual (Arap) y con potencial desde silvestre a practicultura muy intensa (I).

Municipio de Villa de Reyes.

El sitio denominado "La Boquilla" tiene un uso del suelo de Matorral subinerme - nopalera y cactáceas (Msn), y de un potencial de silvícola a practicultura moderada limitada por el clima (VI) (Op cit., 1971).

Municipio de Villa de Zaragoza.

En el municipio de Villa de Zaragoza se localizan la ranchería Valle de los Fantasmas y el poblado de San Francisco. El Valle tiene un uso agricultura temporal nómada, bosque natural latifoliado encino (Atn). BFL[Q]), y parte con pastizal natural, chaparral, crasirosulifolios espinosos (Pn Ch CR), cuyo uso potencial es vida silvestre (VIII) (Op cit., 1971).

El poblado tiene clase de uso agrícola temporal permanente anual, con dominancia de pasto natural, chaparral de crasirosulifolios espinosos (Atpa Pn Ch CR), su potencial de uso es de practicultura moderada limitada por topografía y erosión (VI/t e).

#### **4.1.9 Hidrología**

El área se localiza en la región hidrológica 26 (RH26) del Pánuco con 9392 ha, Figura 4.5, y representa la cuenca alta del río Tamuín (8432 ha); subdividida en tres subcuencas la Río Verde (1167 ha), Río Santa María alto (6771 ha), y Río Santa María bajo (494 ha). Localmente esta última es una cuenca angosta que en sus partes bajas forma un terreno ondulado por material sedimentario no consolidado de alta posibilidad con pozos de agua dulce (Op cit., 1981), donde se concentran varios pozos, cuyos diámetros van de 5.1 a 25.4 cm.

---

<sup>1</sup> Actividad agrícola potencialmente realizable (Op cit, 1971)



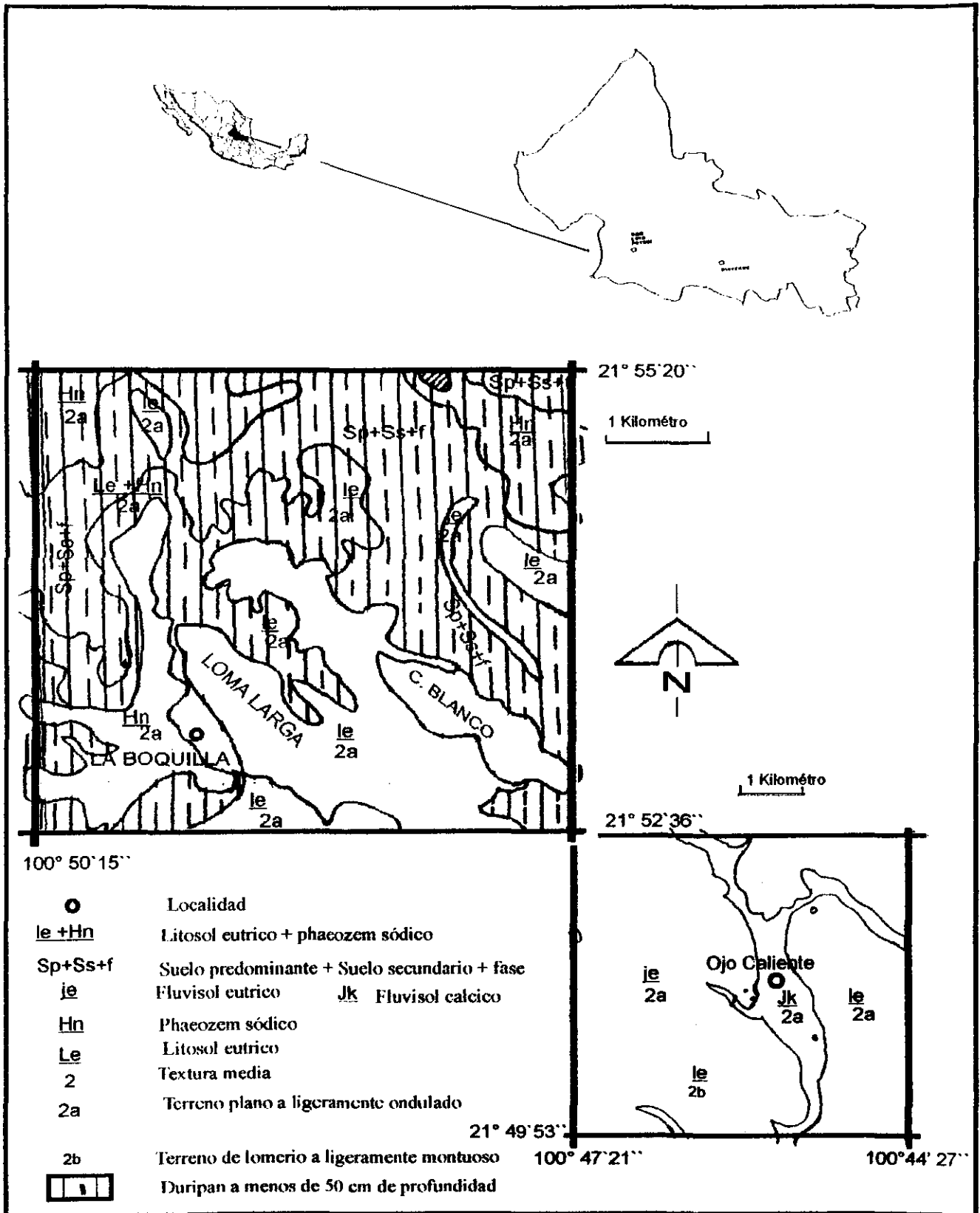


Figura 4.5.1 Delimitación de los tipos de suelo en el área de La Boquilla y Ojo Caliente. (INEGI 1971)

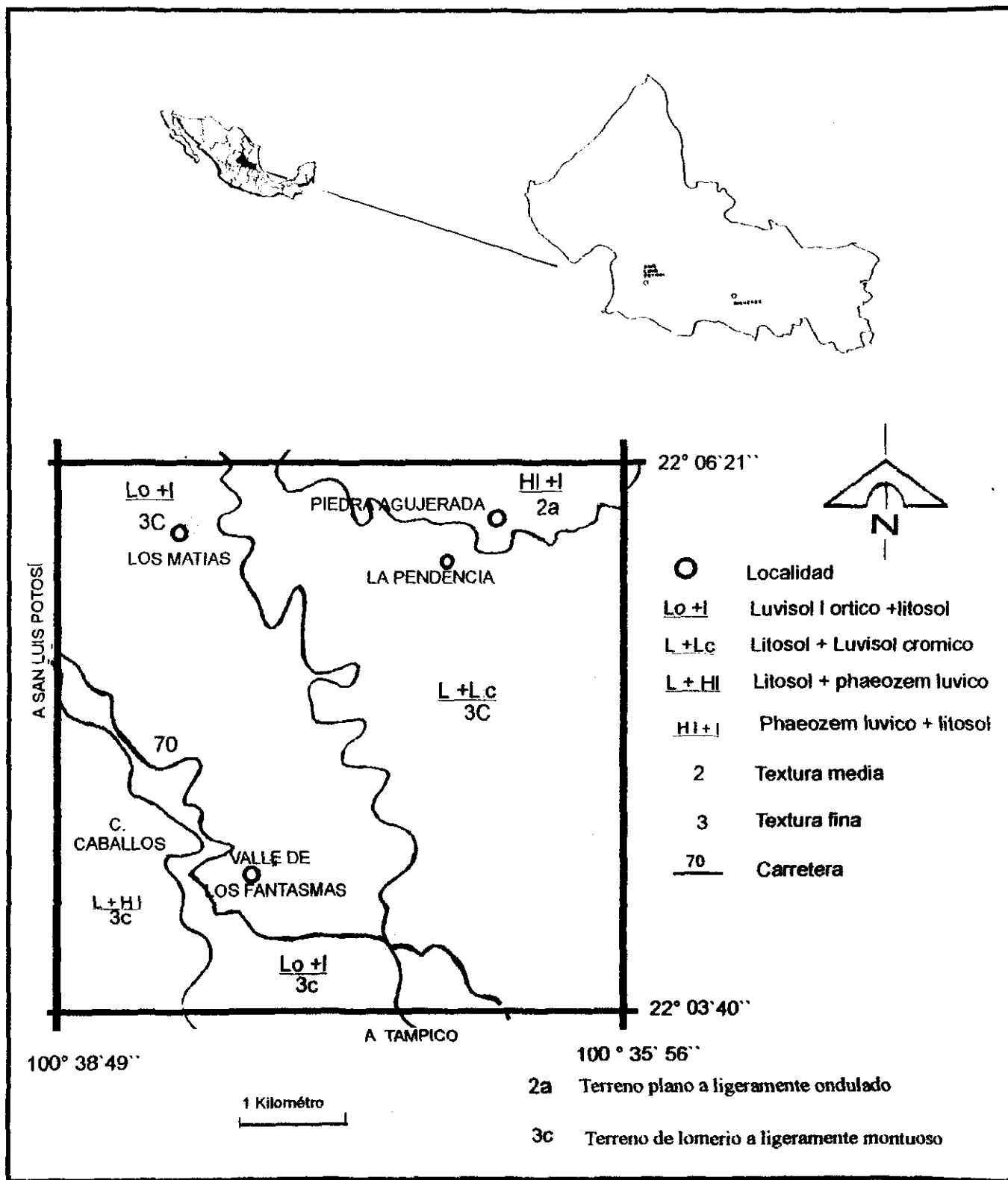


Figura 4.5.2 Delimitación de los tipos de suelo en el área de Valle de los Fantasmas. (INEGI 1971)

De sur a norte drena el río intermitente Altamira, su volumen es cuantificado en la estación Ojo Caliente en la inicial corriente. La cuenca tiene una extensión 2744 Km<sup>2</sup>, el volumen medio anual es de 7767 m<sup>3</sup> y un gasto medio anual de 0.246 m<sup>3</sup>/s con un gasto extremo 89,600 m<sup>3</sup> medidos durante 1965 - 74; equipada con escala, molinete y limnógrafo.

Los arroyos, "Calabacillas" y "Enramadas" son los afluentes del naciente Río Santa María; se le unen escurrimientos secundarios al arroyo "Calabacillas" para formar el embalse de la presa "Valentín Gama", y los de "Enramadas" son la recarga de la derivadora "Ojo Caliente". En general el drenaje esta orientado de NW a SE, por el relieve y la estructura geológica.

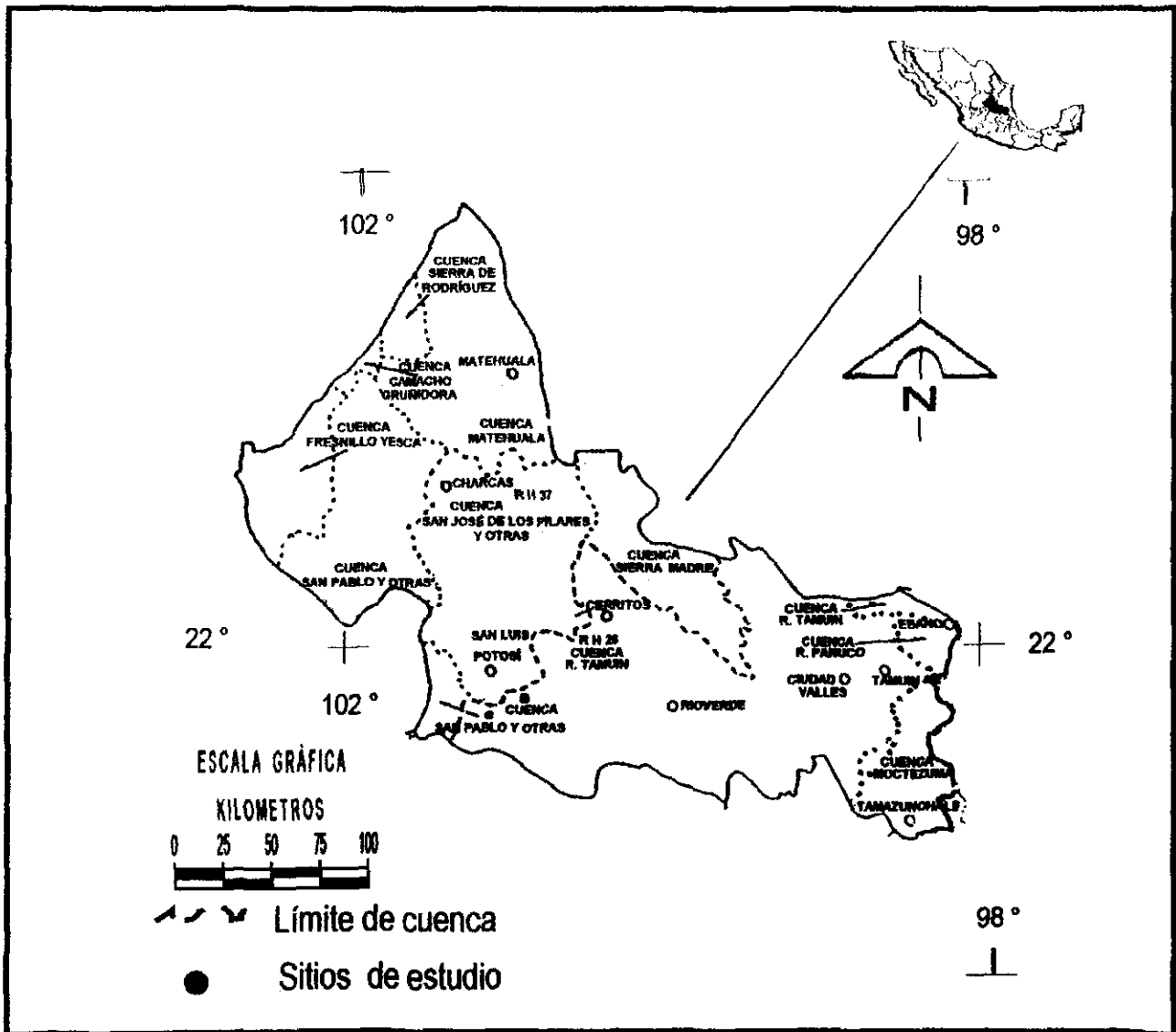


Figura 4.6 Regionalización de las cuencas hidrologicas en San Luis Potosí (INEGI, 1994).

## 4.2 TRABAJO DE CAMPO, LABORATORIO Y COMPUTO

### 4.2.1 De Campo.

En razón de una disminución productiva del suelo y migración de la población rural, se decidió recabar la información del uso del suelo y su distribución, así como la de su origen edáfico, el cual en base a los resultados de algunos análisis de suelo, se tiene el propósito de comprender el comportamiento de la relación hombre - clima - suelo, y evaluar la influencia del hombre, al menos parcialmente, en la erosión del suelo y como perspectiva lateral, encontrar alternativas para mantener y /o incrementar la producción de las áreas abandonadas.

Para las mediciones de erosión y con objeto de conocer las condiciones de equilibrio que guarda el suelo con otros factores; en seis parcelas se abrieron pozos agrológicos, la descripción y muestreo del perfil del suelo se hizo según Hodgson, (1987), para determinar en laboratorio las características físico químicas de cada perfil.

Se implementó la metodología de los lotes de escurrimiento, porque es un procedimiento directo y porque con la representación de una área pequeña se puede prever los resultados para parcelas de características semejantes, con el auxilio de un pluviógrafo y determinar la erosión producida por determinada intensidad de la lluvia.

Los lotes de escurrimiento son pequeñas áreas rectangulares de 2.00 por 25.00 m y delimitados por lámina de asbesto, conectados por una manguera de 5 cm de diámetro, a un tinaco de capacidad de 200 l también de asbesto, en uno de sus lados (Hudson, 1971). Los tinacos fueron colocados en una horadación del terreno, excavada con ese propósito quedando su parte superior al ras del suelo y facilitando el deslizamiento de la escorrentía pluvial, del interior del lote hacia el tináco.

### 4.2.2 El Muestreo.

Los deslaves pluviales de los lotes, fueron retenidos en los tinacos, de ahí se tomaron las muestras para cuantificar la escorrentia de suelo. El muestreo se realizó al menos 24 horas después de la lluvia. Del tinaco colector se sacó la mayor cantidad posible de agua, sin enturbiarla. Enseguida se

quitó el tinaco de su horadación, una vez agitado el sedimento y agua captados, se le dio salida por el desagüe hacia una bolsa de polietileno, debidamente etiquetada para su identificación. Se limpió el tinaco y se colocó nuevamente en su horadación para captar la escorrentía siguiente.

#### **4.2.3 De laboratorio.**

A las muestras de suelo y de sedimento, se les determinó las propiedades físicas y químicas por los métodos que señala el manual de laboratorio del departamento de edafología de la Facultad de Ciencias, UNAM, en el cual, Aguilera, (1970), cita las referencias de cada técnica, como sigue:

##### **4.2.3.1 Propiedades físicas.**

- 1.- Color, evaluado en seco y húmedo por comparación en las tablas de Munsell (1975)
- 2.- Densidad aparente, por el método de la probeta (Baver, 1956).
- 3.- Densidad real, por el método del picnómetro (Baver, 1956).
- 4.- Porcentaje de porosidad, tomando como referencia las densidades aparente y real. Grande, (1974)
- 5.- Textura, por el método de Bouyoucos (1963).

##### **4.2.3.2 Propiedades químicas.**

- 1.- pH o potencial de hidrógeno, método del potenciómetro, equipo Corning modelo 7. Determinación en agua destilada y solución salina (KCl 1N, pH 7) en relación 1:2.5 en ambos casos (Aguilera, 1970).
- 2.- Materia orgánica, siguiendo el método de combustión húmeda de Walckley y Black; modificado de Walckley (1947).
- 3.- Determinación de calcio y magnesio intercambiables, por el método de extracción con acetato de amonio (1N, pH 7) y titulación con Versenato (EDTA 0.02 N).
- 4.- Sodio y potasio intercambiables, siguiendo el método de extracción con acetato de amonio (1N, pH 7) y valoración por espectrofluorimetría, Aguilera, (1970).
- 5.- Capacidad de intercambio catiónico total, método de centrifugación de la saturación de suelo con  $\text{CaCl}_2$  (1N, pH 7), lavado con alcohol etílico al 96 % y eluyendo con NaCl (1N, pH 7). Cuantificado por versenato (EDTA 0.02 N).
- 6.- Pastas de saturación, cuya extracción de la solución se hizo por filtración al vacío, indicado en Aguilera, (1970).

- 7.- Conductividad eléctrica de la solución del suelo, mediante un puente de conductividad Phillips.
- 8.- El potencial hidrógeno (pH) del extracto de la solución del suelo se midió por el potenciómetro, corning modelo 7.
- 9.- Determinación de calcio y magnesio solubles, por el método volumétrico y titulación con Versenato (EDTA 0.02 N).
- 10.- Sodio y potasio solubles del extracto de la solución del suelo, se valoraron por fotómetro de flama. Corning. Modelo 400. Aguilera, (1970).
- 11.- Determinación de cloruros, por el método de Mohr con espectrofotómetro de flama Corning modelo 400, usando nitrato de plata (0.01 N) e indicador dicromato de potasio (5 %).
- 12.- Determinación de carbonatos y bicarbonatos, por el método volumétrico (Reitemeier, 1943) y titulación con ácido clorhídrico (0.01 N), fenolftaleina y anaranjado de metilo.

Las propiedades físicas y químicas de las muestras de agua del sedimento, fueron determinadas por el personal del departamento de Hidrogeoquímica del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, de acuerdo a las técnicas descritas en el manual de métodos de análisis de aguas naturales, Díaz de León, (1988).

#### **4.2.4 De cómputo.**

Se digitalizaron pluviogramas de lluvia registrada en tres localidades con pluviógrafo de vuelta semanal, y mediante un programa modificado por el Colegio de Posgraduados en Montecillo, Estado de México. Se calculó para cada evento, la lluvia registrada y su intensidad para 30 minutos, índice de erosividad, energía cinética total, duración y lámina total de lluvia.

Los resultados de laboratorio, de cada evento y de campo conformaron la base de datos que se sometió a un análisis estadístico multivariado, para ver su correlación e influencia de las variables que involucran las condiciones físicas del suelo y cómo intervienen, el grado de erosionabilidad y acción pluvial en cada localidad.

#### **4.2.5 Variables consideradas en el trabajo.**

- 1.- LLUV\_30 Luvia en 30 minutos

- 2.- INT\_MAX Intensidad Máxima de la lluvia en 30 minutos
- 3.- IND\_EI30 Índice de erosividad de la lluvia
- 4.- ECNT Energía cinética total
- 5.- TOT\_LL Total de lluvia durante el evento
- 6.- PESOG Peso de suelo erosionado del lote de escorrentia
- 7.- PO\_AR Por ciento de arena del peso de suelo removido
- 8.- PO\_LI Por ciento de limo del peso de suelo removido
- 9.- PO\_RC Por ciento de arcilla del peso de suelo removido
- 10.- DE\_RE Densidad real del peso de suelo removido
- 11.- PO\_SAT Por ciento de saturación del peso de suelo removido
- 12.- PH\_SU Reacción del suelo del peso de suelo removido
- 13.- CAC0 Por ciento carbonato del peso de suelo removido
- 14.- MA\_OR Por ciento de materia orgánica del peso de suelo removido
- 15.- NI\_T Por ciento de nitrógeno del peso de suelo removido
- 16.- K\_KG Potasio en el peso de suelo removido en kg/ha
- 17.- P\_KG Fósforo en el peso de suelo removido en kg/ha
- 18.- MMHOS Conductividad eléctrica en el peso de suelo removido
- 19.- PH\_AG Reacción del agua (pH) de la escorrentia del lote
- 20.- CA\_MG Calcio removido del suelo de escorrentia en mg /l
- 21.- MG\_MG Magnesio removido del suelo de escorrentia en mg /l
- 22.- NA\_MG Sodio removido del suelo de escorrentia en mg /l
- 23.- POT\_MG Potasio removido del suelo de escorrentia en mg /l
- 24.- SO\_MG Sulfato removido del suelo de escorrentia en mg /l
- 25.- CL\_MG Cloruro removido del suelo de escorrentia en mg /l
- 26.- DU\_CO3 Dureza del agua en el suelo de escorrentia
- 27.- AL\_CO3 Alcalinidad del agua en el suelo de escorrentia
- 28.- CND\_AG Conductividad del agua en el suelo de escorrentia
- 29.- RAS Relación de adsorción de sodio en el agua en el suelo de escorrentia
- 30.- ESC\_L Escurrentia del agua captada en lote de observación
- 31.- COB\_VE<sup>1</sup> Por ciento de cobertura vegetal de acuerdo a la vegetación y estación del año
- 32.- RAD\_IN Radiación incidente estacional en Langley /día
- 33.- PRA\_CUL Por ciento de prácticas culturales estacionalmente en las parcelas
- 34.- POR\_PE Por ciento de pendiente en la parcela del lote de escorrentia

Las 34 variables que se determinaron para la evaluación de los efectos de erosión, se sometieron a diferentes procesos estadísticos, para conocer como es la relación entre ellas y determinar su efecto

---

<sup>1</sup> Se adoptó el que da Rzedowski a cada tipo de vegetación del Estado de San Luis Potosí, para cada sitio de observación.

en el ambiente, las técnicas usadas fueron las de Pearson, la de Stepwise y de Componentes Principales.

Cuadro 4.1 Relación de variables ambientales de los sitios con registro de escorrentía y pluviogramas.

Municipio Localidad Lote No.	Villa de Reyes La Boquilla 1 2		Santa María del Río Ojo Caliente 3 4		Villa de Zaragoza Valle de los Fantasmas 5 6	
Factor / EUPS						
ALTITUD	1790		1730		2300	
ROCA	Ignimbrita Toba		Conglomerado Traquita		Caliza - Lutita	
PENDIENTE Forma %	Plana 2	Cóncava convexa 6	Cóncava 4		Regular 24	
Longitud m	25		25		25	
Inclinación LS	0.185	0.275	0.2		2.4	
SUELO <sup>aa</sup> Textura Erosionabilidad K	Aluvial Ph M R A 0.48	Pte Litosol Franco 0.42	Aluvial Pte. M. Arenoso 0.55	Coluvial M R A 0.66	Rsl Lv+I Arcilla 0.52	I+Luv. c 0.22
DRENAJE C. Campo Escorrentia C	Receptor 17.13	Donador 21.74	Receptor 16.89	Donador 15.78	Donador 29.48 33.21	
	0.40	0.40	0.50	0.02	0.60	
EROSION	Laminar	Arroyos pequeños	Laminar	Arroyos pequeños	Cárcavas	Laminar
CLIMA Isoyetas 400	BSohw" (i) g (180)		BSohw" (i) g (250)		BS <sub>1</sub> kw" (e) g (750)	
MATERIA ORGANICA %	2.96	2.34	1.99	2.80	1.75	5.65
VEGETACION Cobertura %	M Micrófilo 80	M. Crasicale 50	M. Micrófilo 80		pasto 65	Encino Pasto 100
FAUNA *	Muchos Pastoreo		Muchos Pastoreo		Muchos Pastoreo	
U POTENCIAL <sup>b</sup>	VI s	V sc	VII s	VIII t s	VIII t s e	
A AGRICOLA <sup>c</sup>	Nula Pastoreo		Nula Escasa Asociación	Nula Silvícola	Nula Pastoreo	
P. CONSERVACION P	0.1		Enlame Riego 0.1		0.1	
TENENCIA DE TIERRA	Ejidal		Pequeña propiedad		Ejidal	

<sup>aa</sup> Rsl.- Regosol. Lv. Lúvico. Ort. Ortico. I. Litosol. Avl. Aluvial. Pha. Phaeozem. Pte. Piamonte. R. Arcilloso. A. Arenoso. (250).- Promedio de precipitación observada en diez años. <sup>b</sup>- (Muchos) Se refiere a que fue frecuente los roedores u otros organismos que se encontraron en el tinaco colector y además el uso que se da a la parcela. <sup>c</sup>. práticamente limitada por suelo o clima. \* Actividad agrícola.- Escasa cuando la parcela se trabaja a intervalos de 1 a 3 años. Nula cuando la parcela no se trabaja o se siembra a intervalos mayores de 5 años. Asoc.- Asociación. Mono.- Monocultivo. Frete.- Frecuente. Rot. Rotación. E = R\* LS \* K \* C\*P



## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

Se reportan las condiciones del terreno, las descripciones de campo y los resultados de algunos análisis de los perfiles se correlacionaron para su evaluación. La descripción morfológica de los perfiles del suelo, así como los resultados de los análisis físico químicos realizados a las muestras de los mismos, se pueden consultar en el anexo 1 del apéndice.

### 5.1 Descripción ambiental (breve) de las localidades donde se hicieron los pozos agrológicos de los perfiles.

#### 5.1.1 La Boquilla, Municipio de Villa de Reyes.

El sitio denominado "La Boquilla" tiene un uso del suelo de Matorral subinerme - nopalera y cactáceas (Msn), y un potencial de silvícola a practicultura moderada limitada por el clima (Vic) (INEGI, 1971).

Los perfiles en el lugar, se sitúan hacia las estribaciones cerriles bajas formando un angosto valle de naturaleza coluvio aluvial, y casi al final del propio valle, donde inicia su amplitud hasta extenderse con el área que sirve de vaso a la presa "Valentín Gama" y cuyas márgenes por su pendiente suave, se aprovechan para las actividades agrícolas.

El valle es drenado por el "Arroyo el Muerto", en el sentido de la escorrentia principal y sobre su margen derecha, predomina material tobáceo depositado por aire (Labarthe et al, 1979), y en su margen izquierda domina el aluvial procedente de la traquita "Ojo Caliente", por lo que los perfiles presentan caracteres edáficos contrastantes, así como en su vegetación, la cual subsiste bajo un mismo régimen climático. De acuerdo con Rzedowski (1961), la vegetación corresponde a matorral micrófilo en ambos perfiles; sin embargo, el suelo tobáceo sostiene un matorral de *Larrea* sp con cactáceas, algunos pastos y especies de la familia Compositae, éstas se manifiestan más intensamente en primavera y a veces hasta la temporada de lluvias.

El suelo aluvial por su carácter profundo es apropiado para el dominio de *Prosopis* sp. El mezquite da a una porción del valle una condición de oasis por la vegetación contrastante debido a la mayor disponibilidad de agua, que presenta en ambos márgenes el arroyo y la que rodea al vaso de la presa “Valentín Gama”, al presentar menor pendiente, pedregosidad y roca poco alterada sobre la superficie.

En el perfil 1 (Figura 5.1. Anexo 1), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es mayor en el primer horizonte, aun cuando la materia orgánica disminuye; se puede deducir que el calcio y el magnesio son los cationes que más intervienen ya que tienen un comportamiento semejante al de la CIC que se obtuvo para cada uno de los horizontes.

El potasio ( $K^+$ ) influye en menor proporción; el magnesio ( $Mg^{++}$ ) es abundante superficialmente y disminuye su contenido hacia la profundidad del perfil; el sodio ( $Na^+$ ) tiene tendencia a incrementarse en los horizontes inferiores, lo que indica que el perfil tiene buenas condiciones de drenaje y, a la vez, horizontes de buena fertilidad para la actividad agrícola y silvícola, ya que el matorral micrófilo (mezquite), proporciona los nutrimentos y mejora las condiciones al suelo (Tiedemann, 1973). Se recomienda aplicar y/ o buscar cultivos y prácticas de manejo y no inducir cultivos extensivos que puedan colapsar las condiciones de fertilidad que prevalecen.

Taxonómicamente es un aridisol, por su epipedón argílico, contenido de arena y control de humedad, se clasifica como un arenic ustic Haplargids (USDA 1994).

La fertilidad en el perfil 2 de “La Boquilla”, Villa de Reyes, es como la de los suelos evolucionados en cuanto a que, el contenido de materia orgánica y la capacidad de intercambio (CIC) decrece con la profundidad del suelo; hay también una disminución semejante en los cationes de  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  y aunque el sodio ( $Na^+$ ) igualmente también tiende a disminuir, es menos evidente. Por otra parte el potasio ( $K^+$ ), tiene un ligero incremento hacia la profundidad del suelo. Por lo anterior este suelo es propio para la silvicultura como lo evidencia la vegetación (micrófila) de *Larrea* sp y crasicaule, así como las condiciones físicas (pendiente, estructura, pedregosidad, etc.) del suelo.

Taxonomicamente se ubicó (USDA, 1994), como Aridisol y por su horizonte petrocálcico y profundidad, es equivalente a un Calcic petrocalcids.

### 5.1.2 Ojo Caliente, Municipio de Santa María del Río.

El poblado de Ojo Caliente del municipio de Santa María del Río, se clasifica con mejores condiciones en cuanto a el uso del suelo, como Agrícola de riego permanente anual (Arap) y con potencial desde silvestre a practicultura muy intensa (I) (INEGI, 1971

los perfiles 3 y 4 de Ojo Caliente, se ubican sobre las pendientes suaves de los cerros que forman localmente las margenes del río Enramadas, sobre el lado derecho y distantes uno de otro, aproximadamente 500 m. El material parental es ígneo, domina en él matorral submontano (Rzedowski, 1961), muy perturbado por el pastoreo a que es sometido, pues existen diferentes superficies con *Prosopis* - pastos, matorral crasicaule - pastos y áreas separadas con dominancia de cada una de ellas. Superficialmente son de suelo areno - limosos, pedregosos y cuando ésta condición se incrementa es una correlación de mayor grado de alteración.

El perfil 3 de "Ojo Caliente" en Santa María del Río, muestra en su contenido orgánico el efecto de la deforestación (mezquite), ya que a los 25 centímetros llega al 2 %, pero se incrementa a casi 4 % a los 40 centímetros de profundidad y posteriormente decrece de gradual hasta abruptamente en el horizonte "BC" (Figura 5.3). Lo anterior es apoyado por la CIC que se mantiene por encima de 20 mol/kg en toda la profundidad y es de esperarse un incremento en el horizonte BC por la intemperización de la roca ígnea.

Los cationes  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  van aumentando conforme incrementa la profundidad del suelo de forma semejante con el contenido de materia orgánica y CIC, pero es más evidente el contenido de magnesio. El sodio y el potasio conservan casi la misma proporción hasta los 100 centímetros de profundidad. Por la semejanza en cuanto al desarrollo edáfico con el perfil 1, se hace la misma recomendación de manejo de suelo, considerando además que existe una capa BC a baja profundidad (50cm).

Siguiendo la taxonomía del USDA (1994), se ubicó como Mollisol, por su régimen ustico, color y horizonte cálcico, equivale a un Aridic calciustoll.

El contenido de materia orgánica decrece con la profundidad del suelo en el perfil 4 de Ojo Caliente, de Santa María del Río (Figura 5.4), pero la capacidad de intercambio se incrementa en este mismo sentido, lo cual infiere que es un suelo poco drenado, aun cuando es de carácter arenoso (MRA), el escaso drenaje puede deberse a la falta de lluvia o bien a que hacia los 50 centímetros la fractura de roca, no sea lo suficientemente permeable y acumule los cationes de cambio.

En caso de ser lo último, se debe emplear como un área silvícola, pues si se le deforesta se incrementará el riesgo de erosión del suelo y la posibilidad de utilizar la capacidad de retención de humedad para la agricultura y la silvicultura se desaprovecharía, al menos temporalmente.

La taxonomía del perfil, se ubicó como Mollisol (USDA, 1994), por su régimen de humedad árido, contenido de carbono orgánico irregular, contacto lítico y pendiente menor de 25 %, como un fluventic haplustoll.

### **5.1.3 Valle de los Fantasmas, Municipio de Villa de Zaragoza.**

En el municipio de Villa de Zaragoza se localiza el poblado de Valle de los fantasmas y tiene un uso agrícola de temporal nómada (Atpn), con pastizal natural, chaparral, crasirosulifolios espinosos, cuyo uso potencial se ubica en pratically limitada por la erosión (Ive) (INEGI, 1971).

El perfil 5 de Valle de las Fantasmas muestra por su contenido de materia orgánica que es un suelo con fuerte proceso degradativo por erosión, primero porque no existe separación de color en su contenido de materia orgánica en sus horizontes, segundo en su separación natural por estructura, en el horizonte "C" se obtuvo una cantidad semejante al del horizonte "A", lo cual resulta curioso.

La cantidad de CIC en los tres horizontes resultaron semejantes pues hay una diferencia de 3 a 7 mol/kg Los contenidos de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  decrecen progresivamente en la profundidad del suelo, así

mismo el  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , lo cual confirma el proceso degradativo y no existe o es poco perceptible la edafización en el perfil.

El perfil cinco, se ubicó como Alfisol (USDA, 1994) y por poseer un epipedon duro y saturación de bases menor del 75 % en su espesor, se considera un Ultic haplustalfs.

El alto contenido de materia orgánica (5.6%) se reduce bruscamente después de los 20 centímetros en el perfil 6 de “Valle de los Fantasma” de Villa de Zaragoza (figura 5.6. Anexo 1), pero hay un ligero incremento (0.15 %) a los 150 centímetros. La CIC decrece más suavemente en la profundidad del suelo.

El catión calcio es más abundante desde 20 a los 50 centímetros y luego decrece bruscamente a los 90 cm, el magnesio presenta una disminución más lenta en cada horizonte y los cationes  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  también decrecen poco en la profundidad del suelo.

Debido a esta condición se piensa que es un suelo muy apropiado para la actividad silvícola, pues si se deforesta más, su espesor de 20 cm se verá rápidamente degradado en parte por la pendiente (mayor de 20%) y por incremento de la escorrentía, pues su baja infiltración podría provocar un deslizamiento de la capa edáfica (20cm).

El perfil 6, se ubicó como Alfisol (USDA, 1994) y por poseer un horizonte argílico, límite de humedad arídico con ústico, se considera un Udic haplustalfs.

## 5.2 Análisis Estadístico

Para cada lugar se analizaron el total de eventos de lluvia, cuyas curvas se digitalizaron, así como los eventos lluviosos que produjeron escorrentía, la cual se muestreo, así como la cantidad que reflejó algún valor de suelo erosionado y fue depositado en el tinaco colector. Con el fin de no ser repetitivo al referirse al suelo erosionado se emplean términos como; asolve, sedimento o escorrentía.

De las 34 variables que se determinaron para la evaluación de los efectos de erosión y se sometieron a los procesos estadísticos, sólo 11 de ellas persistieron en el método Pearson

PESOG, LLUV\_30, INT\_MAX, IND\_EI30, ECNT, TOT\_LL, COB\_VE, RAD\_IN, PRA\_CUL, POR\_PE, MO\_PR

Los criterios de interpretación de la correlación entre las variables se tomaron como sigue:

Muy baja correlación, valores menores de "r" 0.20

Baja correlación, valores mayores de "r" 0.20 a 0.40

Media correlación, valores mayores de "r" 0.40 a 0.60

Buena correlación, valores mayores de "r" 0.60 a 0.80

Muy buena correlación, valores mayores de "r" 0.80 a 0.99 con probabilidad de 95 por ciento.

### **5.2.1 Lotes uno y dos, "La boquilla" Villa de Reyes, S.L.P.**

La cantidad erosionada de suelo tiene baja correlación con el índice erosivo y la energía cinética total. Da mejor consistencia a las variables pluviales, el período total de observaciones que cuando los valores se refieren a la pérdida de suelo (Cuadro 5.1), ya que que la probabilidad es de 0.0001.

La duración de la lluvia tiene correlación creciente de media a perfecta (muy buena) en el total de lluvia, energía cinética total, índice erosivo y la intensidad máxima respectivamente, en el período de registro de los lotes 1 y 2 y es más significativa y alta para el número 1.

Por su parte la intensidad máxima también mantiene correlación ascendente con el total de lluvia, energía cinética total, índice erosivo y la duración de la lluvia, en el total de las observaciones (222) en ambos lotes, y es más significativa para PESOG. El índice de erosividad tiene correlación amplia que va desde media a buena con respecto a el total de lluvia, energía cinética total, intensidad máxima y la duración de la lluvia, tanto para el período, como cuando, sólo se analiza las muestras con asolve. Presenta además incremento de correlación baja con la cantidad de suelo erosionado en los dos lotes de La Boquilla.

La energía cinética total se comporta progresivamente mejor en su correlación con la intensidad máxima, duración de la lluvia, índice de erosividad y el total de lluvia; hay un ligero incremento en la correlación con la dispersión del suelo (PESOG), pero sigue siendo baja y significativa en ambos sitios para el total de las observaciones.

La lluvia acumulada (TOT-LL) tiene correlación desde media a buena con la intensidad máxima, duración de la lluvia, índice erosivo y energía cinética total en los dos sitios. Tiene además baja correlación con PESOG y la cobertura vegetal en los lotes 1 y 2 respectivamente.

La cubierta vegetal sólo tiene baja y negativa correlación con RAD\_IN; casi perfecta correlación con PRA\_CUL en el lote uno y, el total de lluvia en el lote dos, para todas las observaciones; pero conserva de media a muy buena correlación negativa (-), con la radiación incidente, practicas culturales, porciento de pendiente y además muy bien y positiva correlación con la materia orgánica del perfil, en el lote 2, sobre todo cuando sólo se toma los valores de suelo erosionado.

La radiación incidente tiene baja correlación media negativa con la cubierta vegetal y prácticas culturales en el lote uno; correlación baja negativa con materia orgánica del perfil y además baja y positiva con el porciento de pendiente en el lote 2.

Las actividades humanas (PRA-CUL), tienen correlación extrema, negativa media con RAD\_IN y casi perfecta con cobertura vegetal en el lote uno. El total de lluvia, correlación buena y baja con cobertura vegetal; una correlación buena negativa (-) se observa con la materia orgánica, pero buena y positiva con el porciento de pendiente en el lote dos.

El porciento de relieve y materia orgánica no presentaron correlación a ningun nivel con el resto de las variables en el sitio uno. Para el sitio dos, el relive (POR-PE) indica correlación extrema negativa (-), de baja a casi perfecta con el total de lluvia y cobertura vegetal respectivamente.

Cuadro 5.1  
 Analisis de correlacion de datos en: Sitio No. 1. La Boquilla, Villa de Reyes  
 Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / = 223

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	PCR_PE	MO_PR
PESOG	1.00000 0.0	0.27258 0.0001	0.27161 0.0001	0.39112 0.0001	0.35147 0.0001	0.23507 0.0004	-0.16735 0.0123	0.16621 0.0129	-0.15379 0.0216	.	.
LLUV_30	0.27258 0.0001	1.00000 0.0	0.99989 0.0001	0.81796 0.0001	0.75831 0.0001	0.54479 0.0001	-0.11589 0.0842	-0.02315 0.7310	-0.09120 0.1747	.	.
INT_MAX	0.27161 0.0001	0.99989 0.0001	1.00000 0.0	0.81696 0.0001	0.75810 0.0001	0.54464 0.0001	-0.11418 0.0889	-0.02465 0.7310	-0.08945 0.1832	.	.
IND_EI30	0.39112 0.0001	0.81796 0.0001	0.81696 0.0001	1.00000 0.0	0.78435 0.0001	0.55102 0.0001	-0.12571 0.0609	0.04333 0.5197	-0.10378 0.1223	.	.
ECNT	0.35147 0.0001	0.75831 0.0001	0.75810 0.0001	0.78435 0.0001	1.00000 0.0	0.92752 0.0001	-0.08948 0.1831	-0.00369 0.9564	0.5276 0.4331	.	.
TOT_LL	0.23507 0.0004	0.54479 0.0001	0.54464 0.0001	0.55102 0.0001	0.92752 0.0001	1.00000 0.0	-0.03617 0.5911	-0.011979 0.7688	-0.0474 0.9439	.	.
COB_VE	-0.16735 0.0123	-0.11589 0.0842	-0.11418 0.0889	-0.12571 0.0609	-0.08948 0.1831	-0.03617 0.5911	1.00000 0.0	-0.05397 0.0001	0.097857 0.9439	.	.
RAD_IN	-0.02315 0.7310	-0.02465 0.7143	0.04333 0.5197	-0.00369 0.9564	-0.01979 0.7688	-0.05397 0.0001	1.00000 0.0	0.97857 0.0001	-0.055606 0.0001	.	.
PRA_CUL	-0.15379 0.0216	-0.09120 0.1747	-0.08945 0.1832	-0.10378 0.1223	-0.05276 0.4331	-0.00474 0.9439	0.097857 0.0001	-0.055606 0.0001	1.00000 0.0	.	.
PCR_PE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MO_PR	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Cuadro 5.2

Analisis de datos en: Lote No. 1. La Boquilla, Villa de Reyes (Solamente los casos en que PESOG>0)  
 Correlation Analysis Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 39

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	FOR_PE	MO_PR
PESOG	1.00000 0.0	0.37032 0.0203	0.37017 0.0204	0.43877 0.0052	0.49562 0.0013	0.43652 0.0055	-0.29211 0.0712	0.36223 0.0234	-0.27569 0.0894	.	.
LLUV_30	0.37032 0.0203	1.0000 0.0	1.00000 0.0001	0.86291 0.0001	0.88791 0.0001	0.77260 0.0001	-0.17415 0.2890	0.13806 0.4019	-0.14989 0.3624	.	.
INT_MAX	0.37017 0.0204	1.00000 0.0001	1.00000 0.0	0.86284 0.0001	0.88786 0.0001	0.77255 0.0001	-0.17382 0.2899	0.13787 0.4026	-0.14955 0.3635	.	.
IND_EI30	0.43877 0.0052	0.86291 0.0001	0.86284 0.0001	1.00000 0.0	0.93444 0.0001	0.80804 0.0001	-0.18067 0.2710	0.11044 0.5033	0.15539 0.3449	.	.
ECNT	0.49562 0.0013	0.88791 0.0001	0.88786 0.0001	0.93444 0.0001	1.00000 0.0	0.95104 0.0001	-0.22616 0.1662	0.13511 0.4122	-0.20269 0.2159	.	.
TOT_LL	0.43652 0.0055	0.77260 0.0001	0.77255 0.0001	0.80804 0.0001	0.95104 0.0001	1.00000 0.0	-0.19845 0.2259	0.14356 0.3833	-0.18418 0.2617	.	.
COB_VE	0.29211 0.0712	-0.17415 0.2890	0.17382 0.2899	-0.18067 0.2710	-0.22616 0.1662	-0.19845 0.2259	1.00000 0.0	-0.42348 0.0072	0.98136 0.0001	.	.
RAD_IN	0.36223 0.0234	0.13806 0.4019	0.13787 0.4026	0.11044 0.5033	0.13511 0.4122	0.14356 0.3833	-0.42348 0.0072	1.00000 0.0	0.44002 0.0051	.	.
PRA_CUL	0.27569 0.0894	0.14989 0.3624	0.14955 0.3635	-0.15539 0.3449	0.20269 0.2159	0.18418 0.2617	0.98136 0.0001	-0.44002 0.0051	1.00000 0.0	.	.
FOR_PE	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MO_PR	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

También extrema positiva con radiación incidente y prácticas culturales, además es de correlación perfecta negativa con materia orgánica.

El contenido orgánico del perfil también es de correlación extremosa negativa, de baja a buena con la radiación incidente y prácticas culturales; también extremosa positiva, es la correlación con el total de lluvia y cobertura vegetal, además se correlaciona muy bien con el porcentaje de pendiente.

La actividad antropogénica en el ambiente se ha identificado como las prácticas culturales, la cual observa una alta relación con el porcentaje de pendiente, igualmente alto, pero negativo (-), con la cobertura vegetal, materia orgánica del perfil del suelo, y es negativa con el resto de las variables.

Al considerar valores sólo cuando hubo remoción de suelo, la regresión entre variables atmosféricas, ambientales o antropogénica, se mostraron las antes citadas variables (PESOG, LLUV\_30, INT\_MAX, IND\_EI30, ECNT, TOT\_LL, COB\_VE, RAD\_IN, PRA\_CUL, POR\_PE y MO\_PR). La remoción de suelo tiene correlación negativa con siete variables, sobre todo con la energía cinética, es positiva y baja con la radiación, prácticas culturales y el porcentaje de pendiente.

La lluvia tiene alta correspondencia con la intensidad máxima y es decreciente con el índice de erosividad y la energía cinética total y se explica menos con la lluvia total. La intensidad máxima se comporta por igual con algunos eventos, que con el total de ellos, ya que guarda alta correlación con la duración de la lluvia, decrece suavemente con el índice de erosividad, la energía cinética total y le corresponde menos a la lluvia total.

El índice de erosividad guarda buena reciprosidad con la duración y la intensidad máxima de la lluvia, pero se aleja la relación con la acumulación de energía cinética total y se separa más al confrontarlo con la lluvia total del evento. La energía cinética total se corresponde más con la lluvia acumulada, el índice de erosividad y hay separación más abrupta con la duración y la intensidad máxima. La lluvia total es muy afin con la energía cinética total, pero cambia bruscamente con la intensidad máxima, la duración pluvial y cobertura vegetal; la variación tiende a suavizarse con el índice de erosividad.

La cobertura vegetal tiene correspondencia alta con la materia orgánica del perfil, se mantiene baja con el total de lluvia y se comporta negativamente con las prácticas culturales, radiación y el porcentaje de pendiente en el relieve. La radiación incidente se correlaciona mucho con el porcentaje de pendiente y prácticas culturales, es negativa con la cobertura vegetal y la materia orgánica del perfil, continua negativa y baja con las otras variables. La práctica cultural es alta de correlación con el porcentaje de pendiente superficial y con radiación incidente; con las demás variables su correspondencia es negativa de alta a baja.

El porcentaje de pendiente es recíproco y de excelente correlación con prácticas culturales y radiación incidente; es negativa y alta con la cobertura vegetal; de buena correlación negativa con la materia orgánica del suelo y baja y negativa con las otras seis variables. La materia orgánica del perfil sólo mantiene correspondencia buena con la cobertura vegetal; buena y negativa con el porcentaje de pendiente, prácticas culturales y radiación y muy mala con el resto de las variables.

El análisis stepwise con los datos de “La Boquilla” proporciona las siguientes ecuaciones de erosión; por otra parte al considerar el valor del factor “R” para la ecuación de pérdidas de suelo (EUPS), el producto resultante es generalmente subestimado de los valores observados.

La Boquilla, lote No. 1

$$E = -1814.80234 + 41.90030 PO\_LI + 9.910225 PO\_SAT + 1.302640 ESC\_L + 151.42177 POR\_PE.$$

Explica el 73 % de la erosión.

**EROSION OBSERVADA 18.55 GRAMOS**

$$E = R \cdot LS \cdot K \cdot C \cdot P \text{ (Los valores son reportados en el Cuadro 4.1)}$$

Donde:

$$\begin{aligned} R &= 0.97 \\ LS &= 0.185 \\ K &= 0.48 \\ C &= 0.4 \\ P &= 0.1 \end{aligned}$$

EROSION CALCULADA 3.445 GRAMOS

La Boquilla, lote No. 2

$$E = - 2505.463059 + 23.3895577 PO\_RC + 42.767734 PO\_SAT + 2.552663 ESC\_L - 293.386865$$

RAS. Explica el 63 % de la escorrentia.

EROSION OBSERVADA 353.686 GRAMOS

En tanto que mediante la EUPSusando el factor "R" que erosionó la cantidad citada:

$$E = R \cdot LS \cdot K \cdot C \cdot P$$

Donde:

$$R = 0.97$$

$$LS = 0.275$$

$$K = 0.42$$

$$C = 0.4$$

$$P = 0.1$$

EROSION CALCULADA 4.4814

### 5.2.2 Lotes 3 y 4, Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

Lotes tres y cuatro de Ojo Caliente, Santa María del Río, S. L. P. La matriz de correlación de pearson muestra que de las 361 observaciones que se tuvieron en el sitio 2 (Cuadro 5.3), las variables correlacionaron como sigue:

La remoción de suelo (PESOG) niega relación entre las variables atmosféricas, radiación (RAD\_IN) y estacionalmente con la lluvia, vegetación y las prácticas culturales en el análisis global. además se observa una baja correlación y escasa probabilidad entre PESOG, RAD\_IN, PRA\_CUL y POR\_PE entre los eventos con escorrentia. La cantidad de suelo erosionado no presenta correlación entre el total de observaciones, en cambio existe baja correlación entre radiación incidente (positiva), practicas culturales y cobertura vegetal, estas dos últimas negativas.

La lluvia (LLUV\_30) es de correlación perfecta a buena, con la intensidad, energía cinética total, índice erosivo y lluvia total (INT\_MAX, IND\_EI30, ECNT y TOT\_LL), pero si se considera sólo las observaciones con pérdida de suelo (Cuadro 5.3), la correlación es más uniforme y decrece la

correlación entre las variables del lote tres. Se observa una correlación semejante entre estas mismas variables pero con valores más bajos y con probabilidad menos significativa en las lluvias que produjeron escorrentía, para el lote cuatro (Cuadro 5.4).

La intensidad pluvial es recíproca con la lluvia y colabora para que la energía cinética total tenga un índice erosivo estadísticamente significativo, de tal forma que las cuatro variables de la lluvia son interdependientes y determinan la naturaleza erosiva en un 75 a 99 %. Igualmente en el lote cuatro (Cuadro 5.3), la correlación es ascendente para las variables TOT\_LL, IND\_EI30, ECNT e INT\_MAX de la lluvia, pero la correlación con la duración de la lluvia (LLUV\_30) disminuye a media, en el total de los eventos y es escasa y de poca probabilidad para observaciones que produjeron dispersión de suelo.

Cuando se consideran como factor climático (total de registros), el índice de erosividad de la lluvia (IND\_EI30), depende de la energía cinética total (ECNT), duración (LLUV\_30) de la misma y de la intensidad (INT\_MAX), esta conexión se refleja como un valor hasta del 80 % en el total de energía cinética e independientemente de la lluvia total (TOT\_LL ). Cuando se analiza la lluvia como modelador del paisaje (eventos que inducen erosión), se depende más de la duración de la lluvia, intensidad, energía cinética y total de lluvia respectivamente, todas con excelente probabilidad ( $<0.0001$ ) en el lote tres.

La correlación de la erosividad (IND\_EI30) en el lote cuatro, es más fuerte para la energía cinética total y disminuye para la intensidad máxima, total de lluvia y duración de la lluvia, pero con excelente probabilidad ( $<0.0001$ ). Los eventos con pérdida de suelo se correlacionan en forma semejante, salvo que se permutan, intensidad máxima y total de lluvia, además de baja correlación con duración de la lluvia y escasa probabilidad para los eventos que causaron erosión. Lo que significa que se requiere mayor saturación en el suelo que intensidad de la lluvia, para dispersar el suelo.

La energía cinética total (ECNT) se correlaciona fuertemente con la lluvia acumulada y decrece su reciprosidad a una magnitud semejante con la duración del evento, intensidad máxima y el índice de

erosividad (IND\_EI30). Al analizar los eventos que causaron erosión, la correspondencia se intercambia, entre las variables índice de erosividad y duración de la lluvia, en el lote tres. Un comportamiento semejante de correlación resultó en el lote cuatro, para la lluvia con erosión de suelo, decrece de casi perfecta a muy baja entre total de lluvia, índiceerosivo, intensidad máxima a duración de la lluvia.

En tanto que del análisis general (datos de los seis lotes), la correlación de la duración de la lluvia es desplazada por intensidad máxima e índice de erosividad. La lluvia total tiene fuerte reciprocidad con la energía cinética total (ECNT), pero disminuye a media con su duración, la intensidad máxima y su índice erosivo.

Al analizar los eventos que inducen erosión, se ve la influencia puntual del índice erosivo, la duración y la intensidad de la lluvia con buena correlación y además, correlación media a baja para variables como cobertura vegetal, porciento de pendiente (-), practicas culturales (-) y radiación incidente (-), todas de probabilidad buena ( $<0.0002$ ), para el sitio número uno. En el lote cuatro, resultó que hay correlación alta de la lluvia total con la intensidad y descende en el índice erosivo y duración de la lluvia respectivamente; para los eventos que dispersan el suelo, únicamente se permutan el índice erosivo y la intensidad, en ambos casos se mantiene la probabilidad significativa ( $<0.0001$ ).

Entre los factores ambientales o del paisaje, está la cobertura vegetal (COB\_VE), la cual tiene reciprocidad muy buena con el porciento de pendiente (POR\_PE) y negativa alta con las prácticas culturales (PRA\_CUL), ocurre lo contrario con la materia orgánica del perfil (MO\_PR), que tiene correlación buena; la regresión tiende a un valor medio con la radiación incidente, pero de signo negativo. La correlación es buena a casi perfecta entre estas variables, cuando sólo se consideraron las lluvias de erosión y en el mencionado orden, salvo que se permutan materia orgánica y radiación incidente; conservando alta la probabilidad en ambos lotes del sitio tres. En el lote cuatro (Cuadro 5.3). hay una correlación extremosa, desde media negativa a casi perfecta positiva, de la cobertura vegetal con radiación incidente y prácticas culturales respectivamente y este comportamiento se mantiene tanto en la totalidad de los eventos, como cuando la lluvia produce escorrentia.

Cuadro 5.3

Análisis de correlacion y regresion Lote No. 3 Ojo Caliente, Santa Maria del Río, S.L.P:  
 Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	POR_PE	MO_PR
PESOG	1.00000 0.0	-0.01018 0.8471	-0.01028 0.8456	-0.01878 0.7258	-0.01825 0.7296	-0.01384 0.7933	0.06038 0.2525	-0.02317 0.6608	-0.05336 0.3120	-0.05979 0.2572	0.07254 0.1691
LLUV_30	-0.01018 0.8471	1.00000 0.0	0.99999 0.0001	0.77395 0.0001	0.88189 0.0001	0.74820 0.0001	0.02682 0.6115	0.02138 0.6856	-0.04417 0.4027	-0.03487 0.5090	0.01418 0.7883
INT_MAX	-0.01028 0.8456	0.99999 0.0001	1.00000 0.0	0.77394 0.0001	0.88187 0.0001	0.74817 0.0001	0.02683 0.6114	0.02136 0.6859	-0.04424 0.4019	-0.03490 0.5086	0.01421 0.7878
IND_EI30	-0.01878 0.7258	0.77395 0.0001	0.77394 0.0001	1.00000 0.0	0.80593 0.0001	0.67373 0.0001	-0.01321 0.8052	0.03619 0.4991	-0.00833 0.8764	0.00626 0.9069	-0.00932 0.8618
ECNT	-0.01825 0.7296	0.88189 0.0001	0.88187 0.0001	0.80593 0.0001	1.00000 0.0	0.94844 0.0001	0.04112 0.4360	0.01426 0.7871	-0.05781 0.2733	-0.04692 0.3741	0.02992 0.5710
TOT_LL	-0.01384 0.7933	0.74820 0.0001	0.74817 0.0001	0.67373 0.0001	0.94844 0.0001	1.00000 0.0	0.06319 0.2311	-0.00330 0.9502	-0.07540 0.1528	-0.06673 0.2059	0.04833 0.3599
COB_VE	0.06038 0.2525	0.02682 0.6115	0.02683 0.6114	-0.01321 0.8052	0.04112 0.4360	0.06319 0.2311	1.00000 0.0	-0.69342 0.0001	-0.96919 0.0001	-0.99296 0.0001	0.83036 0.0001
RAD_IN	-0.02317 0.6608	0.02138 0.6856	0.02136 0.6859	0.03619 0.4991	0.01426 0.7871	-0.00330 0.9502	-0.69342 0.0001	1.00000 0.0	0.59261 0.0001	0.67575 0.0001	-0.56456 0.0001
PRA_CUL	-0.05336 0.3120	-0.04417 0.4027	-0.04424 0.4019	-0.00833 0.8764	-0.05781 0.2733	-0.07540 0.1528	-0.96919 0.0001	0.59261 0.0001	1.00000 0.0	0.98621 0.0001	-0.82516 0.0001
POR_PE	-0.05979 0.2572	-0.03487 0.5090	-0.03490 0.5086	0.00626 0.9069	-0.04692 0.3741	-0.06673 0.2059	-0.99296 0.0001	0.67575 0.0001	0.98621 0.0001	1.00000 0.0	-0.83670 0.0001
MO_PR	0.07254 0.1691	0.01418 0.7883	0.01421 0.7878	-0.00932 0.8618	0.02992 0.5710	0.04833 0.3599	0.83036 0.0001	-0.56456 0.0001	-0.82516 0.0001	-0.83670 0.0001	1.00000 0.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 5.4

Análisis de correlación y regresión (Cuando PESOG>0) Lote No.3 Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.  
 Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations 32

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	PCR_PE	MO_PR
PESOG	1.00000 0.0	-0.10195 0.5788	-0.10240 0.5771	-0.12667 0.4971	-0.09993 0.5863	-0.05947 0.7465	-0.18765 0.3037	0.24505 0.1764	0.18554 0.3093	0.18733 0.3046	-0.12366 0.5001
LLUV_30	-0.10195 0.5788	1.00000 0.0	1.00000 0.0001	0.94575 0.0001	0.84921 0.0001	0.67116 0.0001	0.26374 0.1447	-0.30864 0.0857	-0.28612 0.1124	-0.29475 0.1015	0.11074 0.5463
INT_MAX	-0.10240 0.5771	1.00000 0.0001	1.00000 0.0	0.94561 0.0001	0.84911 0.0001	0.67110 0.0001	0.26430 0.1438	-0.30913 0.0851	-0.28673 0.1116	-0.29533 0.1008	0.11128 0.5443
IND_EI30	-0.12667 0.4971	0.94575 0.0001	0.94561 0.0001	1.00000 0.0	0.90516 0.0001	0.72020 0.0001	0.28028 0.1267	-0.35760 0.0483	-0.28853 0.1155	-0.30270 0.0979	0.11096 0.5523
ECNT	-0.09993 0.5863	0.84921 0.0001	0.84911 0.0001	0.90516 0.0001	1.00000 0.0	0.93833 0.0001	0.49542 0.0039	-0.50524 0.0032	-0.49131 0.0043	-0.49913 0.0036	0.31963 0.0745
TOT_LL	-0.05947 0.7465	0.67116 0.0001	0.67110 0.0001	0.72020 0.0001	0.93833 0.0001	1.00000 0.0	0.60903 0.0002	-0.56781 0.0007	-0.59873 0.0003	-0.60092 0.0003	0.42521 0.0153
COB_VE	-0.18765 0.3037	0.26374 0.1447	0.26430 0.1438	0.28028 0.1267	0.49542 0.0039	0.60903 0.0002	1.00000 0.0	-0.94267 0.0001	-0.99079 0.0001	-0.99340 0.0001	0.80054 0.0001
RAD_IN	0.24505 0.1764	-0.30864 0.0857	-0.30913 0.0851	-0.35760 0.0483	-0.50524 0.0032	-0.56781 0.0007	-0.94267 0.0001	1.00000 0.0	0.92722 0.0001	0.94428 0.0001	-0.76001 0.0001
PRA_CUL	0.18554 0.3093	-0.28612 0.1124	-0.28673 0.1116	-0.28853 0.1155	-0.49131 0.0043	-0.59873 0.0003	-0.99079 0.0001	0.92722 0.0001	1.00000 0.0	0.99846 0.0001	-0.80516 0.0001
PCR_PE	0.18733 0.3046	-0.29475 0.1015	-0.29533 0.1008	-0.30270 0.0979	-0.49913 0.0036	-0.60092 0.0003	-0.99340 0.0001	0.94428 0.0001	0.99846 0.0001	1.00000 0.0	-0.80640 0.0001
MO_PR	-0.12366 0.5001	0.11074 0.5463	0.11128 0.5443	0.11096 0.5523	0.31963 0.0745	0.42521 0.0153	0.80054 0.0001	-0.76001 0.0001	-0.80516 0.0001	-0.80640 0.0001	1.00000 0.0



Por otra parte la radiación incidente (RAD\_IN) tiene correspondencia buena con el porcentaje de pendiente y decrece un poco ante las prácticas culturales; es negativa y buena con la materia orgánica del perfil del suelo y cobertura vegetal; este comportamiento es semejante en el análisis para eventos con escorrentía, en el orden que se citan y en su probabilidad, pero se eleva la correspondencia a muy buena. Además se presenta una correlación positiva baja con el suelo erosionado (PESOG) y se vuelve negativa con el resto de las variables y de mayor probabilidad con el total de lluvia. La radiación incidente en el lote dos, mantiene una correlación negativa de media a buena, para el total de las observaciones como durante los eventos que inducen dispersión del suelo respectivamente; en ambos casos la probabilidad es significativa ( $<0.0001$ ).

Se manifiesta una muy buena correspondencia, entre las prácticas culturales y el porcentaje de pendiente (POR\_PE), decrece a intermedia la correlación ante la radiación incidente y se comporta negativa (-), pero con mayor correlación, con la materia orgánica del perfil y la cobertura vegetal; tanto en el análisis global como en los eventos de dispersión del suelo. En el lote cuatro, las prácticas culturales tienen comportamiento semejante al descrito; correlación casi perfecta con cobertura vegetal a media con radiación incidente, tanto en el análisis global como en el parcial (eventos con erosión).

El relieve o porcentaje de pendiente guarda aceptable correlación con las prácticas culturales y es intermedia con la radiación incidente, decrece a negativa ante la materia orgánica y cobertura vegetal. Este resultado es muy semejante al que se observa en el análisis de los eventos que transportaron sedimentos, pero con mayor correlación en la radiación incidente. En el lote cuatro, el porcentaje de pendiente no presentó correlación con ninguna variable en el análisis global, ni en los datos de lluvias con escorrentía.

La materia orgánica del perfil del suelo tiene correlación buena positiva con cobertura vegetal y negativa con el porcentaje de pendiente y con prácticas culturales, esta correlación decrece hasta ser intermedia con radiación incidente; condición que es semejante, al analizar los eventos con dispersión del suelo. En el lote de escorrentía cuatro, la materia orgánica no mostró correlación con las variables del total de los eventos ni de las lluvias con pérdida de suelo.

La ecuación de pérdida de suelo por el método Stepwise del lote 3 y 4 son como sigue:

Ojo Caliente, lote No. 3.

$$E = -1671.53176625 + 9.06610721 \text{ LLUV}_{30} - 2.25432012 \text{ IND}_{EI30} + 159.72784956 \text{ ECNT} - 30.43809408 \text{ TOT}_{LL} + 5.86316924 \text{ PO}_{RC} + 288.03426543 \text{ PH}_{SU} - 66.90332144 \text{ PH}_{AG} + 3.99737052 \text{ POT}_{MG} - 2.3609375 \text{ CL}_{MG} + 0.17871464 \text{ AL}_{CO3}$$

Cuyas variables determinan el 97 % de la erosión del suelo.

En tanto que la erosión observada fue de 11.633 gramos, el factor "R" de la misma lluvia por los factores de la parcela predicen una pérdida de:

$$E = R \cdot LS \cdot K \cdot C \cdot P$$

Donde:

$$R = 1.19$$

$$LS = 0.2$$

$$K = 0.55$$

$$C = 0.5$$

$$P = 0.1$$

EROSION CALCULADA 6.545 GRAMOS

Ojo Caliente, lote No. 4.

$$E = -268.41455878 + 0.14485807 \text{ K}_{KG} + 138.06079638 \text{ MMHOS} + 0.66750799 \text{ RAD}_{IN}$$

Las tres variables en esta ecuación explican el 60 % de la dispersión de suelo.

El factor "R" no produjo erosión en este lote cuatro, sin embargo el mismo factor en la EUPS con los factores de la parcela predice erosión equivalente de:

$$E = R \cdot LS \cdot K \cdot C \cdot P$$

Donde:

$$R = 1.19$$

$$LS = 0.2$$

$$K = 0.66$$

$$C = 0.02$$

$$P = 0.1$$

$$E = 3.1416 \text{ gramos}$$

### 5.2.3 Lotes 5 y 6, Valle de los Fantasma, Villa de Zaragoza, S.L.P.

La escorrentía captada de Valle de los Fantasma, es de terrenos de 6ª clase por su condición topográfica (24 % de pendiente) y profundidad de suelo, es una área de bosque muy perturbada con especies inducidas, dedicadas al pastoreo errático y cultivo de temporal nómada, las pendientes en que se midió la escorrentía mantuvo el 100 (lote 6) y 50 (lote 5) por ciento de cobertura de pasto natural.

Valle de los Fantasma, lote No. 5

$$E = 3230.041714 + 14.270474 PO\_AR - 1360.519841 DE\_RE + 5.209997 PO\_SAT + 196.939389 MMHOS + 9.790661 CA\_MG - 1.770564 AL\_CO3 + 1.659254 ESC\_L.$$

Variabes que tienen que ver con la textura y el grado de saturación explican el 67 % de la erosión.

La erosión observada asciende a 6.969 gramos

El factor "R" de la EUPS por los factores de la parcela predice erosión equivalente a:

$$E = R \cdot LS \cdot K \cdot C \cdot P$$

Donde:

$$R = 0.83$$

$$LS = 2.4$$

$$K = 0.52$$

$$C = 0.60$$

$$P = 0.1$$

$$E = 0.0621504 \text{ gramos}$$

Valle de los Fantasma, lote No. 6

$$E = - 49487.974625 + 302.957647 PO\_AR + 434.989994 PO\_LI + 645.276520 PO\_RC + 426.681147 MMHOS + 4.055716 DU\_CO - 666.692253 NI\_T - 156.255926 PH\_AG.$$

La inclusión del nitrógeno total nos dice que es la vegetación la que indirectamente incrementa el porcentaje (90 %) de la explicación en el comportamiento erosivo.

La erosión observada es de 0.0 gramos

La EUPS con el factor "R" y los factores de la parcela predice erosión de:

$$E = R \cdot LS \cdot K \cdot C \cdot P$$

Donde:

$$\begin{aligned} R &= 0.83 \\ LS &= 2.4 \\ K &= 0.22 \\ C &= 0.60 \\ P &= 0.1 \end{aligned}$$

$$E = 0.0262944 \text{ gramos}$$

Los factores ambientales que intervienen en la escorrentia, esta sujeta a las condicionantes de los mismos, ya que la lluvia puede ser de intensidad y duración fuerte y prolongada sobre un suelo con vegetación al 100 % y con inclinación abrupta, y apenas conducir algunos gramos de las partículas del suelo (lote 6) o bien sobre un suelo muy pedregoso (90%), buena capacidad de infiltración y pendiente suave (4%) y conducir desde algunos gramos hasta varios kilos de suelo (lote 3), dependiendo de la humedad previa del suelo.

En ambos casos y en condiciones normales los factores ambientales intervienen en la escorrentia, sin embargo, los efectos pluviales sobre el suelo, resultan muy aleatorios en cuanto agresividad climática se refiere, esto se puede comprobar por la cantidad de suelo erosionado y el número de muestras entre los lotes uno y dos de La Boquilla (Cuadro 5.5), de los dos de Ojo Caliente y los de Valle de los Fantasmas.

En éste sitio se tuvieron hasta dos veces el número de muestras, pero se considera que esto no es alarmante ya que aquí se tiene también mayor precipitación y más de tres veces inclinación de

terreno, es decir las condicionantes ambientales del relieve guardan equilibrio con los factores del clima en las tres localidades.

Entre los factores biológicos, el humano es el principal promotor de la remoción del suelo, pues en las localidades se realizan actividades agrícolas, más la falta de certidumbre del comportamiento climático, se deja al suelo sin protección de la lluvia y de esta manera se acelera la remoción de las partículas, sobre todo, ahí donde además de la agrícola, hay construcción y /o extracción de materiales para beneficio social, la remoción del suelo se incrementa y se acelera con la lluvia o el viento y disminuye paulatinamente los niveles de fertilidad y producción de las parcelas.

La actividad humana se hace más evidente al comparar los lotes de Valle de los Fantasmas, ya que estos se ubicaron uno frente al otro y donde la diferencia entre ellos, se refiere al porcentaje de cubierta vegetal y la frecuencia de actividad humana, lo cual se reflejó en la cantidad de muestras (46 y 78) y peso de suelo erosionado (8.8 y 21.5 kilos) en cada lote (5 y 6) durante el periodo de cuantificación (Cuadro 5.5).

El suelo es de textura migajón arcillo arenoso en La Boquilla y Ojo Caliente (lotes 1 a 4), aun cuando su material parental es diferente (ignimbrita, riolita y toba), en este caso la riolita y traquita por su condición ácida (60 a 70 % de sílice), al intemperizar da carácter arenoso a sus partículas, (lotes de Santa María del Río y Villa de Reyes), que evidencia en parte que se debió a procesos de intemperización de ambiente más húmedo, por su pedregosidad redondeada (conglomerado), el ecosistema cambió a semiárido, esta condición textural hace que su erodabilidad requiera mayor humedad antes del inicio de escorrentia (como se señala en la gráfica de Hjulstrom, Figura 3.4), ya que el suelo tiene gran capacidad de infiltración (Por ciento de humedad, Cuadro 6.5), a menos que se presente una concentración de la escorrentia; propiedad que además es favorecida regularmente por la poca frecuencia de intensidades de lluvia fuertes.

La intensidad máxima de la lluvia a los intervalos de 30 minutos, manifiesta una correlación progresiva, de moderada a perfecta (muy buena), con el total de lluvia, energía cinética total e índice erosivo, lo que significa que son variables dependientes entre sí y explican su potencial erosivo de 75

a 99 por ciento, independientemente de las condiciones climáticas en que se produzca. Esta tendencia estadística se observó en los métodos Pearson como en el de Componentes Principales.

Se pudo observar que los suelos desnudos bien sea de textura limosa aún en pendientes del orden del 20 por ciento pueden soportar intensidades de lluvia de 19 mm/h, si poseen capacidad de infiltración y/o retención de humedad sin deformación de sus agregados.

La colmatación de los poros del suelo es en parte una característica de la amortiguación del suelo, con lo que se evita la dispersión de los agregados, pues si bien la colmatación del suelo se comporta como una superficie que incrementa la escorrentía, también conduce el agua hacia las partes bajas o pendientes más suaves, donde se retiene la fuerza erosiva de la corriente y donde se retiene el transporte de las partículas del suelo, que de otra manera las gotas romperían los agregados y produciría un cambio más rápido del paisaje húmedo como del seco o intermedio.

De los procesos estadísticos aplicados a la base de datos; la regresión stepwise dió mejores resultados al incluir variables de los diferentes factores (Edáfico, Clima) que intervienen en el proceso de erosión del suelo, y que las relaciones entre variables, las hace dependientes a ciertas condiciones que pueden favorecer o inhibir la pérdida del suelo y la disponibilidad de nutrimentos que afecta el por ciento de cobertura vegetal principalmente

De los factores biológicos, la vegetación se ha comportado de forma dual, en una, para el desarrollo vegetal, en otra para la degradación del suelo, pues su acción edáfica ha sido muy perturbada en la medida de la expansión del área urbana, lo cual ha contribuido a la pérdida de suelo y ha que el deterioro del paisaje se vea acelerado.

En razón de las intensidades, erosividad de la lluvia, así como de la cantidad de suelo erosionado para cada uno de los sitios, se pudo determinar que la formación de cárcavas en las zonas subhúmedas se debe a la continua perturbación de la vegetación, de la concentración de escorrentía y del grado de pendiente del terreno.

La alteración de la vegetación (pastoreo, tala u otras), declive del terreno y la escorrentía laminar en las planicies y lomeríos suaves de las zonas semiáridas se manifiestan como un rejuvenecimiento<sup>1</sup> en el proceso de erosión, es decir hay una exposición del subsuelo a los factores climáticos o biológicos que aceleran la erosión del suelo.

Cuadro 5.5 Resumen de la relación de valores de lluvia, muestras de escorrentía y peso de suelo erosionado en cada lote<sup>2</sup>.

Municipio Localidad	Villa de Reyes La Boquilla		Santa María del Río Ojo Caliente		Villa de Zaragoza Valle de los Fantasmas	
	1	2	3	4	5	6
Lote						
Eventos. (Días con lluvia) <sup>3</sup>	221		368		700	
Precipitación. mm	1014.7		1512.2		4396.6	
Intensidad mm/hr						
Máxima.	35.3	35.3	92.0	92.0	87.0	87.0
Mínima.	0.43	0.3	1.57	1.23	0.42	0.42
Índice erosivo. (EI30) Mj/mm						
Máximo.	426.64	426.64	263.16	658.76	26.43	26.43
Mínimo.	0.01		0.71	0.54	0.01	0.04
Muestras.	39	33	32	34	78	46
Peso de suelo erosionado. g	14285.3	13629.8	2579.3	3374.5	21352.6	8828.1

<sup>1</sup> Elevación relativa del proceso de erosión o exposición del subsuelo a la erosión.

<sup>2</sup> En el anexo 2 del apéndice se muestra un resumen con los datos de algunas variables obtenidos en cada lote.

<sup>3</sup> De 1980 a 1989 en Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P. De 1982 a 1989 en las otras localidades.

## 6. ANÁLISIS AGRONÓMICO

Las relaciones de fertilidad y condiciones físicas del suelo obtenidos del análisis de laboratorio han resultado útiles para conocer su potencial de producción, que de no ser por la escasez de agua y lo pedregoso de unos y la pendiente abrupta de otros, resultan aceptables en la obtención de productos básicos, pues no presentan problemas físicos o químicos difíciles de afrontar; la alcalinidad del suelo del lote dos (La Boquilla), se debe al proceso de intemperización que subsiste del material tobacéo, por ser uno de los últimos materiales ígneos depositados durante el cambio de humedad regional, como lo evidencia el depósito de conglomerado.

La distribución del carácter textural los hace poco erodables bajo el régimen pluvial actual, pues necesitan bastante humedad antecedente o bien lluvia con intensidades máximas de 24 horas que sobre pasen los 25 milímetros, lo cual hay poca probabilidad de que ocurra, o bien, a menor intensidad y ubicados en pendientes mayores al tres por ciento, para que sea erosionado el suelo.

Los terrenos donde se captó la escorrentia de Villa de Reyes son de 1ª (lote 1) y 6ª (lote 2) clase por su profundidad de suelo respectivamente, ambos son usados para pastoreo nómada, ya que tienen limitaciones de clima para los cultivos de temporal, pero sobre todo la tenencia de tierra limita el aprovechamiento integro del suelo y agua, ya que las discrepancias entre ejidatarios impiden la rehabilitación de una represa ubicada aguas arriba del arroyo que separa el suelo de ambos lotes.

Las parcelas de ojo caliente corresponden a tierras de sexta clase por pedregosidad, sin embargo, por la disponibilidad de agua es posible el cultivo y obtención de cosechas, las que pueden variar de una a tres por año, sobre todo las áreas en forma de terrazas de banco que se ubican a las márgenes de los arroyos.

La alta susceptibilidad a la erosión del suelo presente en parcelas de Valle de los Fantasmas, se debe a la deforestación y acción agrícola nómada que se practica, pues la



mayoría del terreno excede en 20 % de pendiente, aunado a lo poco profundo y la explotación de cantera para manufactura de cal, por lo cual es necesario incrementar su uso silvícola, ya que las condiciones limitantes no permiten un uso agrícola extensivo.

El área se puede utilizar también con fines de recreación dirigida, sin embargo, se debe evitar la concentración de la población, ya que la deforestación y sobre pastoreo se incrementarían y la explotación de minerales (caliza, mármol, flourita), aceleraría más el deterioro del suelo, por ser estas las condicionantes del paisaje.

## 7. CONCLUSIONES

La formación de cárcavas en las zonas subhúmedas se debe al incremento continuo de perturbación de la vegetación, de la concentración de escorrentía y de la pendiente del terreno.

El rejuvenecimiento<sup>1</sup> de las planicies silvícolas y agrícolas de las zonas semiáridas es causado por la alteración duradera de la vegetación, erosión laminar e inclinación del terreno.

El efecto dispersor de la lluvia, tiene baja correlación cuando es evaluado con relación al peso de suelo erosionado y se manifiesta correlación alta a través de la intensidad máxima e índice erosivo para los periodos de precipitación de treinta minutos.

El conocimiento de las características de cada factor y el uso racional de los recursos es la clave para conservar la capacidad productiva de las áreas tanto agrícolas, como silvícolas.

Se acepta la hipótesis nula de que la erosividad pluvial para ecosistemas semiáridos y subhúmedos es similar.

No se rechaza la hipótesis alterna de que, la erodabilidad del suelo de zonas áridas depende más del factor roca parental que de la vegetación.

El resultado de la evaluación estadística por componentes principales, indica que las variables para cada factor son independientes entre sí.

La regresión Stepwise, resultó ser el método más descriptivo del proceso de escorrentía en los lotes de observación.

La ecuación de predicción de pérdida de suelo (EUPS) del USDA, subestima los valores de erosión cuando las parcelas presentan superficie hasta del 40 % con suelo desnudo y donde se concentre el transporte de la escorrentía; sobrestima la pérdida muy ligeramente si la parcela tiene el 100 % de cobertura vegetal, aún cuando exceda el 20 % en pendiente.

---

<sup>1</sup> Elevación relativa del proceso de erosión o exposición del subsuelo a la erosión.

## 8. RECOMENDACIONES

Para el proceso de componentes principales, se debe considerar en el análisis, valores de clima, suelo o vegetación por separado o bien cifras estándar, con el propósito de no enmascarar los eventos y de obtener mejores resultados.

Si se desea emplear la EUPS, para la estimación de pérdida de suelo en zonas semiáridas o subhúmedas, se le deben hacer ajustes a cada variable de la ecuación, ya que los resultados obtenidos manifiestan que el suelo en cada lugar depende de su esencia natural y ubicación, es decir, por una parte, de su contenido mineral, en otro de su textura, a veces de la lluvia antecedente y en otras ocasiones de la conjugación de los factores del suelo, relieve y/ o clima local.

ESTA TESIS DEBE SER  
DE LA BIBLIOTECA

## 9. BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilera, H. N. 1970. Manual de análisis físico y químico del suelo. Laboratorio de edafología, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Aguilera, H. N. y Chávez, J. 1990. 1<sup>er</sup> Simposium Nacional Degradación del suelo. Instituto de Geología. UNAM. Abril 2-7 Ciudad Universitaria.
- Arias, R.H.M. 1986. Modeling the movement of tebuthiuron in runoff and soil water. Tesis Dr. University of Arizona. P:13 -73.
- Barry, R.G. y R.J. Charley. 1978. *Atmósfera, Tiempo y Clima*. 2a. Ed. Omega. Barcelona. 395 p.
- Baver, L.D.; Gardner, W. H.; Gardner, W. R. 1991. *Física de suelos*. Limusa. 1<sup>a</sup> R. México. 529 p.
- Blanco, M. G. y Ramírez, C. G. 1966. *La Conservación del Suelo y Agua en México*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México.
- Bryan, K. 1948. Los Suelos Complejos Fósiles de la altiplanicie de México, en Relación con los Cambios Climáticos. *Boletín de la Sociedad Geológica de México*. México. p 1-20.
- Bocco, G. 1989. Análisis estadístico de datos hidrometeorológicos en estudios de erosión acelerada. Un caso de estudio en la cuenca del río Tlalpujahua, México. Instituto de Geografía. UNAM.
- Brooks, K.N.; Folliot, P.F.; Gregersen, H.M. and thames, J.L. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Iowa State University. P.129 - 203.
- Bohn, H. L. 1993. *Química del suelo*. Limusa - Noriega México. 370p
- Campos, A. D.F. 1987. *Procesos del ciclo hidrológico*. UASLP. San Luis Potosí, México. V 1. T 1. P. 3,43.
- Campos, A. D.F. 1989. Diez Criterios para la Evaluación del Factor de Erosividad de la Lluvia, de la Formula Universal de Pérdida del Suelo. VI Congreso Nacional de Hidráulica. Asociación Mexicana de Hidráulica. Mérida, Yucatán.
- Comisión Nacional del Agua. 1988. *Recopilación meteorológica Estatal*. San Luis Potosí.
- De Jarmy, E. 1956. *Consideraciones y Reflexiones Sobre Pluviogénia*. Ingeniería Hidráulica de México. Julio Septiembre. p 87-92.
- De Novo, P. y f. Chicarro. 1957. *Diccionario de Geología y Ciencias Afines*. Labor. México. T:I-II. 1685p.

- Díaz de León, S. E. 1988. Manual de métodos para análisis físico – químico de aguas naturales. Departamento de Hidrogeoquímica. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. UASLP.
- Evans, R. 1984. Mecanismos de la erosión hídrica y sus controles espaciales y temporales: Un punto de vista empírico. *IN* Morgam, R. P. C.; Kirkby, M.J. Erosión de suelos. Limusa. México. 1984. p 142-158.
- El Sol de San Luis. 1970. "Sensacional Hallazgo del Pleistoceno, Gliptodonte" año 18, no. 6327. San Luis Potosí, S.L.P 21 de mayo. Sección i-a.
- Eckholm, E. P. 1977. La tierra que Perdemos. Crisis y Agotamiento de los Recursos Naturales. Editores Asociados. Buenos Aires.
- FAO. 1992. La deforestación de los bosques. Selecciones. Reader's Digest.
- Fernández, L. E. 1943. Conservación de Suelos. Tesis. ENA.
- Figueroa, S. B. 1975. Perdidas de suelo y Nutrimientos y su Relación con el uso del suelo en la Cuenca de Texcoco Tesis MC. Escuela Nacional de Agricultura, México. 209p
- Fortanelli, M. J. 1981. Sistemas de producción de cosechas de riego en cañadas y planicies de inundación aledañas a San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. México. 289p.
- Foster, G.R.; McCook, D. K.; Renard, K. G. and Mothen Haver, W. C. 1981. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Units journal of soil & Water conservation*. Nov. - Dic. V:36:6: 355 - 359.
- Frausto, R. J. 1990. Caracterización física de la erosión hídrica laminar y en arroyuelos. Caso: Paraje zaayucuanino, del distrito político de Nochistlan Oaxaca. Tesis. MC. C.P. Montecillo, Estado de México.
- García, E. y Trejo, R.I. 1992. Satélites meteorológicos, nubes y precipitación. *Geounam. Boletín informativo del área ciencias de la tierra*. Noviembre. VI:2:11 - 16
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación de Koppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2ª Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246p.
- García, O. F. y Maass, M. J.M. 1990. Algunas consideraciones con respecto a las prácticas de conservación de suelos en zonas tropicales. *Centro de Ecología. UNAM*. Octubre. 15p.
- Garza, B. S. A. 1978. Cartografía geológica de la hoja Santa Catarina, S.L.P. IGM. UASLP. 40p. Mapas (Folleto Técnico no. 61).

- Grande, L. R. y Grande, L.F. 1968. Suelos Fósiles del Municipio de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí. IIZD UASLP. 45p.
- Grande L., R. 1974. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas. Análisis considerados como de rutina para fines agroeconómicos y de fertilidad. IIZD UASLP. snt. Mimeografiado.
- Grande, L.R. 1985. Soil of chihuahuan desert. IN Bender, G.L. Ed. Reference Handboock on the Deserts of North America. 6:321-381. West Port. Greenwood Press. USA.
- Griffiths, J. 1985. Climatología Aplicada. Cultural. México 154 p.
- Gómez, G.A. 1963. Condición de los Terrenos de Pastoreo del Municipio de Villa de Arriaga. II Congreso Mexicano de Botánica. Septiembre. Departamento de botánica del IIZD UASLP.
- Gómez, G. A. 1963. El Zacatal de Villa de Arriaga, S.L.P., Un recurso natural que se pierde. Resumen, Congreso Mexicano de Botánica. Sept. IIZD. UASLP.
- Gómez, L. E. F. 1985. Vegetación de zonas áridas. IIZD. UASLP. México.
- Guevara, G. R. D. 1994. Validación de los componentes hidrológico y erosión del modelo matemático EPIC (Erosion/ Productivity Impact Calculator) en parcelas agrícolas de temporal. Tesis MC. C.P. Montecillo, Edo. México. 64p.
- Habit, M.L.S. Botero. 1977. Evaluación y Rehabilitación de zonas áridas y semiáridas. Algunas experiencias obtenidas. Recogidas por la FAO en América Latina. Conferencia de las Naciones Unidas Sobre la Desertificación. Reunión regional preparatoria para América Latina. Santiago de Chile, Febrero 23-26. 27p.
- Hart, G. 1980. Universal Soil Loss Ecuation is not Universal. Edge. Natural Resources/People. Colege of Natural Resourses Utah State University. V:III: 1. Spring 31p.
- Hernández, H. A. 1984. Comunicación personal. Valle de los Fantasma, Villa de Zaragoza, San Luis Potosí.
- Hodgson, J.M. 1987. Muestreo y descripción de suelos. Reverte. Barcelona.229p.
- Hopcraft, D. 1983. La Tecnología de la Naturaleza. Banco del Atlántico. México.
- Hudson, N. 1971. Soil Conservation. Cornell Uniersity press. Ithaca, New York. 320 P.
- Israelsen, C.E.; Clyde, C.G.; Fletcher, J.E. Israelsen, E. K.; Haws, F.W.; Parker, P.E. and Farmer, E.E. 1980. Erosion control during highway construction manual on principles and

- practices. Transportation research board. National cooperative highway research program report 221. P. 5 - 14.
- INEGI, 19771, 1983 y 1994. Cartas temáticas. 1:50, 000. F 14 A84, F 14 A85, F 14 c14, F 14 C15. Carta de climas. 1: 250, 000. F 14 4, F 14 7,
- Kirkby, M.J.1980. Modelos de procesos de erosión hídrica. IN Morgam, R. P. C.; Kirkby, M.J. Erosión de suelos. Limusa. México. 1984. p 142-158.
- Knisel, W.G. and Foster, G.R. 1980. CREAMS: A system for evaluating best management practices. IN Economics, Ethics, Ecology: Roots of productive conservation. Soil conservation Society of America, Ankeny. Iowa. pp 177 - 194.
- Krumbein, W.C. y Sloss, L.L. 1963. Estratifragia y sedimentación. UTEHA. 778 p.
- Labarthe, H. G. y Tristán, G.M. 1978. Cartografía geológica, hoja San Luis Potosí, S.L.P. IGM. UASLP. 41 p. Mapas. (Folleto Técnico No. 59).
- Labarthe, H. G. y Tristán, G. M. 1980. Cartografía geológica, hoja Santa María del Río, S.L.P. IGM. UASLP. 33p. Mapas. (Folleto Técnico no. 67).
- Labarthe, H. G.; Tristán, G.M. y Agüillón, R.F. 1984. Cartografía geológica, hoja Salitrera, San Luis Potosí IGM. UASLP. 85p. Mapas. (Folleto Técnico No. 94).
- Longwel, R. Ch. y Flint, R.F. 1971. Geología Física. Limusa. México. 545p.
- López, C. y Blanco, C.M. 1968. Aspectos cualitativos y cuantitativos de la erosión hídrica, y del transporte de depósito de materiales. Instituto Forestal de Investigación y experiencias. Madrid.
- Matthews, ILL. William H. 1968. Geología Simplificada. Minerva. México. 207 p.
- Medina, R. J.F. 1962. Estudio geohidrológico e hidrodinámico en las corrientes subterráneas de la cuenca de San Luis Potosí, S.L.P. Tesis. Facultad de Ingeniería UNAM. México.69p.
- Mellink, E., Aguirre R., J.R. y García M., E. 1986. Utilización de la fauna silvestre en el altiplano Potosino - Zacatecano. CREZAS. C.P.
- Mela, M. P. 1963. Tratado de Edafología y sus distintas Aplicaciones. 2a. Ed. Agrociencia. Zaragoza. 615p.
- Michell, J.K. y Bubenzer, G.D. 1984. Estimación de la pérdida de suelo. IN Morgan, R.P.C. Ed. Erosión de suelos. Limusa. México.

- Mora, M. A. 1982. Análisis de datos meteorológicos de la Ciudad de San Luis Potosí, para los Periodos 1881-1903 1924-1948. Tesis licenciatura, Escuela de Física. UASLP. 132 p.
- Noble, L.G. y Celay, M.L. 1956. La Sequía en México y su previsión. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Ingeniería Hidráulica en México. Octubre -diciembre. p. 85-98.
- Pedrero, J.J. 1963. Apuntes sobre condiciones de aridez en México. Ingeniería Hidráulica de México. Octubre – diciembre.
- Rodríguez, G. J.C. 1979. Secuencia de Intemperización de Minerales en la Formación de Suelos Derivados de Roca Ignea Extrusiva, en el Área Estación Ventura - La Joya Honda, Municipios de Soledad Diez Gutiérrez y Villa Hidalgo, San Luis Potosí, S.L.P. Tesis. Escuela de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. Mayo. México.
- Rodríguez, G.J.C. y Gallegos, J. L. 1984. El Sistema de clasificación de las condiciones de erosión, aplicado al proyecto la erosión como indicador físico de la desertificación en el Valle de San Luis Potosí, S.L.P. snt. Mecanografiado.
- Rodríguez, V. 1984. Un Modelo de Simulación para el Fenómeno de la desertificación. Tesis Doctoral ante el Colegio de Profesores del IPN. ENCB. México.
- Roldán, P.A. y Trueba, D.J. 1978. Factores ecológicos y sociales de la desertificación en México IN. La desertificación en México. F.M.L. Ed. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. 130p.
- Rosewell, C.J. and Marston, D. 1980. The erosion process as it occurs within cropping systems. American agricultural economics association p. 186 - 193.
- Rubey, W.W. 1933. The size - distribution of heavy minerals within waterlaid sandstone. Journal sediment petrology V:3:3 -29. IN Morgam, R. P. C.; Kirkby, M.J. Erosión de suelos. Limusa. México. 1984.
- Rzedowski, J. 1961. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Tesis Dr. UNAM Facultad de Ciencias. México. 229p.
- Solano, de la S. J. A. 1982. Efecto de la relación precipitación escorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos de suelo, en la cuenca del río Texcoco. Tesis. MC. C.P. Chapingo, México. 169p.
- Stallings, J.H. 1982. El Suelo su uso y mejoramiento. CECSA. México. 480p.
- Tiedemann, A. R. Y Klemmedson, J.O.(1973). Efecto del mezquite sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. Agronomic Abstrac



- Terrazas, G. J. L. 1977. Manejo de suelos para reducir la erosión y aumentar productividad en los suelos agrícolas de ladera de la cuenca de Texcoco. Tesis MC. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. México. 141p.
- Troeh, J.R.; Dyke, P. T. and Donahue, R.L. 1980. Soil and water conservation for productivity and environmental protection. 196p.
- Trueba, C. A. 1978. Evaluación de la eficiencia de cuatro prácticas mecánicas para reducir las pérdidas de suelo y nutrientes por erosión hídrica en terrenos agrícolas de temporal. Tesis MC. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 190p
- USDA. 1967. Soils Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting. Soil Survey Investigation. Report No. 1. Soil Conservation Service, Washington, D.C. 50p.
- USDA. 1944. Claves para la taxonomía de suelos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación especial 3. 306p.
- Williams, J.R.; Jones, C.A. y Dyke, P. T. 1983. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. Soil and water division of ASAE. September p. 129 - 144.
- Wischmeier, G.W. and Smith, D.D. 1965. Predicting rainfall erosion on losses from cropland East of the Rocky Mountains. Agriculture Handbook No. 282 May.
- Wischmeier, G.W.; Johnson, C.B. and Cross, B.V. 1971. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. Soil and water conservation. 26:189 - 193 IN Morgam, R. P. C.; Kirkby, M.J. Erosión de suelos. Limusa. México. 1984.
- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a Guide to Conservation Planning. USDA. Agriculture Handbook No. 537. USA. 58p.
- Wolfe, M.L.; Shanoltz, V.O.; Rice, L.L. y Ross, B. 1983. Sediment detachment and transportation functions to simulate soil loss from reclaimed mine soils. Department of agricultural engineering. Virginia polytechnic Institute and state University. Blacksburg, Virginia. B:83:5. P. 193.
- Zar, J. H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. USA. 620p.
- Zazueta, Z.G. 1984. Influencia de los sistemas de labranza y obras de conservación en la productividad de los suelos. Tesis MC. C.P. Chapingo, México. 144p.

## ANEXO 1

## Descripción y morfología de los perfiles del suelo.

## 5.1 1 La boquilla, Municipio de Villa de Reyes, S.L.P.

## Perfil 1

Localidad.- La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.

Ubicación.- 21° 52' 50" y 100° 49' 40"

Altitud.- 1770 m. Posición.- NNE

Relieve.- Planicie aluvial.

Pendiente.- 3.0 % suave ondulada.

Roca Parental.- Traquita "Ojo Caliente".

Clima.- BSoh w" (i)g

Vegetación.- Matorral Micrófilo, *Prosopis* sp.

## Descripción:

Suelo con raíces de medianas a gruesas de 0 a más de 50 cm de profundidad, los horizontes de 20, 50, 80 y 120 cm con grava. Dentro del primer horizonte escasa piedra a diferentes profundidades; húmedo, aumentando ésta de 20 a 50 y llegando hasta los 120 cm. color uniforme. Perfil homogéneo. Se encontraron orificios de antiguas raíces rellenas de un material de color pardo rojizo, esponjoso, que da muy leve reacción al HCl, cuyos diámetros son de aproximadamente 0.5, y longitud de 1 a 10 y más centímetros, tienen orientación caótica. En la parte inferior se incrementa el color rojizo.

## Horizonte

## Morfología

A	0 – 20 Sin reacción al ácido clorhídrico. Húmedo. Estructura granular de tamaño medio, débil. Porosidad fina y escasa. Consistencia friable, adhesividad ligera, plasticidad fuerte. Textura al tacto, franco arcillo arenoso. Esqueleto superficial muy escaso anguloso, lítico poco alterado. Las raíces finas son escasas, las medianas son frecuentes y las gruesas ausentes. Muy drenado.
B1	20 – 50 Separación difusa, ondulada; reacción débil al HCl. Húmedo. Estructura de bloques subangulares, gruesa y fuerte. Porosidad fina y abundante, Consistencia friable, adhesividad ligera y fuerte plasticidad; textura franco

arcilloso, al tacto. El esqueleto de gravas angulares escasas y guijarros redondeados escasos, ígneo lítico alterado. Las raíces finas son escasas, las medianas son frecuentes y las gruesas abundantes. Muy drenado.

- B12 50 – 80 Separación difusa, ondulada; sin reacción al HCl. Húmedo. Estructura de bloques angulares, porosidad fina, películas discontinuas de CO<sub>2</sub>, moderadamente gruesas en tubos de canal o raíces. Consistencia en húmedo firme; fuerte adhesividad y plasticidad; textura franco arcillosa, al tacto. El esqueleto ausente. Se encontró orificios de raíz en diámetro de 0.5 cm, rellenos de material esponjoso, café rojizo que dio leve reacción al HCl. Las raíces finas son frecuentes, las medianas son escasas y las gruesas no se observaron. Muy drenado.
- B21 80 – 120 Separación difusa, ondulada; sin reacción al HCl. Húmedo. Estructura de bloques angulares, tamaño fino y fuerte desarrollo; porosidad fina y abundante. Consistencia en húmedo firme; fuerte adhesividad y plasticidad. Al tacto, textura franco arcillosa, sin esqueleto. Las raíces finas y medianas son escasas. Muy drenado.
- B3 120 - Separación difusa, ondulada; sin reacción al HCl. Húmedo. Estructura de bloques angulares, tamaño fino y fuerte desarrollo, porosidad fina y abundante, Consistencia en húmedo firme, la adhesividad y plástisidad es ligera. Al tacto la textura es franca, esqueleto de grava angular y guijarros subangulares muy escasos. Las raíces finas y medianas son escasas. Muy drenado.



Fotografía 5.1 Perfil del suelo profundo de planicie, parcela de pastoreo en La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.

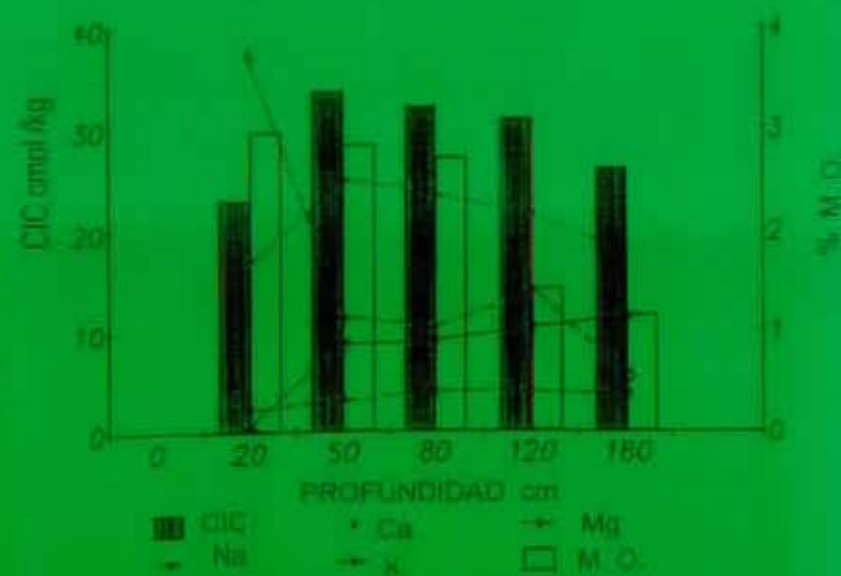


Figura 5.1 Valores (CEC, Na) y M.O. del perfil 1, La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.

## Perfil 2

Localidad.- La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.

Ubicación.- 21° 52' 55" y 100° 49' 45"

Altitud.- 1780 m. Posición.- NW

Relieve.- Lomerío.

Pendiente.- 6.0 %

Material Parental.- Toba.

Clima.- BSoH w" (I)g

Vegetación.- Matorral microfilo, *Larrea* sp.

### Descripción:

Superficialmente cubierto en un 99 % de pedregosidad y distribución heterogénea, de naturaleza tobacea e incrustaciones ígneas. De profundidad somera y discontinua, raices finas y medias en horizontes a intervalos de 15 cm; su profundidad se ve limitada por la acumulación de carbonitos parcialmente endurecidos e irregularmente dispuestos en franjas. Color gris amarillento, blanco en las franjas. Se deduce una oscilación húmeda para el desarrollo vegetal por el espaciamiento a mayor profundidad de las raices. Perfil homogéneo con excepción del límite inicial con el subsuelo.

### Horizonte

### Morfología

- |    |  |
|----|--|
| A2 | 0 - 20 De reacción muy fuerte al HCl. Ligeramente húmedo. Estructura migajosa, tamaño muy fino y débil desarrollo; porosidad fina y abundante. Consistencia en húmedo suelta, la adhesividad y plasticidad es ligera. Al tacto, la textura es franca; esqueleto de toba, tamaño grava, angular y guijarros subangulares muy abundantes y alterados. Las raices finas son escasas y las medianas son frecuentes. Muy drenado.   |
| C  | 20 - 60 Separación difusa, irregular; reacción muy fuerte al HCl. Ligeramente húmedo. Estructura columnar, tamaño medio y fuerte desarrollo; porosidad cavernosa y abundante, Consistencia en húmedo firme; la adhesividad es ligera y plasticidad es nula. Al tacto, la textura es franca, esqueleto de grava angular y guijarros subangulares muy abundantes y alterados, ambos cementados con carbonato. Las raices finas son escasas y las de tamaño mediano, frecuentes. Muy drenado. |



Fotografía 5.2 Perfil del suelo somero de ladera ligera, parcela de pastoreo en La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.

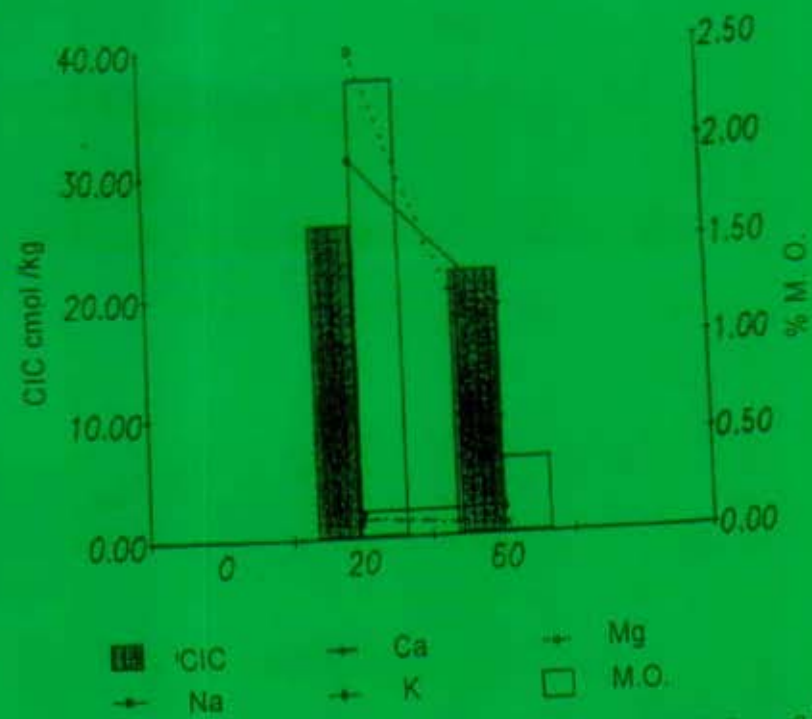


Figura 5.2 Relación CIC, BI y M.O. del perfil 2, La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.

## 5.1.2 Ojo Caliente, Municipio de Santa María del Río, S.L.P.

### Perfil 3

Localidad - Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

Ubicación - 21° 51' 15" y 100° 45' 53"

Altitud - 1750 m.

Posición - W

Relieve - Lomero con pendiente suave.

Pendiente - 4.0 %

Material parental - Aluvial "Ojo Caliente".

Clima - BSoH w<sup>h</sup> (i)g

Vegetación - Matorral microfilo, Prosopis sp.

### Descripción:

Perfil somero cuya separación de horizontes varía con su posición en el terreno y su capa arable oscila de 20 a 50 cm. Superficialmente pedregoso de naturaleza coluvial y aluvial. El 90 % del área presenta erosión laminar ligera. De color pardo oscuro y abundantes raíces medianas y finas; tiene incrustaciones de grava y gujarros en diferentes estados de intemperización, los cuales a partir de los 50 centímetros son más abundantes y el material parental se ve recubierto con altos contenidos de carbonatos debido a este proceso. Desde la perspectiva geológica, presenta una estructura vesicular, recubierta de carbonato.

### Horizonte

### Morfología

- |   |  |
|---|--|
| A | 0 – 25 Con reacción nula al HCl. Seco. Estructura Subangular, tamaño fino y débil desarrollo, porosidad fina y cantidad moderada. Consistencia en seco, dura; Húmedo, ligeramente dura, la adhesividad es moderada y la plasticidad es ligera. Al tacto, la textura es franco arenosa, esqueleto de grava y gujarros subangulares muy abundantes y alterados, ambos de traquita. Las raíces de tamaño mediano, son frecuentes. Muy drenado |
| B | 25 – 40 Separación abrupta, irregular, reacción muy débil al HCl. Seco. Estructura granular, tamaño fino y moderado desarrollo; porosidad fina en cantidad moderada. Consistencia en húmedo firme, seco ligeramente  |

dura; la adhesividad es moderada y la plasticidad es fuerte. Al tacto, la textura es franco arcillosa; esqueleto de grava y guijarros subangulares abundantes de traquita. Las raíces finas son escasas. Muy drenado.

BC 40 - 50 Separación abrupta, irregular; reacción moderada al HCl. Seco. Porosidad cavernosa en escasa cantidad; películas discontinuas en espesores moderadamente gruesas a gruesas en superficie de clastos o formando tubos de raíces. Consistencia en húmedo firme, seco ligeramente dura; la adhesividad es moderada y la plasticidad es fuerte. Al tacto, la textura es franco arcillosa; esqueleto de grava y guijarros subangulares abundantes de traquita. Las raíces finas son escasas. Muy drenado.

C 50 - 100 Separación abrupta, irregular; reacción fuerte al HCl. Seco. Estructura masiva; porosidad fina en cantidad abundante, películas discontinuas en espesores gruesos sobre superficie de clastos o formando tubos de raíces. Consistencia en húmedo y seco extremadamente dura; la adhesividad y la plasticidad es nula. Hay cementación fuerte y quebrada de estructura vesicular, concreciones en tamaño medio, forma oval y dominantes, son duras, dispersas y de fuerte reacción al HCl.





Fotografía 5.3 Perfil del suelo en parcela de temporal y riego en Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

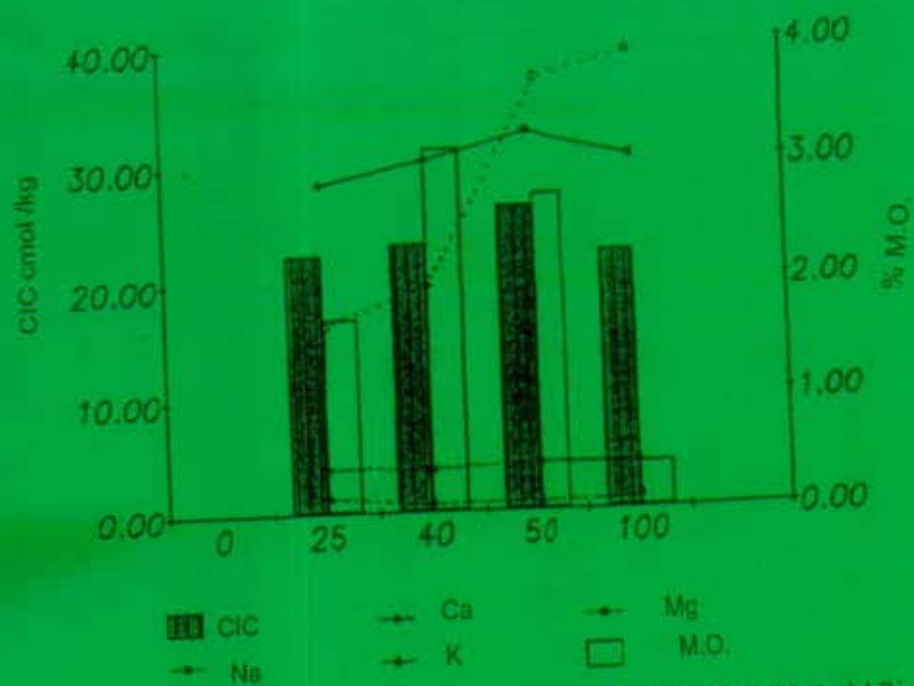


Figura 5.3 Relación CIC, BI y M.O. del perfil 3 Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

**Perfil 4**

Localidad.- Ojo Caliente, Santa Maria del Río, S.L.P.

Ubicación.- 21° 51' 28" y 100° 45' 58"

Altitud.- 1760 m.

Posición.- NNE

Relieve.- Lomerío de pendiente suave.

Pendiente.- 4.0 %

Material parental.- Traquita "Ojo Caliente".

Clima.- BSoH w" (i)g

Vegetación.- Matorral micrófilo, *Prosopis* sp.

**Descripción:**

Cubierto por guijarros de naturaleza ígnea por depósito coluvio aluvial. El 80 % del área presenta erosión laminar ligera. Perfil poco profundo con escasa diferenciación de horizontes por coloración, hasta los 50 cm en promedio, con material subyacente ígneo fragmentado y discontinuo, recubierto por carbonatos. Presenta raíces abundantes medianas y finas con buena penetración de los 50 a 70 cm y con raíces gruesas entre las grietas de la roca subyacente (traquita). Presenta condiciones de buen drenaje.

**Horizonte****Morfología**

- |    |  |
|----|--|
| A  | 0 – 15 Tiene reacción débil al HCl. Seco. Estructura Subangular, tamaño medio y moderado desarrollo; porosidad fina y cantidad moderada. Consistencia en seco ligeramente dura; húmedo, friable, la adhesividad y la plasticidad es ligera. Al tacto, la textura es franca; esqueleto de grava y guijarros subangulares frecuentes y alterados, ambos de ignimbrita. Las raíces de tamaño fino, mediano y grueso, son frecuentes. Muy drenado. |
| B  | 15 – 30 Separación clara, irregular; reacción fuerte al HCl. Seco. Estructura angular, tamaño medio y débil desarrollo; porosidad cavernosa en cantidad escasa, Consistencia en húmedo friable; la adhesividad es ligera y la plasticidad es moderada. Al tacto, la textura es franco arcillosa; esqueleto de grava y guijarros angulares frecuentes de traquita. Las raíces finas y medianas son frecuentes. Muy drenado.                     |
| BC | 30 – 50 Separación clara, irregular; reacción muy fuerte al HCl. Seco. Estructura angular, tamaño medio y débil desarrollo; porosidad cavernosa en cantidad moderada. Consistencia en seco y húmedo ligeramente dura y friable, respectivamente; la adhesividad es moderada y la plasticidad es fuerte. Al tacto, la textura es franco arcilla   |

arenosa; esqueleto de grava angular y abundante de traquita. Las raíces medianas y gruesas son frecuentes. Muy drenado.

C

50 – 80 Reacción fuerte al HCl. Seco. Porosidad cavernoso en cantidad escasa. Consistencia en seco y húmedo extremadamente firme; la adhesividad es ligera y la plasticidad es moderada. Cementación débil, quebrada y laminar.



Fotografía 5.4 Perfil del suelo en parcela silvícola en Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

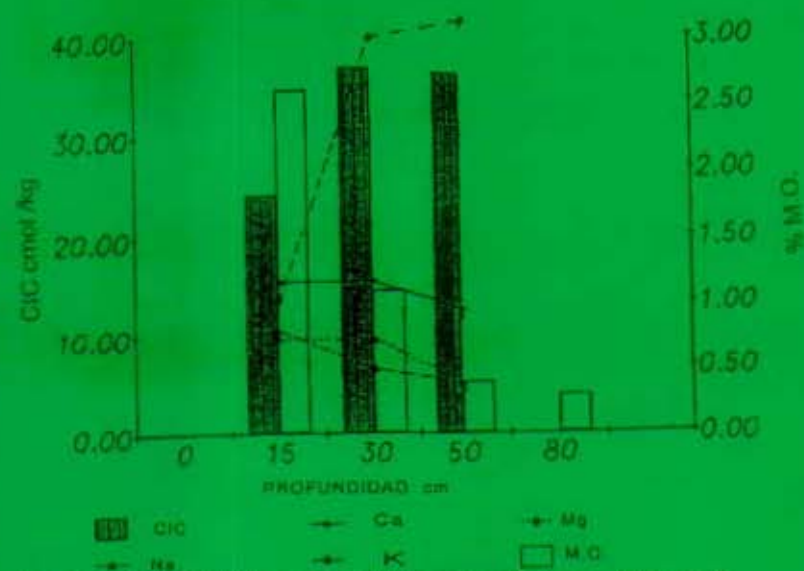


Figura 5.4 Relación CIC, B y M.O. del perfil 4 Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

### 5.1.3 Valle de los Fantasmas, Municipio de Villa de Zaragoza, S.L.P.

#### Perfil 5

Localidad.- Valle de los fantasmas Villa de Zaragoza, S.L.P.

Ubicación.- 22° 03' 55" y 100° 37' 14"

Altitud.- 2350 m

Posición.- NNW

Relieve.- Cerril de pendiente abrupta.

Pendiente.- 24.0 %

Material parental.- Lutita.

Clima.- BS1

Vegetación.- Encinar muy perturbado.

#### Descripción:

La superficie cubierto por pasto natural. De color pardo homogéneo en su primer horizonte y luego es difuso a tonos naranja, rojo, y/o pardo. Las raíces finas y muy finas son escasas. En el primer horizonte se observaron abundantes fisuras y grietas. Drenaje ligeramente lento pero con buena infiltración. Después de los 30 cm presenta estructura prismática que se fractura en bloques, a los 60 cm se vuelve masiva. Se le encuentran esferoides de pirita, en su mayoría limonitizadas.

#### Horizonte

#### Morfología

A	0 – 30 No tiene reacción al ácido clorhídrico. Seco. Estructura bloques angulares de tamaño grueso, fuerte desarrollo. Porosidad fina y abundante. Consistencia dura y firme; adhesividad y plasticidad moderada. Textura al tacto, Arcilla limosa. Esqueleto de grava redondeado, escaso. Fisurado incipiente, Nódulos medianos, esféricos de pirita alterada, dispersos, escasos, duros y con débil reacción al HCl. Las raíces finas son escasas, las medianas y las gruesas ausentes. Moderadamente drenado.
A2	30 – 60 Separación difusa, en forma ondulada, sin reacción al ácido clorhídrico. Seco. Estructura prismática de tamaño grueso, fuerte desarrollo. Porosidad fina y abundante. Consistencia muy dura y muy firme; Adhesividad y plasticidad fuerte. Textura al tacto, arcilla limosa. Esqueleto de grava, escasos de pirita alterada. Grietas incipientes de 0.5 cm; Nódulos medianos esféricos, dispersos, escasos, duros y con débil reacción al HCl, de pirita alterada recubierta de lutita roja. Las raíces finas, medianas y las gruesas no se observaron. Moderadamente drenado.



Fotografía 5.5 Perfil del suelo somero de montaña, parcela de pastoreo con 50 % de cobertura de pasto en Valle de los Fantasmas, Villa de Zaragoza, S.L.P.

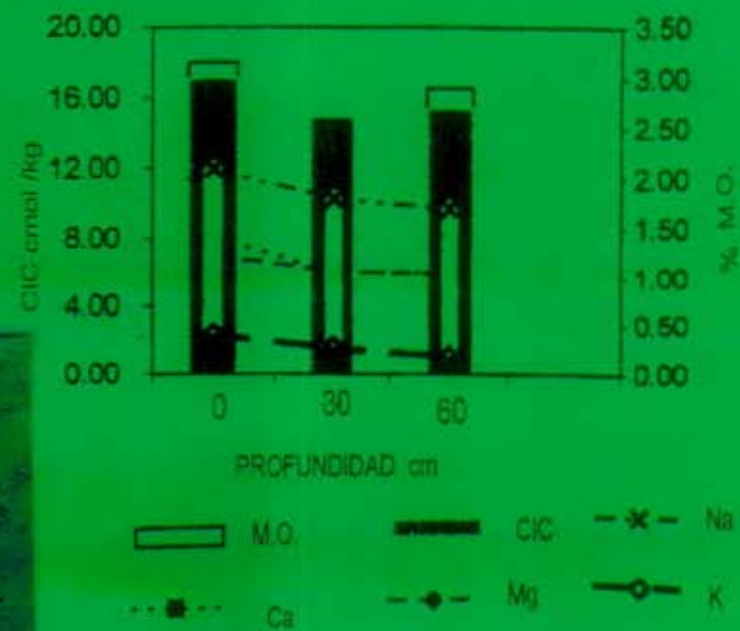


Figura 5.5 Relación CEC, BI y M.O. del perfil 5 Valle de los Fantasmas, Villa de Zaragoza, S.L.P.

## Perfil 6

Localidad.- Valle de los fantasmas Villa de Zaragoza, S.L.P.

Ubicación.- 22° 03' 57" y 100° 37' 16"

Altitud.- 2350 m

Posición.- NNE

Relieve.- Cerril con pendiente abrupta.

Pendiente.- 24.0 %

Material Parental.- Lutita.

Clima.- BS1

Vegetación.- Encino - Pastizal.

### Descripción

La superficie cubierta por pasto natural, de color gris pardo homogéneo en su primer horizonte y luego es difuso a tonos naranja, rojo, y/o pardo. Las raíces finas y muy finas pasan los 30 cm. En el primer horizonte se observaron abundantes fisuras y grietas. A la profundidad de los 30 cm se distingue una capa de lutita muy intemperizada, fracturada que induce depósito coluvial. Drenaje ligeramente lento pero con buena infiltración. Después de los 30 cm presenta estructura prismática que se fractura en bloques, a los 60 cm se vuelve masiva

### Horizonte

### Morfología

- |    |   |
|----|---|
| A  | 0 – 20 Sin reacción al ácido clorhídrico. Húmedo. Estructura prismática de tamaño grueso, fuerte desarrollo. Porosidad fina y abundante. Consistencia firme; adhesividad moderada, plasticidad fuerte. Textura al tacto, franco limoso. Esqueleto de grava anguloso, escaso, limolita alterada. Las raíces finas y las medianas son frecuentes y las gruesas ausentes. Moderadamente drenado.   |
| BC | 20 – 50 Separación clara, en forma ondulada, sin reacción al ácido clorhídrico. Húmedo. Estructura laminar de tamaño grueso, fuerte desarrollo. Porosidad esponjosa y abundante. Consistencia firme, adhesividad y plasticidad moderada. Textura al tacto, franco limoso. Esqueleto de grava y guijarros angulosos, frecuentes de lutita alterada. Presenta manchas en color naranja rojo y gris, en cantidad frecuente, tamaño grande, contraste destacado y bordes abruptos. Las raíces finas y las medianas son frecuentes, las gruesas no se observaron. Moderadamente drenado. |
| C1 | 50 – 90 Separación gradual, en forma ondulada, sin reacción al ácido clorhídrico. Muy húmedo. Estructura de bloques de tamaño grueso, fuerte desarrollo. Porosidad fina y escasa. Consistencia firme, adhesividad y   |

plasticidad fuerte. Textura al tacto, franco limoso. Esqueleto de grava y guijarros angulosos, frecuentes y escasos respectivamente de lutita alterada. Presenta manchas en color naranja, rojo y gris, en cantidad frecuente, tamaño grande, contraste destacado y bordes difusos. Las raíces finas y las medianas son frecuentes, no se observaron las gruesas. Moderadamente drenado

C2

90 - 150 Sin reacción al ácido clorhídrico. Húmedo. Estructura laminar de tamaño grueso, fuerte desarrollo. Porosidad esponjosa y abundante. Consistencia firme, adhesividad y plasticidad moderada. Textura al tacto, franco limoso. Esqueleto de grava y guijarros angulosos, frecuentes de lutita alterada. Presenta manchas en color naranja rojo y gris, en cantidad frecuente, tamaño grande, contraste destacado y bordes abruptos. Las raíces finas, medianas y las gruesas no se observaron. Moderadamente drenado.

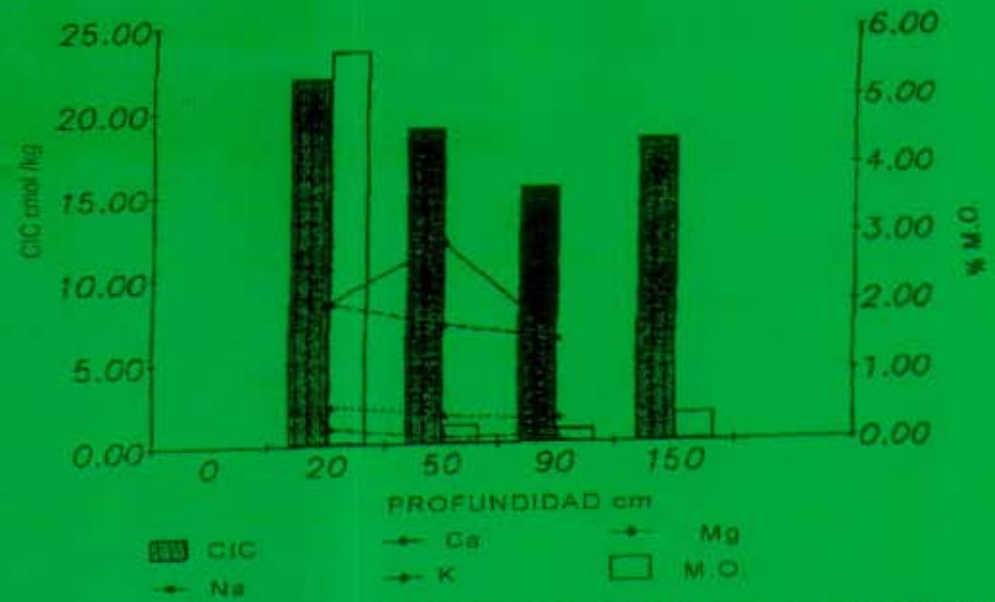


Figura 5.6 Relación CIC, B y M.O. del perfil 6, Valle de los Fantasmas, Villa de Zaragoza, S.L.P.

Fotografía 5.6 Perfil del suelo somero de montaña, parcela de pastoreo con 100 % de cobertura de pasto en Valle de los Fantasmas, Villa de Zaragoza, S.L.P.

Cuadro 5.6 Resultados del análisis físico de las muestras de los perfiles de suelo.

Perfil No.	Profundidad cm.	Horizonte	Color		Densidad		Porosidad %	Humedad saturación %	Textura			pH		
			Seco	Húmedo	Aparente g/cc	Real g/cc			Arena %	Limo %	Arcilla %	KCl 1:2.5	H <sub>2</sub> O	
1	00 - 20	A	10YR 6/1 Gris claro	10YR 4/1 Gris oscuro	1.09	2.25	31.46	55.62	59.12	19.44	21.44	6.70	7.65	
	20 - 50	B1	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 4/1 Gris oscuro	0.98	1.43	27.27	42.41	Migajón arcillo arenoso	34.56	30.00	35.44	6.60	7.50
			Migajón arcilloso											
	50 - 80	B1/2	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/1 Gris muy oscuro	1.04	1.43	27.27	43.69	21.84	30.00	48.16	6.20	7.00	
			Arcilla											
	80 - 120	B2/1	10YR 6/1 Gris claro	10YR 2/1 Negro	1.04	1.44	29.55	46.51	23.84	26.00	50.16	6.30	7.25	
Arcilla														
120 - 160	B3	10YR 7/2 Gris claro	10YR 5/3 Pardo	1.12	1.59	39.22	39.59	25.12	26.72	48.16	6.60	7.50		
2	00 - 20	A2	5 YR 7/1 Gris claro	5 YR 5/1 Gris	1.12	2.10	46.66	78.42	41.12	32.72	26.16	7.50	8.40	
	20 - 60	C	5 YR 8/2 Blanco	5 YR 7/1 Gris claro	1.23	1.95	36.92	32.65	54.56	30.00	15.44	7.80	8.70	
Migajón arenoso														
3	00 - 25	A	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 4/2 Pardo grisáceo osc	1.33	2.15	38.13	44.59	57.28	22.72	20.00	7.40	8.30	
	25 - 40	B	10YR 4/1 Gris oscuro	10YR 2/1 Negro	1.35	1.99	32.16	40.03	53.28	24.36	22.36	7.20	8.20	
			Migajón arcillo arenoso											
	40 - 50	BC	10YR 4/1 Gris oscuro	10YR 3/1 Gris muy oscuro	1.27	2.02	37.12	69.86	51.72	26.36	22.36	7.30	8.30	
			Migajón arcillo arenoso											
	50 - 100	C	10YR 8/2 Pardo pálido	10YR 6/3 Pardo Ato.	1.24	2.16	42.59	70.95	70.00	18.00	12.00	7.50	8.50	
Migajón arenoso														
4	00 - 15	A	10YR 4/3 Pardo oscuro	10YR 3/3 Pardo oscuro	1.35	2.06	34.46	28.91	61.28	20.00	18.72	7.10	8.10	
	15 - 30	B	10YR 4/1 Gris oscuro	10YR 3/1 Gris muy oscuro	1.19	2.04	41.66	59.57	54.40	22.40	23.20	7.50	8.50	
			Migajón arcillo arenoso											
	30 - 50	BC	10YR 4/1 Gris oscuro	10YR 3/4 Pardo amarillento o	1.25	1.95	35.89	59.83	53.28	18.00	28.72	7.10	8.20	
			Migajón arcillo arenoso											
	50 - 80	C	10YR 8/3 Pardo muy claro	10YR 6/3 Pardo oscuro	1.12	1.58	29.11	52.25	70.00	14.00	16.00	7.20	8.40	
Migajón arenoso														
5	00 - 30	A	7.5YR 7/6 Amarillo rojizo	7.5YR 5/6 Pardo fuerte	1.23	2.11	38.28	18.28	12.40	13.36	74.24	5.10	5.90	
	30 - 60	A2	7.5YR 7/6 Amarillo rojizo	7.5YR 5/6 Pardo fuerte	1.22	2.62	45.77	24.92	6.40	22.36	71.24	4.80	5.60	
			Arcilla											
60 -	C	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 5/8 Pardo amarillento	1.19	2.55	42.03	12.03	8.40	22.36	69.24	4.80	5.90		
6	00 - 20	A	10YR 6/2 Gris parduzco c	10YR 4/3 Pardo oscuro	0.95	1.55	38.70	19.01	30.56	16.72	52.72	5.00	5.95	
	20 - 50	BC	10YR 7/4 Pardo muy claro	10YR 6/6 Amarillo parduzco	1.22	2.06	40.77	24.79	13.84	20.72	65.44	5.30	6.60	
			Arcilla											
	50 - 90	C1	10YR 8/4 Pardo muy claro	10YR 5/8 Pardo amarillento	0.99	1.82	45.60	14.48	10.56	18.72	70.72	5.00	6.35	
			Arcilla											
	90 - 150	C2	10YR 7/4 Pardo muy claro	10YR 6/4 Pardo amarillento c	0.96	1.87	48.66	14.11	20.00	42.00	38.00	4.70	5.65	
Migajón arcilloso														



Cuadro 5.7 Resultados del análisis químico de las muestras de los perfiles de suelo.

Perfil No.	Profundidad Cm.	Horizonte	Materia Orgánica %	Cationes Ca <sup>++</sup>	Intercambiables			C.I.C. dmol/kg	pH	Cationes y Aniones			Aniones				
					Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			C.E. dS/m	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
1	00 - 20	A	2.96	17.42	35.87	2.08	0.25	22.88	8.79	0.80	1.50	----	11.00	0.820	0.400	0.40	0.820
	20 - 50	B1	2.83	22.55	11.27	2.76	8.33	33.44	8.32	0.70	1.50	----	5.00	0.280	0.500	0.50	0.280
	50 - 80	B12	2.70	21.52	10.25	3.10	8.71	31.90	7.90	4.00	3.00	----	5.00	1.380	2.780	2.78	1.380
	80 - 120	B21	1.42	19.47	14.35	3.21	9.48	30.80	8.60	0.90	2.00	----	10.00	1.000	0.500	0.50	1.000
	120 - 160	B3	1.16	18.45	07.17	3.21	10.76	25.96	8.40	0.85	1.00	----	8.00	0.856	0.300	0.43	0.960
2	00 - 20	A2	2.34	41.00	43.05	2.17	2.20	25.74	8.80	0.80	2.00	----	12.00	0.410	0.950	0.95	0.410
	20 - 60	C	0.39	18.45	10.25	1.72	2.23	21.78	8.45	0.40	2.00	----	6.00	0.170	0.270	0.27	0.170
3	00 - 25	A	1.69	27.04	15.60	0.42	1.53	22.44	7.44	0.356	0.60	----	0.60	0.618	0.206	2.13	1.800
	25 - 40	B	3.12	30.16	18.72	0.42	0.73	23.32	7.36	0.370	0.80	----	0.40	0.927	0.309	1.72	4.200
	40 - 50	BC	2.73	31.12	37.44	0.63	0.89	26.40	7.45	0.673	0.90	----	0.40	1.030	0.206	1.86	1.640
	50 - 100	C	0.39	30.44	38.48	0.42	1.62	22.44	7.53	0.736	1.30	----	0.20	0.824	0.206	5.62	3.756
4	00 - 15	A	2.60	14.56	12.48	0.35	1.14	24.20	7.50	0.357	0.30	----	0.40	0.618	0.206	2.35	2.589
	15 - 30	B	1.10	14.56	43.68	0.73	0.60	36.96	7.34	0.346	0.30	----	1.00	0.724	0.309	1.00	0.666
	30 - 50	BC	3.12	12.12	46.80	0.35	0.56	36.30	7.16	0.384	0.20	----	0.60	0.824	0.412	3.50	0.425
	50 - 80	C	2.99	11.00	40.50	0.30	0.45	34.20	7.33	0.486	0.80	----	0.40	0.824	0.206	2.00	0.214
5	00 - 30	A	3.15	8.10	7.10	2.10	0.40	17.12	6.05	0.560	1.95	----	3.86	0.196	0.413	0.41	0.070
	30 - 60	A2	1.84	6.11	6.11	1.80	0.26	14.90	6.33	0.335	1.95	----	2.88	0.657	0.395	0.10	0.010
	60 -	C	2.89	6.04	6.02	1.70	0.18	15.40	6.37	0.453	1.95	----	2.88	0.056	0.106	0.98	0.011
6	00 - 20	A	5.65	8.20	8.20	2.08	0.53	22.00	7.60	0.52	2.00	-----	4.00	0.220	0.340	0.34	0.220
	20 - 50	BC	0.26	15.37	7.17	2.00	0.25	18.92	7.60	0.17	2.00	-----	3.00	0.070	0.420	0.42	0.070
	50 - 90	C1	1.18	6.15	6.15	1.97	0.21	15.40	7.30	0.07	2.00	-----	3.00	0.015	0.110	0.11	0.015
	90 - 150	C2	0.40	6.04	6.03	1.85	0.19	18.26	7.00	0.06	2.00	-----	2.50	0.015	0.095	0.10	0.015

C.I.C. - Capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro 5.5.1 Registro de lluvia y suelo de escorrentía , lote 1, La Boquilla, Municipio de Villa de Zaragoza, S.L.P.

MUESTRA	EVENTO	LLUVIAen 30 Min mm	INTESIDAD MÁXIMA Mm/hr	EROSIVIDAD Mj/mm	E. CNT TOTAL Mj/hr	TOTAL DE LLUVIA mm	ESCORREN TIA l	PESO DE SUELO g	MATERIA ORGÁNICA %	
LB No	1- 5	b051183e	2.04	4.07	2.71	0.666	3.883	5	6.412	0.00
LB No	1- 3	b200783	1.38	2.76	1.25	0.452	3.038	20	6.797	0.00
LB No	1- 36	b170988	1.57	3.13	1.91	0.611	3.123	20	9.921	0.00
LB No	1- 38	b200889	3.58	7.16	27.92	3.900	28.326	25	12.054	6.26
LB No	1- 1	b250882b	2.00	4.00	6.64	1.658	6.711	60	14.271	0.00
LB No	1- 18	b031284a	0.97	1.95	0.47	0.240	1.391	5	14.838	5.28
LB No	1- 39	b210989a	0.69	1.37	0.28	0.204	1.270	60	18.140	4.75
LB No	1- 2	b111082d	5.30	10.61	21.21	2.000	9.917	120	18.550	0.00
LB No	1- 16	b070984b	5.66	11.32	17.46	1.542	7.905	25	32.112	0.00
LB No	1- 19	b090485	2.27	4.55	5.85	1.286	6.039	25	34.062	5.45
LB No	1- 32	b030688b	6.36	12.73	20.08	1.578	6.824	25	51.730	0.00
LB No	1- 12	b1007845e	0.94	1.86	0.97	0.518	3.093	100	56.702	4.48
LB No	1- 35	b270888	0.96	1.92	0.40	0.206	1.285	40	72.920	0.00
LB No	1- 6	b060284b	0.94	1.87	1.47	0.786	4.521	2	73.542	0.00
LB No	1- 17	b121084	1.83	3.67	2.37	0.645	3.545	30	86.962	2.46
LB No	1- 21	b170585c	0.92	1.65	1.91	1.035	4.931	200	91.880	5.28
LB No	1- 31	b201286	1.81	3.62	1.84	0.509	2.513	10	97.500	6.78
LB No	1- 7	b070284c	1.60	3.19	2.81	0.878	4.910	5	118.116	0.00
LB No	1- 37	b120789	0.22	0.43	0.02	0.035	0.346	70	129.789	9.06
LB No	1- 8	b080584C	1.25	2.49	1.60	0.641	3.877	5	134.870	0.00
LB No	1- 33	b260788e	1.71	3.42	3.06	0.895	4.740	170	185.010	9.74
LB No	1- 28	b290486	0.91	1.82	2.29	1.260	4.916	200	249.038	6.44
LB No	1- 34	b150888c	0.15	0.29	0.01	0.017	0.317	8	266.073	7.67
LB No	1- 14	b150784	11.60	23.20	76.48	3.296	11.989	200	277.988	7.22
LB No	1- 4	b240983	0.69	1.39	1.06	0.763	4.861	35	364.860	5.80
LB No	1- 20	b030585	3.31	6.63	19.75	2.979	13.231	200	445.529	7.72
LB No	1- 10	b230684b	5.86	11.73	35.73	3.046	13.751	200	557.850	0.00
LB No	1- 30	b070886C	3.21	6.42	12.05	1.877	9.765	200	603.560	5.86
LB No	1- 25	b210685	3.66	7.32	19.95	2.725	11.351	200	637.775	6.76
LB No	1- 26	b060785b	1.18	2.35	5.21	2.214	10.619	200	712.041	7.86
LB No	1- 15	b090884a	5.82	11.65	13.16	1.130	1.270	130	718.261	0.00
LB No	1-13	b110784C	0.41	0.82	1.47	1.793	15.155	200	723.106	9.40
LB No	1- 11	b090784b	0.34	0.68	0.07	0.101	0.832	160	747.380	6.03
LB No	1- 22	b300585	0.40	0.80	0.76	0.954	4.077	200	813.840	6.22
LB No	1- 29	b160786a	0.54	1.07	0.89	0.833	5.168	190	1023.784	6.25
LB No	1- 27	b100985a	1.70	3.39	1.53	0.451	2.352	170	1079.640	5.38
LB No	1- 9	b040684c	17.64	35.28	426.64	12.091	43.033	200	1386.091	4.35
LB No	1- 23	b050685b	5.90	11.80	57.34	4.858	21.599	200	1773.180	8.51

Cuadro 5.5.2 Registro de lluvia y suelo de escorrentia, lote. 2., La Boquilla, Villa de Reyes, S.L.P.

MUESTRA	EVENTO	LLUVIA en 30 MIN mm	INTENSIDAD Máxima mm/hra	EROSIVI DAD E130 Mi/mm	E. CNT TOTAL Mj/mm	TOTAL DE LLUVIA mm	ESCORREN TIA l	PESO DE SUELO g	MATERIA ORGÁNICA %
LB No 2-29	b170988	1.57	3.13	1.91	0.611	3.123	25	11.186	0.00
LB No 2-4	b040783c	0.28	0.56	3.05	5.470	46.138	5	15.205	0.00
LB No 2-28	b270888	0.96	1.92	0.40	0.206	1.285	50	18.108	0.00
LB No 2-8	b230684b	0.63	1.26	0.16	0.126	1.003	3	19.048	5.62
LB No 2-13	b031284a	0.97	1.95	0.47	0.240	1.391	5	21.874	7.92
LB No 2-5	b180783a	0.37	0.74	0.20	0.274	2.412	200	22.735	0.00
LB No 2-32	b210989a	0.69	1.37	0.28	0.204	1.270	70	27.875	6.14
LB No 2-23	b201286	1.81	3.62	1.04	0.509	2.513	15	38.262	0.00
LB No 2-31	b200889	3.58	7.16	27.92	3.900	28.326	35	45.325	7.77
LB No 2-14	b030585	2.26	4.51	7.39	1.639	7.140	200	66.859	5.95
LB No 2-25	b030688b	6.36	12.73	20.08	1.578	6.824	40	128.769	6.78
LB No 2-15	b300585	0.40	0.80	0.76	0.954	4.077	15	136.214	7.10
LB No 2-33	b220989c	2.88	5.76	5.99	1.040	5.542	140	195.672	4.56
LB No 2-10	b100784Sf	0.94	1.88	0.97	0.518	3.093	200	204.153	5.62
LB No 2-11	b110784c	0.41	0.82	1.47	1.793	15.155	200	231.636	2.21
LB No 2-6	b240983	0.69	1.39	1.06	0.763	4.861	50	243.221	0.00
LB No 2-3	3131082a	0.35	0.69	0.05	0.071	0.580	120	296.513	0.00
LB No 2-27	b150888c	0.15	0.29	0.01	0.017	0.317	200	338.148	7.29
LB No 2-12	b090884a	5.82	11.65	13.16	1.130	1.270	75	349.253	4.58
LB No 2-2	b111082d	0.62	1.25	0.97	0.778	4.295	140	353.686	0.00
LB No 2-26	b260788e	0.243	0.86	0.09	0.104	0.966	170	358.632	7.67
LB No 2-18	b060785b	0.49	0.98	0.44	0.448	2.668	200	422.876	4.63
LB No 2-19	b100985a	1.70	3.39	1.53	0.451	2.352	200	536.693	7.10
LB No 2-24	b020188c	0.22	0.45	0.01	0.023	0.243	120	621.083	3.90
LB No 2-30	b120789	0.22	0.43	0.02	0.035	0.346	200	635.800	7.41
LB No 2-21	b160786a	0.54	1.07	0.89	0.833	5.168	150	727.352	5.23
LB No 2-7	b040684c	17.64	35.28	426.64	12.091	43.033	200	1010.693	5.49
LB No 2-20	b290486	0.72	1.45	0.85	0.590	3.591	200	1130.217	5.23
LB No 2-22	b070886c	3.21	6.42	12.05	1.877	9.765	200	1205.925	3.82
LB No 2-9	b090784b	0.34	0.68	0.07	0.101	0.832	200	1226.546	4.75
LB No 2-16	b050685b	5.90	11.80	57.34	4.858	21.599	200	2990.224	4.21

.00 NO SE DETERMINO.

Cuadro 5.5.3 Registro de lluvia v suelo de escorrentía, lote 3, Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

MUESTRA	EVENTO	LLUVIA en 30 Mm mm	INTENSIDAD MAXIMA mm/hra	EROSI VIDAD Mi/mm	E. CNT TOTAL Mj/mm	TOTAL DE LLUVIA mm	ESCORREN Tía l	PESO DE SUELO g	MATERIA ORGÁNICA %
OC No 3-7	110681a	3.98	7.96	9+04	1.136	5.779	90	2.870	0.90
OC No 3-4	231080	5.97	11.95	20.87	1.746	4+132	130	3.598	0.00
OC No 3-5	020581b	3.21	6.42	12.04	1.874	9.668	200	3.897	0.80
OC No 3-14	020782a	0.93	1.86	0.88	0.473	3.172	2	4.963	0.70
OC No 3-17	121082c	3.73	7.47	11.01	1.474	6.818	200	5.192	1.10
OC No 3-3	201080	2.37	4.75	6.47	1.362	6.629	150	5.522	1.20
OC No 3-18	040783a	0+78	1.57	1.94	1.236	9+661	1	8.314	2.00
OC No 3-2	180880c	21.49	42+98	263.16	6.124	22.920	80	9.183	4.20
OC No 3-1	140880	0+98	1+95	1.19	0.609	3.403	200	11.633	5.30
OC No 3-26	030885c	5.05	10.09	19.26	1.908	9.479	200	11.670	7.68
OC No 3-6	190581b	1.93	3+86	2.47	0.641	3.427	200	14.227	0.00
OC No 3-25	030785a	4.74	9.49	13.01	1.371	6.326	200	14.736	7.63
OC No 3-24	040685e	3.09	6.17	11.02	1.785	8.938	200	16.913	7.73
OC No 3-9	060781d	2.32	4.65	3.99	0.858	4.958	180	20.403	2.40
OC No 3-12	250282	5.12	10.25	14.61	1.426	6+629	200	22.579	3.40
OC No 3-22	031284b	4.96	9.92	18.12	1.826	7.796	20	24.334	8.95
OC No 3-27	240486	1.33	2.66	1.24	0.466	2.376	120	35.087	4.70
OC No 3-31	120689b	4.16	8.32	15.37	1.847	9.470	30	37.659	5.23
OC No 3-28	280486a	3.45	6.90	7.37	1.069	5.432	150	39.807	6.81
OC No 3-15	250882a	1+72	3.42	7.47	2.182	11.211	200	40.889	1.00
OC No 3-16	111082b	4.91	9+81	20.87	2.127	9.734	200	43.611	1.30
OC No 3-32	190989	1+96	3.92	3.98	1.015	5.496	100	58.000	5.60
OC No 3-13	290482	3.78	7.56	13.92	1.841	9.619	40	61.189	4.50
OC No 3-23	160585a	3.68	7.35	7.17	0.976	4.454	200	93.752	6.69
OC No 3-30	040988	4.04	8.07	9.13	1.131	5.517	110	95+135	3.71
OC No 3-10	010981	1.01	2.02	0.71	0.353	1.890	40	107.409	6.10
OC No 3-11	051081	3.44	6+88	11.70	1.699	8.537	80	111.437	2.50
OC No 3-19	090883b	1.14	2.29	4.59	2.006	3.111	200	150.075	5.30
OC No 3-8	210681b	3.83	7.66	14.00	1.829	9.540	138	170.644	3.50
OC No 3-29	30788	3.73	7.46	8+44	1.132	5.214	100	273.404	7.41
OC No 3-21	231084c	3.04	6.09	12.70	2.086	9.333	200	278.441	8.78
OC No 3-20	150784d	46.01	92.02	121.29	13.182	47.542	200	802+708	7.20

0.00 No se determino.

Cuadro 5.5.4 Registro de lluvia y suelo de escorrentía, lote. 4 Ojo Caliente, Santa María del Río, S.L.P.

MUESTRA	EVENTO	LLUVIA en 30 Min mm	INTENSIDAD MÁXIMA mm/hra	EROSI VIDAD Mj/twn	E. CNT TOTAL Mj/mm	TOTAL DE LLUVIA mm	ESCORREN TIA l	PESO DE SUELO g	MATERIA ORGANICA %
OC No 4-18	121082c	3.73	1.47	11.01	1~474	6.818	200	2.160	0.50
OC No 4-4	231080	5.97	11.95	20.87	1.746	4.132	200	2.275	1.60
OC No 4-6	020581b	3.21	6.42	12.04	1.874	9.668	140	3.056	2.20
OC No 4-3	201080	2.37	4.75	6.47	1.362	6.629	120	3.516	4.10
OC No 4-8	110681a	3.98	7.96	9.04	1.136	5.779	190	3.536	1.20
OC No 4-2	180880e	21.49	42.98	263.16	6.124	22.920	160	3.561	0.80
OC No 4-1	140880	0.98	1.95	1.19	0.609	3.403	200	3.867	1.00
OC No 4-5	241280d	0.62	1.23	0.52	0.422	3.093	80	4.632	3.40
OC No 4-15	010782a	1.52	3.03	1.73	0.571	3.555	40	8.890	1.00
OC No 4-7	190581b	1.93	3.86	2.47	0.641	3.427	130	9.477	0.90
OC No 4-20	010783	2.51	5.02	4.80	0.955	5.481	3	10.358	3.20
OC No 4-14	290482	3.78	7.56	13.92	1.841	9.619	40	11.332	2.30
OC No 4-19	040683c	17.64	35.28	426.64	12.091	43.033	5	18.375	2.10
OC No 4-31	280486a	3.45	6.90	7.37	1.069	5.432	200	19.968	7.41
OC No 4-29	030885c	5.05	10.09	19.26	1.908	9.479	200	20.278	11.73
OC No 4-10	060781d	2.32	4.65	3.99	0.858	4.958	190	23.900	1.80
OC No 4-17	111082b	4.91	9.81	20.87	2.127	9.734	200	26.685	2.00
OC No 4-24	031284b	4.96	9.92	18.12	1.826	7.796	40	27.094	2.12
OC No 4-16	250882a	1.72	3.42	7.47	2.182	11.211	200	30.615	1.90
OC No 4-30	140486a	7.50	15.01	33.37	2.223	9.862	180	35.429	2.90
OC No 4-13	250282	5.12	10.25	14.61	1.426	6.629	200	40.309	4.70
OC No 4-11	310881c	3.35	6.69	13.12	1.960	9.540	70	58.201	3.10
OC No 4-28	230685a	31.29	62.58	658.76	10.527	37.753	200	72.102	8.39
OC No 4-9	210681b	3.83	7.66	14.00	1.829	9.540	200	92.782	5.30
OC No 4-12	051081	3.44	6.88	11.70	1.699	8.537	60	111.347	1.60
OC No 4-26	160585a	3.68	7.35	7.17	0.976	4.454	200	123.450	7.10
OC No 4-27	040685e	3.09	6.17	11.02	1.785	8.938	200	133.825	7.98
OC No 4-21	090883b	1.14	2.29	4.59	2.006	3.111	200	157.041	5.70
OC No 4-22	150784d	46.01	92.02	121.29	13.182	47.542	200	163.052	6.20
OC No 4-23	2310S4c	3.04	6.09	12.70	2.086	9.333	200	172.430	11.29
OC No 4-34	190989	1.96	3.92	3.98	1.015	5.496	200	248.852	8.32
OC No 4-33	040889c	1.81	3.63	1.86	0.514	2.801	200	323.910	7.26
OC No 4-25	030585d	22.49	44.98	408.42	9.079	33.013	200	466.395	9.38
OC No 4-32	120689b	4.16	8.32	15.37	1.847	9.470	200	941.778	4.72

CUADRO 5.5.5 Registro de lluvia y suelo de escorrentía lote 5, Valle de los Fantasmas, Villa de Zaragoza, S.L.P.

MUESTRA	EVENTO	LLUVIA en 30 min mm	INTENSIDAD MÁXIMA mm/hora	EROSI VIDAD Mj/mm	E. CNT TOTAL Mj/mm	TOTAL DE LLUVIA mm	ESCORREN TIA l	PRSO DE SUELO g	MATERIA ORGÁNICA %
VF No 5-42	f270884c	0.76	1.53	1.12	0.732	6.295	200	0.856	5.65
VF No 5-18	f261083c	0.08	0.17	0.20	1.215	3.719	60	1.316	0.00
VF No 5-33	f220784b	0.37	0.73	0.19	0.265	1.826	50	1.439	0.00
VF No 5-15	f130983c	1.94	3.87	2.67	0.691	3.580	90	2.295	0.00
VF No 5-39	f170884b	0.27	0.55	0.07	0.127	1.282	40	2.368	6.84
VF No 5-69	f080889j	0.09	0.19	0.01	0.015	0.249	12	2.58	0.00
VF No 5-2	f291282b	0.57	1.14	0.27	0.236	2.079	10	2.669	0.00
VF No 5-37	f100884b	0.70	1.41	3.38	2.397	19.129	200	3.22	0.00
VF No 5-75	f040989a	0.55	1.10	1.02	0.929	5.593	200	4.641	4.57
VF No 5-76	f060989b	0.17	0.33	0.01	0.020	0.249	12	6.036	4.87
VF No 5-19	f051183g	0.27	0.55	0.05	0.090	0.747	14	6.398	0.00
VF No 5-40	f220884e	0.24	0.48	0.02	0.048	0.535	10	6.46	0.00
VF No 5- 8	f150783	1.05	2.11	0.74	0.351	2.333	90	6.487	5.43
VF No 5-4	f290583d	0.27	0.53	0.14	0.256	1.902	40	6.847	0.00
VF No 5-3	f180183c	0.45	0.90	0.27	0.300	2.544	40	6.969	0.00
VF No 5-1	f091282b	0.22	0.45	0.06	0.142	1.799	60	8.654	3.25
VF No 5-13	f290883a	1.78	3.56	1.37	0.386	2.491	70	9.208	0.00
VF No 5-48	f271284a	0.22	0.45	0.06	0.133	1.355	200	9.618	0.00
VF No 5-77	f190989h	0.41	0.82	0.09	0.106	0.954	10	10.477	4.84
VF No 5-38	f150884i	0.72	1.44	1.35	0.035	5.718	200	10.76	1.76
VF No 5-11	f070883	0.20	0.39	0.03	0.070	1.155	200	12.046	0.00
VF No 5-20	f250184e	1.69	3.38	1.44	0.426	2.315	60	13.316	0.00
VF No 5-65	f250689d	1.24	2.48	0.74	0.297	1.592	200	13.89	9.57
VF No 5-29	f220684	0.54	1.08	0.24	0.220	1.446	40	14.25	0.00
VF No 5-67	f050789	1.61	3.23	1.45	0.450	2.389	200	15.685	0.00
VF No 5-72	f250889a	0.35	0.69	0.11	0.163	1.343	30	19.352	5.65
VF No 5-45	f240984c	1.32	2.64	0.04	0.396	2.528	200	21.64	5.50
VF No 5-46	f300984b	0.21	0.42	0.02	0.036	0.504	60	23.2	5.65
VF No 5-41	f260884	1.78	3.56	1.80	0.506	2.564	200	25.69	3.99
VF No 5-5	f310583c	1.46	2.92	0.98	0.337	2.048	80	29.638	7.47
VF No 5-74	f300889d	2.25	4.50	5.99	1.331	6.684	200	31.74	12.24
VF No 5-44	f150984j	0.60	1.19	0.25	0.207	1.410	60	39.52	5.50
VF No 5-64	f180689c	1.18	2.35	0.90	0.381	2.345	200	40.43	3.44
VF No 5-50	f090485b	0.38	0.75	0.19	0.247	2.529	200	49.429	7.19
VF No 5-70	f220889a	0.97	1.94	0.59	0.306	1.853	50	51.6	5.65
VF No 5-34	f300784	1.14	2.29	2.45	1.072	6.180	200	52.39	0.00
VF No 5-78	f210989a	1.09	2.18	0.70	0.320	2.048	200	59.088	6.25
VF No 5-35	f060884f	0.38	0.77	0.05	0.071	0.602	10	77.08	4.11
VF No 5-21	f310184c	0.35	0.70	0.06	0.080	0.632	20	85.228	0.00
VF No 5-47	f041284b	1.14	2.28	0.85	0.374	2.388	200	85.537	10.62
VF No 5-28	f70684b	2.44	4.88	6.64	1.362	7.286	150	87.54	5.65
VF No 5-59	f270587b	0.97	1.95	0.71	0.364	2.266	200	96.58	5.41
VF No 5-71	f230889c	0.15	0.29	0.01	0.019	0.255	20	97.348	0.00
VF No 5-43	f090984g	0.34	0.68	0.05	0.074	0.674	15	97.96	6.15
VF No 5-10	f290783	1.39	2.77	1.83	0.659	3.937	80	105.056	0.00
VF No 5- 2	f040684	1.38	2.76	1.77	0.643	3.756	60	106.61	5.65
VF No 5-56	f280486	2.36	4.71	4.49	0.953	5.074	200	112.295	4.66
VF No 5-22	f060284b	0.40	0.81	0.18	0.222	1.635	60	120.485	0.00
VF No 5-12	f150883b	1.53	3.05	2.58	0.845	5.302	100	132.562	5.65
VF No 5-36	f090884c	6.26	12.51	26.43	2.112	4.934	200	138.318	5.50
VF No 5-60	f210887	3.28	6.56	4.86	0.741	3.828	120	155.871	3.50
VF No 5-73	f280889	0.50	1.00	0.50	0.497	3.233	200	175.062	8.23
VF No 5-55	f061085b	1.37	2.75	1.17	0.425	2.504	160	203.334	5.22
VF No 5-30	f020784	1.21	2.42	1.82	0.751	5.153	200	220.7	5.65
VF No 5- 9	f230783	1.13	2.27	2.38	1.050	6.633	200	220.938	5.65
VF No 5-52	f060685c	0.65	1.30	2.02	1.551	12.827	200	247.665	8.49
VF No 5-66	f270689c	3.04	6.07	4.62	0.761	3.908	200	315.588	6.84
VF No 1 -17	f121083d	1.07	2.14	0.60	0.282	1.811	20	326.768	5.65
VF No 5-14	f100983b	1.38	2.76	1.30	0.473	2.941	140	361.011	5.65
VF No 5-27	f100684b	2.21	4.41	4.28	0.970	5.675	180	392.8	0.00
VF No 5-16	f260983	43.50	87.00	2.65	12.311	43.501	200	444.154	5.50
VF No 5-49	f250385g	0.35	0.70	0.09	0.130	1.552	30	488.821	0.43
VF No 5-32	f150784	1.70	3.40	4.57	1.344	7.948	200	506.86	11.27
VF No 5-62	f040988j	0.93	1.89	1.19	0.635	3.093	200	514.015	5.65
VF No 5-23	f130584d	2.84	5.69	5.57	0.979	5.362	140	759.217	7.41
VF No 5-68	f280789a	0.73	1.45	0.65	0.444	3.330	200	766.3	12.12
VF No 5-6	f060683c	0.28	0.57	0.38	0.665	6.926	130	790.41	3.90
VF No 5-61	f160688g	2.91	5.82	7.10	1.219	5.785	200	1026.463	9.34

MUESTRA	EVENTO	LLUVIA en 30 Min mm	INTENSIDAD MÁXIMA mm/hora	EROSI VIDAD Mj/mm	E. CNT TOTAL Mj/mm	TOTAL DE LLUVIA mm	ESCORREN TIA l	PESO DE SUELO g	MATERIA ORGÁNICA %
VF No 5-63	f140689b	0.56	1.13	0.17	0.149	0.972	40	1093.64	11.23
VF No 5-54	f290885d	2.68	5.35	5.44	1.016	5.476	200	1193.341	8.49
VF No 5-24	f190584	2.94	5.87	6.51	1.109	5.921	80	1210.095	9.86
VF No 5-51	f040585f	1.64	3.27	1.50	0.458	2.534	200	1270.5	9.08
VF No 5-53	f070785b	1.13	2.27	1.06	0.467	3.096	200	1285.024	8.76
VF No 5-7	f040783	1.75	3.50	4.34	1.238	5.815	40	1352.59	4.77
VF No 5-57	f130786h	1.75	3.50	3.05	0.869	4.855	200	1640.88	6.89
VF No 5-25	f270584b	3.01	6.03	8.01	1.329	6.751	70	2425.72	7.24

0.00 No se determinó.

Cuadro 5.5.6 Registro de lluvia y suelo de escorrentía, lote No. 6 Valle de los Fantasmas, Villa de Zaragoza, S.L.P.

MUESTRA	EVENTO	LLUVIA en 30 Min mm	INTENSIDAD MÁXIMA mm/hora	EROSI VIDAD Mj/mm	E. CNT TOTAL Mj/mm	TOTAL DE LLUVIA mm	ESCORREN TIA l	PESO DE SUELO g	MATERIA ORGÁNICA %
VF No 6-42	f250889a	0.35	0.69	0.11	0.163	1.343	50	1.037	5.65
VF No 6-19	f260884	1.78	3.56	1.80	0.506	2.564	18	1.274	3.99
VF No 6-12	f040684	1.38	2.76	1.77	0.643	3.756	8	1.412	5.65
VF No 6-13	f170684b	2.44	4.88	6.64	1.362	7.286	40	1.860	5.65
VF No 6-14	f020784	1.21	2.42	1.82	0.751	5.153	15	2.090	5.65
VF No 6-41	f220889n	0.97	1.94	0.59	0.306	1.853	40	2.271	5.65
VF No 6-45	f190989h	0.41	0.82	0.09	0.106	0.954	5	2.760	4.84
VF No 6-35	f270587b	0.97	1.95	0.71	0.364	2.266	120	3.379	5.41
VF No 6-34	f130587	1.01	2.03	0.42	0.209	1.379	80	3.716	0.00
VF No 6-27	f090485b	0.38	0.75	0.19	0.247	2.529	50	4.246	7.19
VF No 6-44	f300889d	2.25	4.50	5.99	1.331	6.684	60	5.068	12.24
VF No 6-20	f270884c	0.76	1.53	1.12	0.732	6.295	35	5.206	5.65
VF No 6-8	f121083d	1.07	2.14	0.60	0.282	1.811	200	5.373	5.65
VF No 6-33	f280487f	0.06	0.12	0.04	0.105	0.146	100	6.684	6.17
VF No 6-23	f240984c	1.32	2.64	0.04	0.396	2.528	20	7.354	5.50
VF No 6-46	f210989a	1.09	2.18	0.70	0.320	2.048	20	8.216	6.25
VF No 6-6	f100983b	1.38	2.76	1.30	0.473	2.941	200	8.812	5.65
VF No 6-18	f090884c	6.26	12.51	26.43	2.112	4.934	50	9.346	5.50
VF No 6-17	f060884f	0.38	0.77	0.05	0.071	0.602	30	11.846	4.11
VF No 6-24	f300984b	0.21	0.42	0.02	0.036	0.504	200	12.749	5.65
VF No 6-5	f150883b	1.53	3.05	2.58	0.845	5.302	40	14.162	5.65
VF No 6-37	f040988j	0.93	1.89	1.19	0.635	3.093	60	14.406	5.65
VF No 6-43	f280889	0.50	1.00	0.50	0.497	3.233	30	14.835	8.23
VF No 6-9	f130584d	2.84	5.69	5.57	0.979	5.362	30	18.415	7.41
VF No 6-7	f260983	43.50	87.00	2.65	12.311	43.501	60	21.388	5.50
VF No 6-22	f150984q	0.60	1.19	0.25	0.207	1.410	200	23.916	5.50
VF No 6-39	f270689c	3.04	6.07	4.62	0.761	3.908	60	26.406	6.84
VF No 6-26	f250385g	0.35	0.70	0.09	0.130	1.552	30	40.600	8.43
VF No 6-15	f080784	1.94	3.88	5.13	1.323	7.960	200	42.550	7.77
VF No 6-21	f090984g	0.34	0.68	0.05	0.074	0.674	5	44.604	6.15
VF No 6-40	f280789a	0.73	1.45	0.65	0.444	3.330	70	48.996	12.12
VF No 6-10	f190584	2.94	5.87	6.51	1.109	5.821	150	57.396	9.86
VF No 6-28	f040585f	1.64	3.27	1.50	0.458	2.534	200	67.030	9.08
VF No 6-4	f230783	1.13	2.27	2.38	1.050	6.633	200	67.266	5.65
VF No 6-25	f041284b	1.14	2.28	0.85	0.374	2.388	200	89.461	10.62
VF No 6-11	f270584b	3.01	6.03	8.01	1.329	6.751	200	137.340	7.24
VF No 6-16	f150784	1.70	3.40	4.57	1.344	7.948	200	143.732	11.27
VF No 6-38	f140689b	0.56	1.13	0.17	0.149	0.972	170	186.129	11.23
VF No 6-29	f060685e	0.65	1.30	2.02	1.551	12.827	200	206.847	8.49
VF No 6-36	f160688g	2.91	5.82	7.10	1.219	5.785	180	221.314	9.34
VF No 6-31	f290885d	2.68	5.35	5.44	1.016	5.476	200	387.615	8.49
VF No 6-30	f070785b	1.13	2.27	1.06	0.467	3.096	90	442.003	8.76
VF No 6-32	f130786h	1.75	3.50	3.05	0.869	4.855	150	765.573	6.89
VF No 6-3	f150783	1.05	2.11	0.74	0.351	2.333	30	913.783	5.43
VF No 6-2	f040783	1.75	3.50	4.34	1.238	5.815	200	1352.590	4.77
VF No 6-1	f060683c	0.28	0.57	0.38	0.665	6.926	200	3373.023	3.90

# FALTAN PAGINAS

De la:

**111**

A la:

**114**



Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
MUESTRA	39	20.000000	11.401754	780.000000	1.000000	39.000000
LLUV_30	39	3.331026	4.227043	129.910000	0.060000	23.220000
INT_MAX	39	6.661795	8.453944	259.810000	0.120000	46.430000
IND_EI30	39	21.977692	76.965720	857.130000	0	479.480000
ECNT	39	1.980436	3.162619	77.237000	0.007000	19.211000
TOT_LL	39	10.140308	15.813530	395.472000	0.222000	95.685000
PESOG	39	366.265667	428.405571	14284	6.412000	1773.180000
PO_AR	39	38.842308	9.100232	1514.850000	18.000000	45.480000
PO_LI	39	31.147179	5.413655	1214.740000	25.800000	47.000000
PO_RC	39	29.975897	4.879640	1169.060000	26.880000	46.000000
DE_RE	39	2.146154	0.193793	83.700000	1.610000	2.350000
PO_SAT	39	43.074615	15.271901	1679.910000	0	80.000000
PH_SU	39	6.941026	1.163472	270.700000	0	7.800000
CACO	39	2.378462	0.712714	92.760000	0	4.250000
MA_OR	39	5.281282	2.210153	205.970000	2.460000	9.740000
NI_T	39	0.260128	0.119542	10.145000	0.123000	0.634000
K_KG	37	3198.702703	732.455720	118352	1568.000000	4800.000000
P_KG	38	63.868421	73.284404	2427.000000	13.000000	210.000000
MWHOS	36	2.057500	0.429880	74.070000	0.600000	2.600000
PH_AG	39	7.466667	0.340536	291.200000	6.500000	8.200000
CA_MG	39	61.505128	65.369705	2398.700000	1.700000	352.000000
MG_MG	39	10.456410	12.726078	407.800000	0.300000	73.000000
NA_MG	39	27.805128	26.544044	1084.400000	0.400000	122.000000
POT_MG	39	24.723077	13.028359	964.200000	0.200000	65.000000
SO_MG	39	16.951282	28.317559	661.100000	0.100000	144.000000
CL_MG	39	3.802564	7.492048	148.300000	0.500000	36.000000
DU_CO3	39	167.358974	134.120426	6527.000000	5.000000	610.000000
AL_CO3	39	221.384615	141.608358	8634.000000	7.000000	675.000000
CND_AG	39	378.257436	209.846760	14752	0.040000	850.000000
RAS	39	1.027436	1.255677	40.070000	0.070000	7.400000
ESC_L	39	114.282051	86.339888	4457.000000	2.000000	200.000000
COB_VE	39	65.307692	3.380703	2547.000000	60.000000	72.000000
RAD_IN	39	456.666667	54.611226	17810	325.000000	515.000000
PRA_CUL	39	93.692308	2.028142	3654.000000	90.000000	98.000000
POR_PE	39	2.033846	0.520772	79.320000	1.200000	2.900000

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
MUESTRA	39	20.000000	11.401754	780.000000	1.000000	39.000000
LLUV_30	39	3.331026	4.227043	129.910000	0.060000	23.220000
INT_MAX	39	6.661795	8.453944	259.810000	0.120000	46.430000
IND_EI30	39	21.977692	76.965720	857.130000	0	479.480000
ECNT	39	1.980436	3.162619	77.237000	0.007000	19.211000
TOT_LL	39	10.140308	15.813530	395.472000	0.222000	95.685000
PESOG	39	366.265667	428.405571	14284	6.412000	1773.180000
PO_AR	39	38.842308	9.100232	1514.850000	18.000000	45.480000
PO_LI	39	31.147179	5.413655	1214.740000	25.800000	47.000000
PO_RC	39	29.975897	4.879640	1169.060000	26.880000	46.000000
DE_RE	39	2.146154	0.193793	83.700000	1.610000	2.350000
PO_SAT	39	43.074615	15.271901	1679.910000	0	80.000000
PH_SU	39	6.941026	1.163472	270.700000	0	7.800000
CACO	39	2.378462	0.712714	92.760000	0	4.250000
MA_OR	39	5.281282	2.210153	205.970000	2.460000	9.740000
NI_T	39	0.260128	0.119542	10.145000	0.123000	0.634000
K_KG	37	3198.702703	732.455720	118352	1568.000000	4800.000000
P_KG	38	63.868421	73.284404	2427.000000	13.000000	210.000000
MNHOS	36	2.057500	0.429880	74.070000	0.600000	2.600000
PH_AG	39	7.466667	0.340536	291.200000	6.500000	8.200000
CA_MG	39	61.505128	65.369705	2398.700000	1.700000	352.000000
MG_MG	39	10.456410	12.726078	407.800000	0.300000	73.000000
NA_MG	39	27.805128	26.544044	1084.400000	0.400000	122.000000
POT_MG	39	24.723077	13.028359	964.200000	0.200000	65.000000
SO_MG	39	16.951282	28.317559	661.100000	0.100000	144.000000
CL_MG	39	3.802564	7.492048	148.300000	0.500000	36.000000
DU_CO3	39	167.358974	134.120426	6527.000000	5.000000	610.000000
AL_CO3	39	221.384615	141.608358	8634.000000	7.000000	675.000000
CND_AG	39	378.257436	209.846760	14752	0.040000	850.000000
RAS	39	1.027436	1.255677	40.070000	0.070000	7.400000
ESC_L	39	114.282051	86.339888	4457.000000	2.000000	200.000000
COB_VE	39	65.307692	3.380703	2547.000000	60.000000	72.000000
RAD_IN	39	456.666667	54.611226	17810	325.000000	515.000000
PRA_CUL	39	93.692308	2.028142	3654.000000	90.000000	98.000000
POR_PE	39	2.033846	0.520772	79.320000	1.200000	2.900000

Step 4 Variable POR\_PE Entered R-square = 0.73662813 C(p) = -17.28558939

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	4	5033315.9254795	1258328.9813699	21.68	0.0001
Error	31	1799597.1121224	58051.51974589		
Total	35	6832913.0376019			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-1814.80234162	370.46847049	1393059.7716602	24.00	0.0001
PO_LI	41.90030200	9.91269133	1037205.3159536	17.87	0.0002
PO_SAT	9.91022532	3.61292147	436780.86949037	7.52	0.0100
ESC_L	1.30264091	0.68173424	211949.70310028	3.65	0.0653
POR_PE	151.42177220	80.98381356	202952.21483775	3.50	0.0710

Bounds on condition number: 2.093404, 25.1243

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.  
 No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.  
 Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable PESOG

Step	Variable Entered	Variable Removed	Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	PO_LI		1	0.5326	0.5326	-16.5335	38.7369	0.0001
2	PO_SAT		2	0.1298	0.6624	-18.8281	12.6856	0.0011
3	ESC_L		3	0.0446	0.7069	-18.3028	4.8664	0.0347
4	POR_PE		4	0.0297	0.7366	-17.2856	3.4961	0.0710

$$E = -1814.80234162 + 41.90030200 \text{ PO\_LI} + 9.91022532 \text{ PO\_SAT} + 1.30264091 \text{ ESC\_L} + 151.42177220 \text{ POR\_PE}$$

	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN5	PRIN6	PRIN7	PRIN8	PRIN9	PRIN10	PRIN11	PRIN12
MUESTRA	-.033878	-.239715	0.111402	-.015848	-.089327	0.034245	-.035639	-.135409	-.490463	0.142554	0.425087	0.054525
LLUV_30	0.201753	0.216501	0.200858	-.135260	-.153513	0.028639	0.023989	0.108545	0.139620	0.009831	0.027141	0.193547
INT_MAX	0.201738	0.216463	0.200964	-.135116	-.153609	0.028574	0.024111	0.108175	0.140048	0.009935	0.027074	0.193773
IND_E130	0.248349	0.199235	0.161768	-.095288	-.072118	0.072423	-.028409	0.073879	-.106353	0.000670	0.032621	-.072181
ECNT	0.258565	0.186955	0.157976	-.104391	-.099999	0.027106	-.028521	0.030761	0.031795	0.088300	-.011740	0.046049
TOT_LL	0.253530	0.188967	0.173289	-.092207	-.066313	0.029781	-.021218	0.027399	0.019755	0.112366	-.052868	0.023616
PESOG	0.248226	-.138367	0.005309	-.076133	-.078679	-.065988	0.101257	0.046890	0.017551	-.136749	-.016856	-.417815
PO_AR	-.230504	0.149025	-.072696	0.065706	-.106233	0.227453	-.287172	0.028898	0.106365	0.116949	0.177981	0.020165
PO_LI	0.244930	-.075539	0.089775	-.095122	0.034819	-.121825	0.225865	-.142619	-.121407	-.073700	-.155500	-.269169
PO_RC	0.161322	-.188050	0.030860	-.018864	0.149773	-.282910	0.284359	0.097193	-.070648	-.135119	-.146330	0.241124
DE_RE	-.174957	0.211902	0.029050	0.079114	0.170246	-.066309	-.014627	0.278011	-.268310	0.121980	0.015471	-.054730
PO_SAT	0.201668	-.144064	-.119141	0.087809	-.199959	0.156255	-.119896	-.083246	-.123714	-.230866	0.071089	0.203182
PH_SU	0.050035	0.028914	0.238144	0.013495	0.294642	0.024611	0.007538	-.101565	-.043854	0.700639	-.014087	-.221944
CACO	0.040907	-.079912	0.095124	0.295426	0.122846	0.331237	-.234774	-.037468	-.033650	-.048901	-.514511	0.069185
MA_OR	0.101553	-.284477	0.204806	0.004361	0.089595	0.062442	-.047687	-.275088	0.165099	-.026981	0.047847	0.035614
NI_T	0.098098	-.261680	0.212606	0.061653	0.131508	0.146792	-.098480	-.310503	0.184481	0.012351	-.169066	0.036434
K_KG	0.102672	0.031363	0.135413	0.188465	0.127488	0.281983	-.114058	0.363707	0.190327	-.299579	0.216362	-.458795
P_IG	0.127281	-.086820	0.222079	0.203782	0.330865	0.126804	-.125942	0.200028	-.208446	-.087698	0.076294	0.220993
MMHOS	-.171455	0.003359	0.165617	-.003314	0.353215	-.087469	0.069687	0.187015	0.257865	0.016109	-.009250	0.177301
PH_AG	0.041500	-.028560	-.285384	-.092142	0.203603	0.262448	0.270841	-.058474	-.152475	0.046447	-.037835	-.247378
CA_MG	0.162119	0.046921	-.209971	0.266043	0.075054	-.325996	-.239732	-.138724	0.002351	-.004941	0.036220	-.001875
MG_MG	0.102314	0.168896	-.138059	0.242966	0.106183	-.372321	-.242270	-.142383	0.174162	0.022409	-.000121	-.019411
NA_MG	0.127992	0.266631	-.190900	-.017571	0.192104	0.161467	0.207274	-.185749	0.047766	-.018781	-.004232	0.135019
POT_MG	0.230867	-.066537	-.154222	0.251080	-.020355	0.034321	0.032847	0.297311	-.115833	0.055766	-.077980	-.036985
SO_MG	0.175001	0.297325	-.034569	-.012423	0.161430	0.031761	-.053888	-.208201	-.072866	-.038972	0.098933	0.002363
CL_MG	0.100451	0.284810	-.063138	0.013685	0.209277	-.163510	-.204870	-.227106	-.138072	-.205935	0.046571	-.179729
DU_CO3	0.240240	-.055941	-.187162	0.239305	-.064096	-.063763	0.053242	0.179855	-.013773	0.248876	-.003987	0.156998
AL_CO3	0.258655	-.053659	-.213129	0.175371	-.032437	0.083079	0.098563	0.149695	-.117140	0.163269	0.017507	0.122109
CND_AG	0.060220	-.083939	-.355917	0.072293	-.037034	0.196906	0.074301	-.022225	0.408385	0.212238	0.171093	-.026879
RAS	-.008690	0.202788	-.156834	-.065735	0.265919	0.294379	0.288867	-.149948	-.002762	-.138567	0.055580	0.200077
ESC_L	0.225949	-.202003	0.024470	-.023389	-.006382	-.075335	0.034991	-.021404	0.279427	0.116834	0.259030	-.037168
COB_VE	-.118410	0.083489	0.207238	0.385260	-.018168	-.105115	0.353972	-.048168	0.067081	-.081356	0.149732	-.020434
RAD_IN	0.132153	-.159617	-.011343	-.178118	0.344135	-.013049	-.149204	0.039775	0.008900	-.118656	0.444521	0.145189
PRA_CUL	-.107446	0.083735	0.198481	0.399602	-.054903	-.084340	0.353964	-.077292	0.080435	-.074063	0.164075	-.013664
POR_PE	-.032715	-.119129	-.153465	-.304881	0.269937	-.205795	-.037659	0.306733	0.122390	-.014169	-.122297	0.003910

	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN5	PRIN6	PRIN7	PRIN8	PRIN9
MUESTRA	-.117610	0.242173	0.189306	0.030138	-.167513	0.200767	-.231535	-.115091	-.107499
LLUV_30	0.302138	-.058768	0.077306	-.103799	-.111853	0.013341	-.173747	0.020669	0.080638
INT_MAX	0.302104	-.058855	0.077282	-.103702	-.111954	0.013383	-.173702	0.021029	0.080758
IND_EI30	0.305089	-.038834	0.085583	-.080244	-.104590	-.005237	-.143188	-.073784	-.013571
ECNT	0.305562	-.074806	0.067212	-.136952	-.044258	0.041956	-.147177	-.048736	0.041928
TOT_LL	0.281806	-.098027	0.068924	-.149922	-.004000	0.079680	-.120659	-.074722	0.065457
PESOG	0.156327	0.184012	-.197158	0.167672	0.063809	-.081831	-.251587	0.132700	0.139178
PO_AR	-.181789	-.198777	0.244315	-.120670	0.194966	-.069132	-.153383	-.039828	0.081133
PO_LI	0.160763	0.160916	-.145094	0.035887	-.314348	0.120135	0.138079	-.196601	0.012413
PO_RC	0.135492	0.162418	-.250174	0.157887	-.009146	-.005075	0.111982	0.252089	-.141212
DE_RE	0.009041	-.144982	-.150494	0.306140	0.163730	0.296659	-.178566	-.075479	0.060091
PO_SAT	0.210019	0.068356	-.140830	-.037738	-.138275	-.062800	-.312873	-.068147	0.101367
PH_SU	0.029188	0.262222	-.203876	-.164065	0.214408	-.030993	0.006645	0.076376	-.108973
CACO	0.102614	-.096522	-.284982	0.177702	0.284210	-.127078	0.171554	-.070712	-.248401
MA_OR	0.008445	0.275346	0.258130	-.072795	-.206363	-.026659	0.218526	0.043051	0.021498
NI_T	0.006129	0.229260	0.349855	-.061525	-.110287	-.072660	0.150924	0.202486	0.063120
K_KG	-.056466	-.153780	-.072125	-.072744	0.180980	-.313783	-.092043	0.035800	0.447465
P_KG	-.025933	0.162548	0.237243	0.044242	0.302115	0.345991	-.162041	0.164337	-.090003
MMHOS	0.069908	0.253161	0.008814	0.192217	0.185162	0.179691	0.117446	-.077821	0.216260
PH_AG	0.007423	0.057124	-.330518	-.174912	-.209603	-.191742	0.048800	0.333524	0.036877
CA_MG	0.179713	0.081694	0.202459	0.402767	0.035407	-.149925	-.023340	-.088949	0.020281
MG_MG	0.096928	-.213083	0.131463	0.266170	-.026153	0.012731	0.023231	-.045637	-.355507
NA_MG	0.252892	-.151127	-.005150	-.199145	0.072007	0.033837	0.167445	0.138120	-.022912
POT_MG	0.090683	0.149625	-.011963	0.040496	-.021582	-.049898	-.180201	0.455191	-.275135
SO_MG	0.193363	-.266615	0.043477	-.103400	0.130418	0.088857	0.156609	0.148220	-.081340
CL_MG	0.168722	-.278183	0.055391	-.039468	0.186519	0.106897	0.112942	0.132581	-.025404
DU_CO3	0.039735	0.074189	0.188339	0.045807	0.120470	-.499613	0.162265	-.025893	-.015725
AL_CO3	0.235004	0.107152	0.174700	0.268718	0.051757	-.168662	0.097153	-.059567	0.078633
CND_AG	0.246682	0.050388	0.143040	0.193849	0.157284	-.115059	0.105016	0.119108	0.146126
RAS	0.129810	-.009123	0.062098	-.187277	-.013914	0.310795	0.476862	0.020438	0.057776
ESC_L	0.143360	0.188586	-.210352	0.084896	0.090089	0.244930	0.092603	0.019187	0.241428
COB_VE	-.099898	-.235902	-.023757	0.280057	-.277451	0.090830	0.099909	0.150602	0.260704
RAD_IN	0.054748	0.152980	-.134438	-.147982	0.138183	-.029014	0.151395	-.420260	0.191879
PRA_CUL	-.084856	-.230854	-.004546	0.274127	-.308780	0.058343	0.100039	0.189492	0.253782
POR_PE	0.128905	-.095981	-.108211	0.085016	-.249569	-.130446	0.075081	-.333557	-.325422

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
PRIN1	8.62806	3.02138	0.246516	0.24652
PRIN2	5.60668	2.18818	0.160191	0.40671
PRIN3	3.41850	0.64845	0.097671	0.50438
PRIN4	2.77005	0.61051	0.079144	0.58352
PRIN5	2.15954	0.21161	0.061701	0.64522
PRIN6	1.94792	0.27530	0.055655	0.70088
PRIN7	1.67262	0.36860	0.047789	0.74867
PRIN8	1.30402	0.21870	0.037258	0.78593
PRIN9	1.08532	0.04651	0.031009	0.81693
PRIN10	1.03881	0.14686	0.029680	0.84661
PRIN11	0.89195	0.07516	0.025484	0.87210
PRIN12	0.81679	0.19422	0.023337	0.89544
PRIN13	0.62257	0.09021	0.017788	0.91322
PRIN14	0.53236	0.05737	0.015210	0.92843
PRIN15	0.47498	0.00406	0.013571	0.94200
PRIN16	0.47092	0.11036	0.013455	0.95546
PRIN17	0.36056	0.05729	0.010302	0.96576
PRIN18	0.30327	0.06393	0.008665	0.97443
PRIN19	0.23934	0.03335	0.006838	0.98126
PRIN20	0.20599	0.08499	0.005885	0.98715
PRIN21	0.12101	0.02999	0.003457	0.99061
PRIN22	0.09101	0.01387	0.002600	0.99321
PRIN23	0.07714	0.01866	0.002204	0.99541
PRIN24	0.05848	0.01490	0.001671	0.99708
PRIN25	0.04358	0.02131	0.001245	0.99833
PRIN26	0.02227	0.00542	0.000636	0.99896
PRIN27	0.01685	0.00252	0.000481	0.99945
PRIN28	0.01433	0.01052	0.000410	0.99986
PRIN29	0.00381	0.00289	0.000109	0.99996
PRIN30	0.00092	0.00059	0.000026	0.99999
PRIN31	0.00033	0.00033	0.000010	1.00000
PRIN32	0.00000	0.00000	0.000000	1.00000
PRIN33	0.00000	0.00000	0.000000	1.00000
PRIN34	0.00000	0.00000	0.000000	1.00000
PRIN35	0.00000	.	0.000000	1.00000

Step 1 Variable PO\_RC Entered R-square = 0.35169198 C(p) = .

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	3834468.4214455	3834468.4214455	16.27	0.0003
Error	30	7068448.5776420	235614.95258807		
Total	31	10902916.999088			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-270.10492044	193.58582273	458691.55296623	1.95	0.1732
PO_RC	34.39908089	8.52698856	3834468.4214455	16.27	0.0003
Bounds on condition number:		1,	1		

Step 2 Variable PO\_SAT Entered R-square = 0.51456407 C(p) = .

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	5610249.3533453	2805124.6766727	15.37	0.0001
Error	29	5292667.6457422	182505.78088766		
Total	31	10902916.999088			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-3121.41455545	929.83068043	2056703.9580159	11.27	0.0022
PO_RC	27.89400413	7.78905321	2340609.7289205	12.82	0.0012
PO_SAT	53.22853056	17.06428499	1775780.9318998	9.73	0.0041
Bounds on condition number:		1.077219,	4.308878		

Step 3 Variable ESC\_L Entered R-square = 0.56700921 C(p) = .

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	3	6182054.3781538	2060684.7927179	12.22	0.0001
Error	28	4720862.6209337	168602.23646192		
Total	31	10902916.999088			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-2869.39775048	904.12779173	1698185.7798856	10.07	0.0036
PO_RC	23.02450797	7.93972195	1417860.3594607	8.41	0.0072
PO_SAT	46.27228692	16.83076458	1274375.9559456	7.56	0.0103
ESC_L	1.94070317	1.05382087	571805.02480845	3.39	0.0762
Bounds on condition number:		1.238435,	10.75317		

Step 4 Variable RAS Entered R-square = 0.63934726 C(p) = .

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	4	6970750.1537607	1742687.5384402	11.97	0.0001
Error	27	3932166.8453268	145635.80908618		
Total	31	10902916.999088			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-2505.46305927	854.72470374	1251387.0831727	8.59	0.0068
PO_RC	23.38955775	7.38084053	1462515.7414826	10.04	0.0038
PO_SAT	42.76773432	15.71482808	1078652.0961463	7.41	0.0112
RAS	-293.38686544	126.07239297	788695.77560693	5.42	0.0277
ESC_L	2.55266394	1.01410888	922754.75663099	6.34	0.0181

Bounds on condition number: 1.327712, 19.0825

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.  
 No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable PESOG

Step	Variable Entered	Number Removed	In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	PO_RC		1	0.3517	0.3517	.	16.2743	0.0003
2	PO_SAT		2	0.1629	0.5146	.	9.7300	0.0041
3	ESC_L		3	0.0524	0.5670	.	3.3914	0.0762
4	RAS		4	0.0723	0.6393	.	5.4155	0.0277

INTERCEP -2505.46305927 + 23.38955775 PO\_RC + 42.76773432 PO\_SAT -293.38686544 RAS  
 + 2.55266394 ESC\_L



Salida de Lote No. 3 Ojo Caliente Santa Mar/a del R/o 17:19 Monday, December 11, 1995  
 Correlation Analysis 11 Variables: PESOG LLUV\_30 INT\_MAX IND\_EI30 ECNT  
 TOT\_LL COB\_VE RAD\_IN PRA\_CUL POR\_PE MO\_PR

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
PESOG	361	7.1448	49.7022	2579	0	802.7080
LLUV_30	361	1.8351	3.7933	662.4600	0.0900	46.0100
INT_MAX	361	3.6711	7.5867	1325	0.1800	92.0200
IND_EI30	351	10.4677	54.9353	3674	0.0100	658.7600
ECNT	361	0.8111	1.5411	292.8170	0.0120	13.1820
TOT_LL	361	4.1232	6.6723	1488	0	49.2920
COB_VE	361	71.7895	55.3575	25916	58.0000	515.0000
RAD_IN	361	452.9723	75.5181	163523	88.0000	515.0000
PRA_CUL	361	90.2271	12.3118	32572	4.0000	96.0000
POR_PE	361	3.9589	0.2927	1429	1.8800	4.0000
MO_PR	361	2.1261	2.0945	767.5200	1.8800	32.0000

Salida de Lote No. 3 Ojo Caliente Santa Mar/a del R/o Analisis de correlacion y regresion  
 17:19 Monday, December 11, 1995 (Solamente cuando PESOG > 0)

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
PESOG	32	80.6025	150.2517	2579	2.8700	802.7080
LLUV_30	32	1.8706	1.6483	59.8600	0.1100	5.9700
INT_MAX	32	3.7397	3.2981	119.6700	0.2100	11.9500
IND_EI30	31	4.6129	6.2492	143.0000	0.0100	20.8700
ECNT	32	0.7313	0.6390	23.4020	0.0150	2.1270
TOT_LL	32	3.8158	3.1038	122.1060	0.0750	9.7340
COB_VE	32	151.8750	167.9129	4860	60.0000	515.0000
RAD_IN	32	370.3438	159.2856	11851	88.0000	515.0000
PRA_CUL	32	73.1875	37.2537	2342	4.0000	96.0000
POR_PE	32	3.5363	0.8904	113.1600	1.8800	4.0000
MO_PR	32	4.6563	6.6103	149.0000	1.8800	32.0000

Salida de Lote No. 3 Ojo Caliente, Santa Mar/a del R/o. 17:19 Monday, December 11, 1995  
 Analisis de correlacion y regresion (Solamente cuando PESOG>0) 31 Observations 11 Variables  
 Principal Component Analysis for Dependent Variable PESOG No variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Simple Statistics

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL
Mean	79.737806	1.92741935	3.85354838	4.61290322	0.754419354	3.93125806
Std	152.654390	1.64339073	3.28801718	6.24924485	0.635825750	3.08452477

	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	POR_PE	MO_PR
Mean	154.677419	367.612903	72.5806451	3.52129032	4.74580645
Std	169.926138	161.155344	37.7083317	0.90105028	6.69980734

Correlation Matrix

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	POR_PE	MO_PR
PESOG	1.0000	-.0975	-.0980	-.1267	-.0953	-.0538	-.1855	0.2432	0.1834	0.1852	-.1216
LLUV_30	-.0975	1.0000	1.0000	0.9457	0.8430	0.6572	0.2513	-.2968	-.2746	-.2829	0.0980
INT_MAX	-.0980	1.0000	1.0000	0.9456	0.8429	0.6571	0.2518	-.2973	-.2752	-.2835	0.0985
IND_EI30	-.1267	0.9457	0.9456	1.0000	0.9052	0.7202	0.2803	-.3576	-.2885	-.3027	0.1110
ECNT	-.0953	0.8430	0.8429	0.9052	1.0000	0.9356	0.4886	-.4982	-.4847	-.4923	0.3114
TOT_LL	-.0538	0.6572	0.6571	0.7202	0.9356	1.0000	0.6054	-.5626	-.5951	-.5969	0.4197
COB_VE	-.1855	0.2513	0.2518	0.2803	0.4886	0.6054	1.0000	-.9421	-.9907	-.9933	0.7992
RAD_IN	0.2432	-.2968	-.2973	-.3576	-.4982	-.5626	-.9421	1.0000	0.9266	0.9438	-.7584
PRA_CUL	0.1834	-.2746	-.2752	-.2885	-.4847	-.5951	-.9907	0.9266	1.0000	0.9985	-.8039
POR_PE	0.1852	-.2829	-.2835	-.3027	-.4923	-.5969	-.9933	0.9438	0.9985	1.0000	-.8051
MO_PR	-.1216	0.0980	0.0985	0.1110	0.3114	0.4197	0.7992	-.7584	-.8039	-.8051	1.0000

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	POR_PE	MO_PR
Mean	100.493242	5.1866666	4.49272727	6.9693939	1.0620606	4.95984848	65.8181818	447.878787	94.1212121	4.00000000	1.59000000
Std	184.209962	16.9571698	6.32148334	73.7892833	2.0770518	7.48796483	4.0113475	58.616208	2.4463950	0.00000000	0.00000000

Correlation Matrix

	PESOG	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	COB_VE	RAD_IN	PRA_CUL	POR_PE	MO_PR
PESOG	1.0000	-.1159	-.1187	-.0903	-.0846	-.0724	-.2104	0.1689	-.1998	0.0000	0.0000
LLUV_3	-.1159	1.0000	0.1145	0.1312	0.1395	0.1362	-.0337	0.0626	-.0480	0.0000	0.0000
INT_MA	-.1187	0.1145	1.0000	0.9090	0.9579	0.9304	-.2248	0.0396	-.2102	0.0000	0.0000
IND_EI30	-.0903	0.1312	0.9090	1.0000	0.9722	0.9337	-.1743	0.0963	-.1583	0.0000	0.0000
ECNT	-.0846	0.1395	0.9579	0.9722	1.0000	0.9860	-.2200	0.1108	-.2032	0.0000	0.0000
TOT_LL	-.0724	0.1362	0.9304	0.9337	0.9860	1.0000	-.2686	0.1669	-.2541	0.0000	0.0000
COB_VE	-.2104	-.0337	-.2248	-.1743	-.2200	-.2686	1.0000	-.7130	0.9959	0.0000	0.0000
RAD_IN	0.1689	0.0626	0.0396	0.0963	0.1108	0.1669	-.7130	1.0000	-.7278	0.0000	0.0000
PRA_CUL	-.1998	-.0480	-.2102	-.1583	-.2032	-.2541	0.9959	-.7278	1.0000	0.0000	0.0000
POR_PE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
MO_PR	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
PRIN1	4.13819	1.66377	0.459799	0.45980
PRIN2	2.47442	1.42508	0.274936	0.73473
PRIN3	1.04934	0.21894	0.116594	0.85133
PRIN4	0.83040	0.45882	0.092267	0.94360
PRIN5	0.37158	0.29465	0.041286	0.98488
PRIN6	0.07692	0.02266	0.008547	0.99343
PRIN7	0.05426	0.05043	0.006029	0.99946
PRIN8	0.00383	0.00278	0.000425	0.99988
PRIN9	0.00105	0.00105	0.000117	1.00000
PRIN10	0.00000	0.00000	0.000000	1.00000
PRIN11	0.00000	.	0.000000	1.00000

Eigenvectors

	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN5	PRIN6	PRIN7	PRIN8	PRIN9	PRIN10	PRIN11
PESOG	-.015612	-.251889	-.548409	0.796024	0.017323	0.032612	0.020167	-.010154	0.005375	0.00000	0.00000
LLUV_30	0.086748	0.033810	0.812360	0.572726	-.055509	0.008411	0.009392	0.007817	0.009283	0.00000	0.00000
INT_MAX	0.451559	0.192985	-.070556	-.016522	-.170762	0.664345	0.503860	-.034491	0.167397	0.00000	0.00000
IND_E130	0.450148	0.202471	-.072234	0.036209	0.131938	-.707044	0.394161	-.100728	0.258874	0.00000	0.00000
ECNT	0.467583	0.186524	-.068814	0.033559	0.054682	-.040605	-.141486	0.256423	-.806414	0.00000	0.00000
TOT_LL	0.468463	0.147303	-.061631	0.021481	0.078851	0.111911	-.746834	-.140484	0.397927	0.00000	0.00000
COB_VE	-.245461	0.524461	-.041044	0.112214	0.385149	0.109363	0.027203	-.667518	-.209266	0.00000	0.00000
RAD_IN	0.173131	-.493917	0.121975	-.095755	0.814336	0.163014	0.108209	0.023392	0.007214	0.00000	0.00000
PRA_CUL	-.239531	0.530725	-.063456	0.115752	0.359668	0.069952	0.006217	0.675932	0.228809	0.00000	0.00000
POR_PE	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.00000	0.00000
MO_PR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.00000	1.00000

No variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Salida de Lote No. 4 Ojo Caliente, Santa Mar/a del R/o 16:55 Thursday, August 22, 1996  
Stepwise Procedure for Dependent Variable PESOG (Solamente cuando PESOG>0)

Step 1 Variable MMHOS Entered R-square = 0.46255991 C(p) = .

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	500571.60979732	500571.60979732	26.68	0.0001
Error	31	581605.19864522	18761.45802081		
Total	32	1082176.8084425			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	60.96364624	25.09898502	110686.87740195	5.90	0.0211
MMHOS	155.16755795	30.04008179	500571.60979732	26.68	0.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Step 2 Variable K\_KG Entered R-square = 0.57112794 C(p) = .

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	618061.41009145	309030.70504572	19.98	0.0001
Error	30	464115.39835110	15470.51327837		
Total	32	1082176.8084425			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	35.95682335	24.53161337	33236.48845853	2.15	0.1531
K_KG	0.12061952	0.04376933	117489.80029412	7.59	0.0099
MMHOS	145.50897009	27.50271418	433045.11669568	27.99	0.0001

Bounds on condition number: 1.016508, 4.066032

Step 3 Variable RAD\_IN Entered R-square = 0.60852174 C(p) = .

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	3	658528.11715572	219509.37238524	15.03	0.0001
Error	29	423648.69128683	14608.57556161		
Total	32	1082176.8084425			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-268.41455878	184.42403981	30944.60515990	2.12	0.1563
K_KG	0.14485807	0.04495675	151671.30391507	10.38	0.0031
MMHOS	138.06079638	27.09766235	379214.52675028	25.96	0.0001
RAD_IN	0.66750799	0.40106196	40466.70706427	2.77	0.1068

Bounds on condition number: 1.135685, 9.940553

# FALTAN PAGINAS

De la:

**128**

A la:

**129**

Step 7	Variable	AL_CO3 Entered	DF	R-square = 0.67101338	Sum of Squares	Mean Square	C(p) = 9.64338762	F	Prob>F
	Regression		7		13347011.338589	1906715.9055128		19.52	0.0001
	Error		67		6543816.1382834	97668.89758632			
	Total		74		19890827.476873				

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	2679.89635819	1057.02490887	627800.76359030	6.43	0.0136
PO_AR	14.27047455	7.90233299	318509.55401360	3.26	0.0754
DE_RE	-1360.51984147	410.40233612	1073362.4470978	10.99	0.0015
PO_SAT	5.49847701	2.86198327	360501.38018016	3.69	0.0590
MMHOS	196.93938979	98.63102790	389398.56180978	3.99	0.0499
CA_MG	9.79066130	3.91652485	610349.46078086	6.25	0.0149
AL_CO3	-1.77056478	0.92047177	361375.73016214	3.70	0.0587
ESC_L	1.65925465	0.58463876	786696.38944360	8.05	0.0060

Bounds on condition number: 4.604027, 117.1224

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.  
 No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable PESOG

Step	Variable Entered	Removed	Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	DE_RE		1	0.4463	0.4463	44.5331	58.8368	0.0001
2	ESC_L		2	0.1219	0.5682	21.0965	20.3275	0.0001
3	PO_AR		3	0.0371	0.6053	15.3632	6.6664	0.0119
4	PO_SAT		4	0.0194	0.6247	13.3066	3.6263	0.0610
5	MMHOS		5	0.0143	0.6392	12.2775	2.7765	0.1002
6	CA_MG		6	0.0136	0.6528	11.4342	2.6693	0.1069
7	AL_CO3		7	0.0182	0.6710	9.6434	3.7000	0.0587

$$E = 2679.8963582 + 14.27047455 PO\_AR - 1360.51984147 DE\_RE + 5.49847701 PO\_SAT$$

$$+ 196.93938979 MMHOS + 9.79066130 CA\_MG - 1.77056478 AL\_CO3 + 1.65925465 ESC\_L$$

Analisis de datos en: Sitio No.5 (Valle de los Fantasmas) 18:46 Thursday,  
Principal Component Analysis (Solamente cuando PESOG>0)

## Eigenvalues of the Correlation Matrix

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
PRIN1	7.77809	2.71626	0.222231	0.22223
PRIN2	5.06183	0.92779	0.144624	0.36686
PRIN3	4.13404	1.88582	0.118115	0.48497
PRIN4	2.24822	0.16977	0.064235	0.54921
PRIN5	2.07845	0.48133	0.059384	0.60859
PRIN6	1.59711	0.11886	0.045632	0.65422
PRIN7	1.47826	0.20061	0.042236	0.69646
PRIN8	1.27765	0.16708	0.036504	0.73296
PRIN9	1.11057	0.11714	0.031730	0.76469
PRIN10	0.99342	0.13109	0.028384	0.79308
PRIN11	0.86233	0.06010	0.024638	0.81771
PRIN12	0.80223	0.03966	0.022921	0.84063
PRIN13	0.76257	0.10604	0.021788	0.86242
PRIN14	0.65653	0.07370	0.018758	0.88118
PRIN15	0.58283	0.06140	0.016652	0.89783
PRIN16	0.52143	0.04003	0.014898	0.91273
PRIN17	0.48140	0.08611	0.013754	0.92648
PRIN18	0.39529	0.01547	0.011294	0.93778
PRIN19	0.37982	0.07014	0.010852	0.94863
PRIN20	0.30968	0.03741	0.008848	0.95748
PRIN21	0.27227	0.03983	0.007779	0.96526
PRIN22	0.23243	0.02282	0.006641	0.97190
PRIN23	0.20961	0.02574	0.005989	0.97789
PRIN24	0.18388	0.02989	0.005254	0.98314
PRIN25	0.15399	0.01661	0.004400	0.98754
PRIN26	0.13738	0.03568	0.003925	0.99147
PRIN27	0.10170	0.02537	0.002906	0.99437
PRIN28	0.07633	0.01679	0.002181	0.99655
PRIN29	0.05954	0.02671	0.001701	0.99825
PRIN30	0.03284	0.02035	0.000938	0.99919
PRIN31	0.01249	0.00388	0.000357	0.99955
PRIN32	0.00861	0.00199	0.000246	0.99979
PRIN33	0.00662	0.00606	0.000189	0.99998
PRIN34	0.00056	0.00054	0.000016	1.00000
PRIN35	0.00001	.	0.000000	1.00000



Analisis de datos en: Sitio No.5 (Valle de los Fantasmas) (solamente cuando PESOG>0)  
18:46 Thursday, August 29, 1996 Principal Component Analysis

## Correlation Matrix

	LLUV_30	INT_MAX	IND_EI30	ECNT	TOT_LL	PESOG	PO_AR	PO_LI	PO_RC	DE_RE	PO_SAT
LLUV_30	1.0000	1.0000	0.6848	0.9340	0.8232	0.1905	0.1535	0.1818	-.1734	-.1965	0.0807
INT_MAX	1.0000	1.0000	0.6846	0.9342	0.8237	0.1905	0.1536	0.1819	-.1735	-.1962	0.0807
IND_EI30	0.6848	0.6846	1.0000	0.7613	0.7069	0.1022	0.1660	0.1859	-.1843	-.1440	0.0306
ECNT	0.9340	0.9342	0.7613	1.0000	0.9580	0.2144	0.1677	0.1767	-.1800	-.1834	0.1364
TOT_LL	0.8232	0.8237	0.7069	0.9580	1.0000	0.2455	0.1433	0.1342	-.1456	-.1757	0.1709
PESOG	0.1905	0.1905	0.1022	0.2144	0.2455	1.0000	0.6078	0.5732	-.6104	-.6680	0.2820
PO_AR	0.1535	0.1536	0.1660	0.1677	0.1433	0.6078	1.0000	0.8237	-.9696	-.5121	0.0778
PO_LI	0.1818	0.1819	0.1859	0.1767	0.1342	0.5732	0.8237	1.0000	-.9355	-.5224	0.0735
PO_RC	-.1734	-.1735	-.1843	-.1800	-.1456	-.6104	-.9696	-.9355	1.0000	0.5368	-.0732
DE_RE	-.1965	-.1962	-.1440	-.1834	-.1757	-.6680	-.5121	-.5224	0.5368	1.0000	-.0964
PO_SAT	0.0807	0.0807	0.0306	0.1364	0.1709	0.2820	0.0778	0.0735	-.0732	-.0964	1.0000
PH_SU	0.0490	0.0488	0.0812	0.0460	0.0394	0.3088	0.2366	0.0885	-.1847	-.3277	0.4375
CACO	-.0327	-.0349	-.0351	-.0580	-.0614	0.0747	0.1126	0.1575	-.1420	-.1692	0.0766
MA_OR	0.1580	0.1578	0.1928	0.1052	0.0613	0.4949	0.4694	0.5585	-.5269	-.5622	0.1427
NI_T	0.1886	0.1882	0.1932	0.1450	0.1151	0.4995	0.4399	0.5323	-.4973	-.5882	0.1631
K_RG	0.1836	0.1837	0.1448	0.1630	0.1270	0.4454	0.4817	0.5977	-.5467	-.4514	0.2019
P_RG	-.0632	-.0689	-.0288	-.0734	-.0676	0.0618	0.0375	0.0844	-.0559	-.0745	0.1048
MMHOS	0.1465	0.1467	0.2236	0.1809	0.2029	0.4882	0.4835	0.5058	-.5141	-.3911	0.1428
PH_AG	-.0083	-.0081	0.0544	0.0334	0.0560	-.0444	-.0173	-.2253	0.1082	-.0567	0.0306
CA_MG	0.0052	0.0061	-.0296	0.0945	0.1631	0.3554	0.3490	0.2224	-.3104	-.2779	0.0144
MG_MG	0.0950	0.0947	0.0424	0.1529	0.1896	-.0567	0.0979	0.0988	-.0996	0.0907	0.0578
NA_MG	-.0448	-.0444	-.0270	-.0011	0.0033	-.1058	-.1078	-.1068	0.1178	0.0661	0.0562
POT_MG	0.0847	0.0853	0.0834	0.1389	0.1645	0.3249	0.2871	0.2436	-.2800	-.2047	0.1511
SO_MG	-.1580	-.1585	-.1290	-.1665	-.1787	-.1137	-.0166	-.1143	0.0570	0.0654	0.0228
CL_MG	-.1817	-.1818	-.0976	-.2237	-.2478	-.1893	-.1775	-.1508	0.1784	0.1160	-.2458
DU_CO3	0.0333	0.0340	-.0208	0.1136	0.1777	0.2613	0.2884	0.1951	-.2602	-.1610	0.0256
AL_CO3	0.0529	0.0540	0.0167	0.1264	0.1679	0.1942	0.2873	0.2221	-.2717	-.1178	0.0344
CND_AG	-.0190	-.0186	-.0543	-.0347	-.0225	0.1675	0.1467	0.2081	-.1838	-.1144	0.0168
RAS	-.0891	-.0893	-.0629	-.1024	-.1226	-.1238	-.1286	-.0546	0.1063	0.1525	0.0544
ESC_L	0.2741	0.2738	0.1913	0.3074	0.3228	0.6321	0.5317	0.5138	-.5483	-.4908	0.2990
COB_VE	-.0046	-.0044	-.0442	0.0482	0.0710	-.3511	-.2085	-.3154	0.2641	0.4467	-.0047
RAD_IN	0.0751	0.0751	0.0579	0.0667	0.0826	0.2596	0.2419	0.2777	-.2728	-.2947	0.0481
PRA_CUL	-.0037	-.0036	-.0194	-.0011	-.0234	-.1966	-.0768	-.1755	0.1223	0.2407	0.0339
POR_PE	0.0406	0.0396	-.0121	0.0828	0.1505	0.2019	0.0939	-.0242	-.0466	-.0735	0.2048

	PRIN1	PRIN2	PRIN3	PRIN4	PRIN5	PRIN6	PRIN7	PRIN8	PRIN9	PRIN10	PRIN11	PRIN12
LLUV_30	0.077187	-.320223	0.152555	0.195530	0.184707	0.100199	-.003834	0.020471	-.089455	-.039544	0.000055	-.156330
INT_MAX	0.077600	-.320000	0.152255	0.195310	0.184754	0.101612	-.005038	0.019034	-.088072	-.042142	0.000217	-.154354
IND_EI30	0.029412	-.165729	0.047731	0.020698	0.000131	0.093215	-.193170	0.211068	0.207714	0.414850	0.055175	-.128315
ECNT	0.128464	-.293937	0.145174	0.192225	0.123951	0.047697	0.027850	-.051675	-.073140	-.047987	0.055727	0.007397
TOT_LL	0.123577	-.250822	0.124978	0.165513	0.094460	-.014982	0.104561	-.133459	-.093377	-.028016	0.109714	0.234586
PESOG	0.170341	0.051254	-.120854	0.153949	-.351002	-.327137	0.213341	-.062474	-.032040	0.033116	0.055519	-.028135
PO_AR	0.106820	0.063748	0.133522	0.113302	0.374421	0.106690	-.081550	0.118344	0.248594	0.045247	0.008945	0.236027
PO_LI	-.195613	-.121220	-.133270	-.186336	-.238494	0.048891	-.042127	-.019161	-.188850	-.054576	-.112781	-.109643
PO_RC	0.243303	0.150206	0.073154	0.222494	0.027551	-.188008	0.178613	-.096855	0.104816	0.040212	0.188883	-.013757
DE_RE	-.065847	-.133788	0.075758	-.252803	0.110815	-.294640	0.228426	-.023718	0.138872	0.014511	0.522878	-.085489
PO_SAT	-.037750	-.099934	-.272713	-.059429	-.101722	0.239380	-.121324	-.134822	0.274485	-.112890	0.230905	0.358209
PH_SU	-.195701	0.115814	0.093953	-.042244	-.026940	-.025137	0.184254	-.435546	-.018315	0.061756	-.059577	-.170684
CACO	-.251015	0.009928	-.059965	0.158368	0.006667	0.084489	0.364952	0.367809	0.089915	-.362101	0.033258	0.223903
MA_OR	-.289369	0.187167	0.054741	0.011587	0.037230	0.209754	0.115101	0.042528	-.184420	-.055152	0.274590	-.057449
NI_T	-.289016	0.203488	0.069131	0.034754	0.044779	0.213139	0.098511	-.017683	-.153117	-.034083	0.247667	-.049204
K_KG	-.160343	-.030380	-.285809	0.146898	-.058155	0.064274	-.107006	0.142280	0.278505	0.292793	0.016290	0.084332
P_KG	-.211497	0.231560	0.027899	0.349570	0.050898	0.145626	-.100563	-.124487	0.098185	0.067739	0.042720	0.156554
MMHOS	-.093929	-.176860	-.132600	-.058135	-.129813	-.117315	-.155956	0.161000	-.239563	0.214843	-.115495	0.215250
PH_AG	0.070596	-.021149	0.099681	-.387041	0.152752	-.071812	-.216944	-.231173	-.082864	-.161229	0.166034	0.453140
CA_MG	0.044395	0.205533	0.172234	-.159508	0.058335	-.208987	-.043334	0.099672	0.086336	0.022778	-.123074	0.109049
MG_MG	0.140606	0.157094	0.087035	0.289020	-.125367	-.034278	-.051089	0.111457	-.211982	-.324809	-.142067	0.153342
NA_MG	0.342975	0.145700	-.132215	-.074415	-.046177	0.191609	0.102480	0.061257	-.091415	0.033825	0.095790	-.092500
POT_MG	0.180342	0.172140	0.019146	-.091151	0.043433	-.079827	-.030929	0.291983	0.107993	-.008439	0.227426	-.112016
SO_MG	0.214172	0.156357	-.093480	-.251470	0.185470	0.381586	0.019939	0.037477	-.126417	-.011142	-.183106	0.003414
CL_MG	0.233770	0.031099	-.036101	0.177866	-.336518	0.056295	0.158256	-.031922	0.049281	0.200149	0.131847	0.267461
DU_CO3	0.082874	0.206585	0.164916	-.045134	0.021836	-.198116	-.028382	0.119203	0.043116	0.003971	-.154510	0.127091
AL_CO3	0.082191	0.205940	0.137832	-.096648	0.125796	-.089033	-.017832	0.139564	0.091196	-.041578	-.105972	-.076702
CND_AG	-.064642	0.283473	0.159781	0.196275	0.088213	0.028096	-.139874	-.395654	0.038080	0.252853	-.061798	-.004085
RAS	0.295228	0.184883	-.127094	0.016930	-.030494	0.293601	0.077077	0.058381	-.179680	0.066383	0.121409	-.083261
ESC_L	-.049952	-.048990	-.081685	-.053651	0.068032	0.047311	0.310456	-.070997	0.511604	-.184214	-.358870	-.121559
COB_VE	-.017071	-.088753	0.414562	-.051691	-.311623	0.113868	0.027789	-.016228	0.055720	-.032106	-.120277	0.154449
RAD_IN	0.001554	0.000216	-.352639	0.167330	0.214557	-.244199	-.027967	-.128841	-.141602	-.112439	-.170125	0.119807
PRA_CUL	-.002793	-.058120	0.408505	-.108257	-.337725	0.206271	0.054148	0.038756	0.102904	0.024568	-.069426	0.069157
POR_PE	0.013691	-.078416	-.041652	-.162756	0.212012	0.069019	0.587589	-.043162	-.163716	0.418869	-.202866	0.283936

Analisis de datos en: Sitio No.6 (Valle de los Fantasmas) (Solamente cuando PESOG > 0)  
 Principal Component Analysis 18:46 Thursday, August 29, 1996  
 Eigenvalues of the Correlation Matrix

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
PRIN1	6.53210	1.30648	0.186632	0.18663
PRIN2	5.22562	1.16535	0.149304	0.33594
PRIN3	4.06027	0.54301	0.116008	0.45194
PRIN4	3.51726	0.80808	0.100493	0.55244
PRIN5	2.70918	0.64631	0.077405	0.62984
PRIN6	2.06288	0.50576	0.058939	0.68878
PRIN7	1.55712	0.22222	0.044489	0.73327
PRIN8	1.33489	0.16564	0.038140	0.77141
PRIN9	1.16926	0.21127	0.033407	0.80482
PRIN10	0.95799	0.07134	0.027371	0.83219
PRIN11	0.88665	0.09981	0.025333	0.85752
PRIN12	0.78684	0.07693	0.022481	0.88000
PRIN13	0.70991	0.04739	0.020283	0.90028
PRIN14	0.66252	0.09992	0.018929	0.91921
PRIN15	0.56260	0.10549	0.016074	0.93529
PRIN16	0.45711	0.07936	0.013060	0.94835
PRIN17	0.37774	0.07356	0.010793	0.95914
PRIN18	0.30419	0.02353	0.008691	0.96783
PRIN19	0.28066	0.04727	0.008019	0.97585
PRIN20	0.23339	0.04453	0.006668	0.98252
PRIN21	0.18886	0.06584	0.005396	0.98792
PRIN22	0.12302	0.02706	0.003515	0.99143
PRIN23	0.09596	0.02553	0.002742	0.99417
PRIN24	0.07043	0.02817	0.002012	0.99618
PRIN25	0.04226	0.00515	0.001208	0.99739
PRIN26	0.03711	0.01522	0.001060	0.99845
PRIN27	0.02190	0.00845	0.000626	0.99908
PRIN28	0.01345	0.00608	0.000384	0.99946
PRIN29	0.00737	0.00245	0.000210	0.99967
PRIN30	0.00491	0.00128	0.000140	0.99981
PRIN31	0.00363	0.00152	0.000104	0.99992
PRIN32	0.00211	0.00134	0.000060	0.99998
PRIN33	0.00077	0.00072	0.000022	1.00000
PRIN34	0.00005	0.00005	0.000002	1.00000
PRIN35	0.00000	.	0.000000	1.00000

Analisis de datos en: Sitio No.6 (Valle de los Fantasmas) (Solamente cuando PESOG > 0)  
 Stepwise Procedure for Dependent Variable PESOG 18:46 Thursday, August 29, 1996

Step 1 Variable CL\_MG Entered R-square = 0.23047334 C(p) =458.58366426

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	3089361.2521071	3089361.2521071	12.58	0.0010
Error	42	10315057.988988	245596.61878543		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-3.37229902	94.24376127	314.46282844	0.00	0.9716
CL_MG	106.09273559	29.91317364	3089361.2521071	12.58	0.0010

Bounds on condition number: 1, 1

Step 2 Variable PO\_AR Entered R-square = 0.38573580 C(p) =359.98763706

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	5170564.3247942	2585282.1623971	12.87	0.0001
Error	41	8233854.9163008	200825.72966587		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	1963.52578350	616.90509494	2034491.3907538	10.13	0.0028
PO_AR	-67.17457718	20.86687378	2081203.0726871	10.36	0.0025
CL_MG	97.19919257	27.19032146	2566350.5828777	12.78	0.0009

Bounds on condition number: 1.010431, 4.041725

Step 3 Variable PO\_RC Entered R-square = 0.66934507 C(p) =178.23448519

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	3	8972181.8928138	2990727.2976046	26.99	0.0001
Error	40	4432237.3482811	110805.93370703		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-3260.20175609	1002.65961901	1171507.0933958	10.57	0.0023
PO_AR	-136.35776588	19.48728243	5425255.7090594	48.96	0.0001
PO_RC	141.62842045	24.17952180	3801617.5680197	34.31	0.0001
CL_MG	29.72629191	23.25106755	181116.78422671	1.63	0.2084

Bounds on condition number: 1.826189, 14.28744

Step 4 Variable CL\_MG Removed R-square = 0.65583334 C(p) =184.98885865

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	8791065.1085871	4395532.5542936	39.06	0.0001
Error	41	4613354.1325079	112520.83250019		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-3731.24441709	939.70163684	1774027.5799725	15.77	0.0003
PO_AR	-145.58808116	18.24008824	7168539.9671205	63.71	0.0001
PO_RC	156.94385511	21.16537382	6186851.3666706	54.98	0.0001

Bounds on condition number: 1.377946, 5.511785

Step 5 Variable PO\_LI Entered R-square = 0.76884477 C(p) =113.76767751

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	3	10305917.647282	3435305.8824274	44.35	0.0001
Error	40	3098501.5938127	77462.53984532		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-55078.69877275	11637.41491773	1735186.0119591	22.40	0.0001
PO_AR	333.01318336	109.27975725	719341.54415863	9.29	0.0041
PO_LI	492.01022364	111.25891335	1514852.5386951	19.56	0.0001
PO_RC	697.09256169	123.40050202	2471944.8473944	31.91	0.0001

Bounds on condition number: 209.9171, 1049.403

Step 6 Variable MMHOS Entered R-square = 0.84810614 C(p) = 64.41348298

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	4	11368370.215474	2842092.5538685	54.44	0.0001
Error	39	2036049.0256208	52206.38527233		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-52877.61245203	9566.16998673	1595111.7398619	30.55	0.0001
PO_AR	309.61096564	89.86291739	619719.64609940	11.87	0.0014
PO_LI	447.89697242	91.85979889	1241163.2191839	23.77	0.0001
PO_RC	680.92710760	101.36882103	2355678.8384667	45.12	0.0001
MMHOS	526.28792453	116.66227524	1062452.5681919	20.35	0.0001

Bounds on condition number: 212.3231, 1417.197

Step 7 Variable DU\_CO3 Entered R-square = 0.88183072 C(p) = 44.56300170

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	5	11820428.711637	2364085.7423273	56.71	0.0001
Error	38	1583990.5294583	41683.96130153		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-55512.21482020	8585.28286028	1742757.1664662	41.81	0.0001
PO_AR	339.46252835	80.80774921	735608.34381902	17.65	0.0002
PO_LI	471.06046328	82.38286710	1362851.3517005	32.69	0.0001
PO_RC	702.28628408	90.81082289	2492999.1759927	59.81	0.0001
MMHOS	492.94175087	104.73513255	923369.27061456	22.15	0.0001
DU_CO3	3.02273556	0.91788301	452058.49616253	10.84	0.0021

Bounds on condition number: 213.8823, 1791.103

Step 8 Variable NI\_T Entered R-square = 0.89076761 C(p) = 40.77271006

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	6	11940222.435857	1990037.0726428	50.29	0.0001
Error	37	1464196.8052383	39572.88662806		
Total	43	13404419.241095			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-52895.86972288	8499.14585527	1532818.3496530	38.73	0.0001
PO_AR	318.95066756	79.61265165	635156.26089063	16.05	0.0003
PO_LI	453.48960454	80.90242311	1243395.6517407	31.42	0.0001
PO_RC	673.16319024	90.05075850	2211381.6437637	55.88	0.0001
NI_T	-536.91479831	308.59380693	119793.72421991	3.03	0.0902
MMHOS	441.43984623	106.25496188	683034.05101680	17.26	0.0002
DU_CO3	3.44110527	0.92610007	546358.64329532	13.81	0.0007

Bounds on condition number: 217.2678, 2203.817

Step 9	Variable	PH_AG Entered	DF	R-square = 0.90082959	Sum of Squares	C(p) = 36.25345484	Mean Square	F	Prob>F
	Regression		7		12075097.483946		1725013.9262780	46.72	0.0001
	Error		36		1329321.7571487		36925.60436524		
	Total		43		13404419.241095				

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-49487.97462577	8401.35462587	1281233.6558639	34.70	0.0001
PO_AR	302.95764798	77.35760531	566350.67014676	15.34	0.0004
PO_LI	434.98999449	78.74673238	1126733.1292674	30.51	0.0001
PO_RC	645.27652079	88.20189262	1976348.5058296	53.52	0.0001
NI_T	-666.69225319	305.72958818	175591.49928306	4.76	0.0358
MMHOS	426.68114726	102.92950450	634533.79339067	17.18	0.0002
PH_AG	-156.25592633	81.75879795	134875.04808960	3.65	0.0640
DU_CO3	4.05571657	0.95063407	672103.34660883	18.20	0.0001

Bounds on condition number: 220.601, 2624.679

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.  
No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

#### Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable PESOG

Step	Variable Entered	Removed	Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	CL_MG		1	0.2305	0.2305	458.5837	12.5790	0.0010
2	PO_AR		2	0.1553	0.3857	359.9876	10.3632	0.0025
3	PO_RC		3	0.2836	0.6693	178.2345	34.3088	0.0001
4	CL_MG		2	0.0135	0.6558	184.9889	1.6345	0.2084
5	PO_LI		3	0.1130	0.7688	113.7677	19.5559	0.0001
6	MMHOS		4	0.0793	0.8481	64.4135	20.3510	0.0001
7	DU_CO3		5	0.0337	0.8818	44.5630	10.8449	0.0021
8	NI_T		6	0.0089	0.8908	40.7727	3.0272	0.0902
9	PH_AG		7	0.0101	0.9008	36.2535	3.6526	0.0640