

22
201

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Z A R A G O Z A

“DETERMINACION DEL GRADO DE ERODIBILIDAD”
DE LOS SUELOS EN UNA REGION DEL MUNICIPIO
DE PURISIMA DE BUSTOS, ESTADO DE GUANAJUATO.

T E S I S

Que para obtener el Título de:

B I O L O G O

presenta

JUAN MANUEL ISLAS AREVALO



México, D. F.

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

1	Introducción -----	1
2	Objetivo-----	2
3	Revisión de la literatura -----	4
3.1	Conceptos -----	5
3.2	Tipos de erosión -----	7
3.2.2	Erosión inducida -----	8
3.2.3	Límites aceptables de la erosión -----	8
3.2.4	Agentes de la erosión -----	9
3.2.5	Movimiento direccional de la erosión hídrica vertical -----	10
3.2.6	Formas de erosión hídrica -----	11
3.2.7	Formas de erosión eólica -----	13
3.2.8	Importancia de las formas de erosión -----	14
3.2.9	Factores que influyen en la velocidad de la erosión -----	14
3.3.	Erodibilidad -----	22
4	Fotografías aéreas -----	25
4.1	Criterios que se utilizaron para la interpretación de las fotografías aéreas -----	26
5	Descripción de la zona -----	29
5.1	Localización -----	29
5.2	Geología -----	29
5.3	Geomorfología -----	29
5.4	Hidrología -----	30
5.5	Climas -----	30
5.5.1	Datos de las gráficas de las estaciones meteorológicas -----	30
5.6	Vegetación-----	35
5.7	Suelos -----	36
6	Materiales y métodos -----	38
6.1	Muestreo de suelos -----	38
6.2	Análisis de los suelos -----	38
6.2.1	Preparación de los suelos -----	38

6.2.2	Análisis físicos -----	38
6.2.3	Análisis químicos -----	40
6.2.4	Análisis mineralógicos -----	41
6.2.5	Metodología para el cálculo de la erodibilidad -----	41
6.2.6	Fotografías aéreas y modo de interpretación -----	41
7	Resultados -----	44
8	Discusiones -----	65
8.1	Gráficas de textura -----	75
8.2	Gráficas de agregados -----	78
8.2.1	Gráficas de erodibilidad de los perfiles -----	81
8.2.2	Gráficas de difracción de rayos X. -----	83
9	Conclusiones -----	88
10	Bibliografía -----	92
XI	Mapas	

Esquema de Trabajo

Tema: Erosión del suelo

Objetivo

Determinar el grado de erodibilidad de los suelos en una región del Municipio de Purísima de Bustos, Estado de Guanajuato.

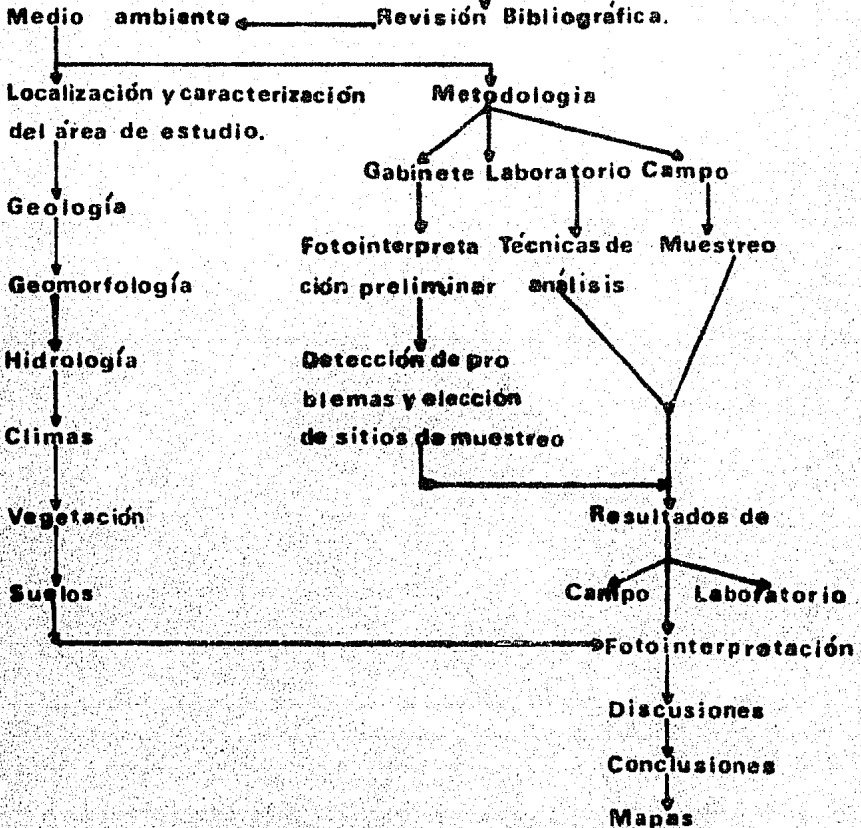


Figura No 1. Diagrama del proyecto.

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION.

El problema de la erosión en la República Mexicana, se observa a través de los daños que los escurrimientos superficiales o el viento ocasionan al suelo. El hombre agrava más este problema por el uso inadecuado que da a las tierras y por su olvido del proceso erosivo.

El detectar las áreas donde la erosión es mas acentuada, es de gran importancia para la ubicación de los planes de conservación de suelo y agua.

Estos programas son necesarios para resolver el deterioro del medio ambiente, que pueden ser a corto, mediano y largo plazo.

Una manera adecuada para evaluar la erosión, es partiendo de una base de conocimientos adecuados del problema que se pretende controlar, a fin de que los esfuerzos se enfoquen a aquellas áreas que requieren de atención primordial.

El grado de avance de la erosión, toma en cuenta aspectos dinámicos como son: la susceptibilidad del área a erosionarse, de acuerdo a sus características (profundidad, textura, estructura, posición topográfica, capacidad erosiva de la lluvia y el manejo del suelo, entre otras).

Por otro lado, la evaluación de la erosión, planteada en este caso como riesgo de erosión, queda involucrada dentro de un contexto más amplio, que es la clasificación de la aptitud de las tierras en el municipio de Purísima de Bustos.

2. OBJETIVO

DETERMINAR EL GRADO DE ERODIBILIDAD DE
LOS SUELOS EN UNA REGION DEL MUNICIPIO
DE PURISIMA DE BUSTOS. ESTADO DE GUANA
JUATO.

3, REVISION DE LA LITERATURA

3. LA EROSION DEL SUELO.

De todos los dones de la naturaleza, ninguno es más indispensable para el hombre que la tierra. Esta mezcla compleja de materia animal, vegetal y mineral, que cubre el núcleo rocoso del globo terrestre de espesores diversos, es uno de los cuatro elementos primarios indispensables para la vida, junto con la luz solar, con el aire y con el agua, la tierra nutre la vida vegetal y sustenta a todos los seres vivientes. Sin ella, nuestro planeta sería tan estéril como la luna.

Desde principios del mundo el suelo ha evolucionado continuamente. La lluvia y el viento han transportado sus partículas de uno a otro sitio, en su batir constante contra la superficie de la tierra. De este modo se han abierto cauces de arroyos y de ríos, se han formado deltas, y se han transformado gradualmente panoramas enteros. Sin embargo, cuando los terrenos han estado protegidos con una cubierta de pastos, de árboles o de cualquier otra vegetación, la remoción del suelo ha sido siempre sumamente lenta, sin que sobrepase, por lo general, a su formación.

Este equilibrio favorable entre la erosión del suelo y la formación de nuevas tierras que prevalece bajo condiciones naturales, fue alterada casi desde el momento mismo en que el hombre empezó a cultivar la tierra para procurarse alimentos. Al eliminar la vegetación nativa y roturar la superficie de la tierra con implementos rudimentarios, los primitivos agricultores y sus sucesores, aceleraron inconscientemente el grado de remoción del suelo. Es probable, sin embargo, que el cultivo de la tierra continuara por siglos antes de que reconociera la erosión como uno de los problemas de la humanidad. Sólo cuando la densidad de población obligó a que se cultivaran las laderas empinadas y los terrenos inestables, fue que la gente empezó a constatar vagamente, que la tierra puede desgastarse con rapidez por la acción de la lluvia y

del viento.

Desde nuestra posición ventajosa de hoy, parece que los agricultores del Mundo Occidental hubieran hecho todo lo posible para apresurar el empobrecimiento de sus tierras productivas. Las laderas escarpadas fueron aradas generalmente en el sentido de la pendiente, sobrecargaron las praderas y potreros a grandes hatos de ganado y rebaños de ovejas; año tras año sembraron los mismos cultivos en sus fincas, sin proteger las tierras y sin fertilizarlas; despojaron de vegetación las praderas exponiéndolas a los estragos causados por los vientos; y obtuvieron como resultado que los canales de riego y de drenaje se obstruyeran con el suelo transportado, producto de la erosión.

3.1. Conceptos. - Cuatro son los elementos que entran en juego al tratarse de la sucesión de las especies sobre la faz de la tierra. Dichos elementos son aire, luz, tierra y agua.

El aire necesario para mantener la respiración, la luz solar es indispensable para generar la energía necesaria en el proceso de la fotosíntesis, el suelo nos proporciona alimentos ya que es el material que constituye el soporte en donde las semillas se transforman en plantas, y el agua es el agente por medio del cual se ponen en solución los elementos indispensables para que la planta por mediación de sus raíces los adquiera e incrementa su desarrollo.

Si los elementos antes citados la existencia del individuo sería imposible, y si la cantidad o calidad de estos elementos se viera disminuida, la existencia se tornaría difícil.

De una manera general podemos decir que el hombre

no se halla capacitado para manejar a su arbitrio los elementos denominados como aire y luz; sin embargo, le es posible incrementar la utilidad de las tierras y de las aguas según se disponga a usarlas.

Siendo la tierra y el agua los dos recursos de los que depende nuestra vida en el planeta tierra, debemos dar especial atención a su conservación ya que la erosión deja sentir sus efectos sobre estos dos elementos.

En otros tiempos la destrucción del suelo era tan pequeña que no sobrepasaba a la formación de los mismos, sin embargo, este equilibrio fue roto una vez que el hombre empezó a cultivar la tierra con el objeto de procurarse alimentos, en un principio existían suelos en gran cantidad y estómagos vacíos en pequeña cantidad; sin embargo, desde el momento en que hubo necesidad de cultivar hasta el terreno más pequeño y, debido al gran incremento que ha tomado la población mundial que, se ve aumentada con cincuenta mil individuos según unos y con setenta y cinco mil según otros que, de cualquier manera influye en el fenómeno de la erosión, constituye por consiguiente un grave problema que debe resolver la humanidad si es que no quiere desaparecer (Torres, 1981).

Sabemos que todo aquello que es motivo de uso, es susceptible de acabarse, y el tiempo de su duración es una función del cuidado que se le otorgue; asentado lo anterior, estamos en condiciones de decir que los antiguos agricultores hicieron todo lo posible por acabar cuanto antes con gran ferocidad sus tierras; ya que podemos comparar sus prácticas con las que la técnica de Conservación de Suelos y Agua exige se de a los suelos; lo antes dicho podemos afirmarlo porque en la actualidad hemos visto agricultores que aran sus campos en el sentido de la pendiente, que siembran un cultivo por varios años, que no les importa la fertilización de sus tierras; al preguntárseles a éstas gentes por qué aran en la forma que lo hacen, responden que esa es la forma que les enseñaron sus padres, que también sus padres sembraron un sólo cultivo y siempre obtuvieron cosechas y que jamás se preocuparon en fertilizar sus tierras de cultivo; todo esto dió por resultado que la acción de la erosión se dejara sentir con toda su intensidad sobre las tierras de labor.

Los efectos de la erosión son los siguientes: disminuye la humedad tan necesaria para la subsistencia de las plantas, es decir, el agua como agente erosionante; extrae el sostén de las mismas, como en el suelo van mezclados los elementos que nutren a las plantas es fácil concluir que la erosión reduce la fertilidad de los suelos.

Esto nos da idea clara de lo que la erosión puede hacer en México en un futuro no lejano, habiendo quien asegure que "dentro de cien años la mayor parte de México se habrá convertido en un desierto, a no ser que se verifique una transformación profunda en lo que respecta al tratamiento de los suelos" (Torres, 1981).

La erosión que en la actualidad se encuentra actuando sobre los suelos es uno de los factores que hay que tomar en cuenta cuando se trata de llevar a cabo la clasificación de los suelos que se encuentran en su superficie, pues de acuerdo con ella se establecerán las prácticas de conservación. Se hace necesario indicar entonces lo que significa la palabra erosión, para cumplir con ello diremos que:

Erosión.- Es la remoción y pérdida del suelos de su lugar de origen y es ocasionada por la acción del agua, viento, temperatura y agentes biológicos (Torres, 1981).

Es imposible que la erosión no se presente, pues ha sido gracias a la acción del agua sobre las rocas que éstas se han desintegrado para constituir el suelo, de igual manera el viento al transportar material grueso e introducirlo en las grietas de las rocas está indirectamente contribuyendo a la formación de los suelos, pues el material depositado haciendo las veces de cuña tiende a desintegrar la roca; por estas razones cabe fijar la diferencia entre la erosión normal y la erosión acelerada.

3.2. Tipos de Erosión:

3.2.1. Erosión Geológica.- Es la que ocurre como consecuencia de las fuerzas de la naturaleza. Este tipo de erosión actúa sin la in-

tervención del hombre y participa en la formación de los suelos (Millar et al., 1971).

3.2.2. Erosión inducida.- Es la que ocurre o bien es la que opera cuando el proceso de la pérdida del suelo es debido al mal uso o manejo del suelo por el hombre.

Las principales causas de la erosión inducida se relacionan con la destrucción de la vegetación natural, la introducción de cultivos en áreas con pendientes fuertes, el mal laboreo de los suelos, el surcado en sentido de la pendiente, el sobrepastoreo, etc.

3.2.3. Límites aceptables de la Erosión:

Es difícil reducir en un 100% la erosión del suelo. Por esta razón, se han establecido límites de tolerancia sobre la pérdida del suelo que permiten mantener su nivel de productividad por un periodo considerable.

Para esto, es necesario considerar que la velocidad en la pérdida del suelo no debe ser mayor que la formación del mismo.

Experimentalmente se han encontrado que en condiciones alteradas por efectos de las prácticas de labranza, se pueden formar aproximadamente 0.8 a 1.8 toneladas de suelos/ha/año. Por lo tanto, se pueden permitir pérdidas hasta de 1.8 ton/ha/año, en suelos profundos, bien drenados y permeables de 0.4 ton/ha/año en suelos poco profundos y de permeabilidad reducida (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

Los estudios realizados en México indican que en los suelos con vegetación nativa poco alterada, continúan actuando los procesos de su formación de manera que al ser manejados en forma deficiente están sujetos a un proceso erosivo más intenso del suelos (Manual de conservación del suelos y del agua, 1977).

3.2.4. Agentes de la Erosión:

Agua.- Es el agente de la erosión más importante, ya que la acción de las gotas de lluvia al hacer impacto sobre la superficie del suelo y al sobrevenir el escurrimiento superficial; producen grandes pérdidas del suelo (Manual para la educación agropecuaria suelos y fertilización, 1982).

Cuando la erosión es causada por el agua, se denomina erosión hídrica.

Viento.- Es un agente climático que según su intensidad produce también erosión y afecta la formación de los suelos a través del desprendimiento, transporte deposición y mezclado de suelo.

Cuando la pérdida de suelo es causada por el viento, se denomina erosión eólica.

Los Cambios en Temperatura.- Cuando se considera la erosión geológica el paso del tiempo apenas se nota y, aún cambios pequeños o muy lentos se vuelven perceptibles hasta después de un largo tiempo. Como ejemplo tenemos la cuarteadura y descostramiento o exfoliación de las rocas por variaciones, entre la temperatura del día y de la noche esta variación sólo afecta la superficie de las rocas, mientras que los cambios, debido a las variaciones lentas entre el verano y el invierno, tienen mayor impacto en la masa de las rocas.

Los Agentes Biológicos:

En el proceso erosivo, también está influenciado por los organismos vivos en forma directa o indirecta. En forma directa, por el pisoteo sobre las rocas o el suelo para disgregarlo y hacerlo más fácilmente transportable por el agua y el viento; en forma indirecta. Caso típico, el sobrepastoreo (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

Degradación.

En sí, la erosión constituye una degradación del suelo que disminuye su aptitud para producir cosechas. Este deterioro puede ocurrir en varias formas, sin que exista necesariamente una remoción física de las partículas minerales del suelo (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

Efectos de la erosión sobre la fertilidad del suelo. La pérdida de nutrientes del suelo es tan importante como la pérdida misma del suelo. Cada elemento tiene sus mecanismos de pérdida. Por ejemplo: el fósforo se pierde principalmente con las partículas arcillosas y coloidales en las que está absorbido; además, el nitrógeno es lavado por las aguas de escurrimiento en forma de nitritos o nitratos sin que necesariamente exista un movimiento del suelo (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

3.2.5. Movimiento Direccional de la Erosión Hídrica Vertical.

Consiste en el movimiento vertical del material coloidal del suelo hacia las partes bajas del perfil por medio del agua de infiltración.

Como resultado de este movimiento, se presentan dos efectos principales: 1).- La disminución de fertilidad de la capa que está perdiendo su material coloidal. 2).- Materiales acarreados son acumulados a determinada profundidad del perfil del suelo, originando una capa menos permeables al paso del agua y más dura para la penetración de las raíces (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

Erosión eólica: el movimiento de las partículas del suelo en este tipo de erosión, es producida por la fuerza del viento ejercida contra la superficie del terreno. Una vez que este movimiento se ha iniciado, las partículas del suelo son transportadas por saltación, deslizamiento superficial y suspensión, dependiendo del tamaño de las

partículas y la duración, velocidad y turbulencia del viento (Baver, L.D. et al 1972).

La mayoría de las partículas del suelos son removidas por saltación la cual consiste en una serie de saltos sobre la superficie del terreno. Con frecuencia, las partículas de tamaños entre 0.1 y 0.5 mm, son transportadas en esta forma.

Los estudios de laboratorio han mostrado que más del 50% del suelo erosionado por el viento se mueve por saltación y el resto mediante una combinación de las otras dos formas (El deslizamiento superficial y la suspensión).

El deslizamiento superficial consiste en el rodamiento o deslizamiento de las partículas gruesas del suelo a lo largo de la superficie del terreno, debido a que dichas partículas del suelo son muy pesadas para ser levantadas por el viento, su movimiento se debe al empuje de éste y al impacto de las partículas pequeñas, que son transportadas por saltación. Las partículas pequeñas del suelo que se mueven en esta forma tienen diámetro entre 0.5 y 1.0 mm. La cantidad de suelo removido por saltación y deslizamiento superficial es proporcional a la velocidad del viento (Zingg, A.W. et al 1965).

Las partículas menores de 0.1mm pueden ser removidas por suspensión. El movimiento de estas partículas generalmente es iniciado por el impacto de las partículas movidas por saltación.

Este tipo de movimiento, aunque es de menor importancia cuantitativa que el de saltación es el más espectacular y fácilmente reconocida; un ejemplo de este tipo de movimiento de partículas, se presenta en las tolvaneras o polvaderas.

3.2.6. Formas de Erosión Hídrica.

a).- Erosión laminar. - Consiste en la pérdida del suelo de manera uniforme, sobre toda la superficie o en una franja amplia. Esta

forma de erosión raras veces ocurre, ya que por lo general con el primer salpicamiento y movimiento del suelo se forman pequeños canales, y en caso de ocurrir es muy difícil de detectar por los propios agricultores, quienes se dan cuenta hasta que aparecen al descubierto materiales extraños a la superficie. Esta forma de erosión se detecta también por las raíces de las plantas que quedan al descubierto o al quedar expuestas algunas capas que de ordinario están ocultas; esto es especialmente notable cuando se tienen suelo y subsuelo de coloración contrastante (Millard et al 1971).

- b).- Erosión acanalada.- En la mayoría de los suelos se presenta la erosión por canales y en condiciones extremas con formación de cárcavas y torrenteras; en sus fases iniciales también se le conoce como erosión en surcos, el proceso se inicia con la confluencia de dos o más escurrimientos superficiales de la parte alta del terreno hacia otras inferiores, o sea el drenaje natural del suelo, en un terreno desprovisto de cubierta vegetal de cárcavas, barrancas o torrenteras, arroyos y ríos.

La formación de cárcavas puede provenir también de huellas en los caminos, senderos de ganado, zanjas, desagües de terrazas mal construidas o de cualquier depresión donde se concentre el agua corriente.

La sección transversal de las torrenteras cambian de forma en función del material en suelos original, pendiente y textura del suelo. Generalmente en suelos ligeros el perfil es afectado en forma de "U" mientras que en suelos pesados, más resistentes a la erosión, se forman cárcavas con secciones transversales en forma de "V". En términos generales entre mayor sea la pendiente del suelo, mayor será el grado de erosión potencial del mismo. En pendientes suaves o en suelos sin ninguna pendiente es muy frecuente la erosión vertical, mientras que en suelos con pendiente pronunciada se presentan la erosión laminar y sobre todo la ero-

sión acanalada (Millard et al 1971).

3.2.7. Formas De Erosión Eólica.

Por otra parte tenemos que las principales formas de erosión eó
lica son; superficiales, por tolvaneras y con formación de dunas o mé
danos (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

a).- Erosión superficial.

La erosión eólica superficial tiene lugar principalmente en terrenos planos, sin cubierta vegetal, textura ligera, suelos sueltos y sujetos a altas temperaturas y a la exposición prolongada a los rayos solares. El acarreo superficial de partículas de suelo está en relación directa con la intensidad del viento e inversa con el diámetro de las partículas transportadas.

b).- Erosión por tolvaneras.

Esta forma de erosión eólica, también conocida como tormen--
tas de arena y tormentas de polvo, se produce como consecuencia del acarreo de partículas finísimas del suelo por el viento. La intensidad de la erosión por tolvaneras está en función de la cantidad de ligereza del material acarreado.

c).- Formación de dunas y medanos.

La formación de dunas o montículos de arena es ocasionada por la acumulación de los materiales acarreados por el viento, que al perder velocidad son depositados en grandes cantidades.

La acumulación de suelo por el viento es una verdadera invasión de materiales extraños al sitio donde ocurren el depósito de las partículas, formándose así los suelos eólicos (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

3.2.8 Importancia de las Formas de Erosión:

Con frecuencia se pregunta ¿Qué forma de erosión es la que causa más daños?. Este planteamiento es importante cuando los recursos para un programa de conservación son limitados y no alcanzan para atacar el área erosionada. Por lo que debe actuar en un área seleccionada de antemano. Sin embargo, esta pregunta no tiene una sola respuesta, sino que depende de la razón por la cual se está haciendo el control de la erosión del suelo..

Cuando el problema más serio lo constituya la disminución de los rendimientos por efecto de la erosión de las áreas de producción, entonces las formas de gotas de lluvia y por canales son los principales. Si por el contrario, son los rendimientos que transportan los arroyos y torrenteras los que amenazan azolar las estructuras de almacenamiento en una zona de riego, la forma más importante de erosión será probablemente la erosión en cárcavas, y se debe a que la mayor parte del suelo erosionado de este modo, es movilizado en forma total e inmediata hacia la corriente de agua, mientras que el suelo erosionado de los terrenos arables puede ser retenido por la vegetación o captado en zanjas antes de llegar a los arroyos.

La importancia de una forma de erosión depende entonces de los objetivos del programa de conservación (Manual de conservación del suelo y del agua, 1977).

3.2.9 Factores que Influyen en la Velocidad de la Erosión.

Demostrado el hecho de que el proceso de la erosión consta de una fase de desprendimiento y otra de transporte, procederemos a citar factores climáticos, factor vegetación, precipitación, intensidad de la precipitación, distribución de la precipitación, infiltración, transpiración, evaporación, absorción, tipo de suelo, longitud de la pendiente (Gardner, 1980).

a).- Factores Climáticos.

Los principales factores climáticos que influyen en el escurrimiento y en la erosión son la lluvia, la temperatura, la energía solar y el viento. La lluvia es el más importante. La temperatura en las zonas templadas ejerce su influencia primeramente mediante las variaciones en la absorción del agua por el suelo. En invierno, el suelo se congela a profundidad variable, lo cual impide la filtración. La temperatura determina si la precipitación será en forma de lluvia o de nieve. También derrite la nieve y da origen al escurrimiento, el cual causa erosión en los microcanales o en la capa superficial deshilada no protegida. En el resto del año, la temperatura, como índice de la energía solar juega un papel significativo en el proceso de evapotranspiración que regula la cantidad de agua dentro del suelo al tiempo de la precipitación. Las pérdidas de suelo por erosión están correlacionadas con la intensidad de la precipitación sólo cuando la humedad efectiva del suelo al tiempo de la precipitación se considera como uno de los parámetros (Baver, 1972). La humedad efectiva del suelo varía inversamente con el cuadrado de la temperatura (F). Datos de Hawaii mostraron que la evapotranspiración estaba más altamente correlacionada con la energía solar que con la temperatura (Baver, 1954). La energía solar determinaba el contenido de humedad del suelo entre las lluvias. El viento afecta al proceso de la erosión, primeramente por el ángulo y la velocidad de impacto de las gotas de lluvia. También influyen en la evapotranspiración y por consiguiente en el contenido de humedad del suelo. Limitando nuestra atención en la precipitación como lluvia, encontramos que la cantidad, la intensidad y la distribución como lluvia, ayudan a determinar la acción dispersante de la lluvia en el suelo, la cantidad y la velocidad del escurrimiento y las pérdidas debidas a la erosión. Una gran lluvia total puede no causar excesiva erosión si la intensidad es baja. De manera análoga, una lluvia intensa de muy corta duración puede no causar mucha pérdida de suelo, porque no cae cantidad suficiente de agua de lluvia para producir escurrimiento. Por otra parte, cuando la capacidad y la intensidad son altas en una tormenta, el escurrimiento y la erosión serán de serias proporciones. Esto es especialmente cierto si la precipitación está

distribuida de modo que las lluvias caen cuando el suelo no tiene protección de plantas.

Numerosos testimonios experimentales realzan la importancia de la intensidad de la lluvia en las pérdidas del suelo. Experimentos controlados en una parcela de laboratorio, realizados para evaluar el efecto de la intensidad donde la pendiente, el suelo y la intensidad de la lluvia pudieron ser regulados, demostraron que la erosión aumenta en función de una potencia de la intensidad (Nead, 1938). Las Investigaciones más completas sobre las pérdidas del suelo en relación con las características de la lluvia son quizá las de Wischmeier y sus colaboradores (Wischmeier, Smith y Uhl and, 1958; Wischmeier y Smith, 1958; Wischmeier, 1959). Los resultados de estas investigaciones no demostraron buena correlación entre la cantidad de lluvia o la intensidad máxima en corto período y las pérdidas de suelo. Pero la energía de la lluvia dió una alta correlación. La mejor correlación se obtuvo entre las pérdidas de suelo y el producto de la energía cinética durante la tormenta multiplicada por la intensidad máxima durante 30 minutos. La energía total de la tormenta fue calculada, este producto fue denominado índice de erosión, IE. significa que el potencial de erosión de una tormenta es función de la cantidad de lluvia, de la velocidad de las gotas y de la máxima intensidad sostenida. Representa los efectos totales de la energía de impacto de las gotas de lluvia y de la turbulencia del escurrimiento. Existe un alto grado de correlación lineal entre las pérdidas del suelo y el índice de erosión.

b). El factor Vegetación.

Una buena cubierta vegetal, así como un denso césped o un bosque espeso, compensa los efectos del clima, de la topografía y del suelo en la erosión. Este hecho se destaca particularmente en los resultados de las estaciones experimentales federales para la conservación del suelo y del agua. Un buen césped de gramíneas ha reducido a menos de una tonelada de pérdida de suelo por año en suelos que van desde el migajón limoso muy permeable de Marshall hasta el casi impermeable mi-

gajón de Shelby en pendientes que varían desde 4% en Temple, Texas, hasta 30% en Lacrosse, Wisconsin. Naturalmente, la producción agrícola no permite cubrir todo el terreno con árboles y pasto pero aun en condiciones de cultivo, la vegetación juega un papel de gran significación en el control de la erosión.

Los efectos principales de la vegetación se clasifican en cuatro categorías: 1) Interceptación de la lluvia por la cubierta vegetal; 2) disminución de la velocidad de escurrimiento y de la acción cortante del agua; 3) efectos de las raíces en aumentar la granulación, la porosidad y las actividades biológicas asociadas con el crecimiento vegetativo y su influencia sobre la porosidad del suelo, y 4) la transpiración del agua que conduce a la desecación del suelo. El cuadro siguiente ilustra, en forma simplificada, la relación entre clima, vegetación y erosión de los suelos en América Latina (Gardner, 1980).

Clima	Vegetación	Erosión de Suelos
Superhúmedo	Bosque Higrofito	Deslizamiento de tierras, ligeros y moderados, y algunas cárcavas profundas en terrenos inestables.
Húmedos	Bosque	De moderada a grave en las tierras inclinadas que se han talado y donde se hacen cultivos en hilera.
Subhúmedo	Hierbas altas	Generalmente no tiene lugar o es moderada en tierras llanas; o grave en las tierras inclinadas de climas cálidos.
Arido (entremezclado con semiarido)	Plantas desérticas, principalmente matorrales y cactáceas.	Moderada y grave; gran erosión geológica acelerada por el exceso de pastoreo.

c). - Precipitación.

Es uno de los factores más importantes que tienen lugar en el fenómeno de la erosión de las tierras, respecto de ella hay que tomar en cuenta su intensidad y distribución.

d). - Intensidad de la precipitación.

Es natural que tiene gran importancia la intensidad con que se presentan las lluvias, pues cuando son de gran intensidad por lo general las aguas corren en su mayor parte sobre la superficie, llevándose consigo grandes cantidades de suelo; en cambio, cuando son de baja intensidad riegan mejor el suelo ya que éste es capaz de absorberlas conforme van cayendo, quedando a disposición de las plantas; esto trae como consecuencia un menor escurrimiento con menores pérdidas de suelo.

e). - Distribución de la Precipitación.

La distribución de las lluvias durante el año es de gran interés ya que una distribución uniforme de las precipitaciones sería de gran utilidad en la conservación de los suelos, pues es claro que si las lluvias se continúan una vez que el suelo se encuentra saturado de humedad, éstas tienen que incurrir, arrastrando consigo el suelo.

f). - Infiltración.

Es el siguiente camino que recorre el agua de lluvia una vez que entra en contacto con el suelo, la infiltración tiene lugar una vez que la humedad del suelo superficial llega a la saturación, en este mismo instante, todo el exceso de agua penetra por gravedad en la masa del suelo hasta depositarse como agua subterránea.

g). - Transpiración.

Es el tercer camino que recorre el agua de lluvia; las plantas extraen el agua que se ha almacenado en la masa del suelo, por

medio de sus raíces, esta agua se mueve a través de los tejidos de las plantas, para ser transpirados finalmente por las hojas, pasando esta agua a la atmósfera y continuar el ciclo hidrológico.

h). - Evaporación.

Es el siguiente camino que recorre el agua del suelo, la cantidad de agua que queda expuesta a la intemperie una vez que los caminos anteriores han satisfecho sus demandas de agua, es evaporada a la atmósfera a fin de favorecer la continuación del ciclo hidrológico. La evaporación depende de los factores temperatura y viento; la temperatura determina la capacidad de absorción del vapor de agua por la atmósfera, y los vientos hacen sentir su influencia sobre la evaporación al cambiar aire saturado por aire no saturado haciendo que en esta forma el fenómeno de la evaporación continúe.

i). - Absorción.

El agua al precipitarse sobre la superficie del suelo es absorbida por éste en una cantidad que varía de acuerdo con las condiciones físicas del mismo.

j). - Tipo de Suelo.

Es indudable que el tipo de suelo tiene gran influencia sobre los efectos erosivos. Respecto del tipo de suelo debemos tener en cuenta su permeabilidad y su capacidad retentiva de humedad.

Los suelos de textura ligera son muy permeables, pero tienen poca capacidad retentiva de humedad y por este motivo hacen más difícil el crecimiento de una buena cubierta vegetal. En un suelo de tipo arena gruesa o fina se infiltrará rápidamente el agua, y para una lluvia moderada habrá poco o ningún escurrimiento y por consiguiente, no se perderá mucho suelo; en cambio cuando se producen corrientes de agua, este suelo se pierde fácilmente, pues las partículas de suelo se encuentran sueltas y carentes de limo o arcilla que las mantiene unidas (ver capítulo 3.3.).

En un suelo de textura pesada los poros son tan diminutos que absorben lentamente el agua, perdiéndose una buena proporción de ella por escurrimiento, pero su capacidad retentiva de humedad es mucho mayor, facilitando más tarde, la humedad necesaria a las plantas para que proporcionen un buen desarrollo vegetal que proteja al suelo.

k).-Longitud de la Pendiente.

La longitud de la pendiente es el último factor a considerar en este trabajo entre los que favorecen el fenómeno de la erosión. Al aumentar la longitud de la pendiente aumenta con ello la superficie de captación de las precipitaciones, la cantidad total de escurrimiento se incrementa habiendo grandes dificultades en su control y manejo, incrementándose con ello las pérdidas de suelo (Fig. 2).

3.3 ERODIBILIDAD

3.3. Erodibilidad.

La erodibilidad define la resistencia del suelo al desprendimiento y transporte. La resistencia del suelo a erosionarse depende en parte de la posición topográfica, la pendiente y el grado de perturbación originada por el hombre; por ejemplo, estabilidad de los agregados, capacidad de infiltración, contenido de materia orgánica y capacidad de infiltración (Evans *in* Morgan, 1979).

El papel de la textura del suelo ha sido indicado en el punto 2 donde fue mostrado que las partículas grandes del suelo son resistentes al transporte por la mayor fuerza requerida para moverlas; en contraste, las partículas finas son más resistentes al desprendimiento debido a su cohesividad. Las partículas menos resistentes son los limos y arenas finas, Richter y Negendank (1977) mostraron que suelos con 40 a 60% de limos son los más erosionables.

Evans *in* prensa prefiere examinar la erodibilidad en términos de arcilla indicando que los suelos con una fracción arcillosa entre 9 a 30% son más susceptibles a la erosión.

El uso del contenido de arcilla como un indicador de la erodibilidad es, teóricamente, más satisfactorio (Evans *in* Morgan, 1979), porque las partículas de arcilla combinadas con materia orgánica forman agregados del suelo y es la estabilidad de estas que determinan la resistencia del suelo. Suelos con gran contenido de bases minerales son generalmente más estables porque constituyen al cuerpo químico de los agregados (Gavande 1979; Raver *et al.*, 1972; Fassbender, 1975).

La estabilidad también depende de la arcilla presente, la illita y la montmorillonita forma rápidamente agregados, pero la estructura más abierta del segundo mineral y la gran expansión y contracción que ocurre cuando se mojan y se secan hace menos estables los agregados, que aquellos formados por caoilita (Gavande, 1976; Ba-

ver et al., 1972).

La capacidad de infiltración está influenciada por el tamaño de los poros, y la forma del perfil del suelo. Suelos con agregados estables contienen su espacio poroso en mejores condiciones mientras que los suelos con arcillas expandibles o minerales que son inestables en el agua, tienden a una capacidad de infiltración baja. La estimación de la capacidad de infiltración puede ser obtenida en el campo usando infiltrómetros (Hills, 1970). Las capacidades reales durante las tormentas son muchas veces menores que en aquéllos indicados por pruebas de campo. Otro factor que influye en la capacidad de infiltración es la intensidad de la lluvia; hay evidencias que sugieren que en el lugar de ser un valor constante la capacidad de infiltración se incrementa con la intensidad de la lluvia (Nossit y Wilson, 1975; De Ploey Savot y Maexerson, 1976).

Este incremento en la intensidad de la lluvia puede no corresponder al incremento en el drenaje superficial. La materia orgánica y los constituyentes químicos del suelos son importantes por su influencia en la estabilidad de los agregados. Suelos con menos de 2% de materia orgánica pueden ser considerados como erosionables (Evans, R. en prensa).

Muchos intentos se han hecho para diseñar un simple índice de erodibilidad basado en las propiedades del suelo determinados en el laboratorio, en el campo o en la respuesta del suelo a la lluvia y al viento (Evans in Morgan, 1979).

En una revisión de los índices aplicados a la erosión por agua, Bryan (1968) propone la estabilidad de los agregados como el índice más eficiente. Él usó la proporción de agregados estables al agua mayores que 0,5mm, contenidos en el suelos; estos agregados son empleados como indicadores de erodibilidad, a mayor proporción, mayor resistencia del suelo a la erosión (Gavande, 1979; Bayer et

✓
al, 1972; Fassbender, 1975).

El índice más comúnmente usado es el valor K, que representa el suelo perdido. Puede calcularse el valor estimado de K si se conoce la distribución del tamaño del grano, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del suelo (Wischmeier, Johnson y Cross, 1971).

4. FOTOGRAFÍAS AEREAS.

El éxito de una buena planeación económica para lograr el desarrollo regional e integral de un país, depende principalmente de la fidelidad y oportunidad de la información con que se cuenta. La fotointerpretación y la fotogrametría proporciona la exactitud y rapidez necesarias para estos propósitos y es en la cuantificación y localización de los recursos donde la fotografía aérea resulta ser de importancia capital como instrumento básico para el ejercicio de las técnicas mencionadas.

La fotogrametría es una técnica que tiene por objeto la determinación de la forma y dimensiones de los objetivos con base en las características métricas de sus perspectivas centrales. Las perspectivas centrales utilizadas son, en este caso, las fotografías.

Por su parte la fotointerpretación es la técnica de reconocer en las fotografías, todos los elementos presentes y superficiales del terreno fotografiado, deducir su significado e interpretar su evaluación en el pasado y futuro.

Esta técnica ofrece extraordinarias ventajas cuando es aplicada a la realización de estudios de recursos naturales, además como ya se había dicho, es rápida, económica y de gran precisión.

Actualmente sabemos que una de las ventajas por la cual se usa esta técnica es la ganancia de tiempo y de costo. Vink (1963), aclara que tal ganancia está en función de la escala.

ESCALA DE PUBLICACIÓN	GANANCIA APROXIMADA EN TIEMPO Y COSTO POR EL USO DE FOTINTERPRETACIÓN,
1:2 000 000	70%
1:1 000 000	75%
1: 250 000	80%
1: 50 000	70%
1: 20 000	25%
1: 10 000	10%

Existen muchos tipos de fotointerpretación, de acuerdo al objetivo que se persigue así, tenemos que hay fotointerpretación geológica, que también abarca aspecto de erosión, drenaje y topografía; fotointerpretación de suelos aplicada a la agricultura y al uso de suelo; fotointerpretación aplicada a estudios forestales, etc. (Sánchez, 1984).

4.1. Criterios que se Utilizaron para la Interpretación de las Fotografías Aereas.

Para realizar la fotointerpretación es necesario tener elementos de juicio que se pueden dividir en dos grupos (García, 1977).

Primer Grupo:

- a). Los Derivados de las características físicas de las fotografías.
- b). Los que se derivan de las características del elemento fotografiado.
- c). Los que se derivan de las ciencias y disciplinas que quieran estudiarse en las fotografías.

Segundo grupo:

- a). Se puede reconocer la superficie del terreno, cubierta vegetal etc.
- b). Reconocer la forma del elemento fotografiado y su composición básica.
- c). Nos permite interpretar la presencia de algún elemento en el terreno que no fue directamente fotografiado.

Dentro de las fotografías aéreas también encontramos características como su tonalidad, forma y textura.

Tono de la fotografía.- Es la cantidad de luz reflejada en la placa fotográfica por los colores del terreno fotografiado, dando como resultado distintas variaciones de gris, negro y blanco. Se

pueden denotar presencias de materia orgánica, humedad, composición mineralógica, algunas características de la vegetación (Follaje), etc.

Textura.- Es la apariencia dada por un conjunto de rasgos unidos que son demasiado pequeños e imposibles de identificarlos individualmente.

Se puede decir también que es la apariencia dada por un conjunto de rasgos unidos que no son pequeños y consecuentemente posibles de identificarse individualmente, pero que ofrece determinado arreglo representativo de las características del terreno o de su cubierta vegetal. La textura va a depender de la escala de las fotografías (Eugene, 1968).

5. DESCRIPCION DE LA ZONA

5. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

5.1. Localización:

La zona de estudio, se encuentra en la porción noroeste del Estado de Guanajuato. La cabecera del Municipio se localiza en los $21^{\circ} 02'$ de la latitud norte y $101^{\circ} 53'$ de longitud oeste, con una altura de 1 725 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con el Municipio de León; al sur con el Municipio de Manuel Doblado; al este con el de San Francisco del Rincón y al oeste con el Estado de Jalisco (Fig. 1).

5.2. Geología:

La zona de estudio es compleja por estar en un lugar limítrofe entre la Altiplanicie y el Eje Neovolcánico por un lado y, por otro, la Meseta Central. Dominan las rocas ígneas extrusivas: andesita, riolita, toba, basalto y brecha volcánica que pertenecen al Cenozoico y Cuaternario. Le siguen en importancia las calizas, areniscas y lutitas y finalmente, las metamórficas representadas por el travertino.

Las edades de estos afloramientos varían desde el Mesozoico hasta el Reciente; las rocas más antiguas son las calizas y corresponden al Triásico y Jurásico; también hay algunas calizas que son del Cretácico (DETENAL, 1980).

5.3. Geomorfología.

Existen valles, lomerías y mesetas en la zona de estudio que se encuentra colindante con las provincias fisiográficas de la Altiplanicie Mexicana, el Eje Neovolcánico y la Meseta Central.

En cada una de estas provincias predomina un proceso orgénico distinto, que a la vez se refleja sobre una gran variedad geomorfológica.

Las altitudes varían desde los 1 740m en la parte baja, hasta los 2 080m en las partes elevadas de las mesetas.

Los suelos de esta zona están formados por aluviones del Cuaternario que cubren los valles y llanuras, mientras que las partes montañosas presentan un suelo muy incipiente (DETENAL, 1980).

5.4 Hidrología.

El municipio de Purísima de Bustos, es atravesado por los siguientes ríos: Río Turbio, Río Santiago, Río Loma y Arroyo Purísima. También se localizan las Presas Cañada, San José y San Germán (DETENAL, 1980).

5.5 Climas.

De acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1973), la zona de estudio tiene los siguientes tres tipos de climas:

- $C(w_0)w$, el más seco de los templados, con un cociente P/T 43.2 y un porcentaje de lluvia media anual de 5.
- $C(w_1)w$, intermedio en cuanto a humedad, con un cociente P/T 43.2 y 55.0.
- $C(w_2)w$, el más húmedo, con un cociente P/T 55.0 y con un porcentaje de lluvia invernal de 5.

5.5.1 Datos de las Gráficas de la Estación Meteorológica Guanajuato Estado de Guanajuato.

Año 1921-1980.	Ene.	F	M	A	M	J	J	A	S	
Temperatura	14	13.0	14.1	17.4	20.0	22.3	21.7	20.4	20.0	19.6
Precipitación	15	13.4	6.0	7.6	11.4	24.8	117.9	133.4	143.5	112.5

	O	N	D	Anual	Clima
	17.6	15.0	13.3	17.9	BS ₁ kw (w) (e) (g)
	35.9	10.4	10.3	627.1	

Datos de las Gráficas de la Estación Meteorológica San Diego de Alejandra Estado de Jalisco.

Año 1921-1980

Temperatura 18	13.5	14.3	17.2	19.7	21.6	20.8	19.2	19.0	18.6
Precipitación 34	12.2	3.9	4.2	8.9	30.8	122.6	152.9	164.6	119.2

	O	N	D	Anual	Clima
	17.4	15.7	13.5	17.5	C(w ₀) (w) b(e) g
	35.0	11.6	9.9	675.7	

Tipos templados subhúmedos con lluvias en verano.
(agrupa los subtipos menos húmedos de los templados subhúmedos)

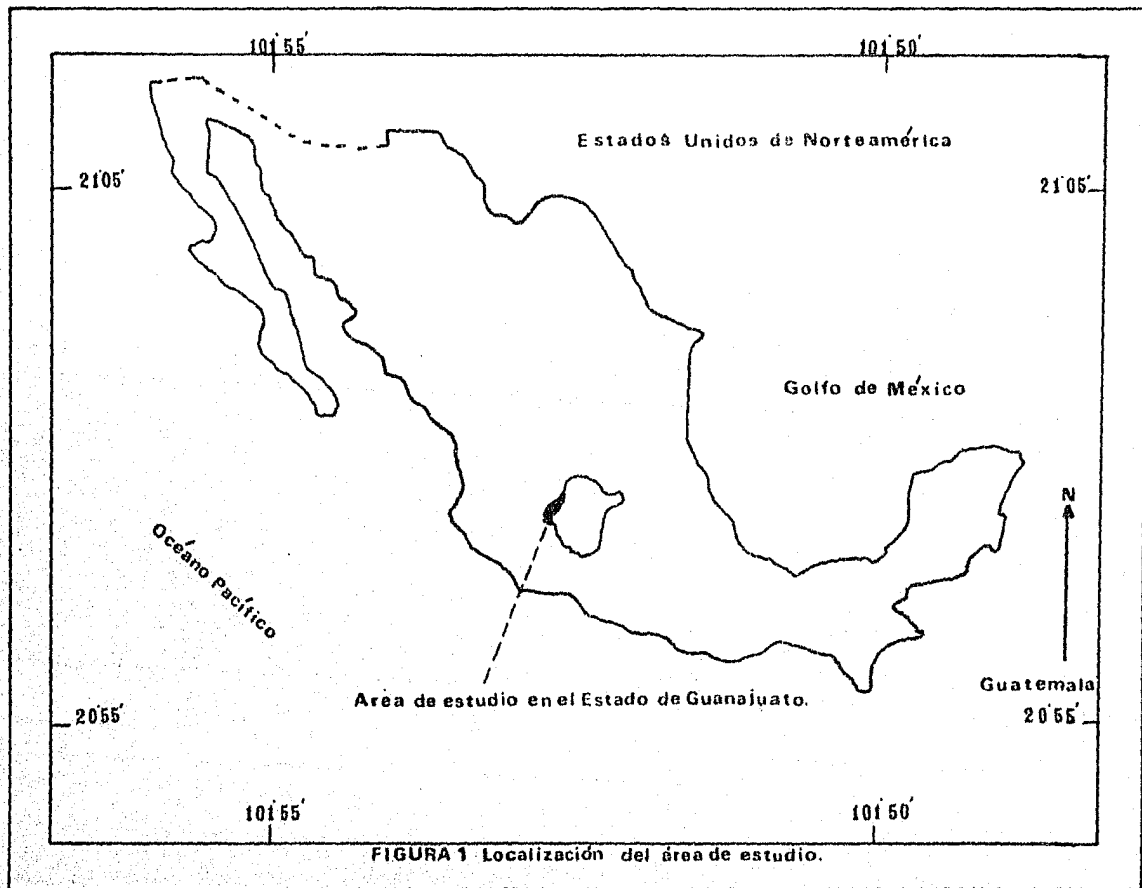
(precipitación del mes más seco menor de 40mm).

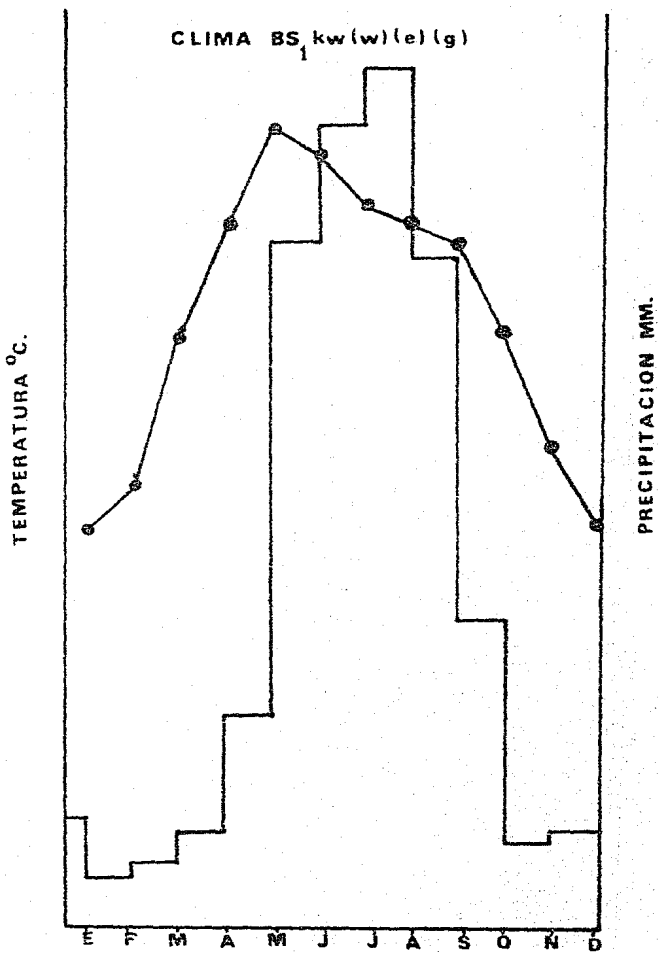
C(w₀) (w) % de precipitación invernal menor de 5

C(w₀) % de precipitación Invernal entre 5 y 10.2

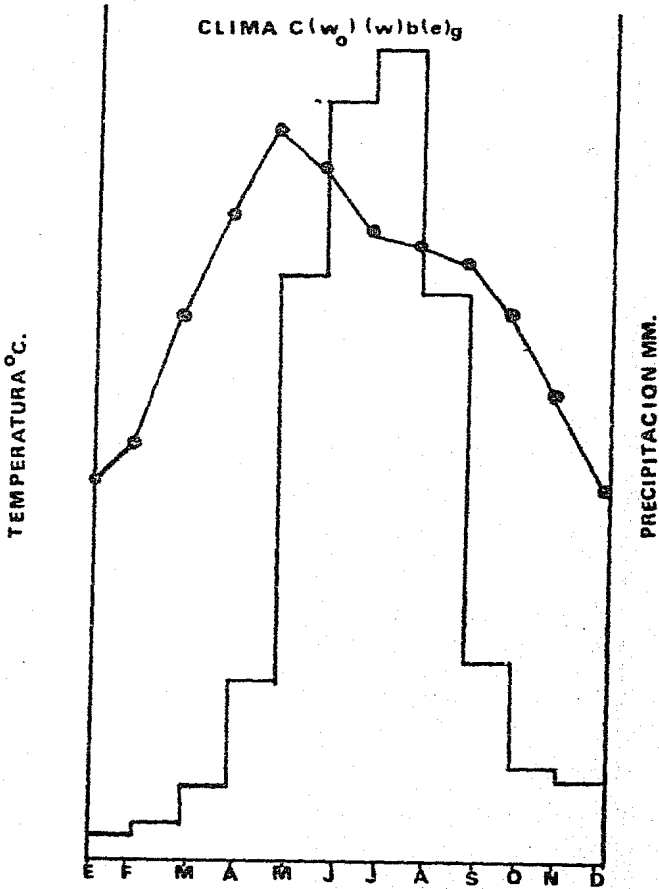
C (w₀) (X) % de precipitación invernal mayor de 10.2

Los promedios mensuales y anuales de varias estaciones meteorológicas datan desde 1921 a la fecha, operadas por el servicio Meteorológico Mexicano. La Secretaría de Recursos Hidráulicos, opera desde 1969, así como la Comisión Federal de Electricidad.





Guanajuato Edo de Guanajuato. (1921-1980)
 Datos Tomados de la Carta de Climas.
 (DEGENAL, 1980).



San Diego de Alejandría Edo de Jalisco (1921-1980)

Datos Tomados de la Carta de Climas.

(DEGETENAL, 1980).

5.6 Vegetación.

Los tipos de vegetación dominantes, según DETENAL, 1980 y Rzedowski 1978, son:

- a). Matorral Subtropical.- Existen tres áreas principales cubiertas por este matorral, la separación entre ellas y su ubicación, hace pensar que en tiempos pasados tuvo mayor cobertura.

Esta unidad tiene los siguientes componentes principales: Lemaireocereus sp.

Estrato superior.- Lemaireocereus sp (órgano), Ipomoea sp (casahuate), Opuntia sp (nopal), Acacia sp (huizache), Prosopis laevigata (mezquite).

Estrato medio.- Acacia sp (huizache), Mimosa sp (uña de gato), Salvia sp, (pastos), Forestiera sp (acibuche).

Estrato inferior.- (pastos) Bouteloua sp, Aristida sp, Chloris sp, Croton sp, Eragrostis sp, Asclepias sp.

- b). Mezquital.- Este tipo de vegetación ocupa áreas sumamente localizadas y relacionadas con las llanuras de aluviones profundos. Los componentes principales de esta unidad, son:

Estrato superior.- Prosopis laevigata (mezquite), Ipomoea sp (casahuate).

Estrato medio.- Opuntia sp (nopal), prosopis laevigata (mezquite), Celtis pallida (granjero), Acacia sp (huizache).

Estrato inferior.- (pastos) Bouteloua sp, Aristida sp, Cenchrus sp.

El pastizal halófito se desarrolla en zonas que presentan acumulación de sales; los principales componentes de esta comunidad son: Distichlis spicata, Hilaria sp y Buchloe sp.

5.7 S u e l o s .

La mayoría de los suelos que se localizan al norte del Municipio de Purísima de Bustos, son de carácter zonal, es decir, que el factor predominante en su génesis es el clima; sin embargo, los suelos azonales están bien caracterizados en la mitad del municipio (Fassbender, 1975).

Los suelos que se localizan en las partes bajas de la zona de estudio, según DETENAL (1978) son: Vertisol pélico, Feozem háplico, Castañozem calcárico, Feozem calcárico, Xerosol calcárico.

En las zonas de mesetas del municipio, predominan los Litosoles, Castañozems, Planosoles y Luvisoles. En las áreas lacustres del sur del municipio, existen suelos moderadamente salinos y sódicos, que aún mantienen pequeñas zonas con vegetación primaria de mezquitales (DETENAL, 1980).

6. MATERIALES Y METODOS

6. MATERIALES Y METODOS.

6.1 Muestreo de Suelos.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados con base en la geología, geoforma, hidrología, y uso del suelo; fueron utilizadas las cartas topográficas y edafológicas (León F-14-C-4) de CETENAL) 1973-1975 y (San Roque de Torres F-14 C-51) 1975-1978 respectivamente; los perfiles fueron localizados en fotografías aéreas, escala 1:50.000, pancromáticas en blanco y negro (1971). Toda esta información fue aprovechada con el fin de obtener un muestreo representativo.

Se realizaron 14 perfiles describiéndose sus características de campo. La recolección de las muestras en el perfil, se hizo con base en los horizontes existentes, dando un total de 25 muestras.

6.2 Análisis de los Suelos.

6.2.1 Preparación de las Muestras.

Los suelos secados, fueron molidos en mortero de madera y después se pasaron por un tamiz de dos milímetros de diámetro.

A las muestras se les efectuaron análisis físicos, químicos y mineralógicos, que incluyen las siguientes determinaciones:

6.2.2 Análisis Físicos.

- a). Textura.- Se usó el método del hidrómetro, tratando las muestras con peróxido de hidrógeno al 30%, para eliminar la materia orgánica y utilizando calgón al 0.5 N para deflocular el suelo (Bouyoucos, modificado por Villegas et al 1977).

- b). Humedad Higroscópica. - Se determinó calculando la cantidad de agua contenida en 100g de suelo y sometido a un secado de 110°C durante 24 horas en la estufa (U.S.D.A., 1962).
- c). Coefficiente Higroscópico. - Se determinó calculando la cantidad de agua que contienen 100g de suelo que se encuentra en equilibrio con una atmósfera de 97,5% de humedad relativa y a la temperatura ambiente durante 15 días (Gavande, 1979).
- d). Capacidad de Campo. - Mediante una olla de presión se determinó la cantidad de agua que contiene un suelo mojado que ha dejado de drenar, cuando se le aplica una presión de un bar (Gavande, 1979).
- e). Agua Aprovechable en Peso. - Fue calculada mediante la diferencia entre la capacidad de campo y el coeficiente higroscópico (Richards, 1954).
- f). Agua Aprovechable en Volumen. - Se obtuvo determinando la cantidad de agua que contiene 100cm^3 de volumen total de suelo, usando los valores de densidad aparente (Richards, 1954).
- g). Densidad Aparente. - Se calculó mediante la relación que existe entre la masa del suelo y el volumen del mismo, utilizando el método de la probeta, compactando el suelo con golpes ligeros (Gavande, 1979).
- h). Densidad Real. - La masa total de partículas sólidas en relación a su volumen, se determinó por el método del picnómetro (Am. Soc. for test and mat., 1958).
- i). P o r o s i d a d. - Se obtuvo relacionando la densidad real y la densidad aparente del suelo (Vomosi, 1965).
- j). T i r a n t e. - Se calculó relacionando la densidad aparente,

el agua aprovechable en volumen y el espesor del suelo (U.S. D.A., 1962).

- k). **P e r m e a b i l i d a d**, - Esta medida del movimiento del agua se determinó según la técnica reportada por Reeve (1965) y utilizando la fórmula de Darcy (1965).
- l). **Análisis de Agregados**. - La medida de la cantidad de agregados estables al agua, fue determinada mediante la técnica Yoder (1936); para el cálculo del coeficiente de agregación utilizó la fórmula de van Bavel (1949).

6.2.3 Análisis Químicos.

- a). **pH**. - Se determinó potenciométricamente usando electrodos de vidrio y calomel, en una suspensión de suelo-agua de relación 1:2.5 (Peech, 1965).
- b). **Materia orgánica**. - Se utilizó el método de Walkey y Black, modificado por Walkey (1947), haciendo una digestión húmeda con dicromato de potasio.
- c). **Capacidad de intercambio catiónico total**. - Se determinó por percolación usando acetato de amonio 1N pH 7 y CaSO_4 (Peech, 1965).
- d). **Cationes Intercambiables**. - Fueron extraídos con acetato de amonio neutro y normal del extracto percolado para capacidad de Intercambio catiónico total (Peech, 1965).
- e). **Carbonatos**. - El porcentaje de carbonatos de calcio, se determinó mediante neutralización con ácido, cuantificando el exceso de ácido con una base valorada (Richards, 1954).
- f). **Fósforo asimilable**. - Se usó el método propuesto por Bray

(1945), que emplea fluoruro de amonio 0.03 M y ácido clorhídrico 0.25N, como solución extractora y se cuantificó por el método del azul de molibdeno.

- g). Conductividad eléctrica.- Se determinó en una suspensión de suelo-agua de relación 1:2.5. (conductímetro modelo PR 9501 marca Phillips).

6.2.4. Análisis Mineralógico.

Se realizó el análisis en la fracción arcillosa de algunas muestras representativas. Primeramente se obtuvieron por segregación las arcillas correspondientes y posteriormente se caracterizaron por el método de difracción de rayos X, ya que cada una de las arcillas posee una estructura atómica característica que difracta a los rayos X con un patrón también característico que permite reconocer el elemento (Black et al 1965; aparato de difracción de rayos X marca Phillips PW:1080/25).

6.2.5 Metodología para el Cálculo de la Erodibilidad.

- Determinar la erodibilidad por medio del valor K utilizando el monograma propuesto por (Wischmeier, Johnson y Cross, 1971).
- Se analizaron las propiedades del suelo como textura, tipo de arcillas, materia orgánica, agregados, estructura, permeabilidad, así como ciertas características externas, geología, geomorfías, pendientes y uso del suelo, desde el punto de vista de la erodibilidad.
- Con base en los dos puntos anteriores se puede determinar el grado de erodibilidad que presenten los suelos.

6.2.6. Fotografías Aéreas y Modo de Interpretación.

El análisis de las fotografías aéreas fue hecho con base en

✓

los métodos tradicionales de la fotointerpretación de los suelos. El uso de este método dió la oportunidad de identificar características tales como la geoforma, relieve, uso del suelo, vegetación, factores que permitieron estimar los límites de los suelos. Además, se siguieron criterios adicionales tales como tonalidad, formas, texturas y demás elementos de juicio que se expusieron en el Capítulo 4.1.

7. RESULTADOS

Perfil: 10Localización: San Antonio Casas Blancas Pendiente: 5%Uso del suelo: Cultivo de maíz Material parental: AluviónClimas: BS₁ (hw(w)) Geoforma: VallePrecipitación: 600-800mm Temp: 18°C Altitud: 1 850m

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizontes:

Profundidad (cm)

Arcilla

Limo

Arena

Clase textural

Densidad ap. (g/cm³)Densidad re. (g/cm³)

Porosidad

pH

C.E. (mmhos/cm²)

Materia orgánica (%)

CICT (meq./100)

Permeabilidad (cm/h)

Agua aprovechable (v)

Mineralogía

Porcentaje de agreg. (%)

	A	C	
Profundidad (cm)	0-70	70	
Arcilla	6.0	1.0	
Limo	18	14	
Arena	76	86	
Clase textural	arena migajosa	arena migajosa	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.22	1.17	
Densidad re. (g/cm ³)	1.81	2.98	
Porosidad	32.60	60.73	
pH	7.8	7.6	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.40	0.45	
Materia orgánica (%)	0.41	0.21	
CICT (meq./100)	16.06	9.70	
Permeabilidad (cm/h)	10.66 muy permeable	14.63 muy permeable	
Agua aprovechable (v)	-	-	
Mineralogía	-	-	
Porcentaje de agreg. (%)	-	-	

Perfil: 10 A

Localización: Cerca San Antonio Casas B. Pendiente: 2%
 Uso del suelo: Cultivo de maíz y frijol Material parental: Aluvi6n
 Clima: BS₁ hw (w) Geoforma: Valle
 Precipitaci6n: 600-800mm Temp: 18°C Altitud 1 850 m
 Observaciones: Fase lftica profunda.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizonte:	A _p	R		
Profundidad (cm)	0-60	60		
Arcilla (%)	18			
Limo (%)	16			
Arena (%)	66			
Clase textural	migaj6n arenoso			
Densidad ap. (g/cm ³)	1.11			
Densidad re. (g/cm ³)	2.35			
Porosidad (%)	52.76			
pH	7.6			
C. E. (mmhos/cm ²)	0.57			
Materia org6nica (%)	0.70			
CICT (meq./100)	31.90			
Permeabilidad (cm/h)	7.23: muy permeable			
Agua aprovechable	-			
Mineralogfa	-			
Porcentaje de agreg(%)	-			

Perfil: 19

Localización: Ejido Potrerillos Pendiente: 5%
 Uso del suelo: Pastoreo Material parental: Aluvión
 Clima: C (w₀) w Geoforma: Pequeño Valle
 Precipitación: 600-800mm Temp. 18°C Altitud: 1 800m
 Observaciones: Fase lítica

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizontes:

	A	R		
Profundidad (cm)	0-25	25		
Arcilla (%)	3			
Limo (%)	15			
Arena (%)	82			
Clase textural	arena mijagosa			
Densidad ap. (g/cm ³)	1.17			
Densidad re. (g/cm ³)	2.52			
Porosidad (%)	53.57			
pH	7.7			
C.E. (mmhos/cm ²)	0.33			
Materia orgánica (%)	1.06			
CICT (meq./100)	14.24			
Permeabilidad (cm/h)	17:80 muy permeable			
Agua aprovechable (v)	-			
Mineralogía	-			
Porcentaje de agreg. (%)	-			

Perfil: 15 A

Localización: Cañadas de Sotos Pendiente: 8%
 Uso del suelo: Cultivo de maíz y frijol material parental: Coluvio-aluvión
 Clima: BS₁ hw (w) Geoforma: Piedemonte
 Precipitación: 600-800mm Temp. 18°C Altitud: 1 800m
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizontes:	A _p	C	P
Profundidad (cm)	0-35	35-110	110
Arcilla (%)	16	16	
Limo (%)	12	14	
Arena (%)	72	70	
Clase Textural	migajón arenoso	migajón arenoso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.27	1.18	
Densidad re. (g/cm ³)	2.86	2.52	
Porosidad (%)	55.60	53.18	
pH	8.2	8.0	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.52	0.40	
Materia orgánica (%)	0.31	1.06	
CICT (meq./100)	6.68	25.40	
Permeabilidad (cm/h)	9.04 muy permeable	10.47 muy permeable	
agua aprovechable (v)	--	--	
Mineralogía	montmorillonita, feldspatos	montmorillonita.	
porcentaje de agreg. (%)	--	--	



0 cm Estructura subangular; migajón arenoso; macroporos; muy permeables: 9.0 cm/h; pH 5.2 m.o. 0.312; raíces finas y medias; grietas verticales en el perfil.

35 Estructura angular; migajón arenoso; macroporos escasos; muy permeable 10.47 cm/h, pH 8.0 m.o. 1.067; raíces finas, medias y gruesas; grietas verticales; afloramiento de rocas.

50

Perfil: 19 A

Localización: Ejido el Barrial Pendiente 5%
 Uso del suelos: Sin cultivo Material parental: Coluvión aluvión
 Clima: BS₁ hw (w) Geoforma: Piedemonte
 Precipitación: 600-800mm Temp. 18°C Altitud: 1 800m
 Observaciones: Fase Iltica

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

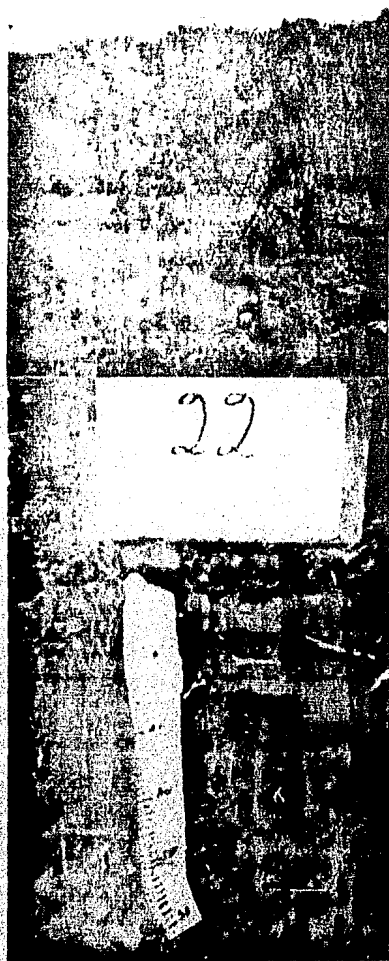
Horizontes	A	R		
Profundidad (cm)	0.30	30		
Arcilla (%)	2			
Limo (%)	12			
Arena (%)	86			
Clase textural	arena migajosa			
Densidad ap. (g/cm ³)	1.37			
Densidad re. (g/cm ³)	2.69			
Porosidad (%)	49.07			
pH	7.5			
C.E. (mmhos/cm ²)	0.44			
Materia orgánica (%)	0.86			
CICT (meq./100)	15.40			
Permeabilidad (cm/h)	10.53 muy permeable			
Agua aprovechable (v)	-			
Mineralogía	-			
Porcentaje de agreg. (%)	-			

Perfil: 22

Localización: Purísima de Bustos Pendiente: 5%
 Uso del suelo: maíz y frijol Material parental: Coluvio-aluvión
 Clima: C (W₀) w Geoforma: Piedemonte
 Precipitación: 600-800mm. Temp.: 18°C Altitud: 1800m
 Observaciones: fase lítica profunda

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizontes	A _p	A ₁₂	R	
Profundidad (cm)	0-18	18-50	50	
Arcilla (%)	36	34		
Limo (%)	32	32		
Arena (%)	32	34		
Clase textural	migajón arcilloso	migajón arcilloso		
Densidad ap. (g/cm ³)	1.12	2.37		
Densidad re. (g/cm ³)	1.10	1.91		
Porosidad (%)	52.74	42.40		
pH	7.8	7.6		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.25	0.55		
Materia orgánica (%)	1.45	1.32		
CITC (meq./100)	53.40	55.44		
Permeabilidad (cm/h)	0.36 im- permeable	0.36 im- permeable		
Agua aprovechable (v)	66.31	-		
Mineralogía	-	montmorillonita, cuarzo,		
Porcentaje de Agreg. (%)	13.6297	-		



- 0 cm Estructura subangular; migajón arcilloso; microporos; impermeable 0.36 cm/h; pH 7.8; m.o 1.45% raíces gruesas, medianas y finas abundantes; gran cantidad de gravas, guijarros y piedras; grietas escasas. Estructura subangular; migajón arcilloso; microporos; impermeable 0.36 cm/h; pH 7.6; m.o 1.32% raíces escasas gruesas y finas; gravas abundantes con presencia moderada de piedras y guijarros.
- 18
50. Según escala del departamento de Agricultura de los EE.UU. de A.

Perfil: 25

Localización: Saucillo Pendiente 5%
 Uso del suelo: maíz, garbanzo, frijol Material parental: lga
 Clima: C (w_p) w Geoforma: Meseta
 Precipitación: 600-800mm. Temp.: 18°C Altitud: 1850m
 Observaciones: fase lítica

RESULTADOS Y ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizonte:	A ₁	R		
Profundidad (cm)	0-14	14	R	
Arcilla	12			
Limo (%)	42			
Arena (%)	46			
Clase textural	franco			
Densidad ap. (g/cm ³)	1.06			
Densidad re. (g/cm ³)	2.11			
Porosidad (%)	49.76			
pH	7.6			
C.E. (mmhos/cm ²)	0.56			
Materia orgánica (%)	0.41%			
CICT (meq./100)	42.00			
Permeabilidad (cm/h)	19.13 muy permeable			
Agua aprovechable (v)	36.50			
Mineralogía	-			
Porcentaje de agreg. (%)	53.6086			

Perfil: 20

Localización: Las Lomas Pendiente: 10%
 Uso del suelo: Pastizal Material parental: Aluvi3n
 Clima: BS₁ hw (w) Geoforma: Monticular
 Precipitaci3n: 600-800 mm Temp.: 18°C Altitud: 1 750m
 Observaciones: fase l3tica

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

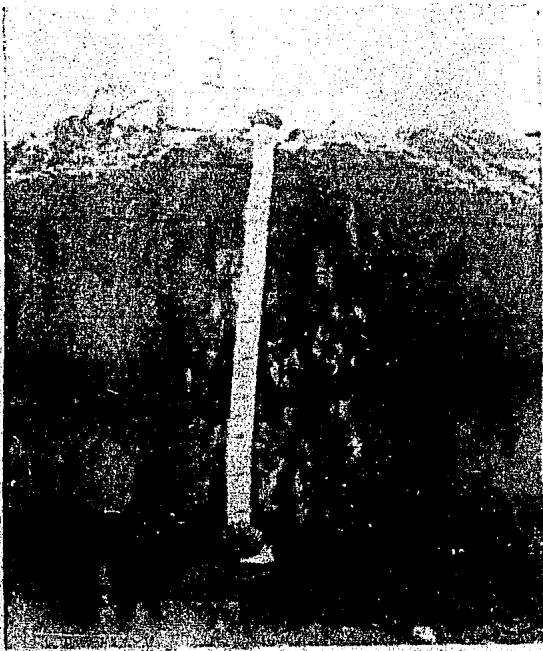
Horizontes:	A ₁	R		
Profundidad (cm)	0-8/12	8/12		
Arcilla (%)	2			
Limo (%)	11			
Arena (%)	87			
Clase textural	arena migajosa			
Densidad ap. (g/cm ³)	1.24			
Densidad re. (g/cm ³)	2.17			
Porosidad (%)	42.85			
pH	8.1			
C.E. (mmhos/cm ²)	0.60			
Materia org3nica (%)	0.76			
CICT (meq./100)	19.80			
Permeabilidad (cm/h)	17.41 muy permeable			
Agua aprovechable (V)	17.30			
Mineralogfa	montmorillonita, cuarzo			
Porcentaje de agreg. (%)	-			

Perfil: 21

Localización: El Caracol Pendiente: 5%
 Uso del suelos: Pastizal Material parental: Aluvi6n
 Clima: C (w_p) (W) Geoforma: Pequeño valle
 Precipitaci6n: 600-800mm Temp. 18°C Altitud: 1 800m
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizontes:	A	A	R	
	1	11		
Profundidad (cm)	0-80	80-150	150	
Arcilla (%)	6	10		
Limo (%)	18	16		
Arena (%)	76	74		
Clase textural	migaj6n arenoso	migaj6n arenoso		
Densidad ap. (g/cm ³)	1.29	2.41		
Densidad re. (g/cm ³)	1.22	2.40		
Porosidad (%)	46.47	49.16		
pH	7.6	7.9		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.85	0.56		
Materia org6nica (%)	0.28	0.70		
CICT (meq./100)	19.93	16.99		
Permeabilidad (cm/h)	3.88 me dio permeable	16.58 muy permeable		
Agua aprovechable (v)	-	-		
Mineralogfa	-	-		
Porcentaje de agreg. (%)	-	-		



- 0— Estructura angular; migajón arenoso; macroporos; muy permeable; 3.88 cm/h; m.o. 0.28; horizonte con raíces finas y abundantes, medianas; orizales abundantes; gravas escasas; concentraciones de carbonatos en filamentos y capas.
- 80— Estructura angular extremadamente dura; migajón arenoso; muy permeable 16.58 cm/h; m.o. 0.70; raíces finas y medianas escasas; orizales abundantes; gravas escasas; macroporos abundantes.
- 150—

Perfil: 23Localización: Purísima de Bustos Glo. Pendiente: 2%Uso del suelo: maíz y frijol Material parental: AluviónClima: C (w_n) w Geoforma: VallePrecipitación: 600-800mm Temp.: 18°C Altitud: 1800mObservaciones: Fase lítica

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizonte:	A _p	A ₁₂	R	
Profundidad (cm)	0-18	18-40	40	
Aricilla (%)	24	24		
Limo (%)	24	40		
Arena (%)	52	36		
Clase textural	migajón arcilloso arenoso	franco		
Densidad ap. (g/cm ³)	1.17	2.04		
Densidad re. (g/cm ³)	1.13	2.17		
Porosidad (%)	42.64	47.92		
pH	7.8	7.5		
C.E. (mmhos/cm ²)	1.0	0.37		
Materia orgánica (%)	1.48	1.06		
CICT (meq/100)	40.48	34.97		
Permeabilidad (cm/h)	0.89 poco permeable	0.21 poco permeable		
Agua aprovechable (v)	45.40	53.48		
Mineralogía	montmorillonita, cuarzo	-		
Porcentaje de agreg. (%)	15.1771	2.4661		

Perfil: 23 A

Localización: Ejido Sn. Jerónimo "Los Tanques" Pendiente: 2%
 Uso del suelo: Cultivo de maíz y frijol Material parental: Aluvión
 Clima: BS₁ hw (w) Geoforma: Valle
 Precipitación: 600-800 mm Temp. 18°C Altitud: 1750m
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizonte:	A _p	A ₁₂	A ₂	R
Profundidad (cm)	0-37	37-70	70-110	110
Arcilla (%)	20	38	42	
Limo (%)	28	44	28	
Arena (%)	26	50	24	
Clase textural	franco	migajón arcilloso	franco	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.17	1.12	1.04	
Densidad re. (g/cm ³)	2.13	2.03	2.09	
Porosidad (%)	45.07	44.82	50.23	
pH	8.2	8.0	7.5	
C.E. (mmhos/cm ²)	1.25	0.58	0.65	
Materia orgánica (%)	1.28	1.71	1.06	
CICT (meq./100)	36.13	55.0	51.37	
Permeabilidad (cm/h)	3.47 medio Impermeable	0.36 Imper- meable	0.36 im- permeable	
Agua aprovechable (v)	-	-	-	
Mineralogía	-	-	-	
Porcentaje de agreg. (%)	-	-	-	

Perfil 24

Localización: El Rfo Ejido San Jerónimo Pendiente: 2%
 Uos del suelo: Cultivo de maíz y frijol Material parental: Aluvión
 Clima: BS₁ hw (w) Geoforma: Valle
 Precipitación: 600-800 mm Temp. 18°C Altitud: 1750m
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizonte:	A _p	A ₁₂	R	
Profundidad (cm)	0-40	40-50	50	
Arcilla (%)	28	21		
Limo (%)	34	47		
Arena (%)	38	32		
Clase textural	migajón arcilloso	franco		
Densidad ap. (g/cm ³)	1.06	1.03		
Densidad re. (g/cm ³)	1.97	2.35		
Porosidad (%)	46.19	56.17		
pH	7.7	7.5		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.58	0.59		
Materia orgánica (%)	1.06	0.41		
CICT (meq./100)	33.55	41.03		
Permeabilidad (cm/h)	4.66 permeable	2.66 medio permeable		
Agua aprovechable (v)	66.20	-		
Mineralogía	halosita cristalina lita feldespatos	-		
Porcentaje de agreg. (%)	13.9985			

Perfil: 26ALocalización: El Lindero Pendiente: 2%Uso del suelo: Cultivo de maíz y sorgo Material parental: Aluvi6nClima: C (w₀) (w) Geoforma: VallePrecipitaci6n: 600-800 mm Temp. 18°C Altitud: 1780m

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizontes:	A ₁	A ₁₂	R	
Profundidad (cm)	0-55	55-110	110	
Arcilla (%)	28	24		
Limo (%)	46	54		
Arena (%)	26	22		
Clase textural	migaj6n arcilloso	migaj6n limoso		
Densidad ap. (g/cm ³)	1.08	1.07		
Densidad re. (g/cm ³)	1.80	1.98		
Porosidad (%)	40	45.95		
pH	7.6	7.6		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.61	0.49		
Materia org6nica (%)	1.71	1.06		
CICT (meq/100)	57.86	58.3		
Permeabilidad (cm/h)	0.36 impermeable	0.36 impermeable		
Agua aprovechable (v)	44.23	-		
Mineralogía	montmorillonita, cristobalita, feldes- patos	-		
Porcentaje de agreg. (%)	2.4755	-		

Perfil: 25ALocalización: El Saucillo Pendiente: 10%Uso del suelo: Cultivo de maíz y frijol Material parental: Coluvio-aluvialClima: C (w_o) w Geoforma: piedemontePrecipitación: 600-800 mm Temp. 18°C Altitud: 1950m

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

Horizontes:

	A _p	A ₁	A ₂	R
Profundidad (cm)	0-30	30-40	40-60	60
Arcilla (%)	40	8	20	
Limo (%)	36	44	38	
Arena (%)	24	48	42	
Clase textural	migajón arcilloso	franco	franco	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.10	1.11	1.03	
Densidad re. (g/cm ³)	2.04	2.17	2.30	
Porosidad (%)	46.07	48.84	55.21	
pH	8.8	7.7	7.8	
C.E. (mmhos/cm ²)	1	0.73	0.82	
Materia orgánica (%)	1.71	1.71	0.41	
CICT (meq./100)	71.0	65.20	65.7	
Permeabilidad (cm/h)	1.76 poco permeable	0.60 poco permeable	1.76 po- co permeable	
Agua aprovechable (v)	monomilloni- ta, cuarzo	-	-	
Mineralogía	24.2064	-	-	
Porcentaje de agreg. (%)	-	-	-	

A N E X O

NOMOGRAMA DE LA ERODIBILIDAD DEL SUELO

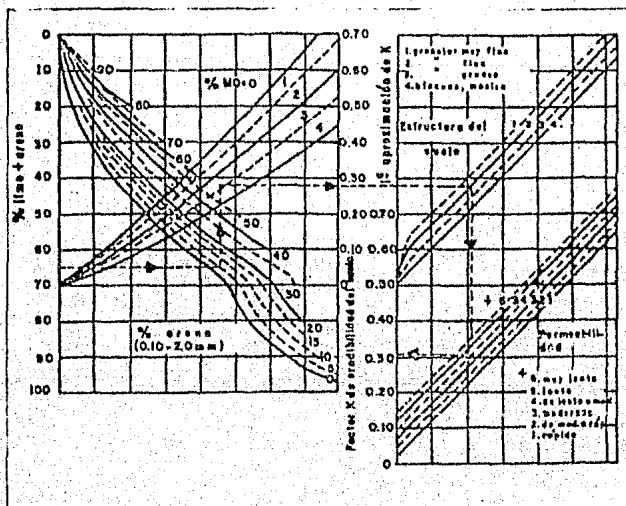


Fig. 7.0 Nomograma para calcular el valor de K, erodibilidad del suelo, utilizado en la Ecuación Universal de pérdida del suelo (según Wischmeier, Johnson y Cross, 1971).

CALCULO DE LA ERODIBILIDAD DE LOS PERFILES
MUESTREADOS (PURISIMA DE BUSTOS, GTO.).

(Tabla 1)

PERFIL	LIMO %	ARENA %	M. O. %	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD cm/h	ERODIBILIDAD (INDICE K)
10	18	76	0.41	1	10.66	0.35
	14	86	0.21	1	14.63	0.48
10A	16	66	0.70	3	7.23	0.50
15A	12	72	0.31	3	9.04	0.40
	14	70	1.06	4	10.47	0.42
19	16	82	1.06	1	17.80	0.36
19A	12	86	0.86	1	10.53	0.37
20	11	87	0.76	4	17.41	0.48
21	18	76	0.28	4	3.88	0.50
	16	72	0.70	4	16.58	0.42
22	32	32	1.45	3	0.36	0.68
	32	34	1.32	3	0.36	0.68
23	24	52	1.48	4	0.89	0.48
	39	37	1.06	3	6.21	0.52
23A	38	42	1.28	4	3.47	0.53
	44	28	1.71	3	0.36	0.64
24	34	38	1.06	4	4.66	0.55
	47	32	0.41	4	2.66	0.50
25	42	46	0.41	1	19.33	0.38
25A	36	24	1.71	3	1.76	0.49
	44	48	1.71	3	0.60	0.45
26A	46	26	1.71	3	0.36	0.57
	54	22	1.06	4	0.36	0.68

8. DISCUSION DE RESULTADOS

DISCUSION.

La consideración de las características o atributos específicos del suelo relacionados con la erodibilidad situaron en un rango más restringido las características del suelo y del medio ambiente conectados con el fenómeno de la erosión.

Las características o atributos que se consideraron como fundamentales, para la evaluación de la erodibilidad fueron (Wischmeier et al, 1971; Morgán, 1979; Hernández, 1983):

Características internas
(suelo)

1. Textura
2. Tipo de arcilla (muestras representativas)
3. Materia orgánica
4. Agregación
5. Estructura
6. Permeabilidad

Características
externas

1. Geología
2. Geoformas
3. Pendiente
4. Uso del suelo

El ordenamiento y el agrupamiento de los perfiles muestreados, están enfocados a dar un sentido más claro y práctico en la discusión, de los resultados obtenidos. La agrupación se hizo con base en características morfogénicas de los suelos afines, dando como resultado 5 grupos que incluyen un total de 14 perfiles.

Grupo	perfil	Grupo	Perfil
1	10, 10A y 19	4	23, 23A, 24, 26A
2	15A, 19A, 22 y 25A	5	25
3	20 y 21		

DISCUSION

GRUPO: I

Perfil	Horizonte	Profundidad cm	Textura			M.O. %	Estructura	Permeabilidad cm/h
			Arc. %	Limo %	Arena %			
10	A _p	0-70	6.0	18	76	0.41	Sin estructura	10.66
	C	70	1.0	14	86	0.21	Sin estructura	14.63
10A	A _p	0-60	18	16	66	0.70	Subangular	7.23
	R	60						
19	A	0-25	3.0	15	82	1.06	Granular	17.80

Este grupo se localiza en una región con geoforma ligeramente monticular con intercalación de pequeños valles y con pendientes que van de 2 a 5% (Fig. 2).

La clase textural en los perfiles, 10, 10A y 19 es migajón arenosa (Fig. 6.1.1. a,b,c.) . El contenido de materia orgánica en el perfil 10 es de 0.41% en la capa A_p en la capa C es de 0.21%; en el perfil 10A es de 0.70%; en el perfil 19 es de 1.06% en el perfil 10A. Como consecuencia de un bajo contenido de materia orgánica y un porcentaje relativamente alto de arena (66%), la capacidad de agregación que resulta es baja: el alto contenido de arena en el A del perfil 10 origina una permeabilidad alta, ya que los valores obtenidos son del orden de 10.66 cm/h y 14.63 cm/h. En el perfil 10A el contenido de arcilla es más alto (18%) y el de arena un poco más bajo (66%) resultando con ello una permeabilidad de 7.23 cm/h, clasificándose como permeable; aunque el contenido de materia orgánica en este mismo perfil es bajo, si se presentan las condiciones adecuadas para el desarrollo de una estructura subangular poco desarrollada, lo que permite a la vez, presentar una permeabilidad menor a la de los perfiles 10 y 19.

En el perfil 19 los porcentajes de arcillas son bajos así como el de materia orgánica lo que contribuye a formar una estructura granular; el alto contenido de arena (82%) da una característica de ser un suelo abierto con

con una permeabilidad alta, siendo ésta de 17,80 cm/h (Figs. 6.3. a,c),

La capacidad de agregación que resulta es baja: el índice de erodibilidad en el perfil 10 es de 0,35 en la capa A, en la capa C es de 0,48. Este perfil 10A es de 0,50 siendo el rango de erodibilidad alto. El perfil 19 es de 0,36 siendo el rango de erodibilidad moderada (Tabla 1).

El uso del suelo en esta área del grupo 1 es de maíz, frijol de temporal, además de pastoreo. La geoforma, ligeramente monticular con pequeños valles con pendientes suaves; areniscas y conglomerados, un tipo de textura migajón arenosa que se caracteriza por presentar una permeabilidad de moderada a alta: suelos sin estructura, subangular y granular, que favorece la alta permeabilidad, con factores que influyen para que esta área sea considerada de erodibilidad moderada (Fig. 3).

GRUPO: 11

Perfil	Horizonte	Profundidad cm	Textura			M.O. %	Agregados %	Tipo de Arcillas	Estruc- tura	Permea- bilidad cm/h
			Arc. %	Limo %	Arena %					
15A	A _p	0-35	16	12	72	0.31	-	Montmori- llonita, Feldes- patos	Suban- gular	9.04
	C	35-110	16	14	70	1.06	-	Montmori- llonita	Angular	10.47
	R	110								
19A	A	0-30	2.0	12	86	0.86	24.20	-	Granu- lar	10.53
	R	30								
22	A _p	0-18	36	32	32	1.45	13.62	-	Suban- gular	0.36
	A ₁₂	18-50	34	32	34	1.32	17.90	-	Suban- gular	0.36
25	A ₁	0-14	12	42	46	0.41	53.60	-	Granu- lar	19.13
	R	14								

La geoforma donde están ubicados los perfiles de este grupo es monticular y de piedemonte, con pendientes que van de 5% a 10% Fig. 2.

La clase textural que predomina en los perfiles 15A y 22 es la migaja arenosa Figs. 6.1.1 b y 6.1.2 e en los demás perfiles 19 y 25 es arena migajosa y franco Figs. 6.1.1 c y 6.1.3 i; los contenidos de materia orgánica varían de 1.06% a 1.45% excepto en el horizonte A_p del perfil 15A que es de 0.31%; los porcentajes de partículas y el contenido de materia orgánica contribuyen a formar una estructura subangular y angular desarrolladas. En el perfil 19A los porcentajes de arcillas son bajos así como

el de materia orgánica lo que contribuye a formar una estructura granular. En el perfil 15A horizonte A_1 aunque la materia orgánica es baja, hay un aumento en el porcentaje de arcilla (16%) lo que ayuda a la formación de una estructura subangular.

El perfil 19A presenta una estructura granular, el contenido de arena es alto (86%), dando como características la de ser un suelo abierto con una permeabilidad alta, ésta es de 10.53 cm/h Figs. 6.3.c y 6.3.1 e.h. Los porcentos de materia orgánica y arcilla influyen entre otras propiedades del suelo, en el porcentaje de agregados estables al agua 24.2%. En el perfil 15A hay un alto contenido de arcilla y son del tipo 2:1 Fig. 6.4.2. k.

En el perfil 22 los porcentos de arcillas y de materia orgánica forman una estructura subangular poco desarrollada, el contenido de arena es relativamente bajo (32%) resultando con ella una permeabilidad baja, ésta es de 0.36 cm/h, los porcentajes de materia orgánica y arcilla influyen entre otras propiedades del suelo en el porcentaje de agregados estables al agua: 13.62 y 17.90% horizontes A_p y C respectivamente Fig. 6.2 b.

En el perfil 25 los porcentajes de arcilla son bajos así como el de materia orgánica lo que permite formar una estructura granular; el contenido de arena es medio (46%), se caracteriza por ser un suelo abierto con una permeabilidad alta, siendo ésta de 19.13 cm/h. Los porcentajes de materia orgánica y arcilla influyen entre otras propiedades del suelo en el porcentaje de agregados estables al agua: 53.60%.

Los índices de erodibilidad varían de 0.36 a 0.68, considerándose sus rasgos de medios a altos (Tabla 1). El uso del suelo es de maíz y frijol de temporal y pastoreo. Este grupo de suelos presenta de moderada a alta erodibilidad (Fig. 3) debido a una geoforma ligeramente monticular, a un material parental de areniscas y conglomerados y a un tipo de textura migajón arenosa que presenta una buena permeabilidad; la arcilla es de tipo 2:1 Fig. 6.4.2 k.

GRUPO: III

Perfil	Horizonte	Profundidad cm	Textura			M.O. %	Tipo de arcilla	Estructura	Permeabili- dad cm/h
			Arc. %	Limo %	Arena %				
20	A ₁	0-8/12	2	11	87	0.76	Montmor- illonita, cuarzo	Granular	17.41
	R	8/12							
21	A ₁	0-80	6	18	76	0.28	-	Angular	3.88
	A ₁₁	80-150	10	16	74	0.70	-	Angular	16.58

150

Los porcentajes de arcillas son bajos en todos los horizontes del grupo III ya que van del 2 al 10%; en cambio, los porcentajes de arenas son muy altos (del 74 al 87%) resultando con ello, una clase textural migajón arenosa Figs. 6.1.1.a.d.

Los contenidos de materia orgánica en los perfiles 20 y 21 son bajos (de 0.28 a 0.76%). La estructura del horizonte A₁ del perfil 20 es granular y bloques angulares en los horizontes A₁ y A₁₁ del perfil 21. El alto contenido de arena en el horizonte A del perfil 20 ocasiona una permeabilidad alta ya que los valores son del orden de 17.41 cm/h. En el perfil 20 horizonte A₁ hay un bajo contenido de arcilla (2%) siendo éstas del tipo 2:1 Fig. 6.4.2.1. En el perfil 21 el contenido de arcilla también es bajo (6 y 10%) y el de arena alto (76%) Figs. 6.3. b. c; la permeabilidad en el perfil 21 es de 3.88 cm/h y 16.58 cm/h, clasificándose como permeabilidad media y permeable respectivamente.

Aunque el contenido de materia orgánica en este perfil es baja, si se presentan las condiciones para el desarrollo de una estructura, lo que permite el desarrollo de una permeabilidad mejor.

El índice de erodibilidad en el perfil 20 horizonte A₁ es de 0.48 (mode

rada); en el perfil 21 horizonte A_1 es de 0.50, y en el horizonte A_{11} es de 0.42, clasificándose estos rangos como altos (Tabla 1).

GRUPO: IV

Perfil	Horizonte	Profundidad cm	Textura			M.O. %	Agregados %	Tipo de Arcilla	Estruc- tura	Permeabi- lidad cm/h
			Arc. %	Limo %	Arena %					
23A	A _p	0-37	20	38	42	1.28	-	-	Angular	3.47
	A ₁₂	37-70	28	44	28	1.71	-	-	Subangu- lar	0.36
	A ₂	70-110	26	50	24	1.06	-	-	Angular	0.36
	R	110-								
23	A _p	0-18	24	24	52	1.48	15.2771	Montmori- llonita	Suban- gular	0.89
	A ₁₂	18-40	24	40	36	1.06	2.4661	-	Angular	6.21
	R	40-								
24	A _p	0-40	28	34	38	1.06	-	Haloisi- ta, Cristo- balita, Feldespatos	Angular	4.66
	A ₁₂	40-50	21	47	32	0.41	17.99	-	Angular	2.66
	R	50								
26A	A ₁	0-55	28	46	26	1.71	2.47	Montmorillo- nita Cristo- balita Fel- despatos	Suban- gular	0.36
	A ₁₂	55-110	24	54	22	1.06	-	-	Angular	0.36
	R	110-								

Los perfiles están ubicados en la porción más plana correspondiente a un valle cuyo material parental es predominantemente aluvión. La profundidad efectiva en los perfiles considerados en este grupo varían de los 18 a los

110cm. Las pendientes son del 2% La clase textural que predomina en los perfiles es la migajón arcillosa Figs. 6.1.2 e; y 6.1.3 f.g.j. Los porcentajes de materia orgánica en el grupo IV varían de 1.28 a 1.71% excepto para el perfil 24 horizonte A_1 cuyo porcentaje es muy bajo: 0.41%.

En el perfil 23 se encontró montmorillonita, cuarzo; en el 24 se encontró: haloisita, cristobalita y feldespatos; en el 26 arcillas del tipo 2:1 como montmorillonita, cristobalita y feldespatos Figs. 6.4.2. n y 6.4.3. c. p. q.

El porcentaje de agregación para el horizonte A_p del perfil 23 resultó ser de 15.27% y para el A_{12} fue de 2.46%; en el 24 horizonte A_{12} fue de 17.99% y para el A_1 del perfil 26, de 2.47% Figs. 6.2.1. e. f. y 6.2.2. j. La estructura predominante en los perfiles de este grupo es la de bloques angulares, excepto para el A_{12} del perfil 23 y el A_1 del perfil 26.

Como consecuencia de los altos contenidos de arcilla Figs. 6.1.1.f.g. i. y los relativamente bajos porcentajes de arena en todos los perfiles, la permeabilidad en los horizontes superficiales es bajo; perfil 23A horizonte A_p 3.47 cm/h en el perfil 23 horizonte A_p 0.89 cm/h, perfil 24 horizonte A_p y A_{12} 4.66 cm/h, respectivamente. En los horizontes más profundos, las permeabilidades son todavía más lentas: 0.36 cm/h.

El índice K en los diferentes horizontes varían de 0.48 a 0.57, considerándose valores altos para zonas cuyo uso del suelo primordial es la agricultura de riego (maíz, sorgo y trigo; Tabla 1).

GRUPO: V

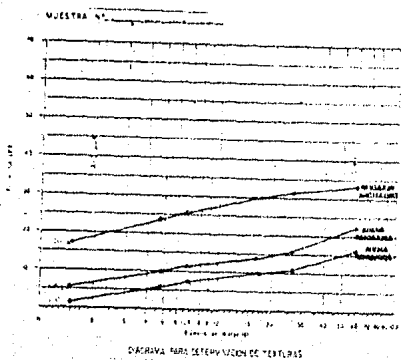
Perfil	Horizonte	Profundidad cm	Textura			M.O. %	Tipo de arcilla	Estruc- tura	Permeabi- lidad cm/h
			Arc %	Limo %	Arena %				
25A	A _p	0-30	40	36	24	1.71	Montmori- llonita, feldespatos, cristobali- ta, cuarzo	Suban- gular	1.76
	A ₁	30-40	8	44	48	1.71	-	Suban- gular	1.60
	A ₂	40-60	20	38	42	0.41	-	Suban- gular	1.76
	R	60							

La geoforma donde está ubicado este perfil de este grupo es una meseta, cuyo material parental es la roca ígnea estrusiva ácida. La profundidad efectiva en este perfil es de 60 cm; la pendiente es de 5%; la clase textural en este grupo es franco Fig. 6.1.3 1. El porcentaje de materia orgánica varía de 0.41 a 1.71%. En el perfil 25A se encontró montmorillonita, cristobalita, cuarzo y feldespatos; son arcillas de tipo 2:1 Figs. 6.4.2. p.

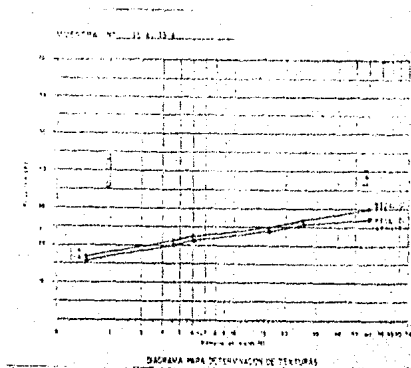
La estructura predominante en este grupo es la subangular, como se puede ver los porcentajes de arcilla son altos en el horizonte A_p y el de arena es bajo; en el horizonte A₁ y A₂ los porcentajes de arena son altos en comparación con el del A₁, proporcionando una característica de suelo abierto con una permeabilidad baja, siendo ésta de 0.60 cm/h a 1.76 cm/h Fig. 6.3.1. h.

El índice K en los diferentes horizontes varían de 0.45 a 0.49 considerándose sus rasgos de media a alta; (Tabla 1).

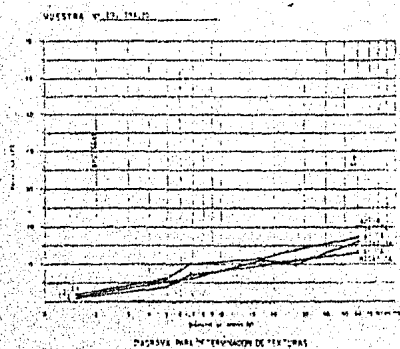
GRAFICAS DE TEXTURAS.



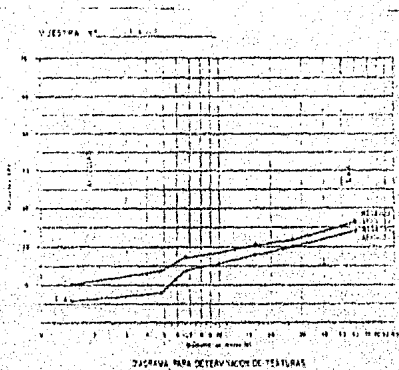
a



b



c



d

Fig. 6.1.1

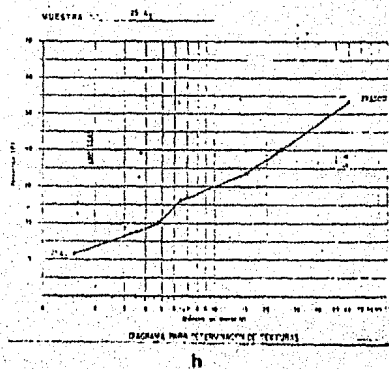
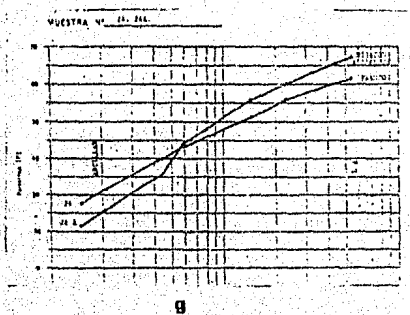
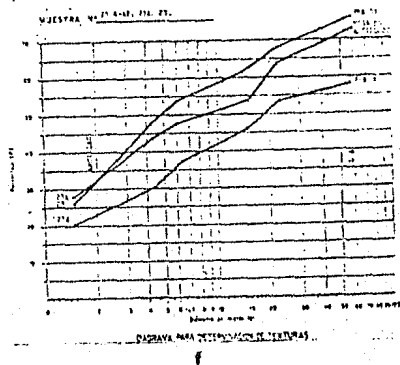
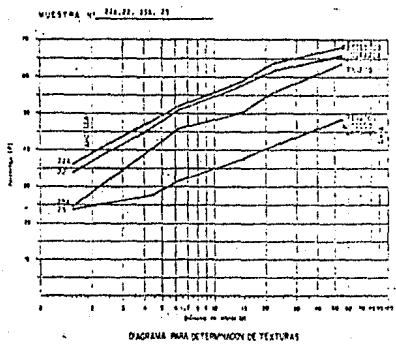


Fig. 8.1.2

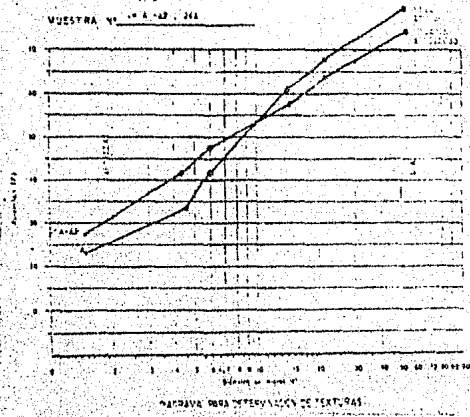
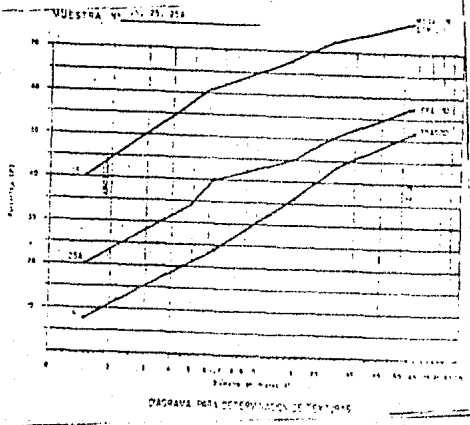


Fig. 8.1.3

GRAFICAS DE AGREGADOS

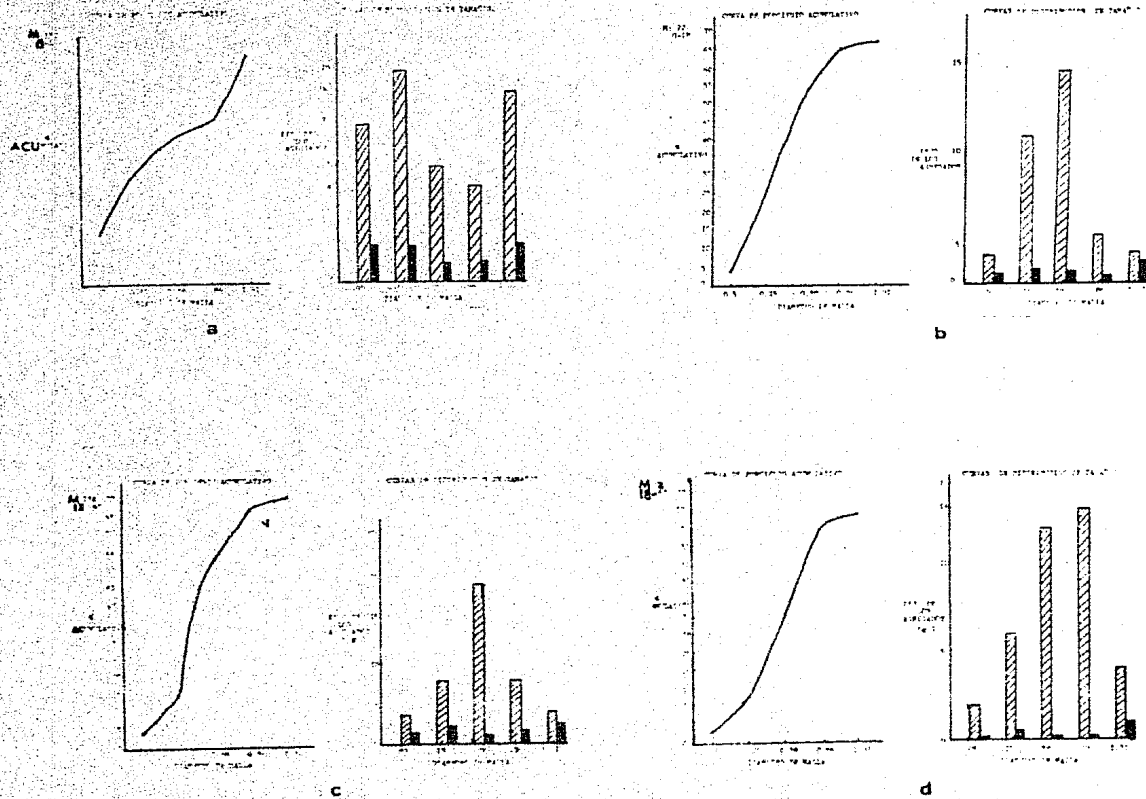
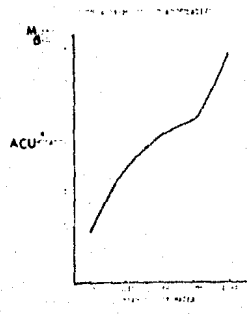
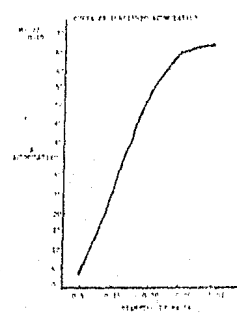
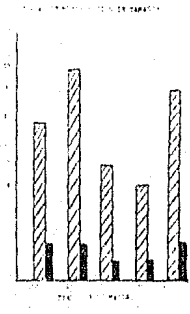


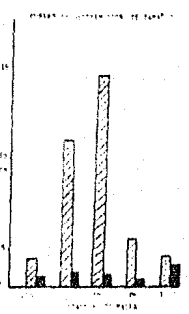
Fig. 6.2



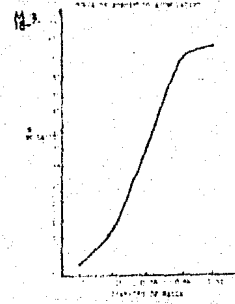
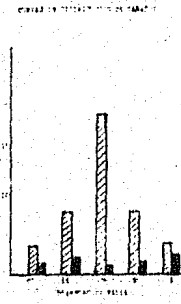
a



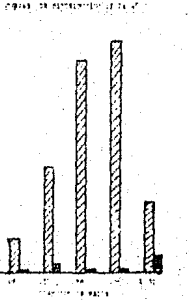
b



c



d



GRAFICAS DE AGREGADOS

Fig: 6.2

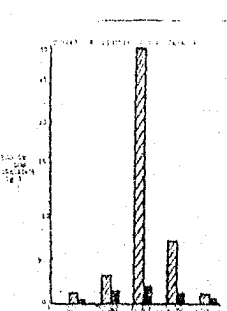
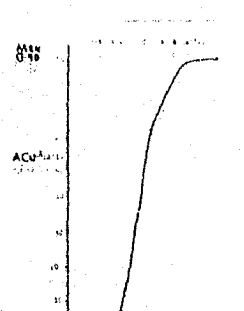
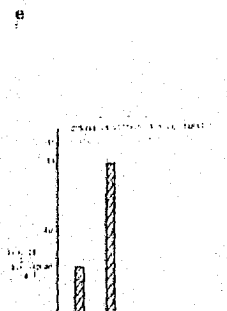
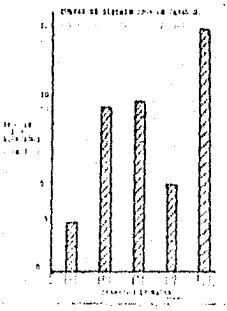
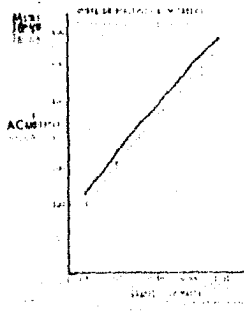
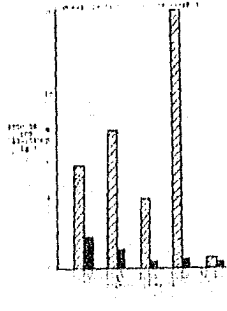
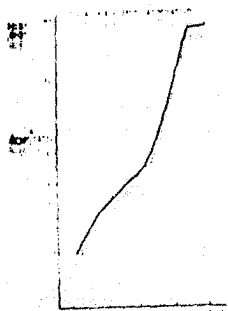


Fig. 6.2.1

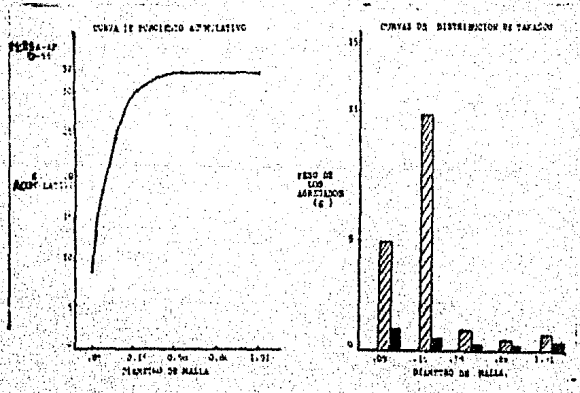
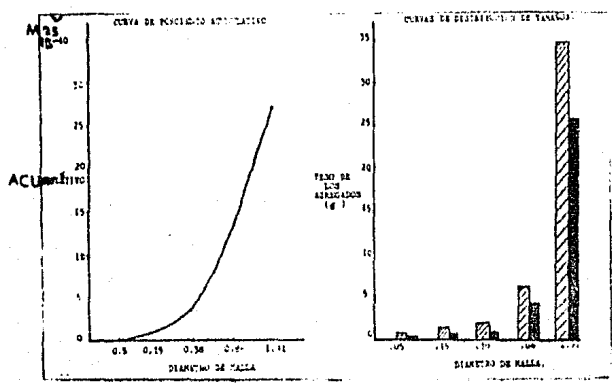


Fig.6.2.2

GRAFICAS DE ERODIBILIDAD DE LOS PERFILES

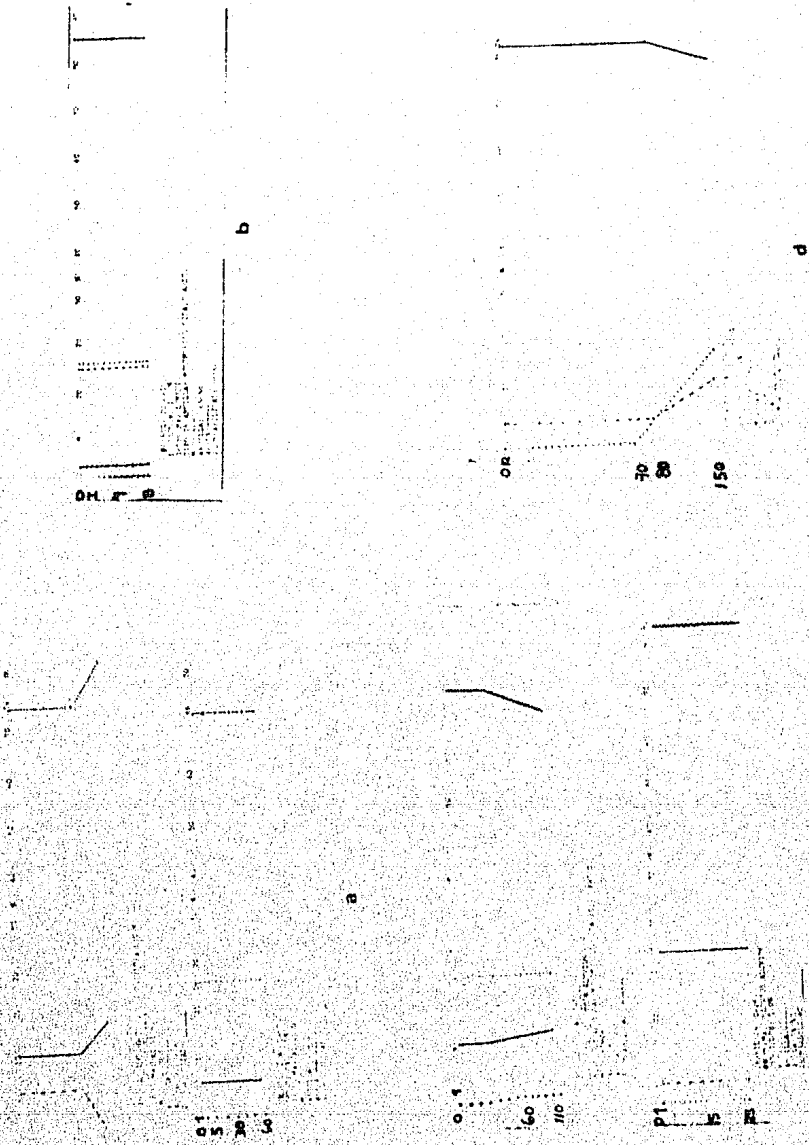


Fig. 6.3

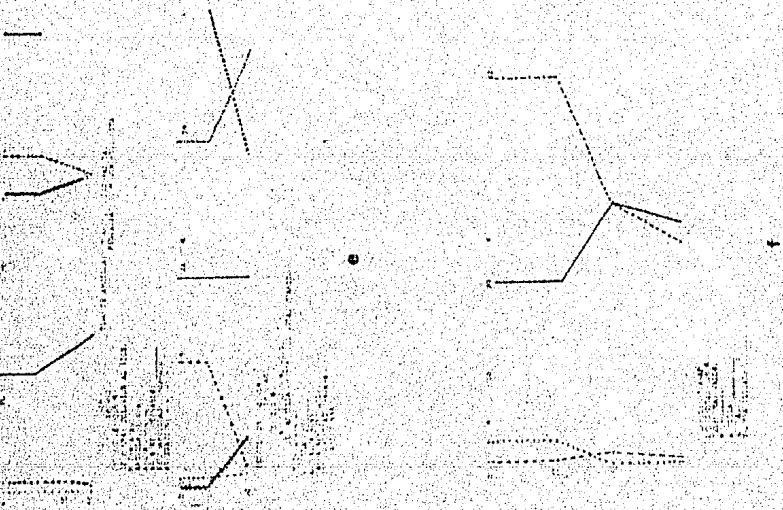
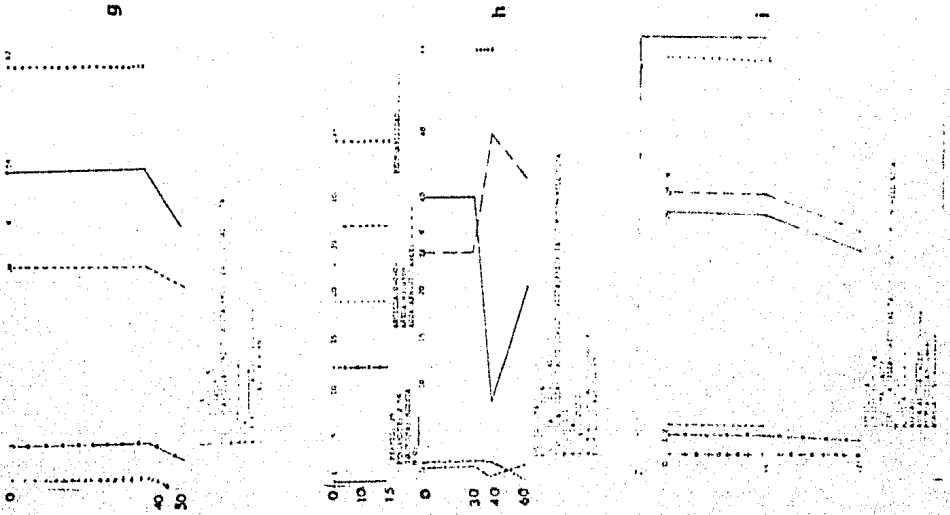


Fig. 6.3.1

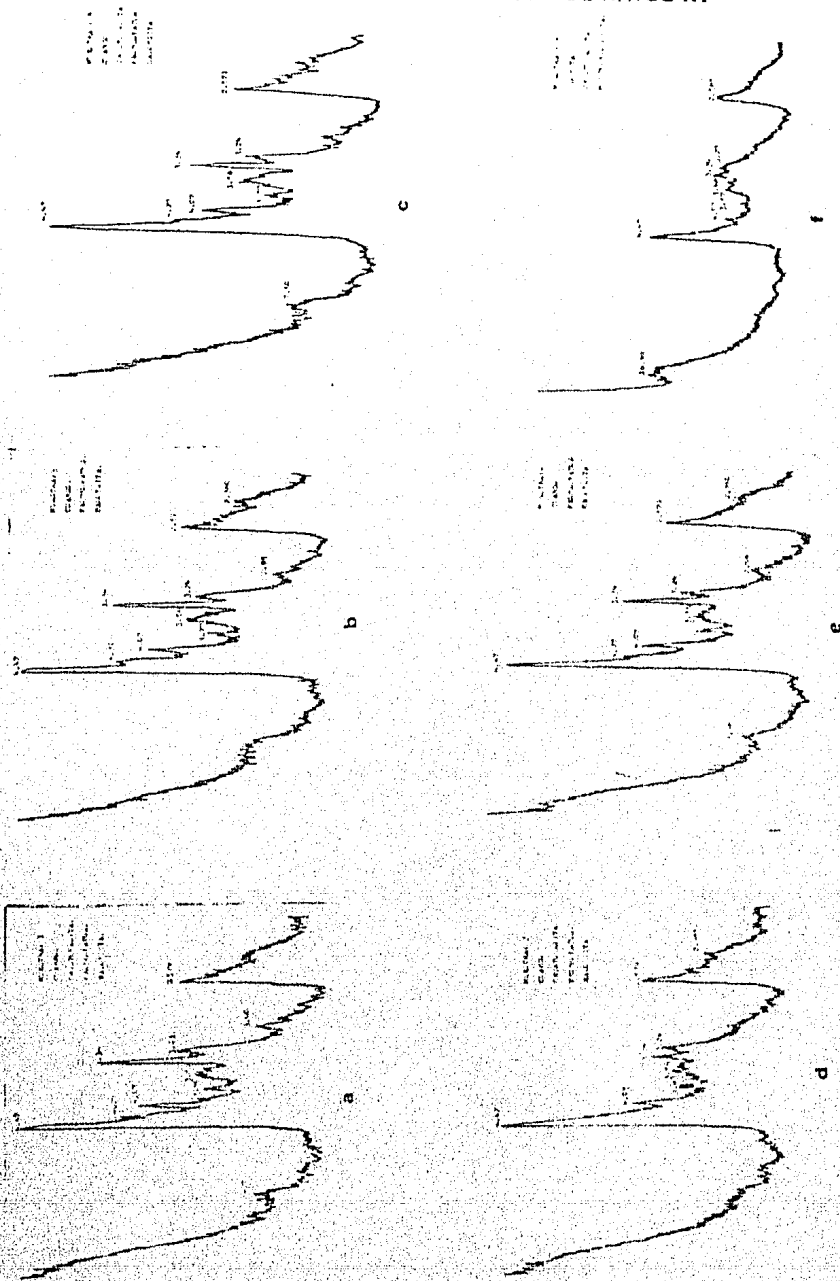


FIG. 6.4

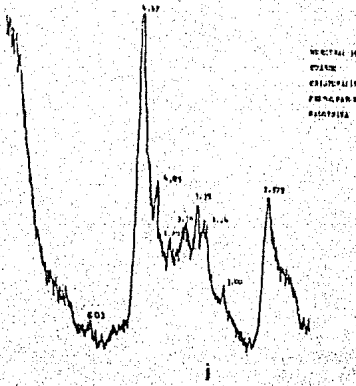
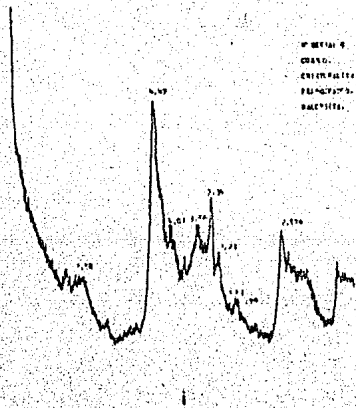
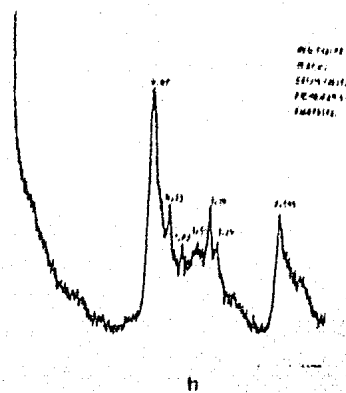
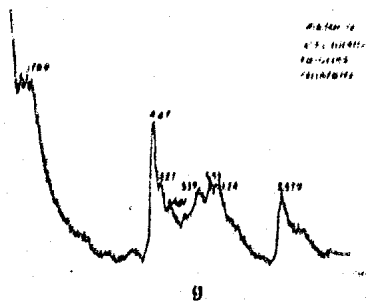


Fig. 0.4.1

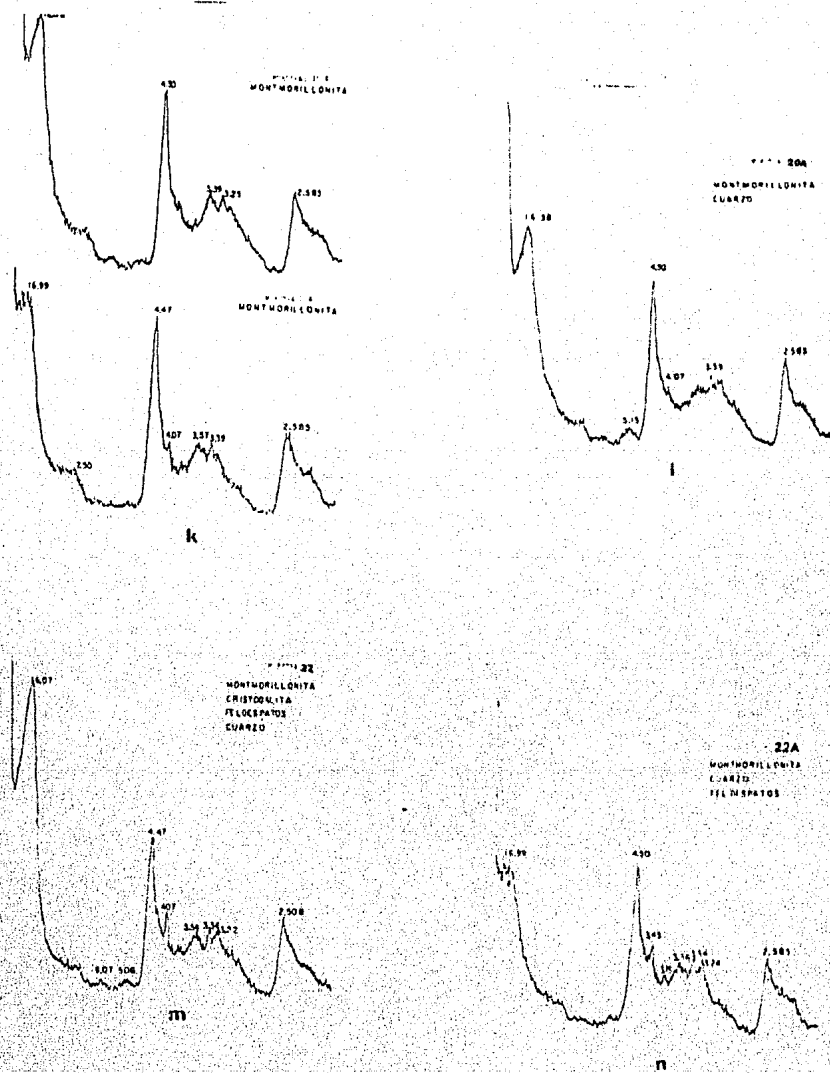


Fig.6.4.2

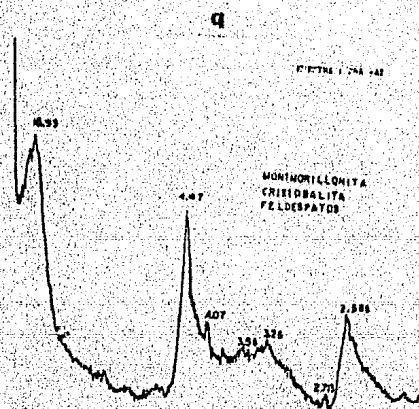
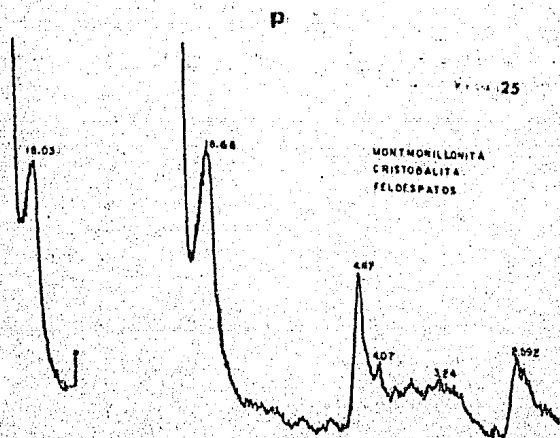
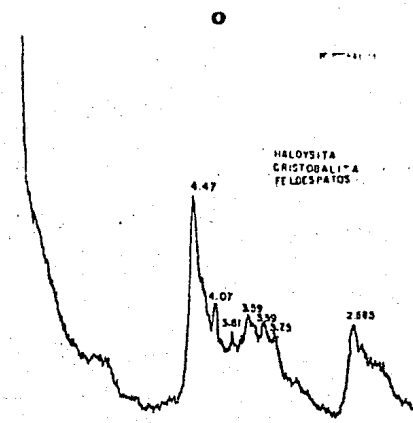


Fig:6.4.3

9. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Con base en el estudio sobre la erodibilidad que se llevó a cabo en una zona del Municipio de Purísima de Bustos, Estado de Guanajuato, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Para darle a la información un sentido más claro de los factores que afectan el fenómeno de la erodibilidad, se formaron dos grupos de características del suelo, que nos permitieron su evaluación:

Características externas	1.- Geología
	2 - Geoformas
	3.- Pendiente
	4.- Uso del suelo
	5.- Textura
Características Internas	6.- Tipos de arcilla
	7.- Estructura
	8.- Materia orgánica
	9.- Agregados
	10.- Permeabilidad

La geoforma fue considerada como la principal variable externa reguladora de la erodibilidad; se consideró la ordenación en grupos para discutir más claro y concisamente el fenómeno en cuestión. Con base en el nomograma (según Wischmiller, Johnson y Cross, 1971), y en las características físicas y químicas del suelo, las observaciones del campo, así como la interpretación de las fotografías aéreas, sirvieron para delimitar áreas con diferentes grados de erodibilidad de los suelos.

La zona se agrupó en 5 unidades de erodibilidad siendo éstas: A, B, C, D, E, y algunas combinaciones. El área de trabajo correspondió a un total de 18,108.66 hectáreas, abarcando el 54% de la superficie total del municipio (ver mapa 2).

% de Erodibilidad	Grado de Erodibilidad	Superficie en Hectáreas	Superficie en porcentaje
0-.35	A	214.548	1.18
0.36-0.45	B	428.009	2.36
0.46-0.50	C	2222.910	12.27
0.51-0.55	D	347.979	1.92
0.60	E	3341.370	18.45
	A-B	1890.820	10.44
	B-C	5756.910	31.79
	C-D	<u>3906.130</u>	21.57
TOTAL:		18108.66 Hectáreas	

Tabla N° 2 (NIVELES DE ERODIBILIDAD).

Los niveles de erodibilidad muestran grados crecientes de severidad en la degradación de las tierras, pudiendo ser mejoradas con diferentes costos, mediante la aplicación de técnicas de cultivos adecuados, surcados en contornos, drenes, etc.

Los resultados obtenidos a partir de los índices de erodibilidad, permiten establecer diferentes grados de susceptibilidad de los suelos de la zona de estudio a la erosión:

- Por lo tanto, puede afirmarse que el área más factible de ser erosionada es la marcada en el mapa de erodibilidad con la clave E, con un índice mayor a 0.60 que es el resultado de características propias de esos suelos, tales como una pendiente es del 20%, el grado de agrupación promedio es de 2.4755%, el contenido de materia orgánica es de 0-21 - 1.71%, la clase textura es migajón arenoso a arena migajosa.

- En contraste la zona enmarcada con la clave A se caracteriza por presentar el grado de erodibilidad más bajo en la zona con un índice 0.35.
- Las zonas enmarcadas con las claves B, C, D, son las que presentan un rango medio de erodibilidad que se caracterizan por presentar grados que oscilan entre 0.36 - 0.45; en B, 0.46 - 0.50 en el C, y en el D de 0.51 - 0.55.
- La información obtenida a partir de los índices de erodibilidad, sirven de apoyo en los programas sobre conservación del recurso suelo, que es necesario llevar a cabo en la zona de estudio.

10. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- Am. Soc. for Test and Mat. (1958), Procedures for Testing Soils Am. Soc. Testing Mater., Philadelphia.
- Baver, L. D. et al., (1972), Soil Physics. John Wiley and sons.
- Baver, L. D. (1954). The meteorological approach to irrigation control. Hawaiian Planters Rec., 54-291-298.
- Bray, R. H. and Kurts, L. T. (1945), Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. Rev.
- Black et al., (1965), Método de segregación de arcillas.
- Bryan, R.B. (1968), The development, use and efficiency of indices of soil erodibility, Geoderma 2,5-26.
- CETENAL (1973), Carta de climas, escala 1:50.000, Secretaría de la Presidencia, México, D.F.
- CETENAL (1973), Carta edafológica, escala 1:50.000, Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- CETENAL (1975), Carta topográfica, escala 1:50.000, Secretaría de la Presidencia, México, D.F.
- CETENAL (1975), Carta edafológica, escala 1:50.000, Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- CETENAL (1979), Carta topográfica, escala 1:50.000, Secretaría de la Presidencia, México, D.F.

- DETENAL (1980), Síntesis Geográfica de Guanajuato, Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- De Ploey, J., Savat, J. and Moeyersons, J. (1976), The differential impact of some soil factors on flow, runoff creep and rainwash, *Earth Surface Processes* 1, 151-61.
- Eugene, A.T. (1968), Interpretation of aerial photographs. Borgess publishing company. Minneapolis, Minn. USA, 324pp.
- Evans, R. (in press), Mechanics of Water erosion, chapter 4 in Kirkby, M. J. and Morgan, R. P. C. (eds), Soil erosion, to be published by John Wiley, London.
- Fassbender, H. W. (1975), Química de Suelos. Ed. I.C.A. Costa Rica.
- García, E. (1973), Modificaciones al sistema de clasificación climático de Koppen; UNAM. Inst. Geografía, México, D.F.
- García, L. B. (1977), Fotointerpretación. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Gardner, G. (1980), Física de suelos. Ed. UTEHA, S.A. México.
- Gavande, S.A. (1979), Física de suelos principios y aplicaciones. Ed. Limusa-Wiley, S.A. México.
- Hernández, S.G. (1983), Método paramétrico para evaluar la aptitud de las tierras; un caso: la caña de azúcar. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 180 pp.
- Hills, R. C. (1970), The determination of the infiltration capacity of field soils using the cylinder infiltrometer, British Geomorphological Research Group, Technical Bullertín N°. 5.

Manual de Conservación del suelo y del agua, Chapingo, México, 1977.

Manual para la Educación Agropecuaria, Suelos y fertilizantes, Ed. Tri-llas 1982, México, D.F.

Millard, G.E. et al., (1971), Fundamentos de la ciencia del suelo, Ed. Continental. México, D.F.

Morgan, R.P. C. (1979), Soil erosion. Logman, London.

Nassif, S.H. and Wilson, E.M. (1975), The influence of slope and rain Intensity on runoff and infiltration, Hydrol. Science Bull. 20, 539-53.

Neal, J.H. (1938). The effect of the degree of slope and rainfall characteristics an runoff and soil erosion. Missouri Agro. Exp. Sta Research Bull. 280.

Peech, M. (1965), Hydrogen- ion activity, In methods of soil analysis. Part 2 American Society of Agronomy. Madison, Wisc.

Reeve R. C. (1965), Air- To Water permeability ratio. In Black, C. A. Methods of soil analysis, Madison Wisc., American society of agronomy.

Richter, G. and Negendank, J.F. W. (1977), Soil erosion processes and their measuremnt in the German area of the Moselle river, Earth Surfase Processes 2. 261-78.

Richards, L. A. (1954), Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura Num. 60 Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Instituto Nacional de Investigación Agrícola, México, D.F. 1954.

Rzedowski, Jerzy. (1978). Vegetación de México, Ed. Limusa, México.

Sanchez, P.S. (1984). Estudio de la aptitud de las tierras en una región del valle de Toluca, Edo. de México.

Torres, R.E. (1981), Manual de conservación de suelos agrícolas. Ed. Diana, México.

USDA, (1962), Land capability classification, Hand book 210. Soil conservation service. Washington, D.C.

Van Bavel, (1949), Método para medir la cantidad de agregados estables al agua mediante la técnica Yoder (1936).

Vomocil, J.A. (1965), Porosity methods of soil analysis, Agronomy Monograph, N° 9 parte 1, Academ, Presss. New York.

Villegas, M. Aguilera, N. y Flores D.L. (1978), Método simplificado de análisis para la clasificación granulométrica de los minerales del suelo. Univ. Nat. Autón. México, Instit. Geología, Revista, Vol. 1, num. 2.

Walkley y Black (1966), Materia oxidable mediante el ácido crómico con ácido sulfúrico y calor de dilución, citado por Jackson, M.L. Química de suelos Ed. Omega. Barcelona, España.

Walkley, A. (1935), An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soils. Jour. Agr. Soi.

Wischmeyer, W. H. Johnson, C. B. and Cross, B. V. (1971), A soil erodibility monograph for farmland and construction sites, Journal Soil and Water Conservation 26. 189-83.

Wischmeier, Walter H. (1959). A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 23-246-249.

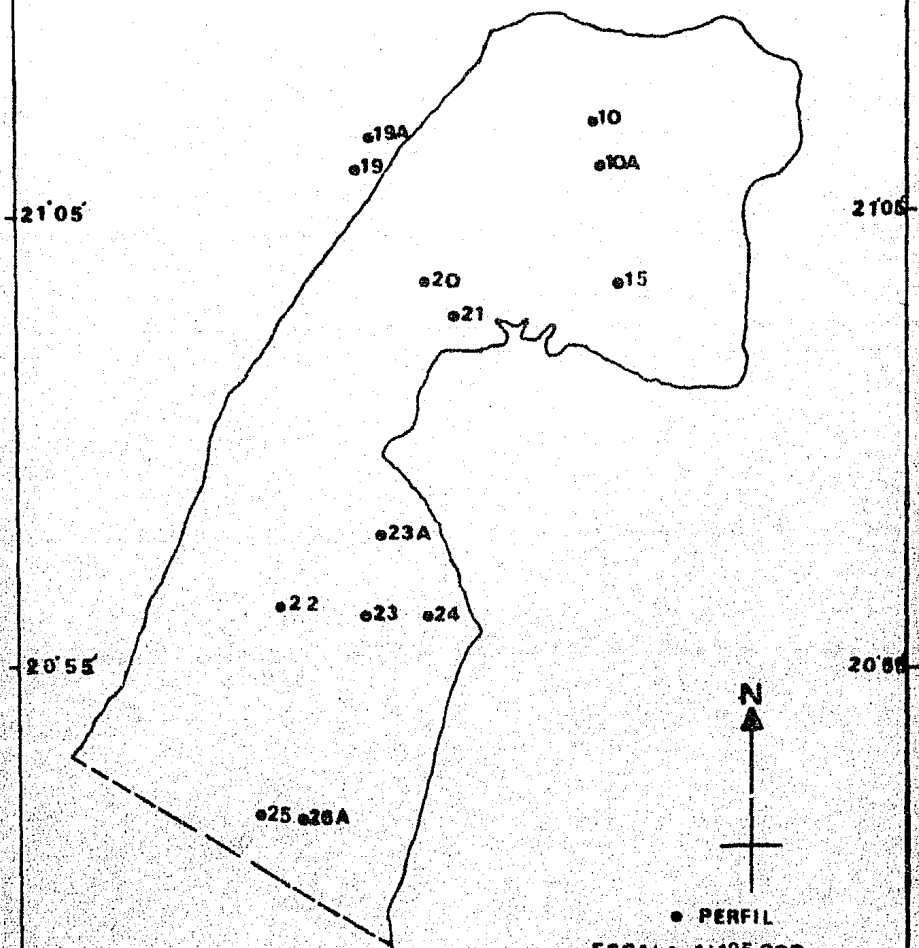
Wischmeier, W. H., D. D. Smith y R. E. Uhland (1958). Evaluation of factors in the soil-loss equation. Agr. Eng. 39:458-462.

Yoder, R.E. (1936), A direct method of aggregate analysis of soils Journal Amer. Soc. Agrn 28: 337.

Zingg, A. W. et al, (1965), Degree and length of slope as it effects soil loss in funoff, Agr. Eng. 21: 59-64

101°55' 101°50'

LOCALIZACION DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA ZONA DE ESTUDIO



● PERFIL

ESCALA 1:125,000



JUAN MANUEL ISLAS A.

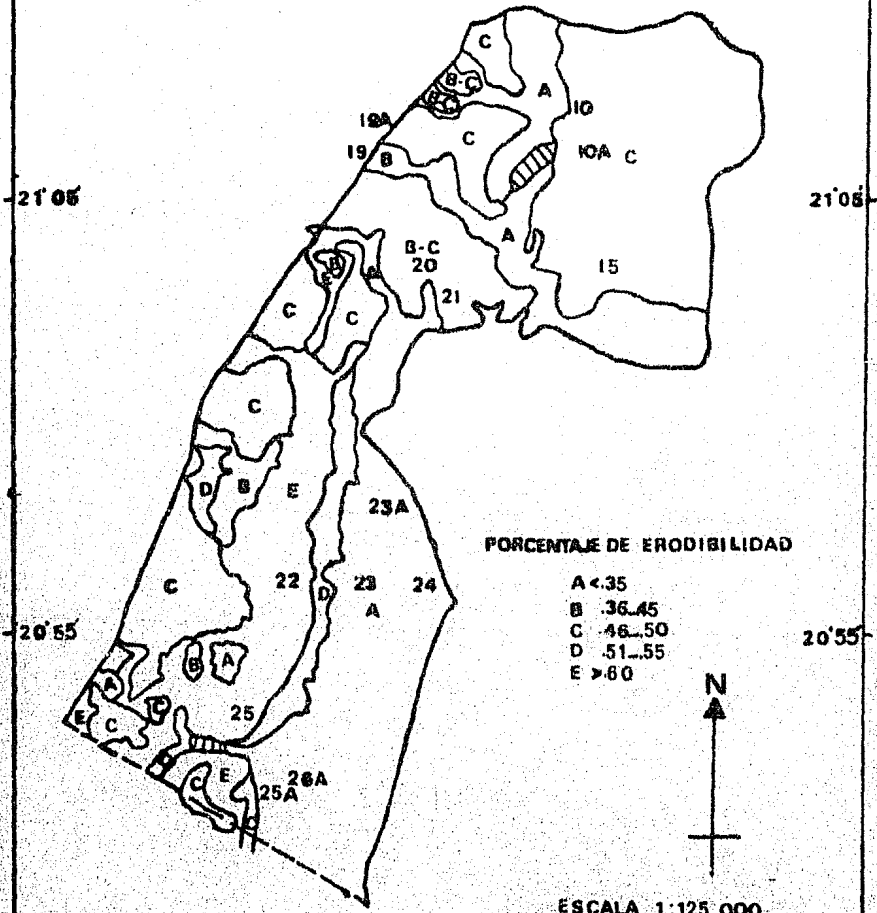
FIG. 1

101°55' 101°50'

101°55'

101°50'

MAPA DE ERODIBILIDAD



PORCENTAJE DE ERODIBILIDAD

- A < 35
- B 36-45
- C 46-50
- D 51-55
- E > 60



ESCALA 1:125.000
 0 125 250 375 500 625

JUAN MANUEL ISLAS A.

MAPA 2

101°55'

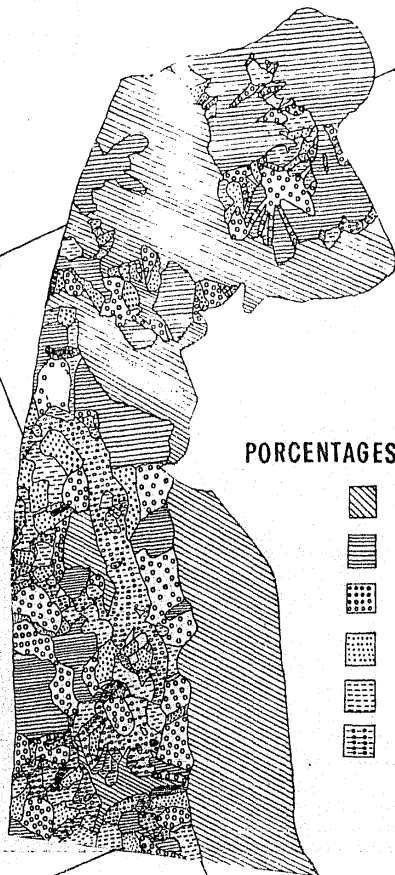
101°50'

MAPA DE PENDIENTES DEL MUNICIPIO DE PURISIMA
DE BUSTOS, ESTADO DE GUANAJUATO.

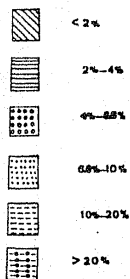
10° 55'

21° 05'

21° 05'



PORCENTAJES DE PENDIENTES.



20° 55'

ESCALA 1:100 000

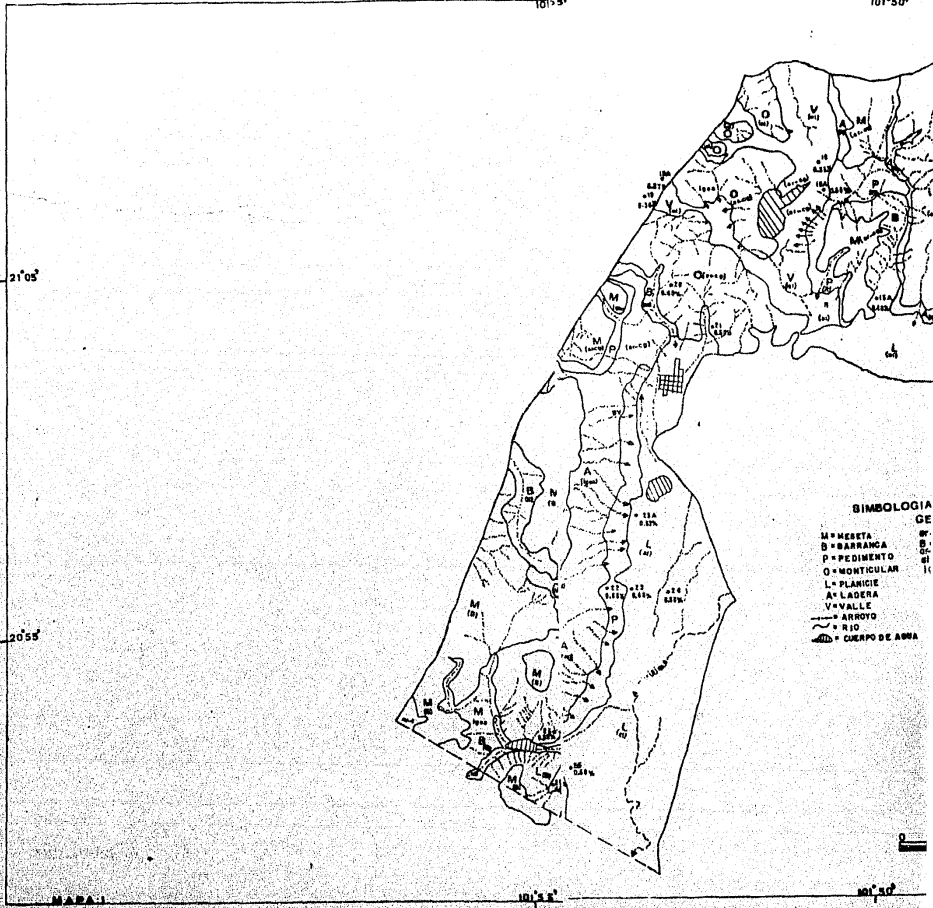


JUAN MANUEL ISLAS A.

20° 55'

10° 55'

MAPA DE GEOFORMAS



MAPA 1

101° 55'

101° 50'

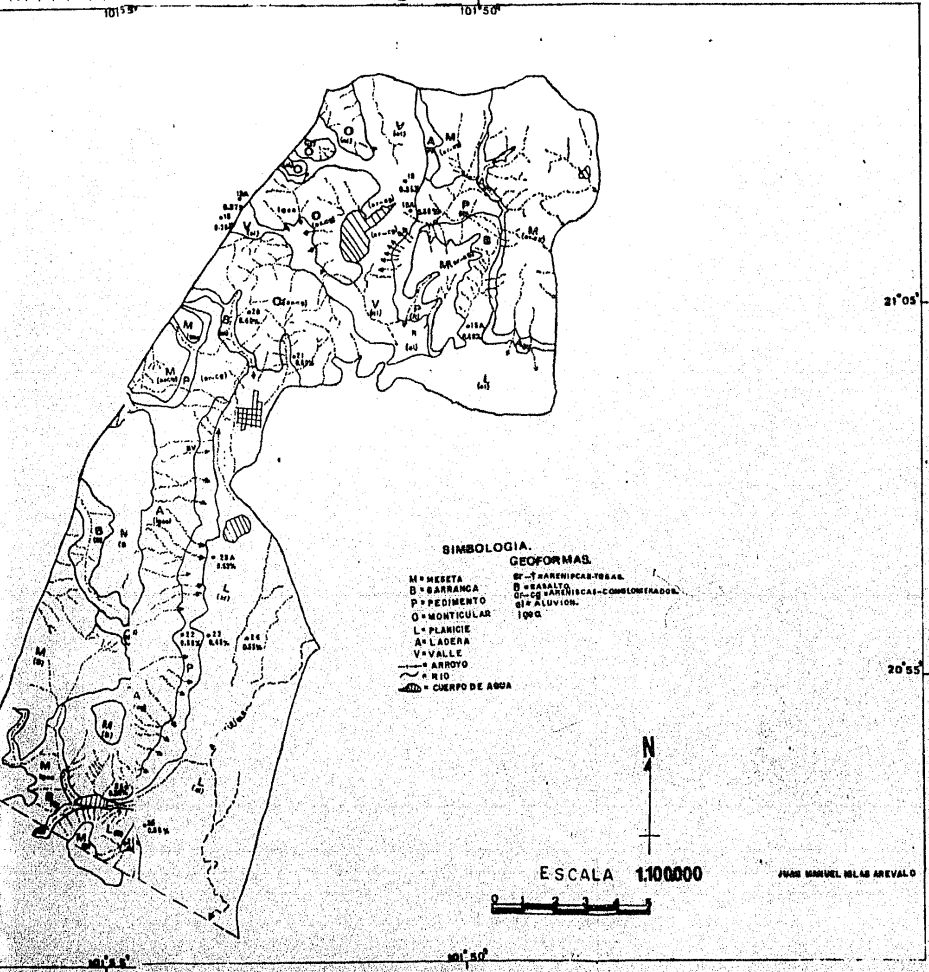
21° 05'

20° 55'



101° 50'

MAPA DE GEOFORMAS



SIMBOLOGIA.

GEOFORMAS.

- M = MESA
- D = BARRANCA
- P = PEDIMENTO
- O = MONTICULAR
- L = PLANICIE
- A = LADERA
- V = VALLE
- R = RIO
- C = CUERPO DE AGUA
- W = SERRONICABARRA
- B = BARRIO
- CC = CERRONICABARRA-COMPLETADO
- AL = ALUVIÓN
- 1000

ESCALA 1:100000



JUAN MARQUEL INLAG AREVALO