UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

LA EROSION HIDRICA EN EL BOSQUE DE LA PRIMAVERA, JALISCO

Efecto de la Cubierta Vegetal y la Lluvia.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION EN BOSQUES

P R E S E N T A

Eric Roberto Alejandro Díaz Maldonado

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jalisco

1983

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

EXPEDIENTE .....

NUMERO .....

18 de Febrero de 1983

C PROFESORES

ING. ARTURO CURI[illegible]STEROS . Director
ING. CARLOS [illegible] ALVARCA. Asesores
ING. [illegible] GOMEZ ARIAS. Asesor

Me permito hacer de su conocimiento que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis :

" LA EROSION HIDRICA EN EL BOSQUE DE LA PRIMAVERA."

presentado por el pasante ERIC ROBERTO ALEJANDRO DIAZ MALDONADO, han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes que sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis Entre tanto me es grato reiterarle las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO

ING JULIAN SANCHEZ GONZALEZ

ml

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 18 de Febrero 1982

ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE_____

ERIC ROBERTO ALEJANDRO DIAZ MALDONADO. Titulada:

" LA EROSION HIDRICA EN EL BOSQUE DE LA PRIMAVERA."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma

DIRECTOR

ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS

ASESOR

ING. CARLOS HERNANDEZ ABARCA

ASESOR

ING. ARTEMIO GOMEZ ARIAS

srd.

D E D I C A T O R I A S .

A MIS PADRES :

Que me han conducido por la vida con amor y paciencia, por enseñarme lo han recogido a su paso por la vida y hacer de mi lo que hoy soy.

A MI HERMANA Y HERMANOS :

Los que me han brindado su apoyo atravez de mis estudios.

A MI NOVIA :

Como un pequeño testimonio por el aliento que he recibido de ella.

A MIS MAESTROS :

que con sus consejos y conocimientos me han ayudado a la formación de mi carácter Profesional.

A MI FACULTAD Y UNIVERSIDAD :

A la que debo mi carrera y en donde he pasado los mejores momentos de mi vida.

A MI DIRECTOR Y ASESORES DE TESIS :

A quienes admiro por los conocimientos que poseen y el esfuerzo que hacen por transmitirlos.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
ESCUELA DE AGRICULTURA
GUADALAJARA, JAL.

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

TITULO

LA EROSION HIDRICA EN EL BOSQUE DE LA PRIMAVERA, JALISCO

Efecto de la Cubierta Vegetal y la Lluvia.

AUTOR

ERIC ROBERTO ALEJANDRO DIAZ MALDONADO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRONOMO.

ORIENTACION EN BOSQUES.

GUADALAJARA, JALISCO.
1983.

I N D I C E

I.- INTRODUCCION..... 3
II.- OBJETIVOS Y SUPUESTOS..... 5
III.- REVISION DE LITERATURA..... 6
A.- La Erosión del Suelo..... 6
B.- Erosividad..... 6
C.- Factores que intervienen en la Erosión y la Escorrentia..... 8
D.- Susceptibilidad Relativa de los Suelos a la Erosión.....10
E.- La Cubierta Vegetal.....11
F.- La Ecuación Universal de la Erosión.....13
IV.- MATERIALES Y METODOS.....19
V.- RESULTADOS.....30
VI.- DISCUSIONES Y RECOMENDACIONES.....38
VII.- CONCLUSIONES.....42
VIII.- RESUMEN.....43
IX.- BIBLIOGRAFIA.....45

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

1.- INTRODUCCION

El bosque es fuente innumerable de recursos naturales, que nos proporcionan múltiples beneficios como: habitat para la fauna, materias primas, lugares de esparciamiento para el hombre y además es el pulmón de las ciudades, el cual purifica el aire contaminado por los gases procedentes de fábricas e industrias.

Sin embargo, tenemos que cada año se pierden aproximadamente cuatro cientas mil hectáreas de bosque, lo cual representa cuatro millones de hectáreas forestales por década y esto, se debe a la falta de una política de planeación forestal a mediano y largo plazo. El desarrollo de esta podrá efectuarse siempre y cuando se hayan hecho estudios previos y concienzudos sobre la verdadera vocación de esos suelos: ya que en la actualidad solo se efectúan estudios superficiales y se proceden a los desmontes.

La desforestación en el país, en su mayor parte se debe a los ganaderos, que tienen certificados de inafectabilidad, a las grades compañías madereras y por los campesinos poseedores de este recurso, para los cuales el bosque no representa ingreso alguno y por ello tiene que ser talado o quemado para poder aumentar sus áreas de cultivo y subsistir.

Estos desmontes han ocasionado demasiados daños entre los cuales tenemos:

La modificación del clima, el agotamiento de las materias primas (maderas preciosas, resinas,y otros), la emigración y extinción de la fauna, el contrabando de maderas, la pérdida de áreas de recreo y de belleza escenica.

La desforestación contribuye también a aumentar la erosión de los suelos de la cual tenemos un daño aproximado a la mitad de la superficie del país (640 mil kilómetros cuadrados), que esta altamente erosionada, lo que nos indica

que estas áreas ya no son aptas para el cultivo y por consecuencia tampoco lo son para producir alimentos, y considerando que la erosión aumenta 1.2 por ciento anualmente, la situación se torna un tanto crítica y alarmante.

La observación de éstos fenomenos sociales y naturales es lo que ha motivado a la realización de este trabajo de investigación sobre la erosión en el Bosque de La Primavera Jalisco, el cual nos determinará cuantitativamente el número de toneladas por hectárea de suelo que se pierden al año en esta zona.

Esta investigación, además servirá como precedente para más trabajos relacionados con el tema ya que en general en México faltan datos o estudios sobre la cantidad de suelo erosionado con las precipitaciones, inclinación, características del suelo, vegetación y manejo de los suelos forestales.

El estudio tuvo una duración aproximada de un año.

II._ OBJETIVOS Y SUPUESTOS

Objetivos

- Establecer o determinar el grado de erosión en esta zona.

- Evaluar la erosividad o potencial erosivo de las precipitaciones pluviales en la zona.

- Diagnosticar los efectos erosivos de la lluvia con respecto a la cobertura vegetal.

- Generar una ecuación de regresión para conocer por medio de los datos de pluviómetro, la erosión ocasionada por lluvia.

- Formular algunas recomendaciones para esta zona con respecto al potencial y manejo de sus suelos.

Supuestos

1.- Que la erosión eólica no influye o es despreciable en esta zona.

2.- Que la erosión hídrica es la principal causante de la pérdida de suelo.

3.- Que se cuentan con estaciones con pluviómetro representativas del lugar de estudio.

III.- REVISION DE LITERATURA

A.- La erosión del suelo.

Según Gerd Werner (15) la erosión del suelo, que se observa en grandes superficies en las zonas altas, se debe principalmente a las condiciones climáticas de relieve y desuelo, así como la influencia del hombre.

Las precipitaciones de verano poseen en gran parte un fuerte potencial erosivo. Las partículas facilmente transportables del suelo (generalmente sueltas) son arrastradas de los campos en las zonas más altas y depositadas en las partes bajas de la pendiente o en las barrancas. A través de este proceso los suelos pierden, en forma irreversible, componentes minerales y orgánicos, de tal modo que después de un tiempo más o menos largo, son destruídos totalmente y el suelo esteril aparece en la superficie.

Asi mismo menciona Gerd Werner (15) que en México faltan datos sobre cantidad de suelo erosionado en relación con la precipitación, inclinación, características del suelo, vegetación y manejo.

Para obtener información sobre la erosión, es necesario determinar las características físicas del suelo correspondientes a: Textura, porosidad, estabilidad de los agregados, por medio de análisis de laboratorio y considerar su ubicación en la pendiente, inclinación, vegetación, uso y manejo.

B.- Erosividad

La erosión se define como el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas de suelo causado por el agua y el viento. Intervienen por lo tanto en el fenómeno un objeto pasivo, que es el suelo colocado en determinadas -

condiciones de pendiente, dos agentes activos, el agua y el viento y un intermediario, la vegetación que regula su relación.

Con fines de ordenación deben considerarse separadas la erosión causada por el agua y la originada por el viento o erosión eólica. La primera es precisamente producida en regiones con altas precipitaciones y en terrenos con pendiente en tanto que la segunda causa principalmente sus daños en terrenos planos y en regiones secas.

En 1944, se tuvo un avance muy importante respecto a entender como se realiza el proceso de erosión hídrica, con motivo del descubrimiento de Ellison sobre el impacto en el suelo de las gotas de lluvia; estos trabajos, complementados con las investigaciones de muchos otros científicos permitieron en 1965 el planteamiento de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos. La esencia de esta ecuación es que se presenta la posibilidad de aislar los factores que influyen en las pérdidas de suelo para expresar sus efectos en cifras, de tal manera que puede ser calcaluda la pérdida total de suelo al multiplicar las diferentes cifras o coeficientes, relativos a cada factor.

La inclinación del terreno es uno de los factores importantes de la erosión del suelo. A medida que la pendiente de los terrenos aumenta, se incrementa la erosión. En los terrenos de pendiente mayor del diez por ciento, este fenómeno puede ser el factor más grave con que se tropiece.

La erosión por salpicadura produce un claro desplazamiento de suelo en sentido descendente. En los terrenos inclinados también se pueden formar las capas de agua que se forman en los llanos durante las lluvias intensas y contribuyen a disipar la energía de las gotas al caer.

C.- Factores que intervienen en la Erosión y la Escorrentia.

Suárez de Castro F. (1979) dice que el agua de lluvia ejerce una acción erosiva sobre el suelo mediante el impacto de las gotas, las cuales caen con velocidad y energía variables según sea su diámetro y mediante la escorrentia o agua de escurrimiento que también produce erosión. Esta es la que arrastra a su paso partículas de suelo en cantidad variable, según sea su volumen y velocidad por una parte y la resistencia que se oponga a su acción, por la otra.

El equilibrio natural de formación y remoción de suelo, que existe antes de que el hombre intervenga solo pude entenderse teniendo muy en cuenta el factor lluvia. No es pues de extrañar que este sea el factor climático más importante en relación con la erosión del suelo.

El aguacero es la lluvia que cae en forma continua en un determinado lapso de tiempo. Depende también de la pendiente y del área del terreno, lo mismo que de la capacidad del suelo a absorver y dejar pasar el agua a través del perfil para que un aguacero dañe en determinado grado.

La resistencia que ejerce el suelo a la acción erosiva del agua, esta determinada por diversas características o propiedades físicas y químicas y por la naturaleza y cantidad de la vegetación que en el crece.

En lo que corresponde a pérdidas de suelo la unidad de trabajo deberá de ser el aguacero, definido como la cantidad de lluvia que cae en forma contínua en un período más o menos largo, individualizado a través de sus diversas características de intensidad, duración y frecuencia.

La intensidad del aguacero es el factor pluviométrico más importante que afecta la escorrentia y la erosión, aunque ejerce mayor influencia sobre el segundo factor.

La duración del aguacero es el complemento de la intensidad, la asociación de las dos, determina la precipitación total. Al caer una lluvia de intensidad uniforme sobre un suelo, el agua se infiltra durante un lapso más o menos largo según sean las condiciones de humedad y la intensidad del aguacero y después comienza la escorrentía, la cual va aumentando su volumen en proporciones cada vez más pequeñas hasta alcanzar un volumen estable.

La frecuencia de las lluvias es crítica con respecto a las condiciones de los terrenos. Si los intervalos entre estas son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquellas y aumentan los riesgos de que se originen escorrentias, aún con eventos de baja intensidad. Si por el contrario, son los períodos largos entre lluvias, el suelo estará seco y no habra escorrentias con aguaceros de baja intensidad. En el caso extremo la vegetación puede sufrir por falta de humedad y reducirse así la protección natural del terreno.

Tomando los demás factores, como iguales, el agua fluye más rapidamente a medida que aumenta la pendiente y por lo tanto, el tiempo de infiltración es menor.

Teoricamente la relación entre la velocidad del agua y su poder erosivo son de la siguiente manera:

1.- $V = dv \quad \therefore \quad Ec = V^2$

Donde:

V = Velocidad

dv= Distancia vertical que lleva de recorrido el agua.

Ec= Energía cinética o capacidad erosiva del agua.

V^2= Velocidad al cuadrado.

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

2.- $M = V^5$

Donde:

M = Cantidad de material de determinado tamaño que puede arrastrarse.

V^5= Velocidad a la quinta potencia.

3.- $Tr = V^6$

Donde:

Tr= Tamaño de las partículas que pueden transportarse por rodamiento..

V^6= Velocidad a la sexta potencia del agua.

La longitud de la penditente es tan interesante como el grado, especialmente en terrenos bajo cultivo. Al saturarse de humedad el suelo, el agua de escurrimientos se acumula a todo lo largo de la pendiente, aumentando su volumen y velocidad y con ello sus daños.

La profundidad del suelo, lo mismo que las condiciones físicas del suelo, contribuyen a la capacidad de almacenamiento de agua de los terrenos.

D.- Susceptibilidad relativa de los suelos.

Un conocimiento cuantitativo de las variables que intervienen en el proceso de la erosión facilitará mucho el cálculo científico y económico de las prácticas para evitarla.

Una de las investigaciones que se juzgan fundamentales es la determinación de susceptibilidad relativa de los suelos a la erosión, o sea de un índice de erodabilidad que permita clasificar los terrenos en grupos de resistencia natural similar.

Usando procedimientos experimentales, Wischmeier y Mananerig (14) calcularon la erodabilidad de los suelos en -

función de quince propiedades de estos y su interrelación, a pesar de que los autores señalan que la ecuación resultante es suficientemente exacta y tecnicamente valida para una amplia gama de suelos de texutra media advierten también que su uso es muy complicado hasta el punto de no convertir una herramienta de trabajo adecuada. Más tarde, y con el propósito de simplificar la ecuación, redujeron a seis los parametros necesarios para predecir la erodabilidad de un suelo y ellos son:

1) Porcentaje de limo más arena muy fina.
2) Porcentaje de arena con partículas mayores de 0.1 milímetro.
3) Contenido de materia orgánica.
4) Estructura.
5) Permeabilidad.
6) Pedregosidad.

La distribución del tamaño de las partículas es uno de los más importantes determinantes de la susceptibilidad o resistencia de un suelo a la erosión. En general, dicen los autores citados, la erodabilidad del suelo tiende a aumentar con mayor contenido de limo y a disminuir con un mayor contenido de arena, arcilla y materia orgánica; sin embargo según ellos, las arenas muy finas (con dimensiones de partículas entre 0.10 y0.05 milímetros) se comportan en forma similar al limo.

E.- La cubierta vegetal.

Toda planta, desde la más minúscula hierba hasta el árbol más corpulento defiende el suelo de la acción perjudicial de las lluvias en forma y proporción diferente.

Ayers (14) resume la forma como las plantas defienden el suelo en los siguientes puntos:

1.- Dispersión directa, intercepción por el follaje y evaporación de gotas de agua de lluvia, que en esta forma no llegan al terreno.

2.- Transpiración a través de los tejidos de grandes cantidades de humedad que pasan de estratos profundos al aire.

3.- Protección directa contra el impacto de las gotas de lluvia.

4.- Efecto sujetador del sistema radicular sobre las partículas del suelo.

5.- Penetración de las raíces a través del perfil, las cuales al morir y descomponerse dejan numerosas cavidades tubulares que aumentan la infiltración y mejoran la aereación del suelo.

6.- Mejoramiento de la estructura del suelo y por consiguiente, aumentó de la infiltración debido al suministro de materias orgánicas.

7.- Aumento de la fricción superficial y dispersión lateral de la escorrentía, que asi reduce su volumen y disminuye la velocidad.

Cuando una gota golpea un terreno cubierto con una vegetación densa, se reduce en minúsculas gotas de agua clara que penetran facilmente en los innumerables insterticios y canales del suelo; cuando esa gota golpea un suelo desnudo, y la fuerza del impacto desprende partículas que quedan en suspensión y a medida que el agua se infiltra, se depósitan en los espacios porales del suelo, obstruyendo y dificultando el paso posterior del agua, la cual se ve obligada a fluir sobre la superficie del terreno.

Por otra parte, la vegetación al morir y descomponerse aumenta el contenido de materia orgánica, de humus del suelo, y con ellos la porosidad y la capacidad de retención o absorción de agua de los terrenos.

F.- La ecuación universal de la erosión.

Combinando el efecto de los diversos factores que intervienen en la erosión de los suelos, se desarrolló la llamada "ecuación universal de la erosión", en ella se incorporan observaciones y resultados experimentales logrados en más de veinte años y tienen valor como aproximación a la predicción de erosión que ocurre bajo determinadas condiciones. Su uso sin embargo, debe de ser cuidadoso buscando más bien, a través de él, ampliar las bases para valorar preliminarmente situaciones generales.

La ecuación universal de erosión expresa las pérdidas de suelo en peso por unidad de superficie y de tiempo, que ocurrirán al presentarse una combinación determinada de condiciones en un terreno. En el sistema métrico se trabaja con toneladas de suelo perdido por hectárea y por año.

La ecuación universal de erosión se expresa en los siguientes términos:

$$A = R\ K\ L\ S\ C\ P$$

Siendo:

A - El promedio anual de perdidas de suelo en toneladas por hectárea.

R - La capacidad erosiva de la lluvia, determinada combinando la intensidad máxima en treinta minutos y la energía cinética de los aguaceros.

K - Es el factor de erodabilidad del suelo, expresado en unidades que dependen de la cantidad de perdidas de suelo que ocurre por unidad de R bajo condiciones standard especificas.

L - El factor que mide el efecto de la longitud de la - pendiente.

S - El factor que mide el efecto de la inclinación (grado pendiente).

C - El factor clase de cultivo o cubierta, el cual mide el efecto de la cobertura y de su manejo, (tiene valor de uno cuando el suelo esta en barbecho y preparado en dirección de la pendiente).

P - El fector práctica de control de la erosión, tomando como punto de referencia de la situación de un-terreno arado y sembrado en dirección de la pendiente (las prácticas de conservación reducen al valor máximo de uno en este factor).

El factor lluvia.

Es un índice numerico que expresa la capacidad de la - lluvia que se supone a de caer en una localidad para erosionar un suelo y no queda sujeto al control del hombre.

Las pérdidas de suelo ocasionadas por los aguaceros en los terrenos cultivados son directamente proporcionales al valor del producto de dos características del aguacero (a) su-energía cinética total y (b) su intensidad máxima en treinta minutos. Este producto es un término recíproco que mide el-efecto de una manera particular en que la erosión por salpicadura y la turbulencia se combinan con el escurrimiento - - para llevarse del terreno las partículas de suelo separadas-de éste.

Se ha visto que el efecto mutuo de la energía cinética y la intensidad máxima en treinta minutos proporcionan una - buena medida del poder de erosión de un aguacero. El valor - de este factor, puéde calcularse mediante los datos de un -- pluviógrafo. La escasez de éstos en nuestro medio origina - la necesidad de buscar metodologías auxiliares como el índice de Fournier, que relaciona los datos del pluviometro y --

los de pluviógrafo.

Fournier (1960), estableció por cuencas fluviales una nueva variable de degradación especifica en toneladas por kilómetro cuadrado por año, la cual se refiere a la cantidad de sedimientos que salen anualmente de una cuenca.

En primera instancia se estandarizó las cuencas empleando el sistema climático de Koeppen y como variable independiente:

1) P, precipitación media anual, en milímetros.
2) P/n, en donde n es el número de días lluviosos en el año.
3) S/P, en donde S es la estación de máxima pluviometría en milímetros.
4) S^2/P,
5) $\mathcal{E}/P$, en donde $\mathcal{E}$ son los tres meses de máxima pluviometría en el año, en milímetros.
6) $\mathcal{E}^2/P$
7) p/P, en donde p es el mes de máxima pluviometría, en milímetros.
8) p^2/P

Posteriormente Arnoldus (1977), encontró una relación entre:

$\frac{\mathcal{E}p^2}{P}$ y el valor de R de la ecuación de Wischmeier.

Donde:

p^2= a la precipitación máxima en 24 horas en el mes.

p la precipitación máxima total mensual al año.

<u>El factor erosividad del suelo</u>.

Este factor refleja el hecho de que los suelos de tipo diferentes se erosionarán con velocidad distinta mientras que los demás factores que intervienen en la erosión son constantes tales como:

La textura, la magnitud y la estabilidad de la estructura, el tipo de la arcilla, la permeabilidad y la infiltra

ción, el contenido de materia orgánica y el espesor.

Como los valores de K solo se han determinado experimentalmente en unos pocos suelos, habrá que determinar éstos en otros suelos. Los resultados conocidos sirven de orientación. Para determinar el factor K del suelo, el procedimiento usual consiste en estudiar primeramente algunos de los suelos principales, comenzando con los menos erosionables y terminando con los más fáciles de erosionar.

Los factores de K que se emplean actualmente no se consideran completamente exactos, por lo que se prosiguen las investigaciones para definir el factor K de modo más preciso y llegar a valores más exactos que los que hay hoy en uso.

La longitud y pendiente del declive.

Los factores L y S se refieren a la longitud y a la inclinación de la pendiente en el sitio de interés, según datos recavados en los Estados Unidos (7), la relación entre la pérdida de suelo y la longitud de un terreno es aproximadamente igual a la raíz cuadrada de la longitud del declive para los suelos en que la velocidad de escurrimiento no es afectada por esta longitud.

En los suelos en que el escurrimiento aumenta al incrementar la longitud del declive, dicho exponente es mayor que 0.05. El valor exacto de este exponente depende de las relaciones mutuas entre el suelo, el tipo de cubierta vegetal, la intensidad de la precipitación y la inclinación del terreno. Cuando el agua desciende por un terreno inclinado se pierde más suelo en la parte inferior que en la superior del mismo.

La longitud del declive se mide desde el punto donde el flujo de agua se origina sobre el terreno hasta el punto donde la pendiente disminuye en modo tal que comienza a depositar o hasta el punto donde el agua de escurrimiento penetre en un surco bien definido.

La resolución de la ecuación de pérdidas de suelo se facilita combinando las ecuaciones de longitud y la pendiente.

La relación del declive no se considera enteramente satisfactoria. Existen pruebas de una acción mutua del factor-longitud con las características del suelo que influyen en el escurrimiento.

El cultivo, ordenación y prácticas de conservación de suelo.

Finalmente, los factores de manejo C y P estan completamente condicionados por las actividades del hombre.

Para su empleo en esta ecuación el cultivo y la ordenación, C es la relación esperada entre la pérdida de suelo en un terreno cultivado en condiciones específicas y la correspondiente a uno en barbecho continuo, lo cual fue traslapado para el estudio en zonas boscosas.

La influencia del cultivo y sus prácticas sobre la erosión dependen de muchos factores. Entre estos figuran el tipo de éste, la cantidad de la cubierta vegetal, el desarrollo radicular, la absorción del agua por las plantas en crecimiento, la cantidad de restos de cultivo presentes enterrados, etc.

Parece ser que el cultivo siguiendo las curvas de nivel produce su máximo efecto medio en los terrenos con pendientes medias (dos a site por ciento).

Los factores cuyo efecto deben considerarse son R, K y LS es decir, lluvia, erodabilidad del suelo y longitud y pendiente.

Es importante entender que se calcula la pérdida total de suelo multiplicando los seis factores y en tales condiciones una reducción del cincuenta por ciento en cualquiera de los factores, significa una reducción del cincuenta por ciento en la pérdida total del suelo. Una reducción del cincuenta por ciento en dos de los factores representa una reducción-

del setenta y cinco por ciento en la pérdida total.

Ventajas.

- Combina el efecto de los diversos factores que intervienen en la erosión.

- Con la ayuda de índice de Fournier hace más extenso el empleo de esta metodología.

- Este modelo mejora las predicciones de las pérdidas de suelo en una localidad determinada.

Desventajas.

- Requiere de la presencia de pluviometros y pluviografos dentro y alrededor de la zona de estudio.

- La existencia de los aparatos para registrar y medirlas cantidades de lluvia deberán existir en un período de tiempo entre cinco y diez años mínimo.

- Puede usarse universalmente, pero, su uso depende de la existencia de datos aplicables a cada localidad.

Uso de la ecuación en México.

Al revisar la literatura descubrimos la escasez de estudios semejantes al presente, pues la Ecuación Universal de la Erosión casi no ha sido empleado en México pese a sus ventajas; encontramos solamente dos publicaciones las cuales fueron:

a) Curiel B; A. (1981). Estudio sobre erosión en áreas boscosas del distrito de Huajupan León. Editada por el Colegio de Postgraduados. Oaxaca.

b) Werner G. (1978). Proyecto Puebla Tlaxcala, los suelos de la cuenca alta de Puebla Tlaxcala y sus alrededores. Editado por la Fundación Alemana para la investigación científica. México.

Además tenemos conocimiento de que el Dr. Mario Martínez en la actualidad tiene un estudio de la erosión utilizando el método de Wischmeier, el cual no publica aún y lo esta realizando en el Colegio de Postgraduados.

IV.- MATERIALES Y METODOS.

4.1 Generalidades.

4.1.1. La Primavera es un macizo boscoso, ubicado al poniente de Guadalajara, con una extensión territorial, aproximadamente 2.5 veces más grande que la del casco urbano de esta ciudad.

Los límites de la zona están determinados, muy claramente de la siguiente manera:

Al Norte y Noreste limitada con la carretera Guadalajara Nogales; al Este y Sureste, con la carretera Guadalajara-Colima-Barra de Navidad; al Sur con el Valle de San Isidro de Mazatepec; al Oeste con el Valle de Ameca; figura 1.

Es la única zona boscosa no explotada economicamente, cercana a Guadalajara.

Su topografía es accidentada. Sus suelos son delgados. Con una desforestación muy intensa en algunos lugares.

4.1.2. Clima.- Según la clasificación climática de Köppen modificada por E. García, la zona es:

(A) C, o sea templado semicálido.

4.1.3. Suelo.- La serranía de La Primavera es producto de la subsidencia de una zona volcánica y tectónica. Esta constituída principalmente por rocas igneas extrusivas de composición ácida, tales como riolitas vítreas, tobas lipríticas, pomez, riolitas porfiricas, obsidiana y algunos afloramientos ocasionales de basalto. También se tienen aluviones y suelos residuales en menor escala.

Según la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, los suelos de esta zona son: Litosoles, Feozem, Regosoles, Fluvisoles y otros.

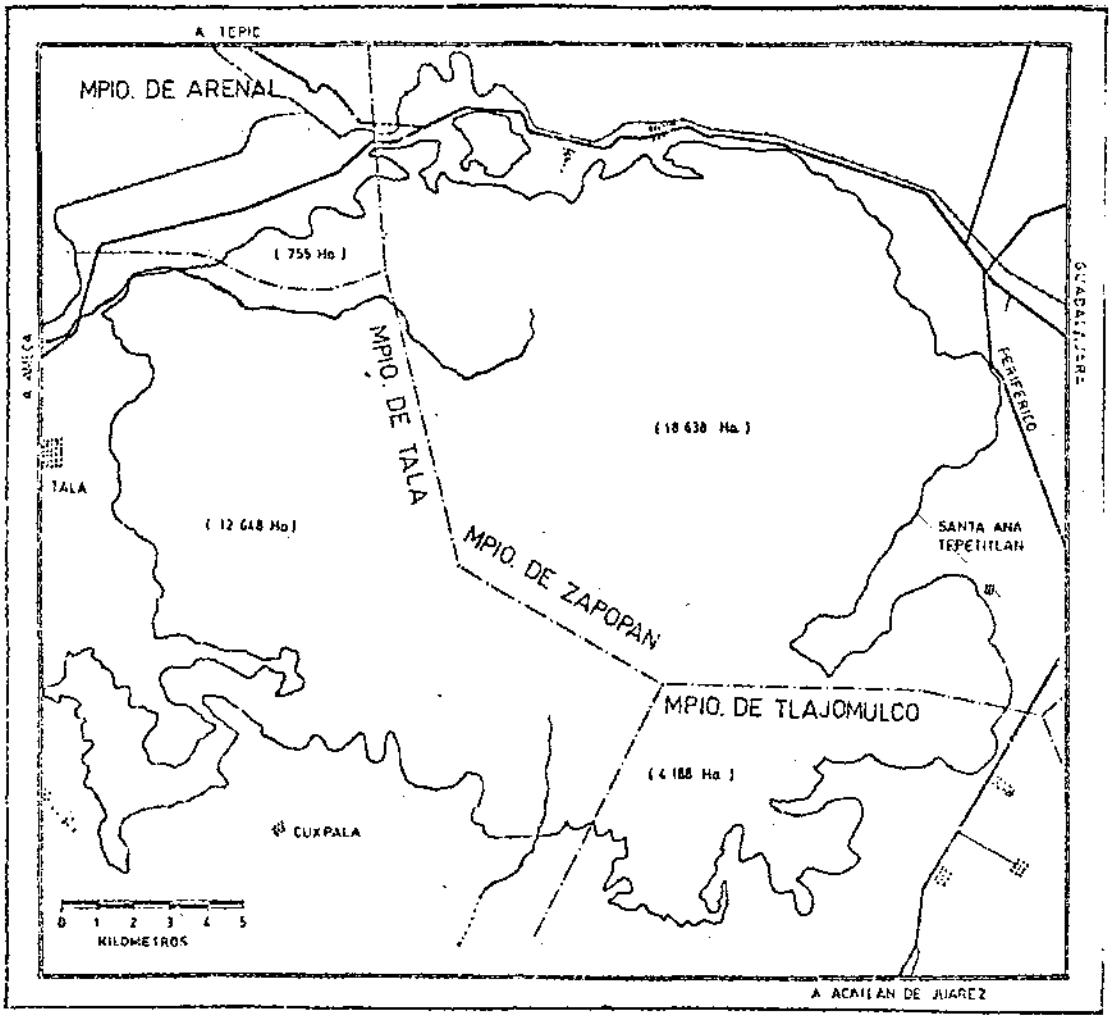


Figura N° 1 Localización y División Política de la Zona

4.2. Materiales.

Para el cálculo de R se necesitó obtener datos de pluviómetro y pluviógrafo de la estación meteorológica de la - Universidad de Guadalajara. Para el empleo de estos datos - en la ecuación de correlación lineal.

Además también se recabaron datos de pluviómetro de - las estaciones climátológicas de:

1.- Escuela de Agricultura.

2.- Presa Hurtado.

3.- Tala.

Otros materiales son:

Mapas de la zona. (Topográfico, uso actual, uso potencial, hidrográfico, geológico).

Fotografías aéreas (1 : 50 000 - 1 : 35 000)

Estereoscopio de espejos.

Estereoscopio de bolsillo.

Lupa

Brújula

Planímetro

Calculadora programable

Binoculares.

4.3. Metodología.

Se utilizó el modelo determinístico citado por Wischmeier.

Dicha ecuación se viene usando desde hace unos quince-años y sirve para calcular las pérdidas medias anuales de - suelo, en condiciones específicas.

Puede usarse universalmente, pero, a pesar de ésto, su empleo depende de la existencia de datos aplicables a cada-localidad.

Este modelo determinístico mejora las predicciones de-las pérdidas de suelo en una localidad determinada sin alterar profundamente los conceptos fundamentales y el procedi-

miento de aplicación de las ecuaciones antiguas.

Modelo determinístico de Wischmeier.

A = R x K x L x S x C x P.

De estos elementos de la ecuación, en este trabajo se tratarán R y C o sea erosividad de la lluvia y cubierta vegetal respectivamente.

Cálculo de R:

a) Se procede a colectar las gráficas diarias de pluviógrafo de cinco a diez años continuos.

b) Hacer la interpretación de cada una de las gráficas como se muestra en la figura 2 señalando los cambios dependiente en la línea registrada.

c) En el lugar en donde estos cambios ocurren se les toma la hora y la cantidad de lluvia en milímetros que marquen. Formando así dos columnas como se muestra en el cuadro 1. (I y II).

d) La diferencia entre las horas anotadas se transforma a minutos (columna III). Y los milímetros de lluvia se convierten a centímetros.(columna IV).

e) En base a los resultados de minutos y centímetros de lluvia se calcula la intensidad en centímetros por hora con una regla de tres simple (columna V), en ésta se eliminan todos los valores menores a 0.5.

f) Calculamos la energía cinética de los resultados que nos quedaron (columna VI), con la fórmula:

$Ec = (210 + 89 (\log._{10} I) = Kg/m^2/seg^2$

Donde:

Ec = Energía cinética

I = Intensidad en centímetro por hora.

g) En la columna IV se buscarán las intensidades máximas en treinta minutos.

h) Se multiplican las columnas IV y VI para obtener la energía cinética total al sumar estos resultados.

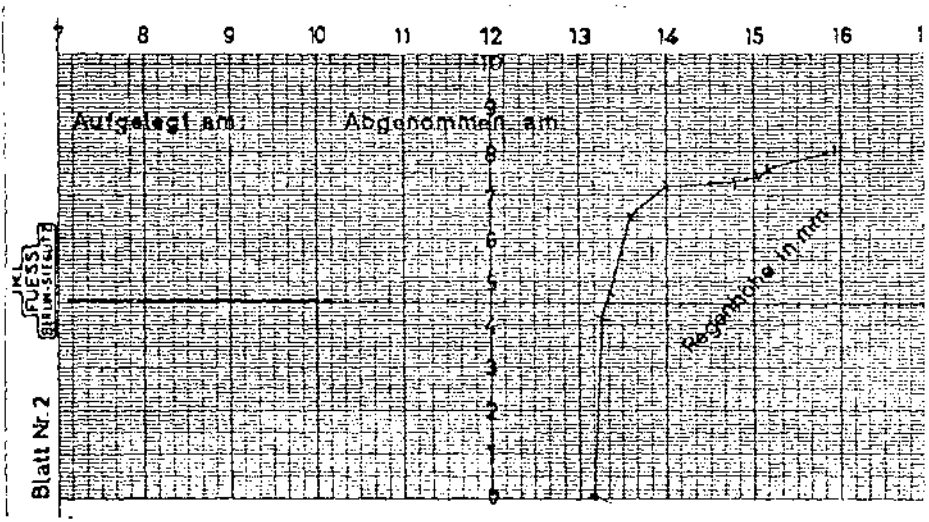


FIGURA No. 2 Interpretación de una grafica de Pluviógrafo

i) Con los datos anteriores se procede calcular R con la fórmula:

$$R = \frac{Ec\ t}{100} \times I_{30'}$$

Donde:

Ec t = Energía cinética total.

$I_{30'}$ = Intensidad máxima en treinta minutos.

Esto se repite por cada evento que se presente en cada año de todos los que se estudien.

CUADRO N° 1 Ejemplo del Cálculo de R.

I Tiempo	II Lluvia (mm)	III Tiempo (min)	IV Lluvia (cm)	V Intensidad (cm/hora)	VI Ec	VII Ec t
13:10	——	——	——	——	——	——
13:15	4.1	5	0.41	4.92	271.58	111.34
13:20	4.7	5	0.06	0.72	197.30	11.84
13:35	6.5	15	0.18	0.72	197.30	35.51
14:00	7.2	25	0.07	0.17		158.70
14:47	7.3	47	0.01	0.01		$Kg/m^2/seg^2$
15:04	7.4	17	0.01	0.04		
15:10	7.6	6	0.02	0.20		
15:56	8.0	46	0.04	0.05		

$$R = \frac{Ec\ t}{100} \times I_{30'}$$

$$R = 1.59 \times (0.65\ cm/30' \times 2)$$

$$R = 1.59 \times 1.30$$

$$R = 2.063\ \ Ton/ha.$$

Para adecuar más los resultados que se obtienen de las gráficas de pluviógrafo se utilizará el índice de Fournier - el cual es:

$$IF = \frac{\mathcal{E} p^2}{p}$$

Donde: $\mathcal{E} p^2$ = Sumatoria de la precipitación máxima en veinticuatro horas en el mes.

p = Precipitación máxima mensual por año

Y éste nos ayuda para establecer una relación entre - pluviógrafos y pluviómetros. Por medio del método estandar de correlación lineal.

Este se conoce más apropiadamente como " Método de -- Producto-Momento para el coeficiente de correlación Lineal" y la formula es:

$$r^2 = [\mathcal{E}(x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2 / [\mathcal{E}(x - \bar{x})^2 \ \mathcal{E}(y - \bar{y})^2]$$

Puesto que $x = x - \bar{y}$ Y $y - \bar{y}$, podemos escribir

$$r^2 = (\mathcal{E}xy)^2 / \mathcal{E}x^2 \ \mathcal{E}y^2$$

A pesar de que estas formas son sencillas, en general no es fácil calcularlas directamente. Para lo que aprovechamos la relación :

$$\mathcal{E}x^2 = \mathcal{E}(x-\bar{x})^2 = \mathcal{E}x^2 - \frac{(\mathcal{E}x)^2}{n}$$

Replanteado de la siguiente manera:

$$r^2 = \left[\Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{n} \right]^2 \Big/ \left[\left(\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}\right) \left(\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n}\right) \right]$$

Esta recibe el nombre de "Forma Operacional"

Finalmente se obtiene r efectuando la raíz cuadrada:

$$r = \sqrt{r^2}$$

Los valores de R también conocidos como índice de erosividad de la lluvia, pueden a su vez ser clasificados de -- acuerdo con la FAO como sigue:

Clasificación:

R =	0 - 50	50 - 500	500 - 1000	Mayor de 1000
	Ligera	Moderada	Alta	Muy alta

Cálculo de C.

Se procede a fotointerpretar el área de estudio con fotografías aereas escala 1 : 50 000 y/o 1 : 30 000 para zonificar de acuerdo a las diferentes cubiertas vegetales figura 3 y se evalúa por medio de unas clasificaciones que a continuación describo (cuadro 1 y 2).

CUADRO N° 2 Clasificación por Dominancia.

Mezclas	Por ciento
Masa pura	90 - 100
Especie dominante	60 - 89
Especie codominante	40 - 59
Especie dominada	30 - 0

CUADRO N° 3 Superficie Ocupada.

Clase	Por ciento
Muy aclareada	1 - 20
Aclareada	20 - 40
Media	40 - 60
Semi-cerrada	60 - 80
Cerrada	Mayor de 80

Wischmeier formuló tablas para la tabulación de datos correspondientes a la cobertura vegetal en zonas de bosques imperturbados, en vías de regeneración por reforestación y talados quemados o perturbados, ésta última está fundamentada, en la altura promedio del suelo a la primera rama de cada especie vegetativa, al por ciento de cobertura de pasto, a la cantidad o área que ocupan los árboles y al tipo de hojarasca que se encuentra en el suelo.

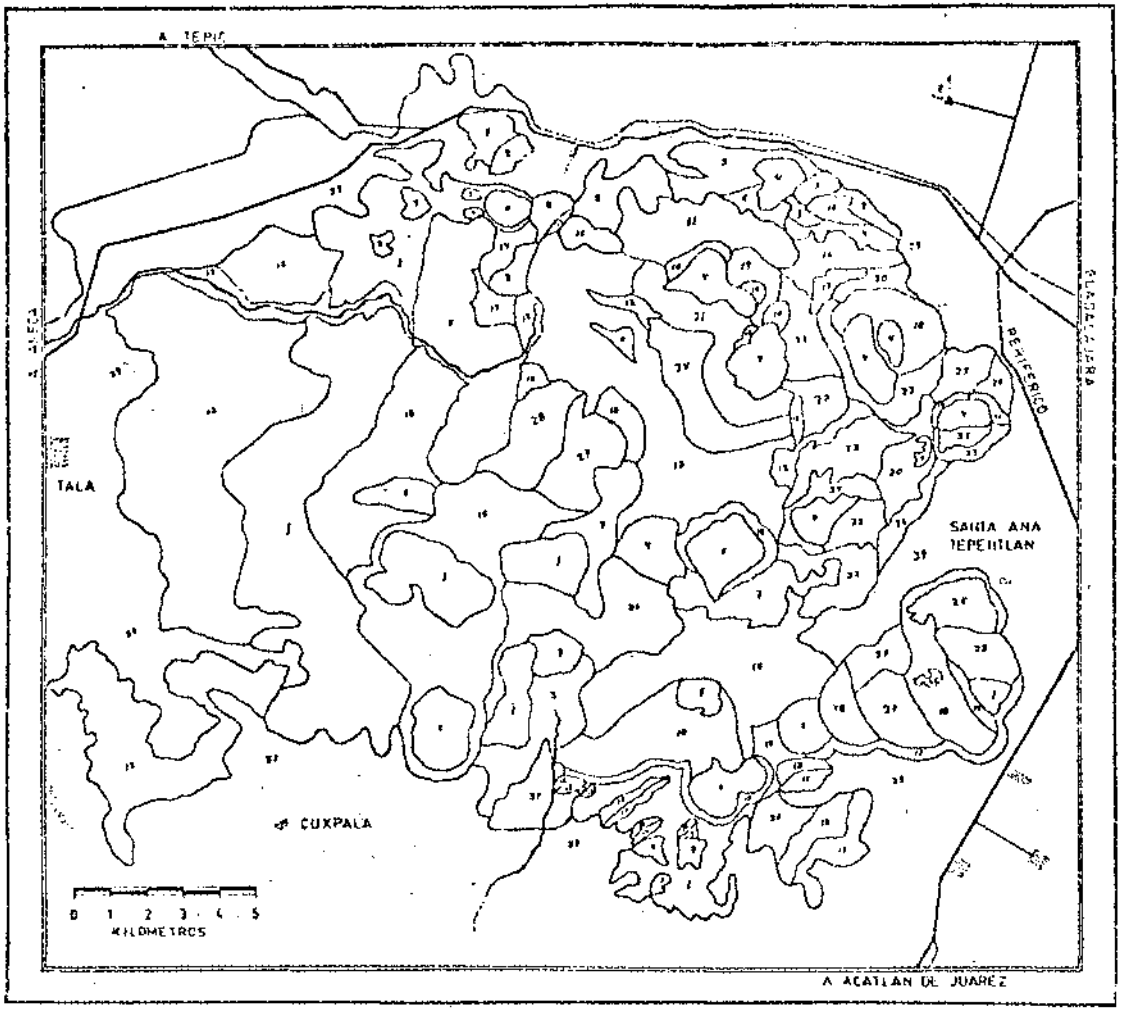


Figura Nº 3. Localización de las 39 Zonas del Area de Estudio.

CUADRO N° 4 Factor C para zonas boscosas taladas, quemadas y perturbadas.

Cobertura Vegetal			Por ciento de cobertura de pastos.					
Tipo y altura a la 1° rama.	Por ciento de cobertura	Tipo	0	20	40	60	80	95
Cobertura no aprovechable.		G	.45	.20	.10	.042	.013	.003
		W	.45	.24	.15	.091	.045	.011
Hierbas altas o pequeños arbustos con una altura promedio de 0.50 metros.	25	G	.36	.17	.09	.038	.013	.003
		W	.36	.20	.13	.083	.041	.011
	50	G	.26	.13	.07	.035	.012	.003
		W	.26	.16	.11	.076	.039	.011
	75	G	.17	.10	.06	.032	.011	.003
		W	.17	.12	.09	.068	.038	.011
Arbustos con una altura promedio de 2.00 metros de tallos leñosos	25	G	.40	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.40	.22	.14	.087	.042	.011
	50	G	.34	.16	.08	.038	.012	.003
		W	.34	.19	.14	.082	.041	.011
	75	G	.28	.14	.08	.037	.012	.003
		W	.28	.17	.12	.078	.040	.011
Arboles y arbustos pero no aprovechables con altura promedio de 4.00 metros	25	G	.42	.19	.10	.041	.013	.003
		W	.42	.23	.14	.089	.042	.011
	50	G	.39	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.39	.21	.14	.087	.042	.011
	75	G	.36	.17	.09	.039	.012	.003
		W	.36	.20	.13	.084	.041	.011

G: Cobertura vegetal de hierbas o pastos con hoja delgada.

W: Cobertura vegetal de hierbas con hoja ancha.

V.- RESULTADOS

A).- Para calcular la capacidad erosiva de la lluvia, determinada combinando la intensidad máxima en treinta minutos y la energía cinética de los aguaceros se procedio a hacer la interpretación de las gráficas de pluviógrafo de cada día a siete años desde 1972 hasta 1978 de la estación meteorológica de la Universidad de Guadalajara.

Para recabar los datos de estas gráficas mencionadas, fué necesario determinar las intensidades de las lluvias y su lapso de duración mediante los distintos cambios de pendiente que aparecen en los registros figura dos, y así calcular la energía cinética de la lluvia y su intensidad máxima en treinta minutos.

Los valores resultantes se sumaron para obtener la capacidad erosiva de la lluvia por mes de cada uno de los años estas cantidades de suelo erosionado por los aguaceros se relacionaron respectivamente con un índice de Fournier cuadro 6. Después de trabajar con varias de las ecuaciones citadas por Fournier, encontramos la propuesta por Arnoldus en el año de 1977, está es :

$$\frac{\varepsilon p^2}{p}$$

En la que :

εp^2 = A la sumatorio de las precipitaciones máximas en veinticuatro horas por mes.

P = Precipitación máxima mensual al año.

Con este índice anterior se presentó la mayor correlación que con los antes probados, mostrando en la correlación lineal los siguientes resultados:

r = 0.94 cuando R (erosividad de la lluvia) en un-

año es menor de 483 toneladas por hectárea, generando para este caso la siguiente relación :

$$Y = 200.14 + 7.03 X$$

Dado que los resultados obtenidos de los ocho años fueron cinco de ellos menores de cuatrocientos ochenta y tres toneladas por hectárea lo cual nos representa un 71.42 por ciento de frecuencia de estos datos.

Los valores que nos produjeron estos resultados y ecuaciones se encuentran en el cuadro 6 y gráfica 1 .

Posteriormente se localizaron las estaciones meteorológicas cercanas a La Primavera, las cuáles fueron; Presa Hurtado, Escuela de Agricultura y Tala, y de éstas se recopilaron los datos de pluviómetro de diez años obteniendo de éstos la media de las precipitaciones por mes y por año de cada una.

Teniendo los valores medios de la precipitación anual de las estaciones se procedió a substituir en la ecuación generada por los datos del índice de Fournier y erosividad de la lluvia de la estación climatológica de la Universidad de Guadalajara y se obtuvo un valor de R de estas estaciones, el que fué obtenido, calculando el índice de Fournier para cada estación y se muestra en el cuadro 5.

CUADRO Nº 5 Indice de Fournier para La Primavera

Presa Hurtado	38.20
Escuela de Agricultura	27.98
Tala	21.41

A continuación estos datos entran a la formula para obtener el valor de la erosividad que es :

Para R en toneladas por hectárea por año.

CUADRO Nº 6 Valores de Erosividad e Indice de Fournier de la Estación Meteorológica de la Universidad de Guadalajara.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	ANUAL
1972													
*R	0.03				9.09	68.23	139.21	153.99	40.28	0.65	1.40	0.21	413.09
**IF	1.00				4.84	10.31	8.68	7.18	6.32	5.05	3.14	3.91	24.48
1973													
R						10.05	92.50	166.17	35.77	11.67			316.16
IF						20.00	9.95	7.65	3.01	11.30			21.91
1974													
R				6.24	25.19	97.28	128.69	199.46	26.03	0.08	0.03		483.00
IF				7.59	10.31	14.97	19.39	3.99	7.24	5.40	1.00		41.35
1975													
R	0.67				1.83	53.89	200.58	158.11	43.56	0.50		0.42	463.56
IF	5.19				7.39	8.47	5.18	19.51	6.62	10.50		9.00	35.51
1976													
R			0.08	0.35	0.27	53.53	88.37	104.40	51.26	1.39	2.77	0.01	302.43
IF			0.58	1.47	2.52	3.94	5.69	5.57	5.93	4.60	5.77	0.45	14.42

Indice de Fournier mensual

$$IF = \frac{p^2}{P}$$: p = precipitación máxima en 24 hrs. por mes

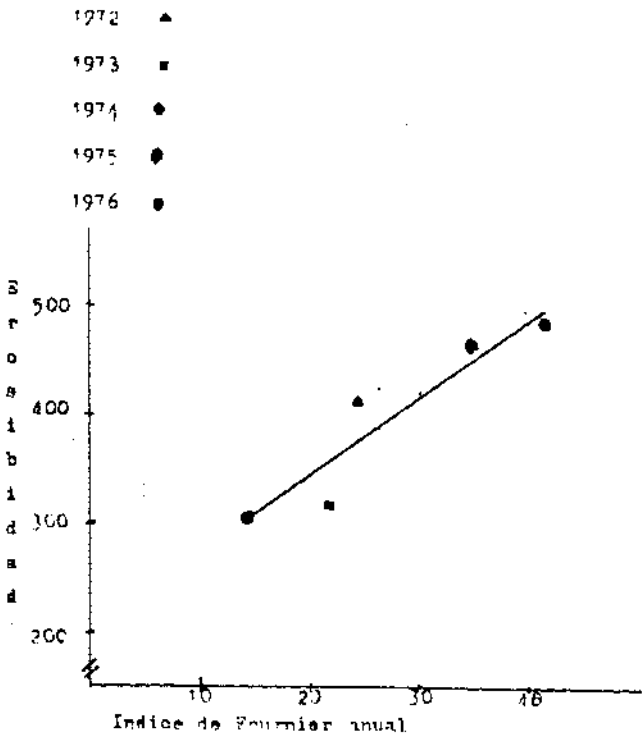
P = precipitación mensual.

*R = Erosividad de la Lluvia.

** IF = Indice de Fournier.

GRAFICA 1 DEL INDICE DE FOURNIER Y LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA DE LOS AÑOS EMPLEADOS PARA LA FORMULA

$y = 200.14 + 7.03\ x$



$IF = \frac{p^2}{P}$

$Y = 200,14 + 7.03 X$

Para Presa Hurtado:

$Y = 200.14 + 7.03 (38.20)$

$Y = 468.7$

Para la Escuela de Agricultura:

$Y = 200.14 + 7.03 (27.98)$

$Y = 396.9$

Para Tala :

$Y = 200.14 + 7.03 (21.41)$

$Y = 350.7$

Por consecuencia los resultados obtenidos de estas formulas de cada una de las estaciones se engloban dentro de la clase de 50 a 500 toneladas por hectárea por año o sea una erosión moderada. Con una amplitud de rango tan grande como los mostrados en esta clasificación (mencionada en el capítulo de Materiales y Métodos), el aceptar una relación igual a 0.94 en vez de 0.95 no afecta en nuestros datos finales por ser una variación tan pequeña y existir una amplitud de clase tan grande en la clasificación de la erosión propuesta por la FAO.

De acuerdo al método de Tiessen se procede a delimitar áreas de influencia de estas estaciones meteorológicas con los valores de erosividad de la lluvia.

Al gráficar los valores de las precipitaciones de las estaciones circundantes a la zona y al gráficar su coeficiente de variación encontramos que están dentro de un mismo rango y por ello el resultado de erosividad en estas áreas de influencia es el mismo. Por lo tanto tenemos que en La Primavera, Jalisco hay una erosión originada por lluvias de 384.986 toneladas por hectárea por año.

B).- Para calcular la influencia de la cobertura vegetal en la erosión se procedió a muestrear la zona, en la cual inicialmente, se determinaron treinta y nueve sitios de cobertura vegetal diferente, figura 3.

Despues de recorrer cada uno de estos sitios y recabar informaciones de por ciento de cobertura, alta promedio de la primera rama de abajo hacia arriba, profundidad y tipo de hojarasca e indicios de incendios y pastoreo.

Se analizaron los datos resultantes en gabinete y se redujeron a siete áreas de distinta cobertura vegetal y al valorizar esta cobertura de acuerdo a la tabla que se presenta en el capitulo de Materiales y Métodos para el factor C en zonas quemadas, taladas o perturbadas, se obtuvieron valores que varían de 0.036 a 0.450 figura 4.

Al conjunto de datos de R y C antes mencionados, con los K, L y S obtenidos por el compañero Juan Francisco Gómez Martínez en su tesis "Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica en la Zona Forestal de la Primavera, Jalisco; Influencia de la Topografía y Características del Suelo". dieron lugar al mapa de los diferentes grados de erosión en la Primavera Jalisco, figura 5. El que muestra las zonas y los valores que logra la erosión en los que varían de <50 a >500.

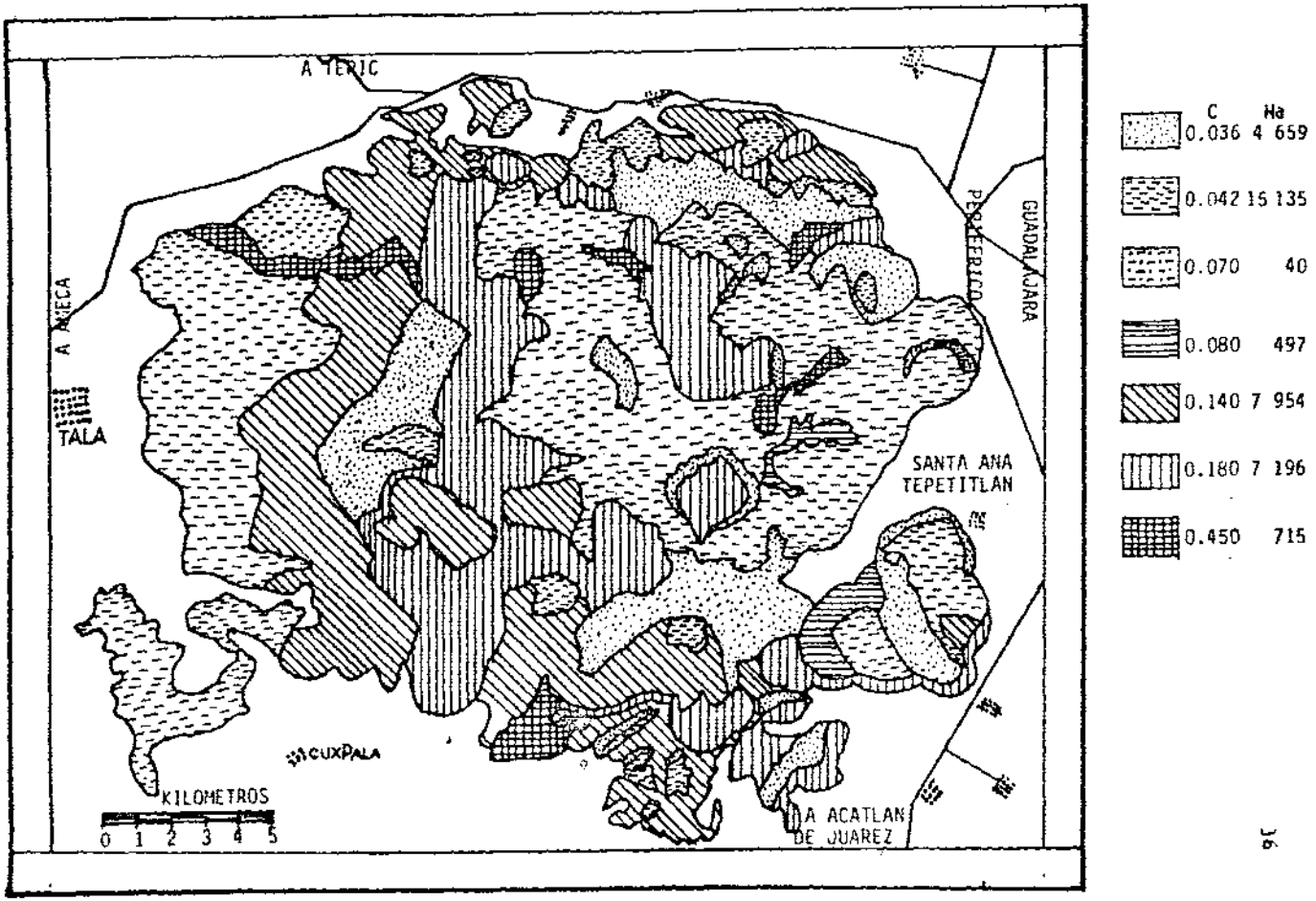


Figura. N°. 4, Valores de Cobertura Vegetal.

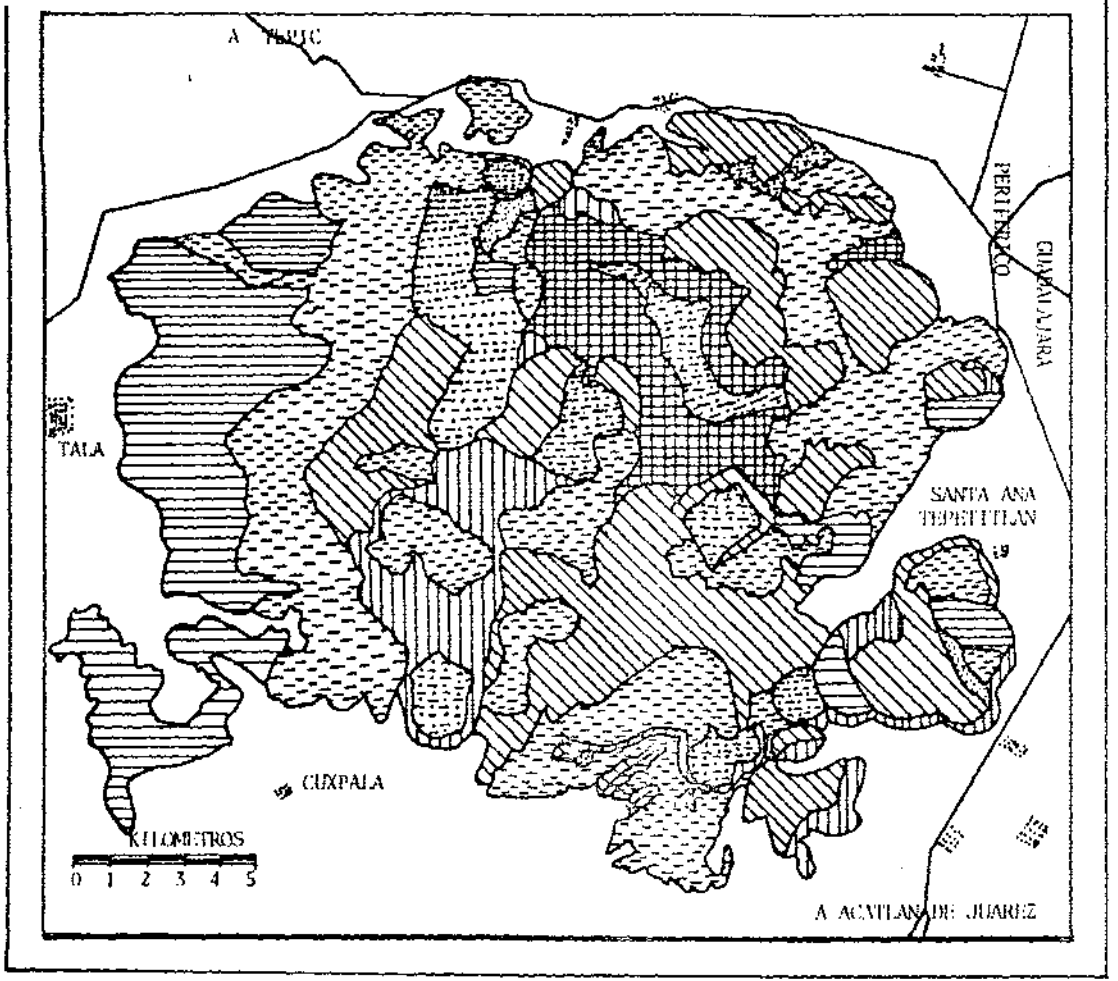


Figura. N°. 5. Grados de Erosion en La Primavera Jalisco.

DISCUSIONES

El agua y el viento transportan partículas de material meteorizado y las depositan en sitios más o menos distantes.

Como el hombre obtiene del suelo todos sus alimentos y gran parte de los materiales que utiliza para su abrigo y comodidad, el transporte acelerado de partículas fértiles le afecta de manera directa.

En ocasiones se necesitan varios siglos para formar un centímetro de suelo y esto en un terreno con pendiente, mal protegido, unos aguaceros pueden arrastrar una capa de ese espesor, más aún con la incidencia contínua de incendios.

Para poder buscar soluciones adecuadas al problema de la erosión es necesario entrar a investigar las interrelaciones de los factores contribuyentes, pues aunque algunos no pueden modificarse directamente, todos pueden controlarse comprendiendo bien la forma como actúan.

Como muestran los resultados y toda la metodología seguida el bosque de La Primavera se encuentra con grados de erosión bastante elevada. Para evitar las pérdidas de suelo podríamos manejar distintos parametros como :

1.- La erosibilidad que por ser un proseso natural no es posible regular o controlar directamente, pero indirectamente la vegetación puede amortiguar a la energía cinética con la que caen las gotas de agua al suelo desnudo, desprendiendo así partículas finas y siendo arrastradas por la escorrentía.

2.- La erodabilidad, o sea la facilidad o dificultad que presenta un suelo a ser erosionado depende de su estructura, textura, contenido de materia orgánica, etc. De estos factores el que puede ser manejado, es el contenido de materia orgánica puesto que mejora las condiciones del suelo y ayuda a la retención de él. Pero la incorporación de ésta es muy costosa y poco probable de aplicarse en toda la zona.

3.- La pendiente e inclinación del terreno como mencionamos anteriormente es uno de los factores que favorecen la pérdida de partículas fértiles, por lo que la disminución de la longitud y el grado de la pendiente reducen la erosión; ésto podrá ser con surcos a nivel, terrazas bancales o de zanja y bordo, entre otros. Pero la aplicación de estas prácticas de manejo sería muy dificultoso y poco probable en todo el área por lo accidentado de la topografía y el costo que implicaría su realización, además de no ser prioritario.

4.- La escasa flora que no permite defender el suelo contra los efectos nocivos de los aguaceros, además la presencia de ganado que con el sobrepastoreo y el pisoteo de los árbolitos pequeños reducen la posibilidad de aumentar la cubierta vegetal y a ésto agregamos los efectos negativos de los incendios que mantienen una baja densidad en la vegetación.

El origen de estos incendios aparte de los del clima son :

- Las prácticas no controladas de quema de los residuos de cultivos.
- El fuego que se les aplica a la hojarasca y otros residuos orgánicos en total o parcial descomposición para favorecer el rebrote de los pastos para el ganado.
- El descuido de los turistas con sus fogatas.
- El poco interes de los pequeños Propietarios por los incendios ya que como el valor de sus tierras no decrece por la cercanía a Guadalajara y hasta en cierto modo les favorece al facilitar la construcción de una casa o alguna obra que le aumente el valor de su propiedad.

Las consecuencias de esto son :

a. Que año con año se incendie el bosque.

b. Que los renuevos de los árboles perezcan y no exista una regeneración natural.

c. Que la vegetación vaya decreciendo.

d. Que la hojarasca disminuya y con esto las aportaciones de materia orgánica y humus al suelo.

Teniendo los valores de pérdida de suelo (A) se procedió a hacer un análisis de varianza de los factores C, K y LS, para ver cuál de ellos esta mas relacionado con la erosión, obteniendo los valores de :

C = 25.84%

K = 0.01%

LS = 74.15%

Con respecto a R o sea ~~erodabilidad~~ EROSIVIDAD de la lluvia no se trabajo puesto que tiene un valor único y al prácticar el análisis nos daria un valor de cero.

Estos resultados anteriormente mencionados nos muestran que la cubierta vegetal influye un 25.84% sobre la erosión originada en está área y esto es por la poca diferencia que existe entre los tipos y especies de la vegetación.

En cuanto a la erodabilidad de los suelos el valor de 0.01 % nos indica que los suelos son muy homogeneos, puesto que el por ciento de variación es muy pequeño y esto a su vez nos dice que los suelos son de un mismo origen.

LS, con un valor de 74.15% nos señala que las condiciones de topografía tienen una gran variabilidad puesto que presenta pendientes y longitudes muy distintas en toda la zona.

Es importante destacar que la variación en la vegetación tiene mayor efecto en la erosión que el tipo de suelo.

5.- En cuanto al manejo ya hemos mencionado algunos en los puntos anteriores. Entre estas prácticas de conservación estarían la reforestación, el aumento de materia orgánica, las obras de terrazas de zanja y bordo y bancales. Son pocas las áreas en las que se pueden aplicar éstas, debido a la topografía tan accidentada que posee la mayor parte del

bosque.

Pero de todas ellas la que pudiera ser más positiva y dar mejores resultados, sería la de prevenir y controlar los incendios para favorecer la regeneración natural de la cubierta vegetal y así reducir la erosión al mínimo permitible (5 Ton./Ha/ año).

Para ésto se toma en cuenta un período de 8 años, tiempo necesario para que un bosque pastoreado y quemado posea la categoría de no perturbado.

Así podemos ver que si reforestamos y evitamos los incendios, lograríamos en el transcurso de 16 años, el control de la erosión en el bosque de La Primavera.

Un punto a considerar es el control de incendios, es que los pequeños Propietarios no se preocupan por lo daños que este cause puesto que sus terrenos por la cercanía a Guadalajara no son afectados en cuanto a precio y en cierta forma les favorece por que así pueden desmontar.

Para evitar estas anomalías una medida efectiva sería hacer cumplirse rigurosamente lo establecido por la Ley Forestal y su Reglamento en los artículos 37 al 43 y las sanciones de los artículos 127 y 130.

CONCLUSIONES

A.- El área total de estudio comprende 36 229 Ha.

B.- La erosividad en la zona es de 384.986 Ton/Ha/año.

C.- La cubierta vegetal según la tabla para bosques talados-quemados o perturbados de Wischmeier,varia de 0.036 a -- 0.450 en La Primavera, Jalisco.

D.- La cubierta Vegetal tiene un efecto sobre la erosión de-un 25.84%.

E.- La variación de la vegetación tiene mayor efecto que el-tipo de suelo.

F.- Los valores máximos y mínimos de erosión encontrados en-esta zona son de 1 596.614 y de 8.44 Ton/Ha/año respectivamente.

G.- Los campesinos inducen el fuego en los pastos del bosque para favorecer el rebrote y alimentar su ganado.

H.- Los renuevos del arbolado son consumidos por incendios - y/o por el ganado, al igual que la hojarasca.

I.- Las mayores pérdidas de suelo se registran después de los incendios cuando la cubierta vegetal es escaza y se presentan los primeros aguaceros fuertes.

J.- Evitando incendios durante ocho años y reforestando donde fuese posible se aumentaría la cubierta vegetal y con ésto la materia orgánica reduciendo así la erosión.

K.- Si ésto se continuase por 16 años la pérdida de suelo -- disminuiría a los límites permitidos de 5 Ton/Ha/año.

L.- Para poder controlar los incendios seria recomendable -- aparte de concientizar a los turistas y habitantes de la zona,hacer cumplir los artículos del 37 al 43 y los 127-y 130 de la Ley Forestal y su Reglamento.

RESUMEN

Las superficies arboladas del país decrecen en canti-- dad alarmante y una de las causas de este fenomeno es la pérdida de suelo.

La erosión se originó en el preciso instante en el que sopló el primer viento y cayo la primera lluvia por el acarreo de las partículas fértiles.

El presente estudio de erosión se realizó en un lapso de un año en el bosque de La Primavera, Jalisco, el cuál nos determinó cuantitativamente el número de toneladas por hectárea por año de suelo que se pierde en esta zona, la que tiene una superficie de 36 229 Ha. con un clima según Koppen -- (A)C o sea templado semi-cálido.

En México, faltan datos sobre cantidad de pérdidas del sustrato del bosque en relación con la pendiente, inclinación, características del suelo, vegetación y manejo.

Para estos cálculos se utilizó la Ecuación Universal de Erosión la que expresa las pérdidas de suelo en peso, por unidad y superficie y de tiempo, que ocurren al presentarce una combinación determinada de condiciones en un terreno.

Esta ecuación es :

$$A = R\ KLS\ CP$$

A = El promedio anual de pérdidas de suelo en toneladas por hectárea.

R = La capacidad erosiva de la lluvia.

K = La erodabilidad del suelo.

L = Longitud de la pendiente.

S = Inclinación.

C = Cobertura Vegetal.

P = El factor prácticas de conservación.

De estos elementos en este trabajo se evaluaron 2 de ellos los cuales son "R" y "C" obteniendo valores de la erosividad de 384.986 Ton/Ha/año y de la cobertura de 0.036 a -

0.450 de acuerdo a la tabla que proporciona Wischmeier.

Para el cálculo de R se interpretaron las gráficas de Pluviógrafo determinando intensidad y lapso de la lluvia, de siete años. Estos valores se relacionan con un índice de Fournier, con el cual se presentó la mayor correlación de 0.94 cuando la erosión es menor de 483 Ton/Ha/año.

Los datos resultantes de este trabajo se juntaron con los de erodabilidad, longitud y grado de pendiente y prácticas de conservación proporcionados por la tesis del compañero Juan Francisco Gómez Martínez; la cual tiene el título de Pérdida de Suelos por Erosión Hídrica en la Zona Forestal de La Primavera, Jalisco; Influencia de la Topografía y Características del Suelo. Obteniendo finalmente los datos del promedio anual de pérdidas de suelo en toneladas por hectárea por año, los cuales variaron de 8.44 a 1 596.614 Ton/Ha/año. Figura 5.

Entre las prácticas de conservación se destaca el control de incendios por indispensable que es, ya que sin éste cualquier otro manejo no sería tan efectivo, puesto que el problema del fuego se presenta año con año destruyendo los rebrotes, pastos y hojarasca.

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

1.- Andrade A. (1975). La Erosión. Fondo de Cultura Económica. pp.93-179. México.

2.- Bennet H. (1965). Elementos de Conservación del Suelo. - Fondo de Cultura Económica. pp. 36-57. México.

3.- Carl O. Dunbor. (1963). Principios de Estratigrafía. --- C.E.C.S.A. pp.151,156-157,159-161,368. España.

4.- Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, - (1978). Formukación de uso potencial del terreno en la - Serranía de La Primavera, Jalisco, Secretaría de Programación y Presupuesto. pp. 7,12,16,21,25. México.

5.- Gorrone E. (1973). Ensayo Metodológico para la cartografía de Erosión. Universidad Autónoma de Guerrero. pp. 3-22 Guerrero, México.

6.- Gianoni A. (1973). Precipitación Pluvial y desagüe. Revista de Ingeniería. pp. 20-24. (2da Epoca) Nº 7. Uruguay.

7.- Hailia, F.A.O. (1978). La Erosión del Suelo por el Agua-algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. 2da Edición F.A.O. pp. 42-65,160,179. Roma.

8.- Moolhons M.H. (1979). El potencial erosivo de la lluvia-en Uruguay. Volumen 9, Nº 1, Trimestre Enero-Marzo.Turrialba.

9.- Little Thomas M. (1978). Métodos Estádisticos para la investigación de la Agricultura. Trillas. pp. 41-48,67-77, 105,112, 145-217. México.

10.- Instituto de Astronomía. (1978) Características Climatologicas de Guadalajara. 2da edición. Universidad de Guadalajara. p.13. Guadalajara, México.

11.- Long Well y Flint. (1981). Geología Física. 2da. Edición. Limusa. pp.22,191-213,291-294. México

12.- Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de America. (1980). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos. Limusa. pp. 114-115. México.

13.- Reggie J. (1977). Investigación Agronómica para el Desarrollo de la Agricultura Tradicional. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura. pp.95-97. Chapingo, México.

14.- Suárez de Castro F. (1979). Conservación de suelo. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. pp. 20-76. San José Costa Rica.

15.- Sub-Secretaría Forestal y de la Fauna. (1982). Ley Forestal y su Reglamento. SARH . pp. 43,44, 128-129. México.

16.- Werner G. (1978). Proyecto Puebla Tlaxcala, los suelos, de la Cuenca alta de Puebla Tlaxcala y sus alrededores. Fundación Alemana para la investigación científica, p. 13. México.