

RELACION TASAS DE INFILTRACION-EDAD DE LA PLANTACION EN LA ZONA REFORESTADA ZAPALINAME

Julián Gutiérrez Castillo¹
José Dueñez Alanís²

RESUMEN

Incrementar la infiltración de los suelos, fue un objetivo primario en la reforestación Zapalinamé; a la fecha pocos estudios señalan el efecto de esa plantación sobre dicho proceso hidrológico. El presente estudio se realizó durante los meses de octubre y noviembre de 1987 en cinco áreas reforestadas con *Pinus halepensis* Mill., con el objetivo de determinar si existe relación entre la edad de la plantación y las tasas de infiltración de los suelos. Para ello, se utilizó el método de los anillos concéntricos en 10 repeticiones de los sitios reforestados, los datos de campo obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando un diseño completamente al azar y la prueba de Duncan. Los resultados señalan que en cualquier período de tiempo existen diferencias significativas en la infiltración que presentan los suelos reforestados; en los sitios reforestados con edades menores de 10 años se presenta mucha variación del agua que entra al suelo, sin embargo, en los sitios de más de 10 años se observa una relación positiva entre la edad de la reforestación y las tasas de infiltración de los suelos.

INTRODUCCION

El aprovechamiento irracional de los recursos naturales es un problema común de los pueblos subdesarrollados, y la pérdida de los recursos forestales

1. Ing. M.S. Maestro-Investigador del Depto. de Recursos Naturales Renovables. Div. de Ciencia Animal. UAAAN.
2. Tesista

es un aspecto que refleja con mayor objetividad esta verdad. La pérdida de la cubierta vegetal trae consigo grandes perjuicios, entre los que se pueden mencionar: la destrucción del suelo por medio de la erosión, el asolvamiento de obras hidráulicas, la disminución de la capacidad de recarga de los acuíferos, el aumento de las inundaciones, la generación de tolvaneras y la modificación del clima.

Con el fin de contrarrestar este tipo de daños a la ecología, durante las últimas décadas se han estado llevando a cabo trabajos tendientes a mejorar los ecosistemas de áreas degradadas; muchas de las actividades encaminadas a dar solución a los problemas causados, se han dirigido al establecimiento de diversas especies de pastos, así como a un gran número de especies arbóreas y arbustivas, constituyéndose la reforestación como una de las mejores armas para reducir los problemas antes mencionados (Gutiérrez y Salazar, 1986).

Dentro del Plan de Reforestación Sierra de Zapalinamé, desde hace más de 25 años se han venido realizando trabajos de plantación de especies arbóreas al sur de la Sierra Zapalinamé, en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el fin de proteger las cuencas que circundan al Valle de Saltillo; dentro de los objetivos iniciales de este plan, se incluía el incrementar la infiltración, reducir los escurrimientos superficiales, reducir las pérdidas de suelos e incrementar el nivel de los mantos acuíferos de la zona.

Sin embargo, aunque el incrementar la infiltración fue uno de los objetivos principales, a la fecha se cuenta con pocos datos que señalen los efectos de dicha reforestación sobre este proceso y sobre la captación, retención, almacenamiento y manejo del agua de los escasos eventos de precipitación que inciden sobre el área. Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo determinar la relación que existe entre la edad de la reforestación y las tasas de infiltración.

El conocimiento del comportamiento de la infiltración en la zona reforestada, es de gran importancia, para demostrar el impacto que el desarrollo de los pinos ha tenido sobre este proceso hidrológico, y sobre el abastecimiento de agua al suelo, si se toma en cuenta que la infiltración ayuda a proporcionar humedad suficiente para el desarrollo de la vegetación y, en un plazo más largo, a incrementar el nivel de los mantos acuíferos.

Cabe señalar, por otro lado, que no sólo en esta área, sino en todo el país, el estudio del comportamiento de la infiltración en áreas reforestadas y en general en áreas forestales, cuenta con escasas investigaciones que no permiten valorar adecuadamente la importancia de las plantaciones sobre éste y otros procesos hidrológicos, los cuales juegan un papel definitivo en el comportamiento general de las cuencas hidrológicas de tipo boscoso al proporcionar por períodos más prolongados un abasto y mantenimiento de agua a los mantos acuíferos, tan importante hoy en día.

REVISION DE LITERATURA

En manejo de los recursos naturales, el término INFILTRACION se utiliza para denotar el proceso por medio del cual el agua pasa de la atmósfera al suelo. Horton (1933) señaló por primera vez el papel que juega la infiltración dentro del ciclo hidrológico; Hillel (1971) y Lee (1980), definen a la infiltración como el proceso por medio del cual el agua penetra al suelo; Satterlund (1972), lo considera como un fenómeno estrictamente superficial.

Los factores que afectan la infiltración han sido discutidos ampliamente desde hace varias décadas, así Moore *et al.* (1979) sumarian los principales factores en: 1) cobertura del suelo, 2) propiedades físicas del suelo, 3) características químicas del suelo, 4) factores bióticos, 5) condiciones climáticas, y 6) fisiografía del área. En general, existen dos grupos de factores que controlan la infiltración del suelo en una cuenca hidrológica, estos son: 1) los que determinan qué tan rápido la superficie de un suelo puede absorber el agua, y 2) la intensidad a la cual el agua es aplicada a la superficie del suelo. El primer grupo por sí solo determina la infiltración, pero este grupo no necesariamente determina qué tan rápido entra el agua; por lo tanto, el segundo grupo determina la infiltración que existe cuando la intensidad de la lluvia es mayor que la que pueda absorber el suelo (Satterlund, 1972).

Varios métodos han sido diseñados para estimar la infiltración en un suelo, conllevan a tratar de describir las condiciones naturales bajo las cuales una lluvia podría entrar en el suelo, para lo cual se ha recomendado disturbar el suelo lo menos posible. En general, existen tres métodos para estimar la infiltración: 1) anillos, 2) simuladores de lluvias, y 3) análisis de registros de lluvia y de escurrimientos superficiales (Branson *et al.*, 1981; Dunne y Leopold, 1978; Satterlund, 1972).

El método de los anillos ha sido utilizado a través de muchos años, y consisten en tubos de muy diversos diámetros, fluctuando desde 4.1 cm hasta 91.4 cm de diámetro. Los anillos más utilizados son los llamados concéntricos, dos anillos cuyos diámetros son 22.9 cm el menor y 35.6 cm el grande (Musgrave y Holtan, 1964).

En los últimos años el uso de los cilindros para estimar la infiltración se ha cuestionado mucho y no es recomendable utilizarlo si se puede usar otro método (Linsley *et al.*, 1980). Sin embargo, las mediciones a través de cilindros generan buenos índices para observar variaciones entre sitios, al proporcionar tasas relativas de infiltración, las cuales indican la importancia del uso que se le da al suelo, (Branson *et al.*, 1981; Dunne y Leopold, 1978; Wilcock y Esserv, 1984). Además, como ventaja, los cilindros son baratos, simples de instalar, no necesitan calibración y son de fácil transportación.

Un criterio para evaluar los efectos del uso del suelo en una cuenca hidrológica, es el cambio que se provoca en la infiltración como resultado de un

uso específico del mismo; es reconocido que la tala de árboles, los incendios, la compactación del suelo y el pastoreo, disturban el bosque y en ocasiones causa cambios marcados en la infiltración; en contraste, existen evidencias de que cuando el piso forestal se mantiene sin movimiento, aunque se remueva la cubierta arbórea o arbustiva, la infiltración no se altera o se afecta mínimamente (Gutiérrez y Salazar, 1986).

Arend (1941) utilizando el método del anillo sencillo, determinó las tasas de infiltración en un bosque de coníferas que presentaba siete tipos de suelo, y que estaba siendo quemado anualmente; encontró que la infiltración de los sitios incendiados presentaba tasas menores comparadas con las áreas que no habían sido disturbadas; las reducciones de la infiltración variaban entre un 18 y 62%.

En un estudio realizado en la Cuenca del Río Pecos, Smith y Leopold (1942) midieron la infiltración en tres comunidades vegetales: 1) terreno de coníferas, con suelos delgados y pedregosos, y con un alto contenido de materia orgánica; 2) arbustos desérticos con suelos limosos, calcáreos y delgados; y 3) pastizal mediano abierto con suelos calcáreos, someros y con textura de migajón-arcilloso o arcilloso; los resultados obtenidos indican que conforme aumenta la cubierta vegetal la infiltración se incrementa; parcelas con 0, 13 y 37% de cubierta de gramíneas, tuvieron una infiltración constante de 0.67, 2.41 y 4.75 cm/hr respectivamente; las tasas de infiltración fueron 3.94 cm/hr en el pastizal, 3.10 cm/hr en el terreno de coníferas y 1.80 cm/hr en el terreno arbustivo.

Johnson (1940), estudió los efectos que produce el remover 7.62 cm de mantillo de un bosque de *Pinus ponderosa* en Colorado, encontrando que la infiltración constante promedio de 18 sitios cubiertos con mantillo fue de aproximadamente 3.86 cm/hr, mientras que en las áreas en que se removió el mantillo fue de aproximadamente 2.34 cm/hr; el análisis estadístico mostró que la diferencia de 1.52 cm/hr entre ambos tratamientos fue significativa.

Los efectos de diversos métodos de explotación maderera sobre la infiltración de un bosque de *Pseudotsuga menziesii* asociado con *Pinus ponderosa*, *P. lambertiana* y *Libocedrus decurrens* fueron estudiados por Johnson y Beschta (1980). Los resultados de estos autores indican que la infiltración fue muy similar en áreas explotadas y áreas no explotadas y encontraron que los porcentajes de cubierta vegetal y suelo desnudo fueron los factores más importantes en la reducción de la infiltración.

En bosques naturales, las tasas de infiltración son por lo regular altas; por ejemplo, en la estación experimental de Coweeta en el sur de los Apalaches, las tasas de infiltración en un bosque natural es 10 veces mayor que la máxima intensidad de lluvias, y en los suelos de Michigan las tasas de infiltración pueden alcanzar valores hasta de 100 cm/hr. Sin embargo, cuando la hojarasca es removida de suelos con textura fina, se permite que las gotas de lluvia destruyan la estructura del suelo superficial por lo cual la infiltración desaparece (Spurr y Barnes, 1973).

Las tasas de infiltración de un suelo deben alterarse en forma positiva cuando se lleva a cabo una plantación de árboles, y mientras dichos árboles continúan con su crecimiento, pero el grado de estos cambios depende, entre otras cosas, de la cobertura vegetal y de la capacidad de infiltración que presenta el sitio al momento de llevar a cabo la plantación. Ursic y Dendy (1965), en un estudio realizado en un sitio con suelo totalmente desnudo, con alto grado de erodabilidad, y el cual había sido previamente reforestado, encontraron que las tasas de infiltración del sitio se incrementaron hasta reducir completamente el escurrimiento superficial y la erosión hídrica en tan sólo 10 años.

Gutiérrez y Salazar (1986) al estudiar las tasas de infiltración de los suelos en un área reforestada con *Pinus halepensis* Mill., en las cuatro épocas del año y en cuatro edades de la reforestación, utilizaron el método de los anillos concéntricos para estimar la infiltración en los espacios ocupados entre hileras de árboles, y encontraron que a cualquier intervalo de tiempo la entrada del agua al suelo es mayor en las áreas con árboles que en aquéllas en las que no se hizo la plantación, al mismo tiempo no encontraron relación entre la edad de la plantación y la capacidad que tienen los suelos para absorber agua; finalmente reportan que la época del año influye sólo conforme transcurre el tiempo, o sea, conforme se satura el suelo.

Wilcock y Esserry (1984) en una cuenca natural pequeña que presentaba suelo arcilloso, determinaron las tasas de infiltración utilizando el método de los cilindros, y encontraron que la materia orgánica, la pendiente, la textura y el antecedente de humedad, son los factores que influyen más en las tasas de infiltración.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo durante los meses de octubre y noviembre de 1987 en la zona de Reforestación Zapalinamé, localizada al sureste de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; esta área ha estado siendo reforestada desde el año de 1960, principalmente con *Pinus halepensis* Mill., y en pequeña magnitud con *Cupressus arizonica* Green., *C. sempervirens* Linn., *Pinus cembroides* Zucc., *Melea azedarach* Linn., y *Fraxinus* sp.

El clima del área corresponde al semiárido mexicano, y presenta fluctuaciones de temperatura desde -15°C en algunos inviernos, hasta 38°C en veranos, con una temperatura media anual de 18°C ; la precipitación puede presentarse en forma de lluvia, granizo y nieve, y alcanza una precipitación media anual de 420 mm, con una incidencia del 80% durante los meses de mayo a octubre; la evaporación potencial es muy variable a través del año superando los 2 000 mm al año (Gutiérrez y Salazar, 1986; Mathus y Castañeda, 1978; Oviedo, 1980).

Los suelos son de origen aluvio coluvial pertenecientes al orden Durosoll, presentan un epipedón mollico, descansando sobre un horizonte pe-

trocálcico; el horizonte superficial presenta colores oscuros que varían de 10 YR 3/2 hasta 10 YR 3/4, la textura va de franco a franco-arcillosa; la estructura se presenta en bloques subangulares, la consistencia es suelta en seco, friable en húmedo y ligeramente adhesiva y plástica en mojado; el pH oscila entre 2.5 y 8.5 (Oviedo, 1980).

Del área reforestada se seleccionaron para realizar el presente estudio, los sitios plantados con pino alepo cuya reforestación fue llevada a cabo en los años, de 1961, 1966, 1972, 1974, 1976 y 1978; además, se utilizó un área de pastizal adyacente, sin arbolado, que sirvió como testigo, por lo cual el trabajo incluyó siete tratamientos representados por cada sitio de los antes mencionados.

Para estimar la infiltración de los suelos se utilizó el método de los anillos concéntricos, con anillos de 23 y 36 cm de diámetro, los cuales fueron enterrados a una profundidad de 15 cm, tratando de disturbar al mínimo el suelo. La infiltración se estimó en 10 ocasiones (repeticiones) por tratamiento, colocando los anillos a 1 m de distancia del árbol, y en la parte posterior del bordo en el cual se hizo la plantación; se estimó la infiltración a los 5, 15, 30, 60, 120 y 240, después de iniciadas las pruebas, manteniendo carga constante de agua.

Los datos de campo obtenidos fueron analizados a través de un diseño completamente al azar, para saber si existían diferencias significativas entre tratamientos; para encontrar los tratamientos que presentaban diferente infiltrabilidad, se utilizó el método de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el fin de encontrar las diferencias en las tasas de infiltración para los sitios de plantación, se realizaron análisis de varianza utilizando los valores estimados en cada sitio de reforestación; los análisis fueron realizados a diferentes tiempos a partir del inicio de las pruebas. Los resultados muestran que la infiltración en cualquier período de tiempo, presenta diferencias altamente significativas entre las edades de la plantación; de acuerdo a estos resultados se puede establecer que las propiedades hidrológicas de los suelos en los sitios reforestados han sido modificadas considerablemente por la plantación de los pinos a través del tiempo, y que el efecto se traduce en un incremento de las tasas de infiltración.

Considerando los resultados encontrados en el análisis de varianza, se llevó a cabo una prueba de comparación de medias de tratamientos, por medio de la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$), con el propósito de establecer las diferencias estadísticas entre los tratamientos utilizados; los resultados de estas comparaciones se presentan en los cuadros 1 y 2, señalando las semejanzas entre tratamientos con letras iguales.

Cuadro 1. Tasas de infiltración (cm/hr) estimadas a diferentes intervalos de tiempo en las áreas reforestadas con *Pinus halepensis* Mill., y comparaciones múltiples de Duncan con una probabilidad de 0.05. 1987.

Edad de la Reforestación Años	Tiempo (minutos)				
	5	15	30	60	240
0	25.8 a	18.4 a	14.8 a	11.9 a	9.6 a
7	27.6 a	18.6 a	14.5 a	11.3 a	8.8 a
9	23.9 a	16.8 a	13.5 a	10.9 a	8.6 a
11	40.9 ab	28.2 ab	22.3 ab	17.6 ab	13.9 ab
13	51.5 bc	38.4 bc	31.8 bc	26.4 bc	21.9 bc
19	43.4 ab	35.8 bc	31.8 bc	28.4 bc	25.4 c
24	68.1 c	50.6 c	42.0 c	34.8 c	28.9 c

Nota: Los valores con letra igual en las columnas indican que no existe diferencia entre tratamientos.

Cuadro 2. Tasas de infiltración (cm/hr) estimadas a diferentes intervalos de tiempo en las áreas reforestadas con *Pinus halepensis* Mill., y comparaciones múltiples de Duncan con una probabilidad de 0.01. 1987.

Edad de la Reforestación Años	Tiempo (minutos)				
	5	15	30	60	240
0	25.8 a	18.4 a	14.8 ab	11.9 a	9.6 a
7	27.6 a	18.6 a	14.5 ab	11.3 a	8.8 a
9	23.9 a	16.8 a	13.5 ab	10.8 a	8.6 a
11	40.9 ab	28.2 a	22.3 ab	17.6 ab	13.9 ab
13	51.5 ab	38.4 ab	31.8 bc	26.4 bc	21.9 bc
19	43.4 ab	35.8 ab	31.8 bc	28.4 bc	25.4 bc
24	68.1 b	50.6 b	42.0 c	34.8 c	28.9 c

Nota: Los valores con letra igual en las columnas indican que no existe diferencia entre tratamientos.

Los resultados señalan ($P \leq 0.05$), que a los 5 min de iniciada la estimación de las tasas de infiltración, dicho proceso hidrológico presenta altos valores en los sitios cuyas plantaciones tienen más de 10 años de edad. A este tiempo, las áreas en donde los árboles tienen menos de 10 años plantados presentan valores bajos, pero estadísticamente iguales, ya que en ellos los suelos se presentan poco profundos con un menor cobertura vegetal, además de que existe cierta impermeabilidad por la capa petrocálcica subsuperficial de los sitios; se puede observar también que durante este tiempo el sitio de 19 años de reforestado presenta infiltración estadísticamente igual a los de poca edad, lo cual concuerda con lo reportado por Gutiérrez y Salazar, 1986 pudiéndose explicar lo anterior por los efectos que causa la recreación practicada en este sitio, ya que tal actividad compacta el suelo y reduce las tasas de infiltración.

Sin embargo, aunque el sitio de 19 años es igual al sitio de menos de 10 años, los análisis muestran que deben ser considerados estadísticamente similares a los de 11 y 13 años; en este caso la similitud en la infiltración se puede explicar por la cantidad de limo que contienen los suelos en los tres sitios, así como la densidad aparente de los mismos (cuadro 3), y al suelo desnudo que presentan los tres sitios, efectos similares a los reportados por Spurr y Barnes (1973). Por otro lado, la mayor infiltración fue estimada en el sitio reforestado hace 24 años, esto es explicable por la baja proporción de suelo desnudo del lugar, dicho sitio está protegido casi en su totalidad (cuadro 4), además, su suelo tiene mayor porosidad debido a la actividad radicular de los árboles y la vegetación que se ha asociado; a este tiempo el sitio resultó estadísticamente similar al lugar en que se plantaron los árboles 13 años antes, debiéndose las semejanzas entre los dos sitios, al porcentaje de cubierta de gramíneas, al escaso suelo desnudo, al porcentaje de materia orgánica del suelo y al porcentaje de arcilla y limo de los suelos; estos cinco factores se presentan muy similares en ambos sitios y concuerdan con los resultados reportados por Johnson y Beschta (1980).

El cuadro 1 muestra que a los 15, 30 y 60 minutos de haber iniciado las pruebas, los sitios de 0 a 11 años de edad de la reforestación presentan tasas de infiltración similares; a este tiempo la explicación pueden darla los porcentajes de suelo desnudo que presentan dichos sitios (cuadro 4), así como el porcentaje de cobertura de herbáceas que en ellos se encontraron, y el porcentaje de arena que contienen los suelos de estos sitios (cuadro 3). A estos tiempos, los sitios cuyas edades de reforestación están entre los 11 y 19 años, presentan similitudes estadísticas en relación al agua que absorben sus suelos, explicando dicha similitud la densidad aparente y la cantidad de materia orgánica de los suelos.

Los sitios reforestados cuyas edades son 13, 19 y 24 años, presentan infiltraciones similares a los 15, 30 y 60 minutos ($P \leq 0.05$), explicándose esto por la cantidad de hojarasca presente sobre la superficie del suelo, y por el porcentaje de suelo desnudo, así como por la cantidad de arena que estos tres sitios

Cuadro 3. Propiedades determinadas durante los estudios de infiltración en el horizonte 0-15 del suelo de las áreas reforestadas con *Pinus halepensis* Mill. 1987.

Propiedad	Edad de la Reforestación (años)						
	0	7	9	11	13	19	24
Arcilla %	19.6	20.0	16.9	21.9	18.0	25.4	22.2
Limo%	47.0	45.6	43.9	40.0	18.0	19.9	22.4
Arena%	33.4	34.4	39.2	38.1	64.0	54.7	55.4
Densidad aparente g/cm ³	1.07	1.01	0.98	0.95	0.92	0.89	0.76
Materia orgánica (%)	6.75	7.76	6.61	6.95	7.49	7.32	7.64

Cuadro 4. Porcentaje de la cubierta del suelo determinada durante la estimación de la infiltración en las áreas reforestadas con *Pinus halepensis* Mill., Saitillo, Coahuila. 1987.

Tipo de Cubierta	Edad de la Reforestación (años)						
	0	7	9	11	13	19	24
Gramíneas	38.6	34.3	9.2	28.6	21.0	31.8	18.8
Herbáceas	13.0	11.7	7.3	10.3	6.8	6.5	12.7
Arbustos	9.9	5.3	3.1	6.5	7.1	3.3	5.0
Arborea*	0.0	2.7	6.3	11.2	11.7	0.0	5.6
Piedra y grava	16.3	23.3	53.3	19.4	23.6	4.0	7.3
Musgo	7.2	5.6	5.3	2.5	5.0	0.0	0.8
Hojarasca	7.5	6.0	4.7	13.2	22.9	50.1	49.1
Suelo desnudo	7.5	11.1	11.0	8.3	1.9	4.0	0.7

* Cubierta constituida por ramas de árboles que nacen de la base del tallo y se encuentran descansando sobre la superficie del suelo.

presentan; estos resultados concuerdan con lo reportado por Ursic y Dendy (1965) en el sentido que después de 10 años de haberse realizado una plantación, los suelos alcanzan valores similares a los que presentan sitios con cobertura arbórea y que durante los primeros años las infiltraciones son muy bajas y muy variables.

Finalmente, tanto al nivel de significancia de 5%, como al de 1%, las tasas de infiltración que presentan los suelos reforestados en la Sierra de Zapalinamé después de 120 y 240 minutos de iniciarse las pruebas, muestran actitudes similares ya que los sitios con árboles de 7, 9 y 11 años de plantados, tienen estadísticamente infiltraciones similares a los suelos que no han sido cubiertos con especies arbóreas, en principio las semejanzas las explican los contenidos de limo y arena, así como la cantidad de hojarasca que se encuentra sobre el lugar, ya que se detectaron valores muy similares entre los cuatro sitios y muy diferentes a los sitios cuyas edades sobrepasan los 13 años; estos resultados concuerdan con lo que señalan Moore *et al.* (1979), en el sentido de que la infiltración en un área de bosques está relacionada con la edad de la plantación.

En los dos últimos tiempos se observa también una bien marcada diferencia entre los sitios de más de 10 años de reforestados y los de menos de ese límite, aquí la similitud estadística de los sitios de 13, 19 y 24 años de edad, está definida por el alto contenido de arena, así como la menor densidad aparente de los suelos en los tres sitios y las cantidades de hojarasca que se encuentran sobre el suelo, pues tal como lo señalan Johnson (1940) y Moore *et al.* (1979) la cobertura del suelo y la porosidad del mismo, esta última definida por la cantidad de arena, determinan grandemente la cantidad de agua que puede absorber un suelo.

Cuadro 5. Cantidad de hojarasca expresada en peso seco (g), determinada durante la estimación de la infiltración en las áreas reforestadas con *Pinus halepensis* Mill.; Saltillo, Coahuila. 1987.

Sitios	Edad de la Reforestación (Años)						
	0	7	9	11	13	19	24
1	13.4	7.9	2.9	69.7	11.4	215.0	80.5
2	18.6	4.1	1.5	88.7	15.3	179.2	417.6
3	2.7	19.9	5.1	27.0	27.2	244.0	474.8
4	5.1	16.1	0.6	44.4	17.0	76.3	138.6
5	13.1	16.0	1.9	34.8	9.7	214.7	108.1
6	3.8	6.8	3.7	26.6	63.4	246.3	532.2
7	5.7	6.1	3.7	37.7	12.1	420.1	463.7
8	5.7	21.0	2.7	12.3	33.5	217.6	268.6
9	6.6	3.0	12.0	25.7	47.7	531.7	568.2
10	4.0	13.3	4.1	12.0	9.6	101.6	494.1
Media	7.9	11.4	3.8	37.9	24.7	244.7	354.6

CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados en el área de reforestación Zapalinamé a través del presente estudio, se infieren las siguientes conclusiones:

1. La reforestación llevada a cabo en la Sierra de Zapalinamé ha tenido un impacto positivo en las propiedades hidrológicas de los suelos.
2. Las tasas de infiltración de los suelos en las áreas reforestadas presentan una relación positiva con la edad de la plantación.
3. El porcentaje de suelo desnudo y la cantidad de hojarasca acumulada sobre el suelo, son los factores externos que influyen la entrada del agua al mismo.
4. El porcentaje de arena y la densidad aparente de los suelos, son los factores internos que mayor impactan la absorción de agua por un suelo.
5. La recreación que está practicándose en el área reforestada afecta negativamente a las tasas de infiltración iniciales.

BIBLIOGRAFIA

- Arend, J.L. 1941. Infiltration as affected by the forest floor. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. 6:430-435.
- Branson, F. A., G.F. Gifford, K.G. Renard and R.F. Heady. 1981. Rangeland hydrology. A publication of the Society for Range Management. Series No. 1. Kendall/Hunt publ. Co. Dubuque, Iowa. U.S.A. pp. 47-72.
- Dunne, T. and L.B. Leopold. 1978. Water in Environment Planning. San Francisco. U.S.A. W.H. Freeman and Company. 818 p.
- Gutiérrez, C., J. y M.A. Salazar, C. 1986. Impacto de la Reforestación en la Sierra de Zapalinamé sobre las tasas de infiltración. Revista Agraria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro 2(2):286-302. Saltillo. México.
- Hillel, D. 1971. Soil and Water. Physical principles and Processes. New York, N.Y., Academic Press. U.S.A. 275 p.
- Horton, R.E. 1933. The role of infiltration in the hydrology cycle. Am. Geophys Union Trans. 14:446-460. U.S.A.
- Johnson, M.G. and R.L. Beschta. 1980. Logging, infiltration capacity and surface erodability in western Oregon. J. Forestry. 78:334-337. U.S.A.
- Johnson, W.M. 1940. Infiltration Capacity of Forest soils as influenced by litter. J. Forestry. 38:520-522. U.S.A.

- Lee, R. 1980. Forest hydrology. New York, N.Y., U.S.A. Columbia University Press. 341 p.
- Linsley, R.K., M.A. Kohler y J.L.H. Paulus. 1980. Hidrología para Ingenieros. 2a. ed. México. McGraw-Hill 386 p.
- Mathus, M. G. , y L. Castañeda C. 1978. Zapalinamé, un oasis en el semidesierto de Coahuila. México. Plantaciones forestales. Publicación Especial No. 13. SARH-INIF.
- Moore, E., E. Jones, F. Kinsinger, R. Pitney and Sainburry. 1979. Livestock grazing management and water quality protection (State of the art reference document) EPA 910919-79-67. U.S. Bureau of Land Manage. Denver Co., U.S.A. 147 p.
- Musgrave, G.W., and H.N. Holtan. 1964. Infiltration. In: Chow V. T. (ed.) Handbook of applied hydrology. A compendium of water resources technology. New York, N.Y., U.S.A. McGraw-Hill Book Co. Section 12: 1-30.
- Oviedo R., J.L. 1980. Inventario de las alternativas de transformación de especies forestales de la Sierra de Zapalinamé. Tesis Profesional. Saltillo, Coahuila. México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 88 p.
- Satterlund, D.R. 1972. Wild Watershed Management. New York, N.Y., U.S.A. The Ronald Press Company. 370 p.
- Smith, H.L. and L.B. Leopold. 1942. Infiltration studies in the Pecos River Watershed. New Mexico and Texas. Soil Sci. 53:195-201
- Spurr, S.H. and B.V. Barnes. 1973. Forest Ecology. 2nd. Edition. New York, N.Y., U.S.A. The Ronald Press Company. 571 p.
- Ursic, S.J. and F.E. Dendy. 1965. Sediment yields from small watersheds under various land uses and forest covers. In: Proc. Fed. Inter-Agency Sedimentation Conf. 1963. USDA. Misc. Publ. 970 pp. 47-52. U.S.A.
- Wilcock, D.N. and C.P. Essery. 1984. Infiltration measurements in small lowland catchment. J. Hydrology. 73:191-204. U.S.A.