

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FORESTALES
Turrialba, Costa Rica

EFFECTOS DE LA ELIMINACION DE LA COBERTURA
VEGETAL EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD
DEL SUELO*

Iván H. Mojica
Especialista - Manejo de Cuencas
Hidrográficas

Diciembre, 1974

* Revisión de literatura efectuada cuando el autor realizaba estudios graduados en la Universidad de Washington, Seattle, 1969.

INTRODUCCION:

El contenido de humedad del suelo ha sido considerado como uno de los factores más importantes en la relación agua-suelo-planta. Muchas teorías y conceptos se han formulado en esta materia, pero sólo en los últimos cincuenta años, con el desarrollo de nuevas técnicas, que los procesos del agua en el suelo han podido ser medidos y mejor entendidos.

Por mucho tiempo, se entendió que el suelo de los bosques siempre tenía mucha más humedad que el suelo en áreas desnudas, en áreas no inundadas. Esto se consideró como una prueba convincente de la función de los bosques en la conservación del agua. Vysotskii en 1880, citado por Rakhmanov (19), determinó que el contenido de humedad de las capas superiores e inferiores del suelo bajo del bosque, eran menor que en área sin bosques. Estas diferencias fueron atribuidas a las pérdidas por evaporación que eran mayores en el área boscosa. Los resultados de este estudio contestaron parcialmente la polémica que se presentaba en aquella época, pero no fueron convincentes y aún hoy en día la función del bosque en el ciclo hidrológico y el comportamiento del agua en el suelo no son bien entendidos.

El caso es que la abundancia y escasez de agua en los suelos limita el crecimiento de las plantas. Entre estos dos extremos se encuentran la mayoría de las áreas agrícolas y forestales, las que pueden ser mejorados si se cuenta o no con cierta cantidad de agua en el suelo durante las épocas secas y húmedas del año.

Hasta la fecha, casi toda la investigación sobre retención, movimiento y almacenaje de agua en el suelo, y el uso del agua por las plantas, ha sido hecha con el objetivo de entender mejor la relación suelo-agua, para desarrollar una mejor agricultura. Parece que cada disciplina ha tratado de entender la materia desde su propio punto de vista. Así por ejemplo, los hidrólogos han mostrado un interés continuo en el efecto del manejo de bosques sobre los regímenes de las corrientes. Estos efectos pueden reflejar las influencias integradas del manejo de bosques sobre un número de variables, una de las cuales es el contenido de humedad del suelo. Entonces, con un mejor entendimiento de esta variable en todos los tipos de terrenos, los hidrólogos pueden predecir la capacidad de almacenamiento de agua en las cuencas en cualquier momento. Sin embargo, las investigaciones conducidas para mostrar el comportamiento del contenido de humedad en el suelo bajo diferentes ambientes o tipos de cobertura vegetal no son suficientes.

COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO:

La cantidad de agua en el suelo cambia continuamente bajo las condiciones reinantes. El agua proveniente de la precipitación o irrigación se infiltra rápidamente al principio, luego más lentamente, hasta después de que el suministro de agua ha cesado y finalmente, se drena por gravedad, se pierde por evaporación o es transpirada. Esta característica del movimiento del agua en el suelo, infiltrándose hasta alcanzar un máximo y luego disminuir gradualmente, ha sido comparada con el comportamiento de los flujos de agua en cuencas (8).

Los primeros estudios sobre la materia mostraron algunas discrepancias de cómo la humedad circulaba en el suelo, pero ellos se basaron más que todo a las hipótesis de los investigadores en aquellos tiempos.

En 1880, Vysotskii, citado por Rakhmanov (19), concluyó que el agua se movía únicamente en las capas superiores del suelo, bajo la cual el suelo usualmente permanecía seco. Esta conclusión originó nuevos estudios, los que han ido rechazando los conceptos oscuros acerca de la materia. Algunos de estos estudios han establecido que los procesos de ganar o perder agua de los terrenos pueden implicar movimientos a través del suelo en forma líquida, en forma de vapor, en forma hidroscópica o en las tres formas, pero el movimiento principal del agua a través del suelo, era aquél en el cual el agua se mueve como líquido bajo la influencia combinada de la gravedad y la succión (6). Además de este movimiento hacia abajo, el agua líquida y el vapor de agua pueden moverse horizontalmente y hacia arriba, pero en muy pocos casos el agua en el suelo puede ser estacionaria.

La velocidad a la cual el agua puede entrar y moverse a través del suelo y que es almacenada temporalmente en él, ha sido determinada por el tamaño, número y arreglo de los poros del suelo (14). Esto puede variar de acuerdo al tipo de suelo, pero generalmente cuando mayor sea el contenido de arcilla, mayor cantidad de agua puede retenerse en un momento dado, pero existen también aspectos químicos y físicos (como la capacidad de intercambio de cationes y del tipo de arcilla) que pueden afectar el movimiento. El agua se mueve a través de los poros grandes más fácilmente que a través de los poros pequeños. Así, el tamaño y número de espacio de los poros tienen que ser considerados para el almacenamiento y movimiento de agua en el suelo.

Existen condiciones donde el agua puede perderse a través de drenajes profundos. Como se mencionó previamente, la gravedad y la adhesión hacen que el agua líquida se mueva hacia abajo. La gravedad es mucho más importante en suelos no saturados (14). Por estos fenómenos, el agua del suelo es potencialmente una contribución a los caudales de los ríos. Por el proceso de adhesión, el agua es retenida en la superficie de las partículas de los suelos y se pierde a la superficie solamente mediante el proceso de evaporación.

Sin embargo, ocurren discrepancias cuando el mecanismo de transferencia del agua se observa detalladamente. Lassen y otros (13) explican que la retención de humedad en el suelo es "un proceso de atracción molecular entre moléculas iguales o desiguales". Según Childs (3), la succión puede ser aplicada para extraer agua de un suelo o para prevenir el exceso de absorción en él. Entonces, entre mayor sea la succión que se aplica, mayor es la cantidad de agua que se extrae y menor será el contenido de humedad cuando el suelo haya alcanzado el equilibrio con la succión que se ha aplicado.

Puesto que la absorción de humedad de las partículas del suelo es un fenómeno superficial, la cantidad total de humedad absorbida por cualquier fuerza absorbente sobre una partícula del suelo, es directamente proporcional al área superficial de esta partícula (3). De esta manera, el área de la partícula del suelo viene a ser un factor muy importante en la capacidad de almacenamiento de los suelos. La literatura hace una diferenciación entre los términos "almacena-

miento de detención" y "almacenamiento de retención". El primero se aplica a el agua que es detenida temporalmente en el suelo cuando está en movimiento; y el segundo es la retención o el almacenamiento del agua en pequeños poros, lo cual es la mayor fuente de agua para las plantas. Estos dos tipos de almacenamientos junto con la textura, estructura, materia orgánica, profundidad de las raíces y profundidad del suelo tienen importancia hidrológica, en cuanto a la capacidad de almacenamiento total de agua en el suelo. De aquí que la capacidad de almacenamiento de los suelos puede variar de acuerdo a las características de cada suelo y al tipo de vegetación que crece en estos suelos.

En 1949, Kramer (12) enfatizó sobre la importancia de la tensión y la curva de agotamiento de la humedad del suelo. En suelos arenosos, por ejemplo, donde un 75 por ciento del agua total disponible es retenida con menos de 2 atmósferas, el agotamiento es más o menos lineal entre 0 y 2 atmósferas de tensión (ver figura 1). Conforme el suelo se seca a mayores tensiones, esto parará entre 5 y 30 atmósferas. En suelo arcilloso-arenoso, con textura más pesada, la curva de agotamiento es más asintótica que en suelos arenosos. En cada uno de estos tipos de suelo, la cobertura vegetal en diferentes estados de crecimiento y en diferentes condiciones ambientales, demanda la cantidad de agua necesaria para sus procesos fisiológicos.

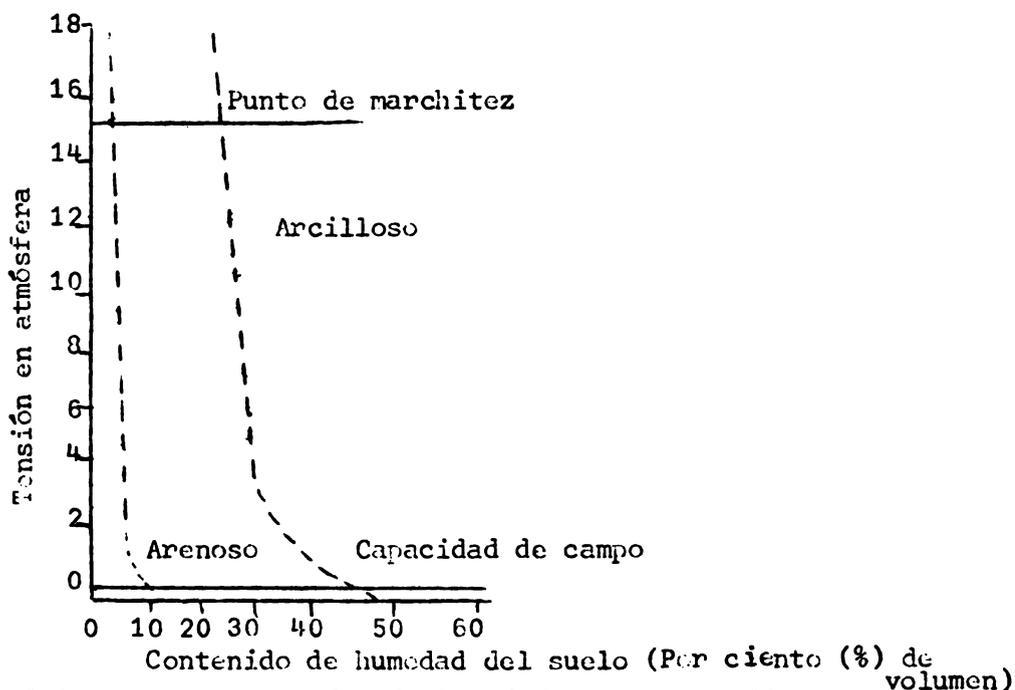


Fig. 1. Relación típica entre la tensión de humedad y el contenido de humedad del suelo para suelos arenosos y arcillosos.

Fuente: Lassen, L., and et al. 1952).

Zahner (30) sostiene que el agua que absorben las raíces de las plantas durante la estación de crecimiento, es mayor cuando el suelo está a su capacidad máxima de almacenamiento y retención. Taylor y Haddock (22) y Hooper (11) mantienen que el agua del suelo es removida fácilmente en la zona donde la densidad de las raíces de las plantas es mayor. Esto sería entonces más intensivo en las primeras capas del suelo, donde se encuentra la mayor concentración de agua y distribución de las raíces en el suelo. Teniendo en cuenta que el suelo se humedece primeramente a la profundidad completa de las raíces y un poquito más allá de esta zona, entonces habría poco que ganar si se irrigara antes de que el suelo haya alcanzado un estado aproximado del punto de marchitamiento*. Este concepto de distribución del agua en el suelo ha influido ampliamente en los diversos métodos de irrigación y sin duda, ha ayudado a reducir el desperdicio de agua y los daños a los terrenos irrigados.

FASES DINAMICA Y ESTATICA DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO:

El manto del suelo puede ser considerado como un depósito natural capaz de almacenar y retener agua en sus poros en contra de la gravedad. Bethlahmy (2) describe el comportamiento del contenido de agua en el suelo en forma cíclica. (Ver Figura 2). Durante parte de este ciclo, el contenido de agua es-

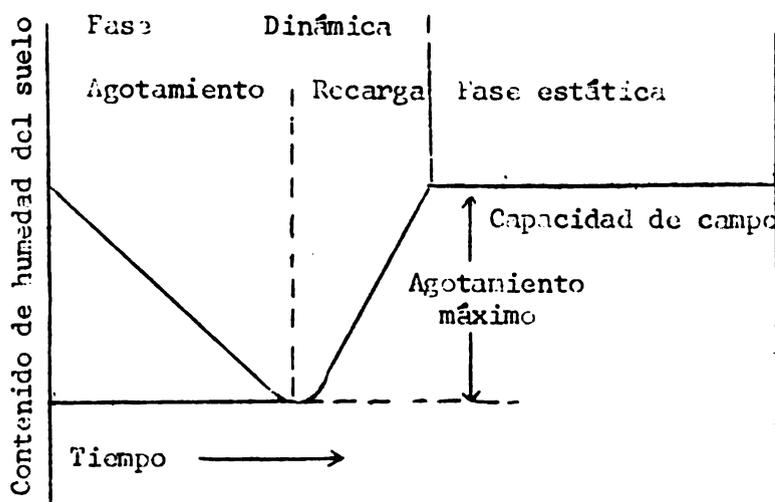


Fig. 2. Representación idealizada del ciclo de la humedad en el suelo. (Fuente: Bethlahmy H., 1961).

* Este término es definido como la cantidad de agua en el suelo cuando la planta se marchita y es considerada la cantidad más baja de agua disponible para el crecimiento de las plantas.

tá debajo de la "capacidad de campo"*. Esta parte del ciclo fue llamada la "fase dinámica" del suelo, en contraste con la "fase estática", o sea cuando la humedad del suelo fluctúa muy cerca de la capacidad de campo. Durante la fase dinámica, el contenido de agua del suelo es reducido por la evapotranspiración, ésto sucede especialmente durante las épocas secas. El agua que se almacena debido a la precipitación, usualmente excede las pérdidas por evapotranspiración y el suelo es entonces recargado. Las pérdidas de agua en los períodos secos y los almacenamientos en la época húmeda, son las dos características más importantes de la fase dinámica. Este fenómeno ocurre entre períodos secos y húmedos y, más comúnmente, cada año. En la zona templada, por lo general, la recarga del suelo comienza a finales del otoño y a principios del invierno y la descarga empieza al comenzar la estación de crecimiento, o sea, con el aumento de evapotranspiración y continúa hasta el comienzo del otoño (2).

Muchos métodos se han empleado con el fin de conservar el agua en el suelo: papel, papel aluminio, láminas plásticas y otros materiales han sido usados para cubrir los suelos, con el objeto de reducir las pérdidas y controlar el establecimiento de plantas indeseables que extraen demasiada humedad del suelo. La lógica involucrada en ésto es que el agua se pierde en los suelos descubiertos mediante la evaporación, a un promedio igual al que se evaporaría en aguas superficiales en campo abierto, siempre y cuando la superficie del suelo descubierta permanezca húmeda. Cuando la superficie del suelo se seca debido a la evaporación, la pérdida de agua decrece debido a que la tasa de evaporación excede la tasa de suministro de agua desde abajo. De ahí que el manejo de la cobertura vegetal es uno de los métodos para evitar pérdidas de agua.

Según Penman (18) las condiciones naturales de secamiento de los suelos pueden causar mayores pérdidas que en tasas intensivas de secamiento. Básicamente él sugirió que la Evapotranspiración en primavera podría causar mayor pérdida de agua en áreas descubiertas que en el verano, cuando hay mayor cantidad de calor latente de evaporación en un momento dado. Esto se debe a que en verano no existe agua para ser evaporada.

Gardner (5) mostró que la pérdida por evaporación dependía de la tasa de suministro de agua desde abajo, en la fase líquida, a menos que las condiciones meteorológicas para evaporación fueran limitantes. Un cambio en la cantidad de agua usada por la vegetación, puede tener un efecto sobre el almacenamiento de agua, escorrentía y sobre el agua que se infiltra al "acuífero".

Metz (16) sostiene que algunas especies vegetales de raíces profundas como los árboles, pueden transpirar mucha más agua que especies vegetales de raíces poco profundas; creando entonces una cantidad de almacenamiento máximo para las precipitaciones del invierno. Desde aquí se desprende que, el tipo de vegetación juega una función muy importante en las fases dinámica y estática del contenido de agua en el suelo.

* Se dice que un suelo está a "capacidad de campo" cuando contiene la máxima cantidad de agua que éste puede retener en contra de la fuerza de la gravedad.

EL AGUA DEL SUELO Y LA COBERTURA VEGETAL:

Como se vio previamente, la vegetación afecta la cantidad de agua que puede ser almacenada en los suelos, por medio de la influencia que la materia orgánica tiene sobre la capacidad de almacenamiento de las partículas y la profundidad del suelo y el agua que extraen las plantas por medio del proceso de transpiración.

En cualquier momento, la oportunidad de almacenamiento y retención del agua en los suelos depende no sólo de la capacidad de retener agua, sino también de la cantidad que existe en almacenamiento en el momento dado. Entonces, la cantidad de agua en retención en un momento dado, es la diferencia entre la capacidad de campo del suelo y su contenido de humedad (13). Durante estos estados, el agua está igualmente disponible para las plantas que suplen las demandas del crecimiento y evaporación (9, 27). Entonces, esta influencia de la vegetación sobre el contenido de humedad del suelo provee las bases para evaluar su efecto sobre el almacenamiento de retención. Patric (17) sostiene que la remoción del agua del suelo por medio de la evapotranspiración, provee oportunidad de almacenamiento en los suelos para precipitación e irrigación. Este concepto es sustentado por los estudios de Vysotskii quien encontró que las capas superiores de los suelos bajo bosque (.5-1.0 m) retenían mayor cantidad de agua en el otoño, que en cualquier otra época del año.

Las tasas de evapotranspiración dependen de la temperatura, velocidad del viento y de la gradiente de vapor de presión. Desde que todos estos elementos están afectados en una u otra forma por el tipo y densidad de vegetación, cualquier factor cultural o indirecto que altere la vegetación, afectará el proceso de evapotranspiración y con él el contenido de humedad del suelo.

El agua requerida por la vegetación puede ser una gran porción del agua de almacenamiento en el acuífero, el cual es la fuente de la mayoría de los caudales de las cuencas durante períodos secos. Este fenómeno ha sido discutido por muchos años y se han hecho muchos estudios para determinar el uso de la humedad del suelo por las plantas.

Las diferencias en el contenido de humedad del suelo bajo diferentes tipos de bosque y cobertura vegetal están bien documentados en la Literatura. En muchas investigaciones las pérdidas de agua en el suelo ha sido relacionado con la profundidad de éste y la estación climática del año.

Algunos de los estudios realizados por Vysotskii, sobre suelos Chernozem mostraron que en áreas forestadas, la disminución de humedad tuvo lugar a profundidades entre 0 y 3.75 metros (m). Debajo de los 4.0 m de profundidad, el contenido de humedad promedio aumentó; él explicó este fenómeno como consecuencia del movimiento de humedad desde las capas superiores. La disminución de la humedad desde las capas superiores fue explicada por la absorción o consumo de agua de la vegetación arbórea y por la infiltración profunda, la cual ocurre especialmente durante los meses de verano. Izmail'skii, citado por Rakhmanov (19), en estudios sobre la misma área, explicó que las sequías de los suelos forestales son mayores en drenajes de pendiente que en tierras planas forestales. El basó sus cifras especialmente en la estación fría, donde la evaporación y la transpiración son casi insignificantes. Hoover y otros (11) encontraron

que las plantaciones de pino loblolly al pie de las montañas de Carolina del Sur, removían cierta cantidad de humedad a una profundidad de 6 pies y que un arbusto con raíces menos profundas secaba el suelo hasta una profundidad de 3 pies. Tasas de consumo de agua por plantas se han usado en muchos lugares para estimar la distribución de raíces en el suelo.

Vázquez y Taylor (26) encontraron que el agua en el suelo es extraída más rápidamente por la vegetación a pocas profundidades que en un suelo ligeramente profundo a través del perfil, pero cuando los suelos se secan, la humedad es extraída de profundidades mayores. Entonces, la disminución de la humedad de un suelo pelado o descubierto, en comparación con un suelo cubierto será completamente diferente, siendo mucho menor en los suelos descubiertos.

Zinke (31) en estudios de pérdidas de agua en varios suelos, encontró mayores pérdidas a diferentes profundidades bajo Pinus couteri, que en áreas descubiertas. En suelos bajo cobertura de pinos, la zona de pérdida de agua alcanzó una profundidad de 1.93 m bajo la superficie, mientras que bajo el suelo descubierto, las pérdidas permanecieron cerca de la superficie.

El uso del punto permanente de marchitamiento como el límite más bajo de la disponibilidad de agua para las plantas, ha sido usado por mucho tiempo. Slatyer (21) concluyó que algunas plantas pueden reducir aprovechablemente el contenido de agua en el suelo bajo un punto de marchitamiento comúnmente conocido. Este parece ser el caso de plantas de ambientes áridos y semi-áridos, donde el punto de marchitamiento permanente no representa un estado en el cual la vegetación local cesa de hacer un uso efectivo de la humedad del suelo.

Aunque la capacidad de campo y el punto permanente de marchitamiento son vistos como simples características de los suelos, éstos han sido usados con alguna eficiencia en la aplicación de agua de irrigación y drenaje en ciertas partes del mundo. Muchos más estudios serán necesarios antes de concluir la relación entre el contenido de humedad del suelo y las características de la cobertura vegetal.

MANIPULACION DE LA COBERTURA VEGETAL Y EL CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO:

La influencia de la vegetación sobre el contenido de humedad en el suelo, tiene su máxima expresión en la eliminación o manipulación de la cobertura vegetal. Estudios conducidos en diferentes lugares del mundo, han concluido que la eliminación de la vegetación ha dado como resultado un aumento en la descarga de los ríos. La razón para esto es que la vegetación usa humedad del suelo y este consumo afecta la cantidad de precipitación que podría infiltrarse y almacenarse para más tarde ir a los cauces. Entonces, diferentes tipos de cobertura vegetal mostrarían diferencias en la recarga y descarga del acuífero. En algunos aspectos, este concepto puede ser corroborado por los estudios realizados por Urie (25), quien comparó tres condiciones de cobertura boscosa (bosques deciduos, de pino y un bosque mixto de pino y roble) en la región noroeste de Michigan. Este autor encontró que la producción anual de agua de bosques deciduos excedió la producción hídrica bajo bosques de pino y bajo bosques de pino y roble. Estas diferencias podrían ser atribuidas a la alta cantidad de agua evapotranspirada por el pino y por los robles, en relación con la cantidad de

agua usada por los árboles deciduos o caducifolios. Los resultados obtenidos en este estudio conducen a creer que las especies siempre-verdes disminuyen el contenido de humedad del suelo más rápidamente que las especies caducifolias. Esta situación puede ser crítica en áreas con precipitaciones bajas, pero no en áreas con una precipitación anual bien distribuida. Por tanto, estos resultados debían ser tenidos en cuenta por los reforestadores cuando usan especies coníferas en programas de Reforestación.

La Tabla 1, tomada de Bethlahmy, muestra los resultados de muestreos del contenido de humedad del suelo en cuatro profundidades bajo rodales de Abeto y Falso abeto y áreas taladas en Oregon (2). Considerando las cuatro profundidades muestreadas, el agotamiento máximo promedio observado (el porcentaje de peso del suelo secado al horno) fue de 6.0 por ciento en el área talada, en contraste con el 11.8 por ciento del área con bosque. Estos resultados revelan que el agotamiento no es igual en todas las profundidades, y que es mucho mayor cerca de la superficie y disminuye con la profundidad. Durante la fase dinámica, según a Bethlahmy, el área talada, mostró un aumento en el contenido de humedad en lugar de una disminución, como en el área no talada. La disminución en el contenido de agua en el área talada puede ser atribuida con bosques, la cobertura vegetal protege en parte la humedad del suelo contra la evaporación.

Estudios recientes por Zahner (30) explican que en los Estados Unidos, el desarrollo fenológico de la cobertura boscosa, no afectan el agotamiento de la humedad del suelo en los climas donde existen bosques. El agrega que los patrones de lluvia usualmente resultan en exceso de agua al iniciarse la estación de crecimiento y en un déficit de agua al terminar la estación. Cuando el follaje nuevo del inicio de la primavera aparece, los suelos tienen humedad suficiente para soportar la evapotranspiración. Es posible entender esto como una distribución anual cíclica de la lluvia, a la cual la cobertura natural está adaptada y cuando el suministro de agua es reducido, el consumo o demanda por las plantas, es reducido también.

Tabla 1. Agotamiento máximo promedio de agua del suelo en áreas taladas y no taladas (en por ciento de suelo secado al horno). Fuente: Bethlahmy, 1961.

Profundidades (pulgadas)	TRATAMIENTOS	
	Áreas taladas	Áreas no taladas
3	9.4	16.0
9	7.6	12.1
15	2.8	11.5
21	4.2	7.8
Promedio	6.0	11.8

Áreas con una lluvia bien distribuida tienen muy pocas especies caducifolias y la razón de ésto es que no existen deficiencias de humedad en los suelos. Algunos estudios como aquel realizado por Whilm, en las Montañas Rocosas (29), mostró que la corta de madera no afectaba el contenido de humedad del suelo; sin embargo, el derretimiento de la nieve fue mucho más rápido en todas las áreas taladas que en áreas no taladas.

Usualmente las condiciones naturales del suelo permanecen por mucho tiempo inalteradas después de una tala. En parte, ésto puede ser visto en los estudios realizados por McClurkin (15) en una plantación de pinos de 19 años de edad en Mississippi. Este autor encontró que las cortas de eliminación aplicadas a este rodal dieron aumentos marcados de agua disponible en el suelo, durante y después de la estación de crecimiento. En California, de acuerdo a Weyermeyer (27) en climas con inviernos fríos y húmedos y con veranos secos y calientes, los pastos no secan el suelo completamente (excepto cerca de la superficie) y existe más agua en los suelos cuando empieza la siguiente estación de lluvia. Según este autor, los efectos de aclareos de arbustos nativos permanentes y árboles de la sustitución de pastos de invierno y cultivos, tienen influencias desagradables sobre la hidrología local.

Tickle y Burvil (23) estudiaron un caso en el cual el aclareo de la vegetación nativa seguido de colonización para la agricultura, resultó en aumentos de infiltración profunda de agua en los valles. Similarmente, Wilde y otros (28) encontraron que la tala de especies del género Alnus sobre suelos podzolizados en Wisconsin, fue responsable de que se formaran condiciones cenagosas. Thames y otros (10) en comparación de regímenes de humedad de sitios boscosos y no boscosos a través de la estación de crecimiento, encontraron menos agua disponible en el suelo en la superficie, uno o dos pies debajo del área boscosa, porque el consumo fuerte de humedad por el rodal de árboles según fue comparado con un sitio cercano cubierto con heno. Estudios posteriores por Gasser (11) mostraron que el promedio de extracción de humedad de tres suelos forestales fue tal que todos los horizontes del perfil de aproximaron simultáneamente al punto de marchitamiento. El también encontró que los bosques de robles del sur de Ohio eran capaces de usar toda la humedad disponible al comienzo de la estación de crecimiento, así como también los incrementos subsiguientes debido a las lluvias. Estas clases de estudios de agotamiento de humedad del suelo han aumentado en la última década en los diferentes países y bajo diferentes condiciones ambientales.

Bay (1) en estudios de suelos saturados en Minnesota, mostró los diferentes niveles del nivel freático, de acuerdo a la estación del año y al tipo de vegetación. Estudios para investigar la influencia de la tala de bosques de corredores en suelos con niveles freáticos bastante altos, fueron hechos por Hoftener-Jorgensen en Dinamarca (10). Los resultados indicaron que el nivel freático llegó a estar mucho más alto durante la estación de crecimiento en áreas taladas. Conforme las especies arbóreas comenzaron a establecerse nuevamente sobre las áreas taladas, el nivel freático comenzó a bajar nuevamente durante la estación de crecimiento.

Estudios del movimiento del agua luego de lluvias a diferentes profundidades y suelo bajo bosques y bajo áreas taladas, fueron hechos por Gessel y Cole en el Río Cedar, en Washington (8). Ellos encontraron que bajo condiciones de

bosques, la retardación del agua varió desde 10 a 30 minutos de una pulgada de profundidad, a 1.49 horas a las 36 pulgadas de profundidad. Un 45 por ciento de la precipitación total pasó a través de las 36 pulgadas en el área forestada en comparación al área entresacada, en donde un total del 74 por ciento de la precipitación fue registrada a la misma profundidad. La cantidad de agua faltante debe ser reportada como pérdidas por intercepción y evapotranspiración del área forestada. Este movimiento de agua desde la parte superior a la inferior en el suelo, es una de las influencias más importantes de la vegetación en el almacenamiento de agua en el suelo.

En los últimos años las operaciones de explotación de madera han sido asociadas con aumentos del caudal de los ríos durante el verano o épocas secas. La razón de esto, se debe a que menos humedad del suelo es usada en áreas taladas que en áreas no taladas, (mayor evapotranspiración) consecuentemente mucha menos agua es requerida para que el suelo vuelva a la capacidad de campo y una gran porción de la precipitación llegue a ser disponible para los caudales.

CONCLUSION:

Según la literatura la cantidad y los cambios del contenido de agua en el suelo y la capacidad de almacenamiento del subsuelo dependen de muchos factores entre los cuales están: el patrón de precipitación o lluvia, estación del año, el tipo de suelo, la topografía y la cobertura vegetal. Con la simple determinación del contenido de humedad del suelo por diferentes métodos, se ha desarrollado un esquema de la extracción de agua por arbustos, malezas, cultivos y cobertura boscosa. Muchos de estos métodos se han empleado con vegetación pequeña. Sin embargo, pocos estudios han sido conducidos para determinar el uso del agua por la vegetación arbórea, cómo los diferentes tipos de vegetación utilizan la humedad y cómo afectan la recarga del almacenamiento del agua en el suelo. Los procesos reales no se han determinado todavía. Lo único que se ha mostrado es que los drenajes de áreas con vegetación siguen de cerca la precipitación neta sobre el piso boscoso. Es bien conocido que las diferentes especies vegetales demandan diferentes cantidades de agua durante el año, pero la cantidad de agua demandada por cada especie, es desconocida. Solamente en bases anuales, se ha estimado el consumo de agua por las plantas.

Durante la estación de crecimiento, el contenido de humedad del suelo y el humedecimiento alternativo de la precipitación y secamiento durante la época o período de sequía, pueden ser usados para estimar y predecir la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo, y el crecimiento de los árboles.

El agotamiento máximo de los suelos bajo diferentes condiciones climáticas es mucho mayor en las áreas donde hay vegetación que en áreas descubiertas. La fase dinámica (descarga y recarga) es más corta en suelos descubiertos que en suelos con vegetación. Esto puede ser una función de la ganancia de la humedad del suelo resultado de la reducción de pérdidas de intercepción.

Al principio de la estación húmeda las pérdidas por intercepción son altas y la cantidad de lluvia que alcanza el suelo es reducida tremendamente por la copa de los árboles. Tales pérdidas son insignificantes en suelos descubiertos. Las únicas pérdidas que pueden registrarse en estos suelos, son aquéllas

causadas por la evaporación en las primeras capas del suelo. Las aguas que no son usadas para evapotranspiración, irán a enriquecer los cauces de los ríos.

Aunque los efectos de eliminación de la cobertura vegetal sobre el contenido de humedad del suelo han sido estudiados parcialmente, el proceso total no está completamente entendido. La abundancia relativa de humedad a ciertas profundidades moderadas en el perfil del suelo en áreas descubiertas, la cual sucede en los últimos días de la estación de crecimiento, se presta todavía a muchas interrogantes. Sistemas previos de uso de la tierra, topografía y las condiciones naturales ambientales, pueden haber influido en el contenido de humedad de los suelos. Es necesario efectuar estudios en los procesos del movimiento de agua sobre superficies de suelo bajo diferentes tipos de cobertura vegetal. Debe ponerse mucha atención a los procesos y movimientos de agua involucrados en los flujos sub-superficiales en cuencas hidrográficas.

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

1. BAY, R. R. 1965. Factors influencing soil moisture relationships in undrained forested logs. In: Forest Hydrology Symposium, Pergamon Press, New York, 1967.
2. BETHLAHMY, N. 1961. First-year effects of timber removal on soil moisture. Int. Ass. of Sci. Hyd. 7(2):34-38, 1962.
3. CHILDS, E. C. 1957. The physic of land drainage. In: Luthin, J. R. Ed., Drainage of Agriculture Lands, Amer. Soc. Agron. p. 1-78.
4. GASSER, R. N. 1952. Readily available water in forest soils. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 16:334-338.
5. GARDNER, W. R. 1958. Some steady solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from water table. Soil Sci. 85:228-232.
6. _____ . 1962. Soil water movement and root absorption. In: Symposium in Plant Environment and Efficient Water Use. Amer. Soc. of Agron. and SSSA. Madison, 1965.
7. _____ , and Fireman, H. 1958. Laboratory studies of evaporation from soil columns in the presence of a water table. Soil Sci. 85: 214-249.
8. GESSFL, S. P. and COLE, D. W. 1965. Influence of removal of forest cover on movement of water and associated element through soil. Journ. Amer. Water Works Assn. 57(10:1301- 1310.
9. HENDRICKSON, A. H. 1942. Determination of the losses of moisture by evaporation from soil in a watershed area. Trans. Amer. Geo. Union 2:471-477.
10. HOLSTENER-JORGENSEN, H. 1965. Influence of forest management and drainage of ground water fluctuations. In: Forest Hydrology Symposium, Pergamon Press, New York, 1967.
11. HOOVER, M. D. 1953. Soil moisture under a young loblolly pine plantation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17:147-150.
12. KRAMER, P. H. 1949. Plant and soil water relationships. McGraw-Hill, New York, 347 p.
13. LASSEN, L., H. W. LULL, and B. FRANK. 1952. Some plant-soil water relation in watershed management. U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Circular No 910. Washington D.C.

14. MARSHALL, T. J. 1959. Relations between water and soil. Technical Communication N° 50. C. A. B. England, 91 p.
15. McCLURKING, D. C. 1961. Soil moisture trends following thinning in short-leaf pine soil. *Sci. Soc. Amer. Proc.* 25:135-138. 1965.
16. METZ, L. J. and DOUGLAS, J. E. 1959. Soil moisture depletion under several piedmont cover type. *U. S. Department of Agric. Tech. Bull.* 1207.
17. PATRIC, J. H., DOUGLAS, J. E. and HEWLETT, J. D. 1965. Soil water absorption by mountain and piedmont forest. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29:303-308.
18. PENMAN, H. L. 1948. Natural evaporation from open water bare soil and grass. *Proc. Roy. Soc. A*193:120-145.
19. RAKHMANOV, V. V. 1966. Role of forest in water conservation translated from Russian by Israel program for scientific translation, Jerusalem.
20. ROWE, P. B. and COLMAN, E. A. 1951. Disposition of rainfall on two mountain areas in California. *U.S. Department of Agric. Tech. Bull.* 1048, 84 p.
21. SLATYER, R. O. 1957. The significance of the permanent wilting percent in studies of plant and soil water relations. *Botanical Review* 23:585-636.
22. TAYLOR, S. A. and HADDOCK, J. L. 1956. Soil moisture availability related to power required to remove water. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20:284-288.
23. THAMES, J. L., STOECKLER, J. H. and TOBIASKI, R. 1955. Soil moisture regime in some forest and non-forest sites in northern Wisconsin. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19:381-384.
24. TEAKLE, L. J. H. and Burnill, J. H. 1938. The movement of soluble salts in soils under light rainfall conditions. *J. Agric. West. Austr.* 15: 218-245.
25. URIE, D. H. 1965. Influence of forest cover on ground water recharge timing and use. In: *Forest Hydrology Symposium*, Pergamon Press, New York, 1967.
26. VASQUEZ, R. and TAYLOR, S. A. 1958. Simulated root distribution and water removal rates from moist soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 22:106-110.
27. VEIHMEYER, F. J. 1953. Use of water by native vegetation versus grasses and forbs on watersheds. *Trans. Amer. Geophys. Union* 34:201-212.

28. WILDE, S. A. et al. 1953. Influence of forest cover on the state of the ground water table. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17:65-67.
29. WILM, H. G. and DUNFORD, E. G. 1948. Effect of timber cutting on water available for streamflow from a lodgepole pine forest, U. S. Dept. of Agric. Tech. Bull. 1968, 43 p.
30. ZAHNER, R. 1965. Refinement in empirical functions for realistic soil moisture regimes under forest cover. In: Forest Hydrology Symposium Pergamon Press, New York, 1967.
31. ZINKE, P. J. 1959. The influence of a stand of Pinus coulteri on the soil moisture regime of a large San Dimas lysimeter in southern California. Int. Assn. of Sci. Hyd. Publ. 49:126-138.