

# **MOVIMIENTO DEL AGUA en EL SUELO** **(ESTUDIO en LISIMETROS MONOLITICOS)**

P O R  
FERNANDO SUAREZ DE CASTRO  
Y  
ALVARO RODRIGUEZ G.

**BOLETIN TECNICO**

Vol. 2 - 1958 - No. 19

"Se presentan los resultados de cinco años de observaciones continuas, sobre pérdidas de elementos nutritivos y balance de agua, en lisímetros monolíticos con diferentes tratamientos".

**Federación Nal. de Cafeteros de Colombia**

ESTUDIO EN LISIMETROS  
MONOLITICOS DEL  
MOVIMIENTO DEL AGUA  
EN EL SUELO

—  
POR  
FERNANDO SUAREZ DE CASTRO  
Y ALVARO RODRIGUEZ G.

—  
BOLETIN TECNICO  
VOL. 2 — 1958 — No. 19

—  
Federación Nal. de Cafeteros de Colombia.

## INTRODUCCION

Es de mucha importancia entender adecuadamente, para cada región, las relaciones entre el agua, el suelo y la planta. Ese conocimiento capacita al técnico y al agricultor para utilizar eficazmente diversas prácticas de cultivo y de defensa del suelo que, a través de una mejor economía y manejo del agua disponible, permiten aumentar las cosechas y evitar los daños que ocasiona la erosión.

Puesto que la fuente primordial, y casi única, del agua del suelo la constituye la lluvia, es necesario determinar la cantidad que de ella se pierde en las siguientes formas:

- 1—) Evaporación desde las hojas y los tallos de las plantas;
- 2—) Escorrentía;
- 3—) Percolación a través del suelo;
- 4—) Transpiración a través de las hojas de las plantas;
- 5—) Evaporación desde la superficie del suelo.

En otros proyectos, la División de Experimentación de la Campaña de Defensa y Restauración de Suelos, ha estudiado las características y relaciones de las pérdidas de agua por escorrentía. Los datos de estos proyectos se han presentado y comentado en los boletines técnicos Nos. 6, 11 y 17 (13, 14, 17). \*

Con el presente trabajo se persigue determinar, por lo menos en parte, la cantidad de agua lluvia que se pierde en las cuatro formas restantes, tanto aisladamente como en conjunto, a fin de completar así el ciclo hidrológico, tan importante de conocer para un planeamiento técnico y racional de las prácticas de cultivo que se relacionan con el manejo del agua.

Para el estudio del ciclo hidrológico se han ideado varios sistemas o métodos (5) de los cuales el más sencillo y preciso es el de lisímetros, siempre que reunan determinadas características (11).

---

(\*) Los números entre paréntesis se refieren a la bibliografía que se cita al final.

El ciclo hidrológico o distribución del agua lluvia en las distintas formas, se puede representar esquemáticamente por medio de la siguiente ecuación:

$$p = es + et + pe + as$$

en la cual

p = lluvia

es = escorrentía

et = evaporación, evapotranspiración y transpiración

pe = percolación

as = agua almacenada en los suelos.

Utilizando la ecuación anterior podemos determinar el valor de cualquiera de los términos, si conocemos los restantes. Así tenemos que:

$$es = p - ( et + pe + as ) \text{ ó}$$

$$as = p - ( es + pe + et ) \text{ etc.}$$

La solución de tales ecuaciones arroja luz sobre las relaciones entre el agua y el suelo por una parte, y entre el agua y la planta por la otra, y por tanto son una guía eficaz en la utilización de muchas prácticas de cultivo y de conservación que afectan la utilización del agua.

El presente trabajo no pretende cubrir toda la materia y solo puede considerarse como un aporte más al conocimiento del ciclo del agua en los suelos de la zona cafetera de Colombia.

## REVISION DE LA LITERATURA

La más extensa revisión bibliográfica sobre lisímetros fue hecha por Kohnke (8) quien cubre aproximadamente desde los primeros trabajos hasta 1939. Según el autor la mayoría de los trabajos en lisímetros ha versado sobre tres aspectos: a) el balance hidrológico del suelo, b) problemas inherentes a la fertilidad del suelo y c) diseño, manejo y comportamiento de lisímetros.

Dentro del primer grupo son importantes los trabajos de Martin y Rich (10) llevados a cabo en Arizona con dos clases de cubierta vegetal: 1) suelos desnudos y 2) diversas clases de pastos; los de Colman y Hamilton (2) que incluyen además del balance hidrológico en bosques, un estudio sobre pérdidas de elementos en las aguas de percolación.

Los principales trabajos sobre el segundo tema, composición del percolado, son: los de Lunt (9) en lisímetros con cubierta de bosque, hechos en Connecticut; los de Dreibelbis (3) llevados a cabo en Coshocton con diferentes cultivos anuales en rotación, maíz y trigo, con dos años en pasto. Dreibelbis concluyó que: 1—) para los dos suelos estudiados, el orden descendente de los elementos perdidos por percolación era: calcio, magnesio, silicio, potasio, nitrógeno y manganeso para un tipo de suelo; y calcio, azufre, potasio, magnesio, silicio, nitrógeno y manganeso para el otro; 2—) la composición del percolado varió con el tipo de suelo, pero esta relación o dependencia así como su magnitud pueden modificarse cambiando los sistemas de manejo del suelo, especialmente en lo que a nitrógeno, potasio y manganeso se refiere; 3—) las cantidades de silicio perdidas no parecen depender de los sistemas de manejo y clase de cultivo. Los trabajos de Kilmer et al. (7) realizados en Wisconsin, quienes concluyeron que la composición de los percolados en orden descendente de elementos era: calcio, magnesio, azufre, potasio y fósforo, y los de Stauffer (12) en Illinois, quien utilizando el mismo tipo de lisímetros encontró una amplia variación en la composición de los percolados, de los distintos suelos. En Colombia no se ha llevado a cabo ningún trabajo de esta clase distinto al que aquí se presenta.

## MATERIAL Y METODOS

Este trabajo se adelanta en el primer juego de lisímetros monolíticos construido en Colombia. Para su instalación se siguieron, en términos generales, las indicaciones de Musgrave (11).

Para obtener los bloques de suelo en su condición natural se usaron cilindros de lámina galvanizada No. 12, de un metro de diámetro y un metro de altura, los cuales se forzaron a través del perfil del suelo con ayuda de gatos hidráulicos. En esta forma se obtuvieron bloques de más de una tonelada de peso, los cuales fueron transportados a su lugar definitivo en camiones. Cada cilindro se colocó en una plataforma de cemento, sobre la cual se extendieron varias capas de cascajo de diferente tamaño, lavado previamente con ácido clorhídrico y agua destilada.

Una vez provisto de su respectivo desagüe, cada cilindro se selló herméticamente para evitar la entrada o salida de aguas del lisímetro. Cada cilindro posee su tanque de percolación y de escoorrentía, en los cuales se hacen observaciones diarias. Las figuras 1, 2, 3 y 4 presentan un plano completo de cada unidad, y varios aspectos de su instalación. La figura 6 muestra el juego completo de seis lisímetros actualmente en funcionamiento.

Con cada lisímetro se instaló, a una profundidad de 30 cms. y distanciados 40 cms., dos electrodos de nylon para medir, por intermedio de un puente de Boyoucos, la humedad del suelo.

La selección del tamaño de los lisímetros además de consultar el costo y viabilidad del proyecto y resultados experimentales en otras estaciones (7, 11 y 12) tuvo como base el estudio realizado por la División de Experimentación de la Campaña y de Defensa y Restauración de Suelos sobre el sistema radicular del cafeto, que aparece publicado en un boletín técnico (15).

Según dicho trabajo, el perfil del suelo útil para el cafeto es el comprendido entre la superficie y un metro de profundidad de manera que el agua de percolación que haya bajado más allá de este límite, junto con los elementos nutritivos que lleva consigo, pueden considerarse como perdidos para el cafeto, si se tiene en cuenta que el nivel freático de las aguas se halla por debajo de tal límite, y que en ninguna época del año lo sobrepasa. El suelo de los lisímetros corresponde a la serie denominada serie Chinchiná o serie 10, la más extensamente difundida en el departamento de Caldas, reconocida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, cuyo perfil (4) presenta las siguientes características:

Un primer horizonte de cerca de 40 cms. de espesor, de color marrón negruzco, textura franco-arenosa a franco-limosa, estructura granular, alto contenido de nitrógeno y materia orgánica (0.5 a 0.80/o de nitrógeno orgánico total y 12 a 160/o de materia orgánica), bajo contenido de bases intercambiables, muy bajo contenido de fósforo y acidez entre 4.8 y 5.6 unidades de pH.

El segundo horizonte de unos 30 cms. de espesor, presenta color marrón amarillento claro, textura franco-arenosa fina a franco-arenosa, contenido de nitrógeno orgánico total entre 0.18 y 0.30o/o, muy bajo contenido de bases intercambiables y fósforo y pH entre 6 y 6.5.

Este suelo, corresponde, en términos generales al descrito por Jenny (6) como gran grupo zonal "amarillo pardo humífero" (humic yellowbrownsoil) en el rápido reconocimiento de suelos que llevó a cabo en Colombia. El material parental es "ceniza volcánica andesítica del Pleistoceno con carácter de loes".

Los tratamientos que se han comparado han sido los siguientes:

- 1 — Cobertura viva del suelo
- 2 — Cobertura muerta del suelo
- 3 — Terreno desnudo.

Se ha utilizado como cobertura viva el añil rastrero (*Indigofera endecaphylla*) sembrados por estolones distanciados 10 centímetros. Esta leguminosa suministra en corto tiempo, una excelente cobertura al suelo.

Como cobertura muerta se utilizaron hojas de guamo (*Inga* sp.), las cuales constituyen el principal material orgánico que ingresa superficialmente al suelo de un cafetal.

El suelo desnudo se mantiene libre de toda vegetación.

Los tratamientos *cobertura viva* y *suelo desnudo*, se compararon durante los años de 1952 y 1953. Los tratamientos de *cobertura viva* y *cobertura muerta* se compararon durante los años de 1954, 1955 y 1956.

## RESULTADOS OBTENIDOS

En el cuadro No. 1 agrupamos los valores correspondientes a la lluvia y a las pérdidas de agua por percolación en milímetros durante los años de 1952 y 1953, para los tratamientos suelo desnudo y cobertura de añil rastrero (*Indigofera endecaphylla*). En forma general, él nos dice que la percolación varió entre 1650 y 1882 milímetros para los terrenos desnudos y entre 1175 y 1725 milímetros para los terrenos con cobertura de añil rastrero.

El cuadro No. 2 presenta los valores correspondientes a la

escorrentía registrada durante el mismo lapso, para los mismos tratamientos. Debe recordarse aquí que la pendiente de los lisímetros es pequeña y sólo alcanza el 50/o. Observando dicho cuadro encontramos que el terreno desnudo perdió de 243 a 263 milímetros de agua por este concepto, en tanto que las pérdidas en el suelo con cobertura de añil rastrero variaron de 48 a 115 milímetros.

Los cuadros Nos. 3 y 4 presentan las cantidades correspondientes a lluvia y agua percolada, y a lluvia y escorrentía, respectivamente, durante los años de 1954, 1955 y 1956, para los tratamientos de suelo con cobertura muerta de hojas de guamo y suelo con cobertura viva de añil brasileño.

En el cuadro No. 5 se agrupan los valores de percolación y escorrentía para suelos desnudos y suelos con cobertura viva, durante los años de 1952 y 1953, y se dan los totales y promedios de dichos valores. El estudio de este cuadro nos indica que en los suelos desnudos se perdió por percolación 130/o más de agua que en los suelos con cobertura viva. (700/o de la lluvia en suelos desnudos contra 570/o de la lluvia en suelos con cobertura viva) y 70/o más de agua por escorrentía (100/o de la lluvia en suelos desnudos contra 30/o de la lluvia en suelos con cobertura viva).

En el cuadro No. 5a se agrupan los valores de percolación y escorrentía para suelos con cobertura viva y muerta durante los años de 1954, 1955 y 1956, y se dan los totales y promedios de dichos valores. Observando el cuadro encontramos que las pérdidas de agua por percolación en los suelos con cobertura muerta fueron superiores en un 210/o a los de los suelos con cobertura viva (860/o de la lluvia en suelos con cobertura muerta contra 650/o de la lluvia en suelos con cobertura viva). La escorrentía fue sensiblemente igual en los dos tratamientos (2.80/o de la lluvia en suelos con cobertura muerta contra 2.30/o en suelos con cobertura viva).

En el cuadro No. 6 se presentan los porcentajes mensuales de humedad aprovechable del suelo en los diferentes tratamientos. En 1952 y 1953 se comparan el *suelo desnudo* y el *suelo con cobertura viva*. Se comprueba que la humedad aprovechable del suelo es mayor en el tratamiento de *suelo desnudo*. En el primer año esa diferencia alcanzó un valor del 170/o; en el segundo llegó apenas al 80/o. Es de advertir que faltan los datos de octubre, noviembre y diciembre.

En 1954 se compararon los tratamientos de *cobertura viva* y *cobertura muerta*. La humedad aprovechable fue mayor, en un 80/o, en el segundo tratamiento. Desgraciadamente no es posible comparar con los datos logrados, los efectos del *suelo desnudo* y la *cobertura muerta*.



Los cuadros Nos. 7 y 7a, 8 y 8a agrupan las pérdidas de elementos nutritivos en las aguas de percolación, para los tratamientos de suelo desnudo y cobertura de añil rastrero. En términos generales ellas indican que las pérdidas de elementos nutritivos fueron mayores en el suelo desnudo. Las diferencias fueron especialmente notables en relación con el nitrógeno, el potasio y el calcio.

Los cuadros Nos. 9, 9a, 10, 10a, 11 y 11a agrupan los valores para estos mismos elementos perdidos por percolación durante los años de 1954, 1955, 1956, bajo los tratamientos de suelo con cobertura muerta y suelo con cobertura viva. En términos generales ellos indican que las pérdidas de elementos nutritivos fueron mayores en el tratamiento de cobertura muerta. Las diferencias fueron especialmente notables en relación con el nitrógeno y el potasio.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Estudiando los cuadros 1 a 6, encontramos algunos hechos perfectamente definidos, como son:

- a) Las pérdidas de agua por percolación fueron mayores en el tratamiento de suelo desnudo que en el de suelo con cobertura viva. Fueron también mayores en el tratamiento de suelo con cobertura muerta que en el de cobertura viva.
- b) En los cuadros puede observarse igualmente la distribución mensual de las percolaciones para cada condición durante los años de registro. Estudiándolos encontramos que ellas no son muy consistentes, en otras palabras, que no son iguales la pérdida de agua por percolación para uno o unos determinados meses del año. Es así como para la condición de suelo desnudo, durante el año de 1952, las mayores pérdidas ocurrieron durante los meses de Junio y Julio, en tanto que para 1953 las pérdidas en estos meses están catalogadas como de las menores. Esta misma situación se registra para las demás condiciones.
- c) Existe en cambio una relación bastante estrecha entre la lluvia y las cantidades de agua de percolación; en efecto, si estudiamos detenidamente las cifras a que nos hemos referido anteriormente, encontramos que las lluvias para esas fechas son diferentes, pues en tanto que para los meses de Junio y Julio de 1952, se registraron lluvias por encima de 260 mm. para cada mes, en el año de 1953 la lluvia para esos meses sólo

alcanza a un máximo de 132 mm. para el mes de Junio, o sea tan sólo un 50o/o de la ocurrida en 1952.

- d) Otro hecho digno de anotarse es la relación que existe entre la intensidad de la lluvia y la cantidad de agua de percolación. En efecto, si estudiamos el cuadro No. 1 y comparamos la cantidad de agua de percolación, para el tratamiento de suelo desnudo, en el mes de Marzo de 1952 (94 mm.) con la del mes de Marzo de 1953 (109 mm.) que tienen más o menos la misma lluvia (196.0 y 195.3 mm. respectivamente), observamos que el mayor valor de agua de percolación está asociada al mes con un mayor número de días lluviosos y a una mayor duración de los aguaceros (17 días lluviosos con un total de 34 horas y 5 minutos en Marzo de 1953 contra 15 días lluviosos con un total de 23 horas 30 minutos en Marzo de 1952; o sea el 60o/o del tiempo del año anterior) o lo que es lo mismo a una menor intensidad.
- e) El agua de escorrentía fue muy pequeña para los tres tratamientos, lo cual se explica por el área reducida de los lisímetros y por el grado de pendiente de los mismos (5o/o). En otra publicación (17) se presentan datos comparativos de escorrentía para diferentes coberturas y prácticas de conservación. Aquí solamente podemos anotar que la escorrentía fue mayor en el terreno desnudo que en los otros tratamientos, es decir, que aquélla se comportó en forma similar a la determinada en otros experimentos (17).
- f) La humedad del suelo es una propiedad que está determinada por la capacidad del mismo para almacenar y retener agua, por unidad de peso o de volumen. En tales circunstancias, las variaciones que se registran en humedad para un suelo dado, así como la magnitud de tales variaciones, estarán determinadas por las diferencias en los tratamientos a que esté sometido el suelo en cuestión, y deberán permanecer más o menos constantes mientras no se cambien los tratamientos, si las demás condiciones no se alteran.

En el presente caso vemos que, aunque los valores de humedad del suelo, para los distintos tratamientos comparados, ofrecen una amplia variación de mes a mes, el valor promedio para un mismo tratamiento es muy constante de un año a otro. En otras palabras, la cantidad de agua lluvia retenida por el suelo bajo cada tratamiento, fue sensiblemente igual de un año a otro.

Los registros que se llevan en Chinchiná permiten afirmar que el contenido de agua en los suelos de los distintos tratamientos fue más o menos constante de año a año y 10o/o menor en el caso de coberturas vivas que en el de cobertura muerta o suelo desnudo.

do. Este valor convertido a milímetros de lluvia, asumiendo un peso volumen de 1.5, una capacidad de campo de 20% y una profundidad de 0.6 m. sería equivalente a más o menos 18 mm. Hemos tomado para el cálculo anterior una profundidad de 0.6 m. por cuanto que, al igual que en otros estudios (5), hemos encontrado que las máximas variaciones en el contenido de humedad de los suelos se registran en las capas superficiales permaneciendo en las capas profundas sensiblemente constante.

Desde luego esta profundidad está determinada por las características del suelo, clase de cultivo y contenido de humedad en el suelo.

De acuerdo con los datos anteriores podemos afirmar que las pérdidas por evapotranspiración son mayores que las que ocurren por evaporación. En efecto, si a la lluvia total anual le restamos las pérdidas por escorrentía y por percolación, más el 100% de humedad aprovechable (cantidad esta en que el contenido de humedad del suelo con cobertura viva es inferior a la del suelo desnudo o con cobertura muerta) encontramos un valor  $e_t$  para los suelos con cobertura viva, mayor que para los suelos desnudos o con mulch. Tomemos como ejemplo el año de 1952. De acuerdo con la ecuación descriptiva a que hicimos referencia, al principio de este trabajo, tendremos:

$$p = e_s + e_t + a_s + p_e$$
$$e_t = p - (e_s + p_e + a_s)$$

reemplazando las letras por sus respectivos valores, para el caso de suelos con cobertura tendremos:

$$e_t = 2440.20 - 49.95 + 1168.5 + (X-18)$$

en la cual X contenido de agua en el suelo, que si asumimos constante nos dará:

$$e_t = 2440.20 - (49.95 + 1168.5 - 18)$$
$$= 2440.20 - 1200.45$$
$$= 1239.75 \text{ m.m.}$$

el valor de  $e_t$  para el tratamiento del suelo desnudo del mismo año (1952) es, de acuerdo con la ecuación y los datos antes tomados, como sigue:

$$e_t = p - (e_s + p_e + a_s)$$
$$e_t = 2440.20 - (200.65 + 1620.40)$$

= 2440.20 — 1821.02

= 618.18 m.m.

Comparando los dos valores obtenidos vemos que el *et* para el suelo con cobertura o sea el valor de la evapotranspiración, fue de 1239.75 mm. en tanto que el *et* para los suelos desnudos, o sea el valor de la evaporación fue de 618.1 mm. Esto quiere decir que las pérdidas de agua por evapotranspiración fueron para ese año 100% mayores que la pérdida por evaporación.

Tales resultados permiten hacer recomendaciones concretas para regiones cafeteras que, como el Norte de Santander, Huila y parte de Cundinamarca son afectadas por periodos largos de sequía. En efecto, en tales áreas el uso de plantas de cobertura debe limitarse a la época lluviosa del año y cortarse al entrar el verano para que ellas actúen durante ese tiempo como cobertura muerta o mulch. Con tal manejo no solo evitamos el peligro de que la vegetación protectora compita por agua con los cafetos, sino que al establecer una capa protectora sobre el terreno cortamos o disminuimos su evaporación.

g) Fuera de este aspecto, utilización y manejo del agua, que como hemos visto es muy importante, la cantidad de percolación juega un papel importantísimo en la fertilidad de los suelos. Como se anotó en la revisión de la literatura son muchos los trabajos que sobre este tópico se han realizado (3, 7 y 12). Para los registros de Chinchiná, obtenidos en lisímetros similares a los utilizados por Kilmer et al., y Stauffer, hemos tenido pérdidas de elementos muy superiores a las registradas en la zona templada. Es claro que la cantidad de lluvia y por consiguiente la percolación son bastante superiores a las registradas en aquella zona. Por otra parte, se ha comprobado que las pérdidas por éste concepto son mayores a las que ocurren por escorrentía, en terrenos con pendiente del 20%. En efecto, según estudios realizados en Chinchiná (18), por escorrentía, en terrenos desnudos, se pierde un promedio de 7.0 kilos de nitratos, 18.0 kilos de nitrógeno en otras formas, 1.0 kilo de fósforo, 24.0 kilos de potasio, 239.0 kilos de calcio y 152.0 kilos de magnesio, por hectárea por año, respectivamente. Estos valores, comparados con las pérdidas promedio que ocurren por percolación en los suelos desnudos representan: el 20% de nitratos, el 90% de otras formas de nitrógeno, el 10% de potasio, 260% del calcio y 560% del magnesio. En terrenos con cobertura de pastos se pierden por escorrentía 2.5 kilos de nitratos, 4.1 kilos de nitrógeno en otras formas, 0.1 kilos de fósforo, 5.6 kilos de potasio, 24.8 kilos de calcio y 26.4 kilos de magnesio por hectárea por año. Comparados estos valores

con las pérdidas por percolación en los terrenos con cobertura, representan el 40/o de los nitratos, el 230/o de otras formas de nitrógeno, el 20/o de fósforo, el 60/o de potasio, el 40/o del calcio y el 140/o del magnesio.

- h) Si comparamos las cantidades que extrae la planta de café, para formar unas 3000 libras de cerezas maduras, las cuales según Anstead y Pittock (1) son 19.8 kilos de nitrógeno (N), 3.6 kilos de fósforo (P205) y 28.8 kilos de potasio (K20), con las pérdidas que de estos elementos se observan en aguas de percolación para suelos con cobertura viva, vemos que aquéllos tan solo representan el 250/o del nitrógeno, el 1440/o del fósforo y el 230/o del potasio.

Una idea más objetiva de las relaciones existentes entre la cantidad de elementos extraídos por las cosechas de café y las cantidades de elementos perdidos por escorrentía y por percolación, la podemos tener a través del siguiente cuadro, en el cual hemos asimilado los valores correspondientes a extracción por cosecha, a la unidad:

	Elementos		
	N	P205	K20
Extracción por cosecha	1.00	1.00	1.00
Escorrentía (suelo desnudo)	1.25	0.64	1.00
Escorrentía (suelo con cobertura viva)	0.30	0.07	0.24
Percolación (suelo desnudo)	19.00	0.19	9.80
Percolación (suelo con cobertura muerta)	16.70	0.05	8.00
Percolación (suelo con cobertura viva)	4.00	0.05	5.00

- i) De este cuadro puede concluirse que las pérdidas por escorrentía, en los elementos nitrógeno, fósforo y potasio son similares a las cantidades que extraen las cosechas, pero inferiores a las que ocurren por percolación. Igualmente puede afirmarse que existen diferencias notables entre los tratamientos estudiados en los lisímetros, diferencias que están siempre a favor de la cobertura; en otras palabras que las mayores cantidades de elementos nutritivos se perdieron en los suelos desnudos o con cobertura muerta, es decir, que estas pérdidas están asociadas con las mayores pérdidas de agua por percolación. Las magnitudes de tales pérdidas son como sigue:

El suelo desnudo perdió por percolación cinco veces más nitrógeno, tres veces más fósforo, dos veces más potasio y una y media vez más calcio que el suelo con cobertura viva. El suelo con cobertura muerta perdió 4.2 veces más nitrógeno, igual cantidad de calcio y 1.2 veces más magnesio que el tratamiento con cobertura viva.

- j) Observando y analizando los cuadros sobre pérdidas encontramos que ellas tanto de elementos totales como de elementos individualmente considerados, de año a año, parecen depender en gran parte de la cantidad de agua de drenaje, la cual a su vez depende en forma considerable de la lluvia total. Sin embargo, debe aquí llamarse la atención sobre el hecho de que la cantidad de aguas de percolación está influida además por otros factores distintos a la cantidad de lluvia, tales como distribución e intensidad de la precipitación, contenido de humedad del suelo, clase de cubierta, etc.

## APLICACION DE LOS RESULTADOS

De todos los resultados antes mencionados se desprenden algunos hechos que tienen o pueden tener serias implicaciones prácticas, tales como:

- 1) Debe evitarse mantener, por períodos largos, terrenos sin protección vegetal. Las labores culturales que provoquen este efecto puede anticiparse que son perjudiciales para la fertilidad de dichos suelos, desde el punto de vista de la escorrentía y de la percolación.
- 2) Como quiera que a mayor cantidad de agua retenida o infiltrada es mayor la percolación, debe llamarse la atención sobre control de escorrentía, a base de estructuras mecánicas que retengan agua sobre el suelo, como terrazas, cajuelas, etc., especialmente en áreas de alta lluvia, pues tal control puede resultar en grandes pérdidas de elementos nutritivos por percolación, si los suelos son de condiciones livianas, cuando no en la creación de condiciones impropias para el cultivo, por el exceso de humedad en el suelo, si estos son pesados.
- 3) Por las razones anteriores creemos firmemente debe darse énfasis al control de la erosión por sistemas agronómicos, especialmente con coberturas y barreras vivas, pues dichas prácticas disminuyen la escorrentía y la percolación.

- 4) En las plantaciones de café, por consiguiente, es recomendable el uso de plantas rastreras entre las calles, como cobertura viva, lo cual no solamente protege el suelo contra el perjudicial impacto directo de las lluvias (17) sino que retiene y almacena elementos nutritivos. Esta práctica puede complementarse con un buen sistema de barreras vivas, espaciadas de acuerdo con el grado de pendiente.
- 5) Como las pérdidas de agua por evapotranspiración son en esas condiciones mayores que las pérdidas por evaporación en el suelo desnudo, la cobertura deberá cortarse al comenzar el periodo seco, especialmente en regiones donde los veranos son prolongados (zonas cafeteras del Norte de Santander, Huila y parte de Cundinamarca), para evitar que compita por agua con los cafetos.

## RESUMEN

1—Se presentan los resultados de cinco años de observaciones continuas sobre pérdidas de elementos nutritivos y balance del agua en lisímetros monolíticos con diferentes tratamientos.

Los lisímetros consisten en cilindros monolíticos de suelo, de un metro de diámetro y un metro de profundidad, colocados sobre plataformas de grava. La escorrentia es permitida por medio de una pendiente uniforme, del cinco por ciento, para las seis unidades.

2—Los resultados sobre pérdidas por escorrentia concuerdan con los determinados en otros proyectos, siendo mayores en los suelos desnudos, menores en aquéllos con cobertura muerta y menores aún en aquéllos con cobertura viva.

3—Las pérdidas por percolación son mayores en los suelos desnudos, menores en los suelos con cobertura muerta y bastante inferiores en los suelos con cobertura viva. Como regla general, la cantidad de agua percolada está directamente relacionada con el total de lluvia. Sin embargo éste es tan sólo uno de los muchos factores que determinan las pérdidas por este concepto.

4—Las pérdidas por evapotranspiración sobrepasan en mucho a las pérdidas por evaporación.

5—El contenido de humedad en los suelos es siempre menor en los tratamientos con cobertura que en los suelos desnudos.

6—Las pérdidas de elementos nutritivos son mayores por percolación que por escorrentía. Generalmente existe una relación entre el volumen de la percolación y la cantidad total de elementos percolados. La concentración de los percolados varía o está relacionada con la distribución de las lluvias, la fertilidad y el tratamiento de los suelos.

7—De los cationes removidos el que se pierde en mayor cantidad es el calcio, luego siguen en orden descendente: el magnesio, el potasio y el fósforo.

De los aniones sólo se determinan nitratos, los cuales se pierden en gran cantidad.

8—Finalmente, y como resultados de tales experimentos, se sacan algunas conclusiones de carácter práctico sobre manejo y conservación del agua, y sus implicaciones sobre los cultivos y los suelos.



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

- 1— ANSTEAD, R. D. and PITTOCK, C. K. The varying composition of the coffee berry at different stages of its growth and its relation to the manuring of coffee estates. *The Planter's Chronicle* 8 (36): 455-460. 1913.
- 2— COLMAN, E. A. and HAMILTON, E. L. The San Dimas lysimeters. *Calif. Forest and Range Exp. Sta.*, 1947, 33 p. (Forest Research Notes No. 43).
- 3— DREIBELBIS, F. R. Some plant nutrient losses in gravitational water from monolith lysimeters at Coshocton, Ohio. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 11: 182-188. 1946.
- 4— GRISALES, A. Informe sobre los trabajos de suelos que actualmente se adelantan en el Departamento de Caldas. Chinchiná, Campaña de Suelos, archivo 1954. Inédito.
- 5— HARROLD, L. L. and DREIBELBIS. Agricultural hydrology as evaluated by monolith lysimeters. Washington, U. S. Dept. Agricult. 1951. 149 p. (Tech. Bull. 1050).
- 6— JENNY, H. Los grandes grupos de suelos en las regiones ecuatoriales, de Colombia (Sur América) Chinchiná, Federación Nal. de Cafeteros, 1953. 32 p. (Boletín Técnico No. 7).
- 7— KILMER, V. J., HAYS, O. E. and MUCKENHIRN, R. J. Plant nutrient and water losses from Fayette silt loam as measured by monolith lysimeters. *Amer. Soc. Agron. Jour.* 36: 249-263. 1944.
- 8— KONHKE, H. A. A survey and discussion of lysimeters and a bibliography on their construction and performance. Washington, U. S. D. A., 1940. 68 p. (Misc. Pub. 392).
- 9— LUNT, H. A. Forest lysimeters studies under hardwoods. Connecticut, Agr. Exp. Sta., 1949 (Bull. 449).
- 10— MARTIN, W. P. and RICH, L. R. Preliminary hydrologic results, 1935-48, «Base Rock» undisturbed soil lysimeters in the grassland type, Arizona. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13: 561-567. 1948.
- 11— MUSGRAVE, G. W. A device for measuring precipitation waters lost from the soil as surface runoff, percolation, evaporation, and transpiration. *Soil Sci.* 40: 391-401. 1935.

- 12—STAUFFER, R. S. Runoff, percolate and leaching losses from some Illinois soils. Amer. Soc. Agron. Jour. 34: 830-835. 1942.
- 13—SUAREZ DE CASTRO, F. Experimentos sobre la erosión de los suelos. Chinchiná, Federación Nacional de Cafeteros, 1951. 40 p. (Boletín Técnico No. 6).
- 14—SUAREZ DE CASTRO, F. Pérdidas de suelo y agua en un cafetal y en un potrero. Chinchiná, Federación Nacional de Cafeteros, 1953. 20 p. (Boletín Técnico No. 11).
- 15—SUAREZ DE CASTRO, F. Distribución de las raíces del Coffea Arábica L. en un suelo franco-limoso. Chinchiná, Federación Nacional de Cafeteros, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 1953. 28 p. (Boletín Técnico No. 12).
- 16—SUAREZ DE CASTRO, F. Potencialidad erosiva de las gotas de lluvia dentro de un cafetal y al aire libre. Boletín Informativo, Centro Nacional de Investigaciones de Café, (Chinchiná, Colombia) 3 (32): 21-31. 1952.
- 17—SUAREZ DE CASTRO, F. y RODRIGUEZ G., A. Pérdidas de suelo y agua bajo diferentes sistemas de cultivo. Chinchiná, Federación Nacional de Cafeteros, 1956. 80 p. (Boletín Técnico No. 17).
- 18—SUAREZ DE CASTRO, F. y RODRIGUEZ G., A. Pérdidas por erosión de elementos nutritivos bajo diferentes cubiertas vegetales y con varias prácticas de conservación de suelos. Chinchiná, Federación Nacional de Cafeteros, 1955. 24 p. (Boletín Técnico No. 14).

## SUMMARY

- 1— The results are presented of five years of continuous observations on the loss of nutritive elements and water balance in monolithics lysimeters with different treatments.

The lysimeters consist of cylindrical monoliths of soil, one meter in diameter and one meter in depth, placed on platforms of gravel. The run-off for the six units is allowed by means of a uniform slope, of five percent.

- 2— The determinations on loss by run-off agree with the results in other projects, being greater for denuded soils, less for those with mulch and still less for those with a living cover.
- 3— The losses by percolation are greater in denuded soils, less in soils with a mulch, and rather lower in soils with a living cover. As a general rule the quantity of water of percolation is directly related to the total rainfall. Nevertheless this is only one on the many factors that determine the losses by this concept.
- 4— The losses by evapotranspiration greatly exceed the losses by evaporation.
- 5— The soil moisture content is always less in those treated with cover than in the denuded soils.
- 6— The losses of nutritive elements are greater by percolation than by run-off. Generally, there exists a relation between the volume of percolation and the total quantity of elements percolated. The concentration of the percolates varies or is relative to the distribution of rainfall, soil fertility and soil treatment.
- 7— Of the cations removed the one lost in greater quantity is calcium, next following descending order: magnesium and potassium.  
Of the anions only nitrates are determined, those which lost in great quantity.
- 8— Finally, and as a result of the experiments, some practical conclusions are drawn concerning management and conservation of water and their implications for crops and for soils.

## CUADRO No. 1

LLUVIA, NUMERO DE DIAS LLUVIOSOS, PERDIDAS DE AGUA POR PERCOLACION Y NUMERO DE DIAS CON PERCOLACION PARA SUELOS DESNUDOS Y SUELOS CON COBERTURA VIVA DE AÑIL RASTRERO.

Años de 1952 y 1953.

MESES	1 9 5 2						1 9 5 3					
	LLUVIA m.m.	Dias llu- viosos	SUELO DESNUDO		Suelo con co- bertura viva		LLUVIA m.m.	Dias llu- viosos	SUELO DESNUDO		Suelo con co- bertura viva	
			Percola- ción m.m.	Dias con Percol.	Percola- ción m.m.	Dias con Percol.			Percola- ción m.m.	Dias con Percol.	Percola- ción m.m.	Dias con Percol.
Enero	100.1	13	31.5	3	33.6	3	172.3	17	91.0	6	55.2	3
Febrero	141.4	15	85.1	5	62.3	5	51.2	8	37.5	3	21.2	2
Marzo	196.0	15	94.5	8	56.0	8	195.3	17	108.6	4	49.6	3
Abril	267.9	25	185.2	9	187.4	9	426.1	23	325.5	8	260.4	8
Mayo	189.2	21	115.7	12	75.8	8	302.1	23	237.8	13	172.6	13
Junio	262.8	16	242.3	8	162.0	8	132.6	21	93.6	8	72.7	4
Julio	278.4	24	226.8	10	161.7	5	129.4	17	89.7	6	76.3	5
Agosto	133.8	17	76.4	7	9.3	3	53.8	9	0.0	1	0.0	1
Septiembre	203.4	22	130.9	11	24.1	5	335.1	22	226.8	11	188.1	8
Octubre	139.2	24	68.0	8	36.6	2	283.1	27	241.7	14	268.0	12
Noviembre	319.4	23	243.6	12	248.5	10	378.4	25	322.5	17	455.2	17
Diciembre	208.6	18	150.8	11	117.8	9	162.2	17	107.5	8	106.9	6
Totales	2440.2	233	1650.8	104	1175.1	75	2621.6	226	1882.2	99	1725.7	82

CUADRO No. 2

LLUVIA, NUMERO DE DIAS LLUVIOSOS Y PERDIDAS DE AGUA POR ESCORRENTIA EN SUELOS  
DESNUDOS Y SUELOS CON COBERTURA VIVA DE AÑIL RASTRERO.

Años de 1952 y 1953.

MESES	1 9 5 2					1 9 5 3				
	LLUVIA m.m.	Dias lluviosos	Suelo Desnudo		Suelo con cobertura viva	LLUVIA m.m.	Dias lluviosos	Suelo Desnudo		Suelo con cobertura viva
			Escorrentia m.m.	Escorrentia m.m.				Escorrentia m.m.	Escorrentia m.m.	
Enero	100.1	13	0.8	0.3	172.3	17	8.5	1.6		
Febrero	141.4	15	1.8	0.3	51.2	8	1.2	0.4		
Marzo	196.0	15	1.5	1.7	195.3	17	20.3	7.6		
Abril	267.9	25	13.6	4.5	426.1	23	93.8	70.6		
Mayo	189.2	21	2.5	1.9	302.1	23	12.3	4.2		
Junio	262.8	16	24.8	5.0	132.6	21	18.1	13.2		
Julio	278.4	24	35.5	16.3	129.4	17	3.6	1.1		
Agosto	133.8	17	5.2	0.8	53.8	9	0.1	0.2		
Septiembre	203.4	22	18.7	2.0	335.1	22	20.0	4.2		
Octubre	139.2	24	53.2	1.5	283.1	27	5.8	3.3		
Noviembre	319.4	23	47.9	3.6	378.4	25	77.5	8.0		
Diciembre	208.6	18	38.1	10.8	162.2	17	1.8	1.3		
Totales	2440.2	233	243.6	48.7	2621.6	226	263.0	115.7		

CUADRO No. 3

LLUVIA, NUMERO DE DIAS LLUVIOSOS, PERDIDAS DE AGUA POR PERCOLACION Y NUMERO DE DIAS CON PERCOLACION PARA SUELOS CON COBERTURA MUELTA Y SUELOS CON COBERTURA VIVA DE AÑIL RASTRERO.

Años de 1954, 1955 y 1956.

MESES	1 9 5 4				1 9 5 5				1 9 5 6							
	LLUVIA m.m.	Días lluviosos	Percola- ción m.m.	Días con Percolación	LLUVIA m.m.	Días lluviosos	Percola- ción m.m.	Días con Percolación	LLUVIA m.m.	Días lluviosos	Percola- ción m.m.	Días con Percolación				
	Suelo con cobertura muerta	Suelo con cobertura viva	Suelo con cobertura muerta	Suelo con cobertura viva	Suelo con cobertura muerta	Suelo con cobertura viva	Suelo con cobertura muerta	Suelo con cobertura viva	Suelo con cobertura muerta	Suelo con cobertura viva	Suelo con cobertura muerta	Suelo con cobertura viva				
Enero	1109	10	45.6	4	153.6	17	105.4	5	70.0	2	298.9	23	247.2	12	225.8	12
Febrero	2067	21	199.6	10	172.2	16	133.9	7	100.3	7	197.4	18	161.3	12	103.9	8
Marzo	187.6	18	147.7	8	327.4	20	315.8	7	275.8	6	224.1	19	272.6	12	199.5	10
Abril	2179	22	210.7	12	434.0	21	414.9	13	309.3	13	251.3	18	196.4	9	162.0	8
Mayo	347.5	23	307.4	13	232.6	23	198.3	12	149.5	12	324.4	25	276.8	18	231.0	18
Junio	1989	27	183.2	13	212.6	22	160.8	11	118.2	8	249.9	26	184.0	13	165.9	13
Julio	286.2	22	252.7	16	218.6	24	199.5	14	151.9	8	124.8	20	74.6	25	25.2	4
Agosto	1327	19	134.9	6	241.4	22	197.5	16	138.0	12	186.4	19	149.6	11	51.7	6
Septiembre	1908	19	140.5	12	169.2	23	113.9	12	77.4	9	202.1	22	167.0	10	87.6	9
Octubre	316.0	23	274.4	20	288.1	26	246.4	20	184.6	20	433.2	30	423.5	22	367.7	21
Noviembre	278.5	26	258.7	18	303.0	24	281.3	13	264.5	12	139.3	30	161.6	7	134.3	7
Diciembre	312.6	23	280.3	13	405.2	25	335.7	17	284.4	17	238.3	28	198.4	9	124.2	6
Totales	2786.3	253	2435.5	145	1748.1	124	3157.9	147	2123.9	134	2870.1	268	2463.0	140	1878.8	122

CUADRO No. 4

LLUVIA, NUMERO DE DIAS LLUVIOSOS, PERDIDAS DE AGUA POR ESCORRENTIA PARA SUELOS CON COBERTURA MUERTA Y SUELOS CON COBERTURA VIVA DE AÑIL RASTRERO.

Años de 1954, 1955 y 1956.

MESES	1954				1955				1956			
	LLUVIA m.m.	Días lluviosos	Suelo con		LLUVIA m.m.	Días lluviosos	Suelo con		LLUVIA m.m.	Días lluviosos	Suelo con	
			Cobertura muerta	Cobertura viva			Cobertura muerta	Cobertura viva			Cobertura muerta	Cobertura viva
Enero	110.9	10	8.6	0.9	153.6	17	13.2	16.4	208.9	23	7.8	3.4
Febrero	206.7	21	4.8	2.6	172.2	16	2.9	1.7	197.4	18	1.5	1.9
Marzo	187.6	18	13.0	2.7	327.4	20	6.5	10.0	224.1	19	5.0	1.6
Abril	217.9	22	8.2	5.5	334.0	21	14.4	26.9	251.3	18	2.9	5.6
Mayo	347.5	23	30.2	30.5	232.6	23	4.0	3.1	324.4	25	8.5	3.7
Junio	198.9	27	7.8	3.5	212.6	22	4.2	1.5	249.9	26	1.9	1.5
Julio	286.2	22	5.1	10.2	218.6	24	2.5	1.6	124.8	20	0.0	0.0
Agosto	132.7	19	2.0	1.8	241.4	22	2.3	1.9	186.4	19	0.1	0.3
Septiembre	190.8	19	5.5	2.6	169.2	23	1.8	1.3	202.1	22	0.1	0.0
Octubre	316.0	23	10.0	4.7	288.1	26	1.9	2.4	433.2	30	2.9	0.1
Noviembre	278.5	26	17.4	11.0	303.0	24	4.7	11.7	139.3	20	0.3	0.0
Diciembre	312.6	23	14.6	5.3	405.2	25	27.1	29.7	238.3	28	0.7	0.0
Totales	2786.3	253	127.2	81.3	3157.9	263	85.5	108.2	2870.1	268	31.7	18.1

CUADRO No. 5

TOTALES Y PROMEDIOS DE LAS PERDIDAS DE AGUA POR PERCOLACION Y POR ESCORRENTIA EN  
SUELOS DESNUDOS Y CON COBERTURA VIVA

AÑOS 1952 Y 1953

AÑOS	LLUVIA E.H.	Días lluviosos	SUELO DESNUDO					SUELO CON COBERTURA VIVA				
			Percola- ción m.m.	% de la lluvia	% de días	Esco- rrentia m.m.	% de la lluvia	Percola- ción m.m.	% de la lluvia	% de días	Esco- rrentia m.m.	% de la lluvia
1952	2440.2	233	1650.8	67.6	44.6	243.6	9.9	1175.1	48.1	32.1	48.7	1.9
1953	2621.6	226	1882.2	71.8	43.8	263.0	10.0	1725.7	65.8	36.2	115.7	4.4
TOTAL	5061.8	459	3543.0			506.6		2900.8			164.4	
PROMEDIO	2530.9	229	1771.5	70.0	44.2	253.3	10.0	1450.4	57.3	34.0	82.2	3.2



TOTALES Y PROMEDIOS DE LAS PERDIDAS DE AGUA POR PERCOLACION Y POR ESCORRENTIA EN  
SUELOS CON COBERTURA VIVA Y EN SUELOS CON COBERTURA MUERTA

Años 1954, 1955 y 1956

AÑOS	LLUVIA mm	Días lluviosos	SUELOS CON COBERTURA VIVA					SUELOS CON COBERTURA MUERTA				
			Percola- ción m.m.	% de la lluvia	% de días	Esco- rren- tia m.m.	% de la lluvia	Percola- ción m.m.	% de la lluvia	% de días	Esco- rren- tia m.m.	% de la lluvia
1954	2786.3	253	1748.1	62.7	49.0	81.3	2.9	2435.5	87.4	57.3	127.2	4.5
1955	3157.9	263	2123.9	67.2	50.9	108.2	3.4	2703.4	85.6	55.8	85.5	2.7
1956	2870.1	268	1878.8	65.4	45.5	18.1	0.6	2463.0	85.8	52.2	31.7	1.1
TOTALES	8814.3	784	5750.8			207.6		7601.9			244.4	
PROMEDIO	2938.1	261	1916.9	65.2	48.6	69.2	2.3	2533.9	86.2	55.1	81.5	2.8

## CUADRO No. 6

PORCENTAJE DE HUMEDAD APROVECHABLE EN SUELOS DESNUDOS, CON COBERTURA VIVA Y CON COBERTURA MUERTA  
(PROMEDIO DE DOS LISIMETROS POR TRATAMIENTO)

M E S E S	1 9 5 2		1 9 5 3		1 9 5 4	
	TRATAMIENTOS		TRATAMIENTOS		TRATAMIENTOS	
	Suelo desnudo	Suelo con cobertura viva	Suelo desnudo	Suelo con cobertura viva	Suelo con cobertura viva	Suelo con cobertura muerta
Enero	85.0	87.0	74.1	71.4	57.0	64.0
Febrero	92.6	89.0	74.8	66.3	69.5	78.0
Marzo	96.1	86.0	79.7	65.2		
Abril	87.0	56.0	76.7	64.2		
Mayo	78.0	59.0	71.9	64.4	57.0	65.0
Junio	77.0	59.0	70.2	69.7	60.0	69.0
Julio	76.0	58.0	69.2	67.0	55.0	62.0
Agosto	76.0	58.0	68.7	53.9	51.0	59.0
Septiembre	88.0	51.0	82.3	73.4	51.0	60.0
Octubre			73.9	62.0	54.0	62.0
Noviembre			67.6	59.6	54.0	59.0
Diciembre			66.8	64.8		
PROMEDIO ANUAL	83.5	66.4	73.0	65.2	56.5	64.2

CUADRO No. 7  
 PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN EL TRATAMIENTO  
 CON COBERTURA VIVA = AÑO DE 1952

KILOS POR HECTAREA

M E S E S	Nitrogeno mineral	Nitrogeno orgánico	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	2.06	0.47	Trazas	5.08	18.35	7.47	33.43
Febrero	4.67	0.59	0.01	9.56	29.49	3.72	48.04
Marzo	6.10	0.71	0.01	11.68	33.69	9.63	61.82
Abril	20.45	2.76	0.03	29.28	90.99	32.51	176.02
Mayo	4.62	1.11	0.03	11.42	40.46	13.03	70.67
Junio	9.78	1.57	0.02	16.29	93.88	20.43	141.97
Julio	6.61	1.51	0.01	14.80	86.47	16.59	125.99
Agosto	0.04	0.06	Trazas	1.35	4.45	1.42	7.32
Septiembre	0.12	0.23	Trazas	3.31	18.13	2.24	24.03
Octubre	0.40	0.24	0.03	3.83	22.76	6.09	33.35
Noviembre	1.05	2.93	0.06	18.48	132.79	57.67	212.98
Diciembre	1.37	1.10	0.01	9.32	74.00	20.50	106.30
Totales	57.27	13.28	0.21	134.40	645.46	191.30	1041.92

## CUADRO No. 8

PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN TRATAMIENTO CON SUELO DESNUDO

Año de 1953.

Kilos por Hectarea

M E S E S	Nitrógeno	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos
	mineral	orgánico					Totales
Enero	44.26	1.34	Trazas	12.74	57.99	19.37	135.70
Febrero	4.68	0.09	Trazas	1.40	8.43	3.41	18.01
Marzo	25.55	1.08	0.08	13.16	57.96	5.46	103.29
Abril	57.69	4.67	0.07	43.16	177.38	34.50	317.48
Mayo	56.42	2.98	0.05	38.86	144.82	26.23	169.36
Junio	19.57	0.87	Trazas	17.76	51.12	10.57	99.89
Julio	13.66	1.30	Trazas	18.25	44.17	17.68	95.06
Agosto							
Septiembre	51.58	2.06	0.05	42.25	95.36	18.91	210.21
Octubre	40.32	2.46	0.01	30.04	103.67	42.84	219.34
Noviembre	69.97	3.59	Trazas	37.33	124.70	65.21	300.80
Diciembre	20.14	1.72	Trazas	14.34	41.53	29.34	107.07
Totales	403.84	22.16	0.26	269.29	907.14	273.52	1876.21

CUADRO No. 8 a  
 PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN TRATAMIENTO  
 CON COBERTURA VIVA DE ANIL RASTRERO

Año de 1953  
 Kilos por Hectarea.

M E S E S	Nitrogeno mineral	Nitrogeno organico	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	2.83	0.79	Trazas	7.37	34.52	12.13	57.64
Febrero	0.02	0.05	Trazas	0.38	2.82	0.89	4.16
Marzo	0.74	0.59	0.02	4.83	19.41	4.47	30.06
Abril	3.00	3.27	0.02	18.65	134.36	24.76	184.06
Mayo	3.48	2.42	0.02	12.92	81.27	16.06	116.17
Junio	1.15	0.92	Trazas	6.42	37.91	3.93	50.33
Julio	1.31	0.99	—	8.94	39.15	19.93	70.32
Agosto	—	—	—	—	—	—	—
Septiembre	7.89	1.47	0.05	17.99	50.94	10.43	88.77
Octubre	4.86	3.30	—	15.21	91.14	40.37	154.88
Noviembre	17.03	6.25	—	25.15	169.20	85.39	303.02
Diciembre	6.37	2.06	Trazas	6.62	36.11	20.47	71.63
Totales	48.68	22.11	0.11	124.48	696.83	238.83	1131.04

## CUADRO No. 9

### PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN TRATAMIENTO CON COBERTURA VIVA DE AÑIL RASTRERO

Año de 1954  
Kilos por Hectárea.

M E S E S	Nitrógeno mineral	Nitrógeno orgánico	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	—	—	—	—	—	—	—
Febrero	6.78	1.64	—	14.75	50.87	13.98	88.02
Marzo	4.65	0.25	0.01	7.98	27.61	16.72	57.22
Abril	13.89	1.52	Trazas	13.86	76.14	28.30	133.71
Mayo	12.05	2.53	Trazas	13.79	88.65	50.84	167.86
Junio	5.22	0.79	Trazas	7.54	63.26	8.96	85.77
Julio	8.30	1.24	Trazas	8.00	62.24	18.80	98.58
Agosto	2.59	0.16	—	2.65	15.94	6.45	27.79
Septiembre	6.90	1.05	Trazas	9.40	53.18	10.02	80.55
Octubre	9.86	1.40	Trazas	17.75	105.03	34.90	168.94
Noviembre	10.64	2.67	Trazas	11.79	81.30	29.32	135.72
Diciembre	7.99	2.60	—	13.64	89.47	29.72	143.42
Totales	88.87	15.85	0.01	121.15	713.69	248.01	1187.58

C U A D R O No. 9 a  
 PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN TRATAMIENTO  
 CON COBERTURA MUERTA

Año de 1954  
 Kilos por Hectárea.

M E S E S	Nitrogeno mineral	Nitrogeno organico	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	11.54	0.55	Trazas	9.23	21.01	7.83	50.16
Febrero	35.04	3.18	Trazas	28.75	77.27	35.17	179.41
Marzo	38.29	0.45	0.01	22.31	60.36	29.83	151.25
Abril	45.52	1.78	0.01	26.08	93.48	35.46	202.33
Mayo	43.24	3.13	Trazas	29.18	108.24	56.14	239.93
Junio	34.60	1.30	0.04	19.03	74.91	16.57	146.45
Julio	27.47	3.20	Trazas	21.04	86.34	34.60	172.65
Agosto	14.12	1.06		10.60	40.86	14.30	80.94
Septiembre	18.92	1.15	Trazas	14.29	52.45	15.50	102.31
Octubre	35.70	2.03	0.01	28.47	107.01	36.81	210.03
Noviembre	28.29	2.84	Trazas	20.44	82.93	42.67	177.17
Diciembre	20.78	2.85	Trazas	22.51	82.48	31.04	159.66
Totales	353.51	23.52	0.07	251.93	887.34	355.92	1872.29

CUADRO No. 10  
 PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN EL TRATAMIENTO  
 CON COBERTURA VIVA DE AÑIL RASTRERO

Año de 1955  
 Kilos por Hectárea.

M E S E S	Nitrogeno mineral	Nitrogeno organico	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	0.65	0.11	Trazas	3.52	24.87	7.91	37.06
Febrero	5.73	1.25	0.02	6.87	40.24	12.07	66.18
Marzo	15.86	3.93	0.01	15.06	91.05	26.88	152.79
Abril	23.04	4.49	0.03	10.95	105.53	47.85	191.89
Mayo	13.58	1.50	0.01	5.84	55.26	13.52	89.71
Junio	11.28	1.86	0.01	3.31	43.93	5.61	66.00
Julio	9.90	1.68	Trazas	5.67	69.89	6.90	94.04
Agosto	9.57	1.24	Trazas	4.06	62.55	6.10	83.52
Septiembre	2.66	0.47	Trazas	2.71	37.37	3.06	46.27
Octubre	10.10	4.56	Trazas	5.16	83.69	5.79	109.30
Noviembre	5.91	2.30	Trazas	6.31	79.73	9.51	103.76
Diciembre	2.18	2.95	0.02	8.61	92.72	8.91	115.39
Totales	110.46	26.34	0.10	78.07	786.83	154.11	1155.91



CUADRO No. 10 a  
 PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN EL TRATAMIENTO  
 CON COBERTURA MUERTA

Año de 1955  
 Kilos por Hectárea.

M E S E S	Nitrogeno mineral	Nitrogeno organico	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	6.89	0.57	—	9.46	36.05	13.09	66.06
Febrero	17.88	1.40	—	11.95	48.29	15.83	95.35
Marzo	36.68	5.08	0.04	24.96	102.04	29.95	198.75
Abril	45.60	6.22	0.05	20.48	139.47	69.09	280.91
Mayo	25.50	1.87	0.12	10.94	61.39	16.16	115.98
Junio	17.96	2.36	Trazas	8.47	49.51	5.94	84.24
Julio	25.39	1.83	Trazas	14.52	68.26	7.66	117.66
Agosto	21.67	1.51	Trazas	12.99	53.44	7.39	102.00
Septiembre	11.31	1.29	Trazas	8.55	36.41	3.82	61.38
Octubre	23.10	1.99	—	14.41	63.05	6.87	109.42
Noviembre	26.68	2.46	0.01	16.05	73.29	10.97	129.46
Diciembre	31.74	3.22	—	19.89	76.70	12.32	143.87
Totales	290.40	29.80	0.22	172.67	812.90	199.09	1505.08

CUADRO No. 11

PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN EL TRATAMIENTO  
CON COBERTURA VIVA DE AÑIL RASTRERO

Año de 1956.  
Kilos por Hectárea

M E S E S	Nitrógeno mineral	Nitrógeno orgánico	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	2.14	2.28	Trazas	5.88	78.17	6.96	95.43
Febrero	0.57	1.40	0.04	2.31	33.70	2.57	40.59
Marzo	0.83	3.64	Trazas	6.63	81.70	8.96	101.76
Abril	0.02	0.42		3.78	108.44	5.09	117.75
Mayo	0.94	2.52		5.67	92.48	6.19	107.80
Junio	1.81	2.34		5.30	60.62	5.04	75.11
Julio	0.03	0.27		0.63	14.45	0.84	16.22
Agosto	0.09	0.53	Trazas	1.28	24.61	2.08	28.59
Septiembre	0.89	1.00	Trazas	2.45	42.53	2.99	49.86
Octubre	0.31	7.77		5.64	108.69	8.22	130.63
Noviembre	0.17	1.73		2.92	45.85	3.94	54.61
Diciembre	0.40	0.50	0.25	3.24	37.22	3.08	44.69
Totales	8.20	24.40	0.29	45.73	728.46	55.96	863.04

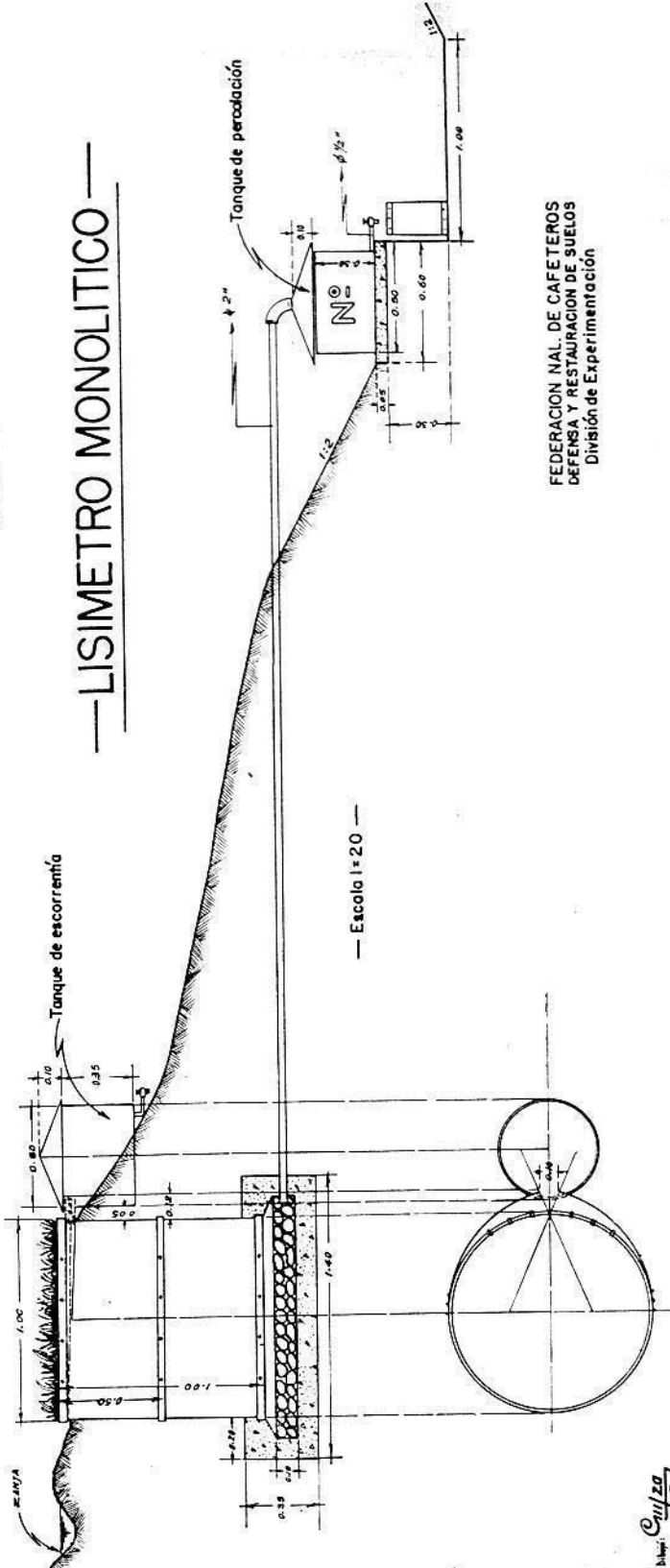
CUADRO No. 11 a  
**PERDIDAS DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN LAS AGUAS DE PERCOLACION EN EL TRATAMIENTO  
 CON COBERTURA MUERTA**

Año de 1956  
 Kilos por Hectarea.

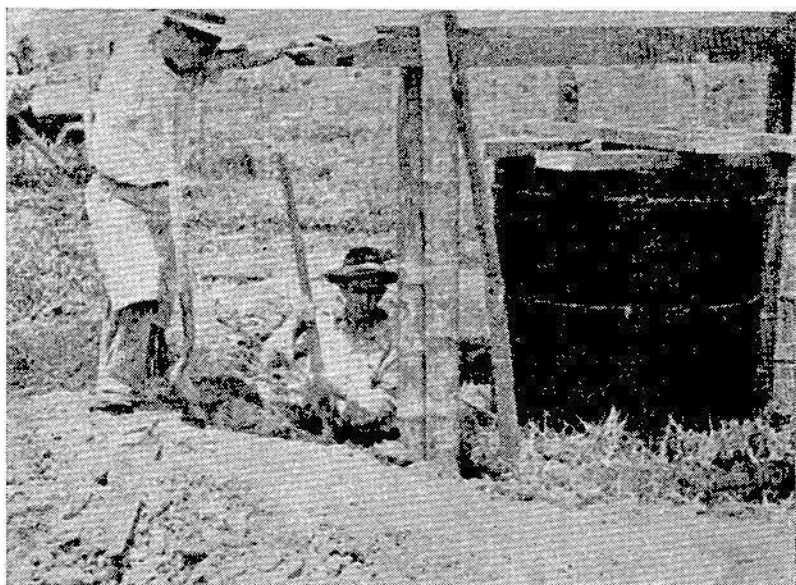
M E S E S	Nitrógeno mineral	Nitrógeno orgánico	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Elementos Totales
Enero	23.58	2.19	Trazas	13.07	60.75	8.85	108.44
Febrero	15.74	1.64	0.05	8.72	35.60	4.41	66.16
Marzo	28.71	3.86	0.01	17.41	65.17	11.40	126.56
Abril	13.66	3.62	0.06	10.24	43.44	7.03	78.05
Mayo	15.72	2.52	—	14.78	70.11	7.34	110.47
Junio	13.46	3.15	—	11.26	47.66	6.69	82.22
Julio	5.94	1.09	—	5.77	22.11	2.41	37.32
Agosto	19.64	1.80	0.01	11.16	38.21	5.63	76.45
Septiembre	23.87	2.18	0.01	10.35	36.33	5.35	78.09
Octubre	51.78	7.74	0.01	19.81	80.29	9.91	169.54
Noviembre	29.48	2.35	—	11.87	42.86	6.81	93.37
Diciembre	29.70	1.11	—	13.23	37.86	6.68	88.58
Totales	271.28	33.25	0.15	147.67	580.39	82.51	1115.25

FIGURA Nº 1

# — LISIMETRO MONOLITICO —



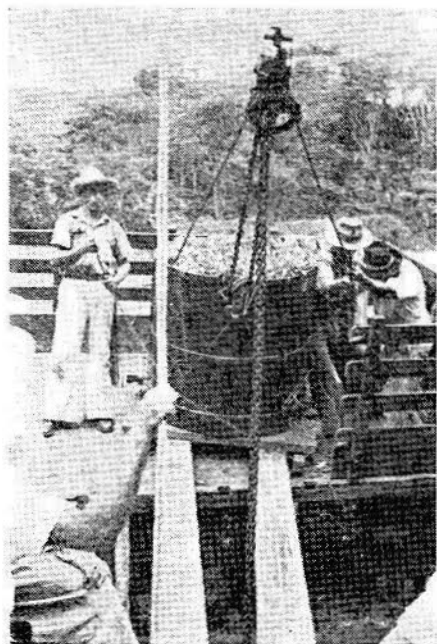
FEDERACION NAL. DE CAFETEROS  
DEFENSA Y RESTAURACION DE SUELOS  
División de Experimentación



Aspecto de la instalación de un lisímetro. Colocación de un cilindro metálico en el sitio de donde van a sacarse los bloques



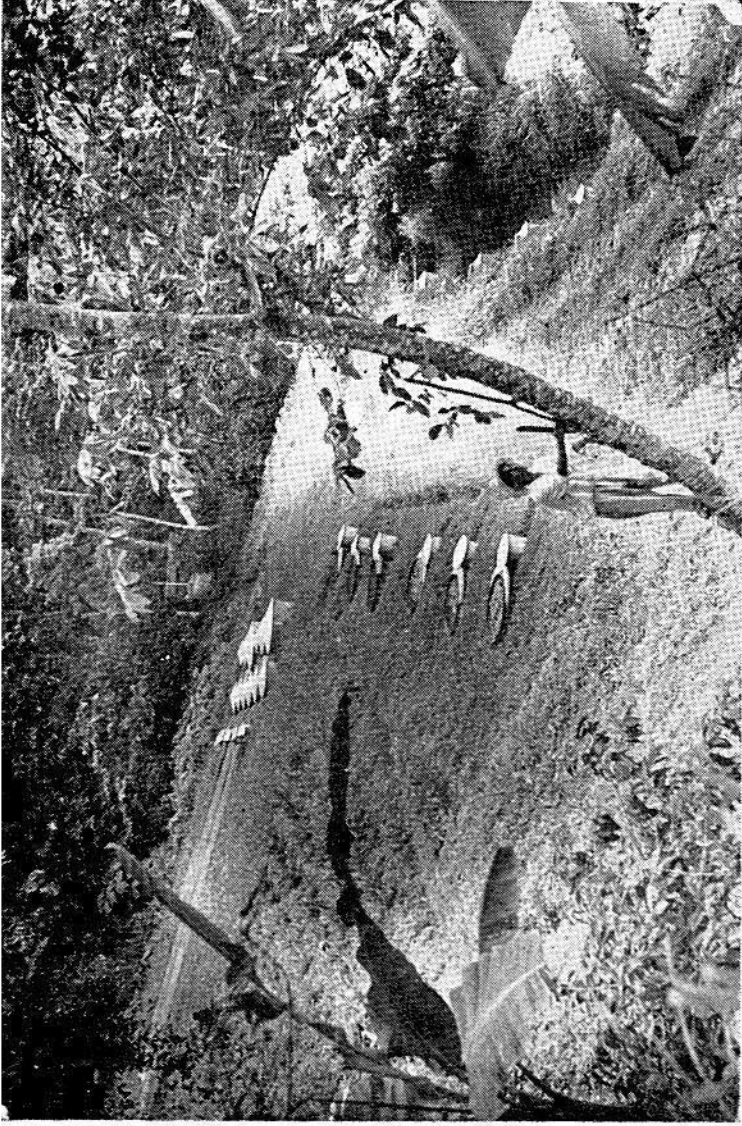
Forma de enterrar los cilindros metálicos con ayuda de gatos hidráulicos.



Bloque de suelo en el momento de levantarlo con un diferencial para colocarlo en un camión. Cada bloque pesa más de una tonelada.



Aspecto de un lisímetro del tratamiento *Suelo con Cobertura Muerta*. Los cables que salen del lisímetro están conectados a los bloques de nylon, con ayuda de los cuales se determina la humedad del suelo.



Panorámica de los 6 lisímetros monolíticos analizados en este estudio. Obsérvense al lado izquierdo de la fotografía los tanques en donde se recogen las aguas de percolación de los lisímetros. Al fondo: predios de escorrentía.