

ANALIZADO - 24.10.92

2012

MINISTERIO DE AGRICULTURA



SUBGERENCIA DE DESARROLLO RURAL
División de Asistencia Técnica Estatal Agropecuaria

LOS FACTORES INMODIFICABLES DE LA PRODUCCION EN RELACION CON EL AJUSTE TECNOLOGICO

Carlos Ariel Tarazona B.

INFORME TECNICO No. 48

TIBAITATA, MAYO 1982

3212
2.02.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO
SUBGERENCIA DE DESARROLLO RURAL
DIVISION DE ASISTENCIA TECNICA ESTATAL AGROPECUARIA

✓
LOS FACTORES INMODIFICABLES DE LA PRODUCCION EN
RELACION CON EL AJUSTE TECNOLOGICO

✓
Carlos Ariel Tarazona B.
I.A., M.S., División ATEA

Tibaitatá, Mayo 1982

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. ALGUNOS CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL CLIMA Y EL SUELO	2
2.1. EL FACTOR CLIMA	2
2.1.1. La Temperatura	8
2.1.2. La Precipitación	11
2.1.3. La Evapotranspiración	13
2.2. EL FACTOR SUELO	19
2.2.1. Algunas Características Físicas de los Suelos	19
2.2.1.1. La Capacidad de Retención de Humedad del Suelo	20
2.2.1.2. La Textura del Suelo	22
2.2.1.3. Densidad Aparente y Real	24
2.2.1.4. La Estructura	29
2.2.1.5. La Permeabilidad	29
2.2.1.6. La Infiltración	29

	Página
2.2.1.7. La Profundidad del Suelo	30
2.2.1.8. El Color del Suelo	31
2.2.2. Características Químicas del Suelo	31
3. FUENTES ADICIONALES DE INFORMACION	33
3.1. FUENTES CON RESPECTO AL CLIMA	33
3.2. FUENTES ADICIONALES DE INFORMACION DE SUELOS	41
4. RESUMEN Y CONCLUSIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.	Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. Tomado de Lotero (7). Por: L.R.Holdridge.	6
2.	Corte esquemático de las Cordilleras Colombianas. Equivalencia de los pisos de Holdridge con la denominación común de las zonas.	7
3.	Pisos térmicos de Colombia.	9
4.	Las lluvias y las temperaturas en Colombia.	12
5.	Comparación de la curva de precipitación media con las de evapotranspiración de la papa, para diferentes fechas de siembra en el CNIA Tibaitatá. Tomado de Olmos (9).	18
6.	Curvas características de humedad. Tomado de Rey (10)	21
7.	Clases de agua del suelo y su disponibilidad para dos tipos de suelos. Tomado de Rey (10).	23
8.	Identificación textural del municipio de Cáqueza. Tomado de Ojeda (8).	25
9.	Curvas de tensión de humedad para los suelos arcillosos y franco arcillosos en la Zona de Cáqueza. Fuente. Referencia Bibliográfica No. 8.	26

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Formaciones vegetales de Colombia. Tomada de Lotero (7)	3
2. Valores mensuales y anuales (1951-1973) de la evapotranspiración potencial media en Colombia, calculados según el método de C.T. Thornthwaite.	15
3. Porcentaje de humedad en base a volumen, a las tensiones de 1/10, 1 y 15 bares, para los suelos estudiados (Cáqueza). Tomada de Ojeda (8).	27
4. Niveles críticos generales del contenido de Materia Orgánica (M.O.), Fósforo (P) y Potasio (K) en los suelos de diferentes regiones de Colombia, para varios cultivos. Tomada de ICA (2).	34
5. Distribución porcentual de los valores de pH, Materia Orgánica (M.O.), Fósforo (P) y Potasio (K) y de la relación Ca/Mg en los suelos de las regiones naturales de Colombia. Tomada de ICA (2).	38

1. INTRODUCCION

Se ha encontrado que entre las variables de tipo inmodificable relacionadas con el clima y suelo y las variables de tipo modificable hay interacciones que influyen sensiblemente en los rendimientos de los cultivos. De ahí que un mejor conocimiento de tales variables puede contribuir a precisar los diferentes sistemas de producción existentes, por una parte, y a explicar los resultados obtenidos en las actividades de ajuste tecnológico, por otra. Dentro de los factores climáticos de mayor influencia en la producción y productividad de las especies cultivadas se citan la precipitación, la temperatura, el brillo solar, la evaporación y la evotranspiración; dentro de los aspectos edáficos, la geomorfología y las propiedades físicas y químicas de los suelos.

Aunque no todos estos factores son de fácil medición y determinación, a nivel de campo existen para los extensionistas maneras de lograr en forma sencilla el conocimiento y medición de por lo menos algunos de ellos, además de publicaciones y estudios realizados por diferentes organismos extranjeros y nacionales como el Instituto Colombiano de Meteorología, Hidrología y Adecuación de Tierras (HIMAT) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a los cuales el extensionista tiene fácil acceso y que pueden mejorar los conocimientos acerca del agrosistema. Este trabajo trata de hacer un refrescamiento rápido de algunos conceptos agroclimáticos y de las fuentes de información disponibles al respecto.

2. ALGUNOS CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL CLIMA Y EL SUELO

2.1. EL FACTOR CLIMA .

Se ha dicho que "Clima de un lugar" es la situación atmosférica imaginaria que en un momento dado reinaría en él, si la temperatura, la humedad del aire, el viento y los demás elementos meteorológicos tomaran precisamente los valores medios de la temperatura, de la humedad, del viento etc., observados durante cierto período de años, lo más largo posible (7).

Dentro de los factores climáticos que más influyen en el crecimiento y desarrollo de la vegetación en general y de los cultivos en particular se tienen la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración. Con base en estos factores Holdrige propuso uno de los sistemas de clasificación de vegetación y clima más aceptados en el mundo, el cual distingue Formaciones Ecológicas o Zonas de Vida (IGAC, 5). Para este sistema la definición de formación es: " un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división de clima, las cuales, tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, tienen una fisonomía similar en cualquier parte del mundo". Las principales formaciones que se encuentran en Colombia y su extensión se incluyen en la Tabla 1. Dicha tabla, junto con la gráfica que se ilustra en la Figura 1, puede dar una mejor idea a los extensionistas sobre las formaciones ecológicas posiblemente existentes en sus áreas de influencia (5). Es decir, conociendo

TABLA 1. Formaciones Vegetales de Colombia. Tomada de Lotero (7).

Formación Vegetal (Formación Ecológica)	Extensión Ha	Tem. Media °C	Precipita- ción mm	Altura msnm
Matorral desértico sub-tropical, md-ST	434.750	> 24	125- 250	0 - 1.000
Monte espinoso sub-tropical, me-ST	563.775	> 24	250- 500	0 - 1.000
Bosque muy seco tropical, bms-T	365.725	> 24	500- 1.000	0 - 1.000
Bosque seco tropical, bs-T	11.432.642	> 24	1.000- 2.000	0 - 1.100
Bosque húmedo tropical, bs-T	25.338.399	> 24	2.000- 4.000	0 - 1.000
Bosque muy húmedo tropical, bmh-T	12.461.331	> 24	4.000- 8.000	0 - 1.000
Bosque pluvial tropical, bp-T	1.202.500	> 24	8.000	0 - 1.000
Monte espinoso premontano, me-PM	11.583	< 24	250- 500	800 - 2.000
Bosque seco premontano, bs-PM	377.147	< 24	500- 1.000	800 - 2.100
Bosque Húmedo premontano, bh-PM	2.839.748	18-24	1.000- 2.000	900 - 2.100

TABLA 1 (continuación)

Formación Vegetal (Formación Ecológica)	Extensión Ha	Tem. Media oC	Precipita- ción mm	Altura msnm
Bosque muy húmedo premontano, bmh-PM	4.763.493	17-24	2.000 - 4.000	1.000 - 2.000
Bosque pluvial premontano, bp-PM	3.051.162		4.000	1.000 - 2.000
Bosque seco montano bajo, bs-MB	864-249	12-18	500 - 1.000	2.000 - 3.000
Bosque húmedo montano bajo, bh-MB	858.478	12-18	1.000 - 2.000	1.900 - 2.900
Bosque muy húmedo montano bajo, bmh-MB	4.637.243	12-18	2.000 - 4.000	1.800 - 2.800
Bosque pluvial montano bajo, bp-MB	1.416.705	12-18	> 4.000	2.000 - 3.000
Bosque húmedo montano, bh-M	570.478	6-12	500 - 1.000	3.000 - 4.000
Bosque muy húmedo montano, bmh-M	772.188	6-12	1.000 - 2.000	2.700 - 2.900
Bosque pluvial montano, bp-M	1.413.245	6-12	2.000 -	2.700 - 2.900
Páramo subalpino	25.790	3-6	500 - 1.000	4.000
Tundra pluvial alpina y páramo pluvial alpino	176.925	6	500 - 2.000	> 4.000

los datos de precipitación, temperatura media y altura sobre el nivel del mar de una localidad, ésta se puede clasificar dentro de las formaciones ecológicas preestablecidas; o viceversa, si se conoce la formación vegetal se deducen fácilmente la temperatura, altura y precipitación del lugar.

Las principales formaciones que se encuentran en Colombia están marcadas con un asterisco. El bosque seco tropical se encuentra en regiones como gran parte de la Llanura del Caribe, Valles del Cauca, Sinú y Alto Magdalena. En la clasificación bosque húmedo tropical se encuentra el Magdalena Medio, gran parte de Urabá, Llanos Orientales y Amazonas. El bosque muy húmedo tropical predomina en la Costa del Pacífico y parte del Urabá y en general está asociado con el bosque húmedo tropical. Los bosques húmedo premontano y muy húmedo premontano se encuentran en casi toda la zona cafetera del país. El bosque seco montano se encuentra en la Sabana de Bogotá y los altiplanos de Boyacá y Nariño. Los bosques húmedo montano bajo y muy húmedo montano bajo se encuentran en el altiplano de Rionegro (Antioquia), el altiplano norte de Antioquia y algunas zonas de Boyacá y Nariño. Para el caso de Colombia, la Figura 2 ayuda a comprender mejor las relaciones entre el clima y las formaciones ecológicas.

En el clima cálido piso tropical las formaciones ecológicas más importantes son: bosque muy seco tropical, bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical y bosque pluvial tropical. En el clima templado o medio las formaciones ecológicas más importantes son: bosque seco premontano, bosque húmedo

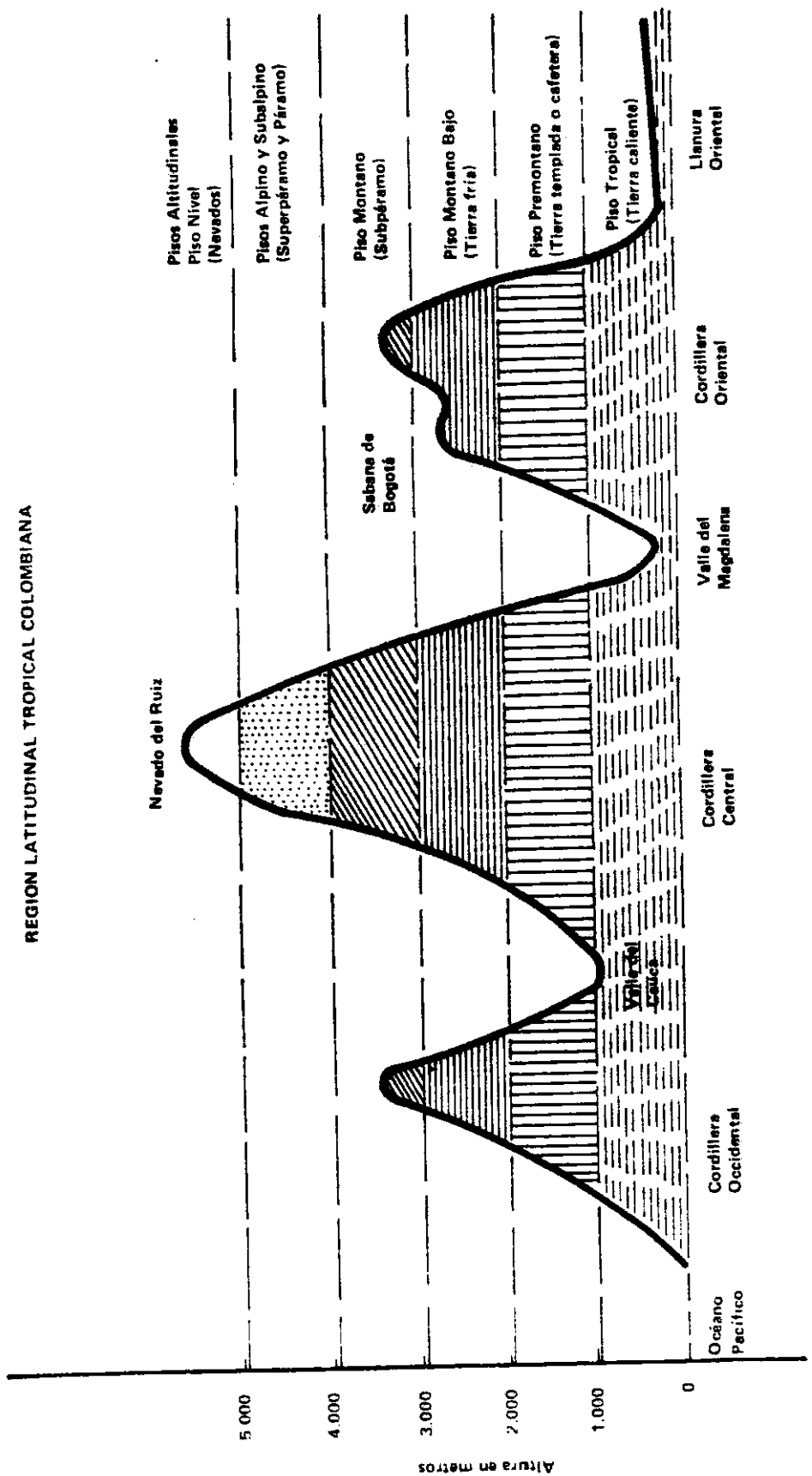


FIGURA 2. Corte esquemático de las Cordilleras Colombianas. Equivalencia de los pisos de Holdridge con la denominación común de las zonas.

premontano y muy húmedo premontano. En el clima frío, las formaciones ecológicas más importantes son: bosque seco montano bajo, húmedo montano bajo y muy húmedo montano bajo. En el páramo la formación más importante es el bosque húmedo montano.

2.1.1. La Temperatura.

En las plantas superiores el rango de temperatura adecuado está entre 10 y 40°C. Es decir, por debajo de 10 y por encima de 40 el crecimiento se reduce drásticamente. La gran variedad climática existente en el país está determinada por la diversidad de relieves comprendidos desde el nivel del mar hasta más de 5000 metros de altitud. La temperatura es uniforme durante todo el año; no existen estaciones térmicas, pero en cambio son grandes las variaciones entre temperaturas máximas y mínimas en un día. La superficie del país se divide en cuatro pisos térmicos: cálido, medio, frío y páramo como se observa en la Figura 3. El piso térmico cálido comprende temperaturas superiores a 24°C y se encuentra en alturas inferiores a 1000 msnm; cubre aproximadamente el 80% del país y se localiza en las llanuras costeras del Caribe y del Pacífico, en los Valles del Magdalena, Cauca, César, Caquetá, Patía y otros y en las extensas regiones de la Orinoquia y la Amazonia. El piso medio o templado cubre el 10% del territorio nacional; se ubica en alturas de 1000 a 2000 msnm; comprende temperaturas entre 17 y 14°C y se localiza principalmente en la vertiente de las Cordilleras. El piso térmico frío va de los 2000 a 3000 m de altura, con temperaturas de 12 a 17°C; cubre el 8% del territorio y se localiza en la parte alta de las Cordilleras. El piso térmico páramo com-

prende las tierras situadas a más de 3000 m con temperaturas inferiores a 12°C; se localiza en las cimas de las montañas; se distinguen dentro de él las zonas de nieves perpetuas.

Sobre una gran parte del territorio Colombiano, principalmente al norte de la línea Ecuatorial, predomina el viento como componente del este (alisios), el cual influye sobre el régimen climático de la mayoría de las regiones del país, especialmente en los Llanos Orientales, la Guajira y los Valles Interandinos. Cuando el viento escala los sistemas montañosos de la Cordillera Oriental determina en su camino ascendente precipitaciones máximas sobre la ladera expuesta (Barlovento). Al bajar por la falda occidental el aire se calienta adiabáticamente y llega como viento relativamente caliente y seco a las partes bajas del Valle del Magdalena. Esta es una de las razones que explica por qué los grandes Valles Interiores son generalmente más cálidos que el resto del país.

Se ha determinado que la temperatura media mensual y anual disminuye con la elevación a razón aproximada de 0,6 a 0,65°C por cada 100 metros, apartándose del gradiente teórico sólo por factores orográficos. Se ha sugerido, en vista de la alta correlación que existe entre altura sobre el nivel del mar y temperatura, una fórmula que permite estimar la temperatura de un lugar, a falta de datos meteorológicos. Es la siguiente:

$$T = 30^{\circ}\text{C} - 0.006 h$$

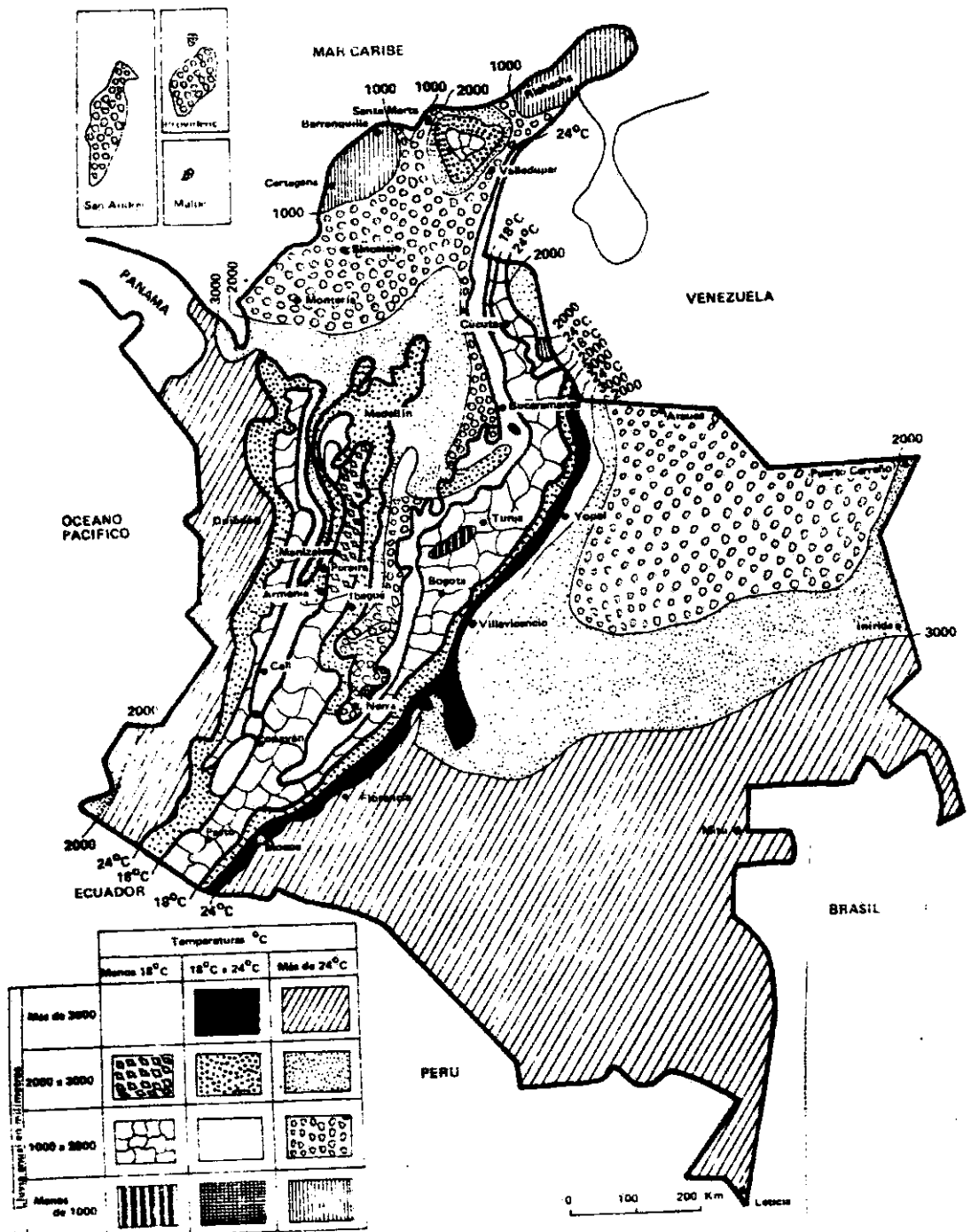
Donde T es temperatura en grados centígrados y h es la altura en metros so-

bre el nivel del mar.

2.1.2. La Precipitación.

La precipitación de cualquier lugar del país está determinada principalmente por la situación de la mayor parte del territorio nacional, al norte del Ecuador climático, así como también por la temperatura, vientos, altitud, relieve etc. (véase Figura 4). Los vientos que soplan en el país son los alisios del Nor-este y del Sur-este. Los del Nor-este determinan las épocas secas, cuando alcanzan una mayor penetración en el Continente (diciembre a marzo); los del Sur-este predominan en la parte más oriental del país. En cuanto a la humedad atmosférica, por la localización del país entre dos Océanos, la presencia de grandes y caudalosos ríos, ciénagas y lagunas, el régimen de lluvia, la ubicación inter-tropical y otras condiciones geográficas, algunas regiones del país como la Llanura del Pacífico, la selva Amazónica, los márgenes del Orinoco, el Piedemonte Llano y la parte media del Magdalena tienen humedad permanente entre 75 y 90%. Existen zonas donde la humedad es alta en épocas de lluvias y disminuye a un 65% cuando cesan, fenómeno que se presenta en la Sabana de Bogotá, el Valle del Cauca y otros lugares; en la península de la Guajira la humedad es del 70% a causa de la proximidad al mar.

La precipitación puede ser clasificada de acuerdo a su intensidad en la siguiente forma:



Nota: En Colombia se representan lluvias por encima de los 3000 mm en zonas con temperaturas inferiores a 18°C

Tercero de El Atlas Básico de Colombia, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"

FIGURA 4. Las lluvias y las temperaturas en Colombia.

Suave	:	6	mm/hora
Media	:	6-12	mm/hora
Fuerte	:	12-50	mm/hora
Severa	:	más de 50	mm/hora

2.1.3. La Evapotranspiración.

El término evapotranspiración agrupa el consumo de agua por evaporación en el suelo y en la superficie, mas las pérdidas por transpiración de las plantas. Este término no incluye el agua consumida en la formación de los tejidos vegetales. En general se acepta que evapotranspiración y uso consuntivo son sinónimos. La evapotranspiración potencial se define como aquella que tendría lugar en una vegetación de escasa altura en activo crecimiento que cubriera íntegramente el terreno y donde no hubiera restricción de humedad edáfica.

Las plantas absorben grandes cantidades de agua. Por cada kilogramo de materia seca producida, los requerimientos de agua de una planta varían entre 200 y 1000 k ; los requerimientos de agua para los cultivos varían mucho de uno a otro. Algunos necesitan más agua en las fases iniciales del período vegetativo, mientras que otros la requieren en etapas más avanzadas.

Se han determinado diferentes métodos y fórmulas para medir la evapotranspiración; sin embargo, los más utilizados están basados en datos climáticos.

Entre estos, el de mayor aplicación es el de Thornthwaite (6), cuya fórmula es como sigue:

$$E_{tp} = 0,53 \left(\frac{10 T}{I} \right)^a$$

Donde:

E_{tp} = Evapotranspiración media diaria en mm

$$I = 12 \left(\frac{T_{\text{anual}}}{5} \right)^{1.514}$$

T = Temperatura media mensual

$$a = \text{Exponente} = (6.8 \times 10^{-9}) I^3 - (771 \times 10^{-7}) I^2 + (179 \times 10^{-4}) I + 0,492$$

Basado en la fórmula anterior, el HIMAT calculó valores mensuales y anuales de evapotranspiración media en Colombia, utilizando los datos de las estaciones meteorológicas, conforme se ve en la Tabla 2, a manera de ejemplo. Estos datos podrían dar una idea aproximada de la evapotranspiración en cualquier área que esté dentro del radio de cobertura de la estación correspondiente. Por otra parte Hargreaves, según lo expresa Olmos (9), ha desarrollado una fórmula que considera la evaporación de un tanque Clase A (evaporímetro) como índice climático, además de un factor de crecimiento; su expresión es:

$$EF = KEv$$

EF = Evapotranspiración potencial

E_v = Evaporación en mm

K = Coeficiente de uso consuntivo adimensional

El coeficiente de uso consuntivo está definido por la relación entre la evapotranspiración potencial (EF) y la evaporación medida en un tanque Clase A. La relación media $\frac{EF}{EV} = 0,75$ se encontró para las condiciones del trópico (9). El proceso inverso al agotamiento de la humedad edáfica por evapotranspiración lo constituye el " aporte hídrico" por diversos conceptos: precipitación, ascenso del agua por capilaridad y condensación del vapor acuoso. El movimiento del agua como vapor acuoso en la rizoosfera es de escasa importancia, e igualmente el de capilaridad; luego el aporte hídrico es básicamente la precipitación. Entonces, conociendo la precipitación y la evapotranspiración se plantea el balance hídrico, asumiendo una capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Dado que el balance hídrico de un área y la necesidad de riego de un cultivo pueden calcularse para diferentes intervalos de tiempo y con datos medios de diferentes series de registros y capacidades de almacenamiento de agua en el suelo es posible detectar mediante este análisis necesidades permanentes de riego (riego integral) o necesidades temporales (riego suplementario o eventual).

En términos generales se puede estimar la capacidad de almacenamiento de agua de un suelo en la zona radicular de las plantas por medio de la siguiente expresión (10):

$$(1) \quad PV = Pw \times Da \times Pr.$$

Donde:

- Pv = % de agua en volumen en la zona radicular
- Pw = % de agua en base seca
- Da = Densidad aparente del suelo

P_r = Profundidad efectiva del sistema radicular del cultivo.

la expresión (1) multiplicada por el área que se va a irrigar y por un factor de agotamiento que depende del uso consuntivo de cada planta daría el volumen de agua que debe aplicarse. De igual manera de la expresión (1) es posible estimar el contenido de humedad del suelo conociendo la precipitación media mensual expresada en cm.

$$\text{Precipitación (cm)} = P_w \times D_a \times P_r$$

Dicho contenido de humedad guarda relación con la capacidad de campo y el punto de marchitamiento y da idea al técnico sobre las situaciones de déficit y exceso de agua durante un período.

Olmos (9) elaboró estudios de balance hídrico para varios cultivos en el CNIA "Tibaitatá" y a manera de ejemplo se presentan las curvas de déficit y exceso de agua para el cultivo de papa teniendo en cuenta los coeficientes de uso consuntivo elaborados por Hargreaves y mediante los registros de evaporación media mensual, que permitieron calcular la evapotranspiración como se observa en la Figura 3. Se concluye del estudio de la gráfica que no puede hablarse de períodos de déficit para el cultivo en condiciones medias, pues cuando éstos se presentan, las plantas ya han alcanzado su desarrollo foliar total y entran en su fase de maduración. Se presentan períodos de exceso y los más riesgosos se dan cuando la siembra se efectúa hacia el 15 de marzo o en las fechas escogidas en el segundo semestre, lo anterior en razón a las altas precipitaciones

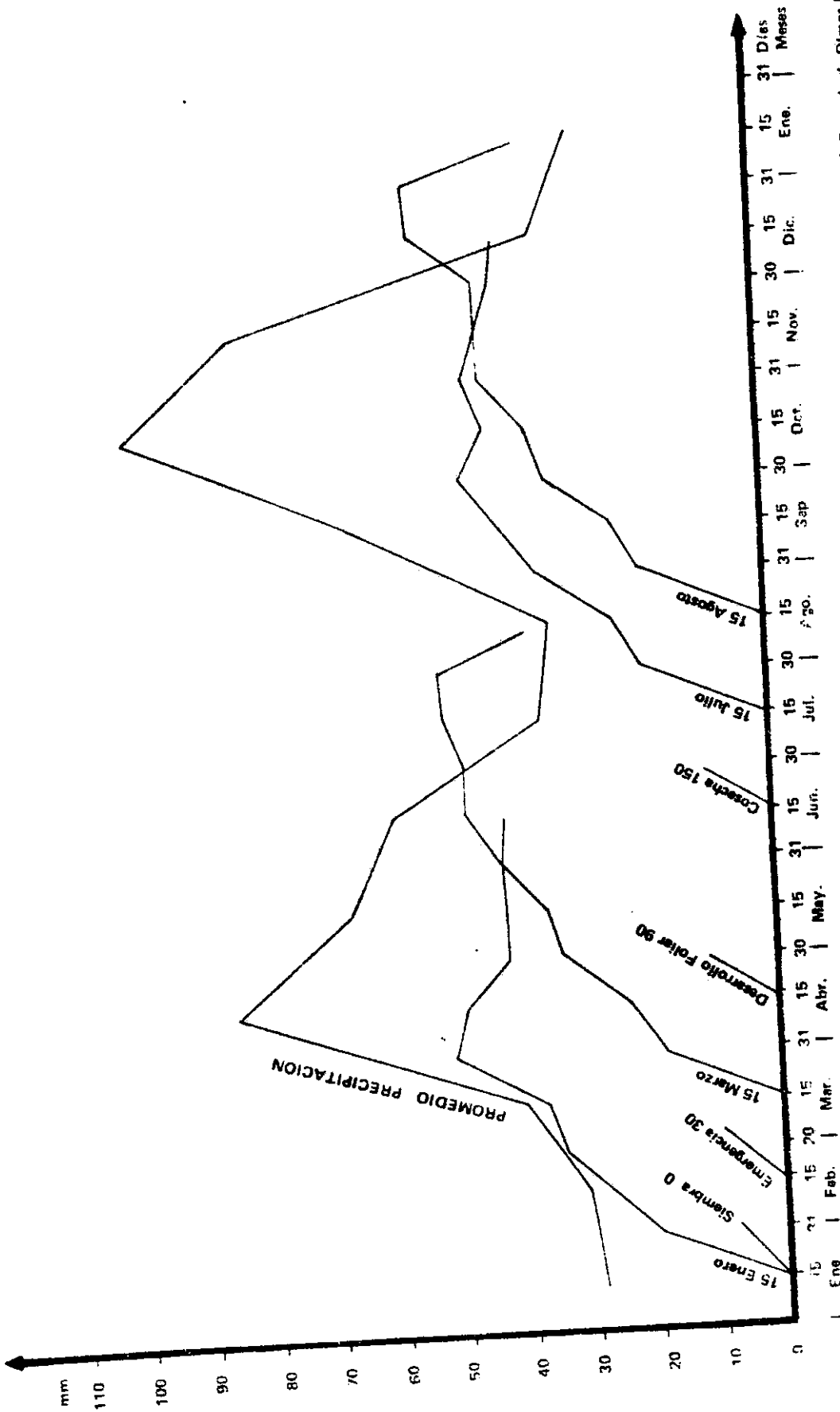


FIGURA 5. Comparación de la curva de precipitación media con las de evapotranspiración de la papa, para diferentes fechas de siembra en el CNIA Tibaitatá Tomado de Olmos (9).

esperadas.

2.2. EL FACTOR SUELO .

Con respecto al factor suelo se deben considerar las variables de tipo modificable e inmodificable que se derivan de sus propiedades físicas y químicas y el papel que éstas juegan dentro del agrosistema.

Se han realizado algunos estudios para tratar de medir el efecto de estas variables, entre ellos el de Tobón (11) quien concluyó que la interacción de variables experimentales como N y P con variables de sitio como la profundidad del horizonte A, la topografía y la sequía determinaba la existencia de varios sistemas de producción en la región estudiada. La gran variedad de climas unida a otros factores como el material parental, el relieve o topografía, el tiempo o edad y los organismos (especialmente la vegetación) ha dado como resultado una gran diversidad de suelos, con sus diferentes características físicas, químicas y lógicamente de fertilidad.

2.2.1. Algunas Características Físicas de los Suelos .

Dentro de las características físicas de los suelos revisten especial importancia aquéllas que tienen que ver con la capacidad del suelo para retener la humedad. Dicha capacidad está íntimamente relacionada con la textura, estructura, densidad, permeabilidad, profundidad y tasa de infiltración del suelo, propiedades que se describen brevemente a continuación por considerar que el extensionista debe tenerlas en cuenta y asociarlas con los resultados agronó-

micos obtenidos.

2.2.1.1. La Capacidad de Retención de Humedad del Suelo. El suelo funciona como un depósito capaz de almacenar la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de las plantas. El agua del suelo se clasifica en: agua gravitacional, retenida en los poros de mayor tamaño, se mueve libremente hacia abajo por la acción de la gravedad; agua capilar, retenida en los poros de tamaño reducido y cuyo movimiento se producirá por acción de las fuerzas capilares; agua higroscópica, retenida en la superficie de las partículas, especialmente de los coloides, con movimiento muy restringido, se produce principalmente en forma de vapor de agua y no es disponible para el desarrollo de las plantas.

El agua es retenida en el suelo con una fuerza que hay necesidad de vencer para remover; esta fuerza se conoce con el nombre de "Tensión". La magnitud de la tensión depende de la cantidad de agua presente en el suelo y del tamaño de los poros del suelo, es decir, de la textura. Mientras menor sea el contenido del agua de un suelo, mayor es la tensión con que ésta es retenida. La Figura 6 muestra la variación de la tensión con respecto al contenido de agua para tres tipos de suelo. Claramente se ve que un suelo arcilloso retiene una mayor cantidad de agua que un suelo arenoso a la misma tensión; de igual manera, para un mismo contenido de agua, la tensión es mayor en el suelo arcilloso. La tensión se mide en unidades de presión y generalmente se expresa en términos de atmósferas o bares.

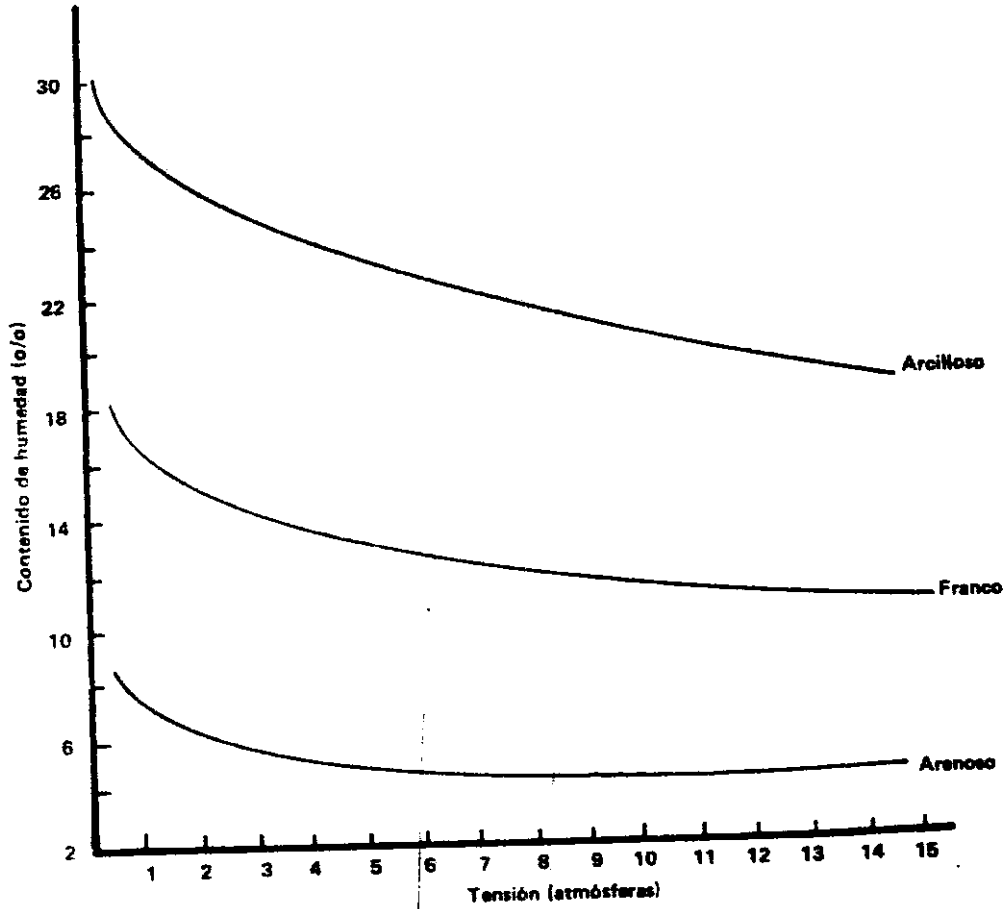


FIGURA 6. Curvas características de humedad. Tomado de Rey (10).

Otro concepto importante es el de "agua disponible". La capacidad de almacenamiento de agua del suelo está definida por la cantidad de agua retenida en el suelo entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitamiento (PMP). La " capacidad de campo" se define como la cantidad de agua que contiene un suelo después que el agua libre (gravitacional) ha drenado o como la máxima cantidad de humedad retenida contra la fuerza de la gravedad.

En estado de capacidad de campo los macroporos están llenos de aire y los microporos de agua. La tensión a capacidad de campo varía entre 0,1 y 0,7 atmósferas. El valor depende de la textura. El punto de marchitamiento permanente es el contenido de humedad del suelo en el cual las plantas no son capaces de obtener el agua necesaria para el proceso de transpiración; se produce marchitez permanente hasta tanto no se riegue. La tensión en el punto de marchitamiento permanente varía entre 7 y 32 atmósferas dependiendo de la textura del suelo, la clase y estado de las plantas, la cantidad de sales solubles y en algún grado del clima. En el rango de tensiones en que se produce la marchitez permanente, la variación en el contenido de humedad es muy pequeña, por lo cual usualmente se emplea el valor de 15 atmósferas para identificar el PMP. La Figura 7 ilustra la relación entre humedad disponible o capacidad de campo y punto de marchitamiento.

2.2.1.2. La Textura del Suelo. Hace relación a la diferente proporción de separados en la fracción mineral del suelo. Los separados se denominan arenas si su tamaño es de 2 a 0,05 mm de diámetro; limos, si el tamaño es de

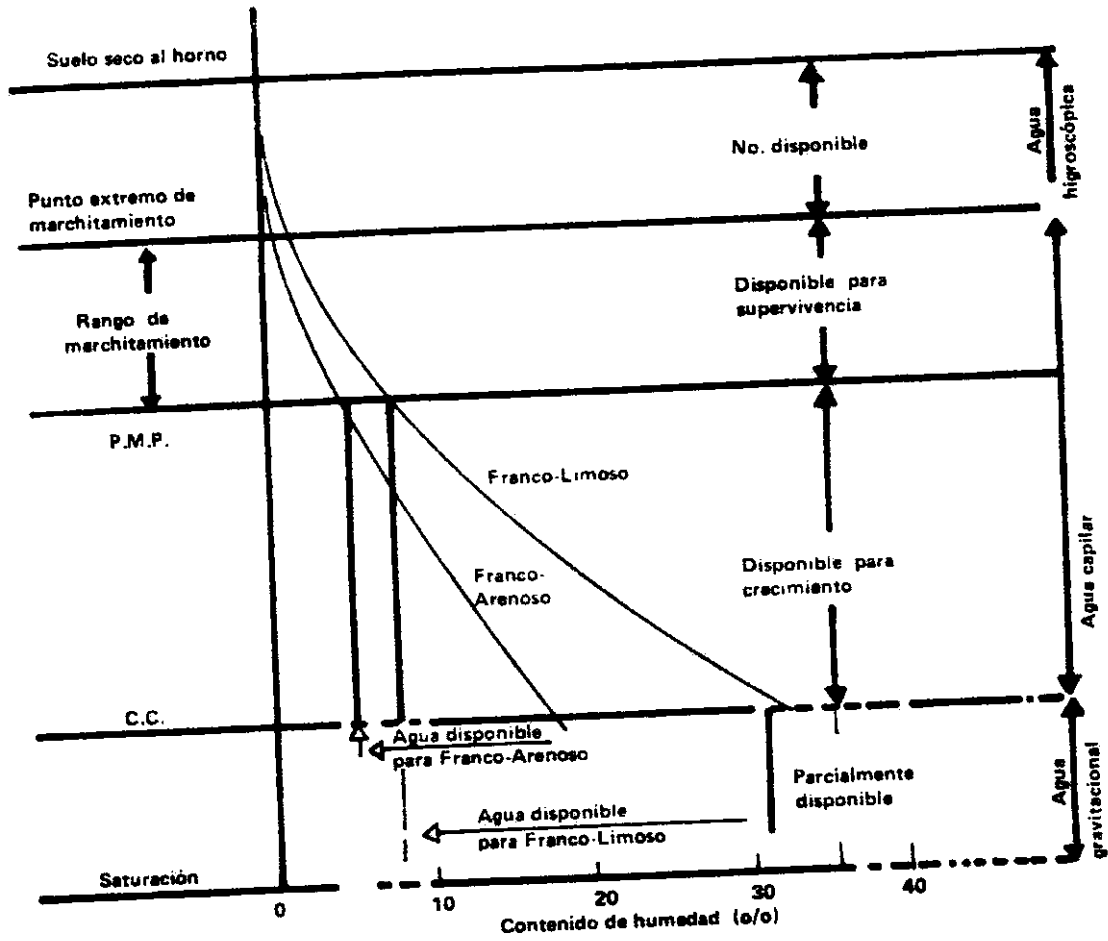


FIGURA 7. Clases de agua del suelo y su disponibilidad para dos tipos de suelos. Tomado de Rey (10).

0,05 a 0,002 mm de diámetro; y arcillas si el tamaño es menor de 0,002 mm de diámetro.

De acuerdo con el separado que domine en el suelo éste recibe un nombre textural. Así, si domina la arena el suelo se llama arenoso o liviano; si domina la arcilla se denomina arcilloso o pesado; y si hay una mezcla adecuada de los tres separados se denomina franco. Entre las propiedades del suelo que están relacionadas con su textura se pueden citar: facilidad de laboreo, susceptibilidad a la erosión, facilidad de germinación de las semillas, penetración de raíces, contenido y retención de nutrientes y contenido y retención de agua. De ahí la importancia de conocer la textura del suelo. Ojeda (8) realizó un estudio de esta naturaleza en Cáqueza como se observa en la Figura 8. Encontró predominio de textura arcillosa en la parte más alta de la región entre la Cota, 1800 msnm, y el Río Cáqueza. Las otras dos texturas se presentan como zonas de transición entre las dos predominantes. Con respecto a la retención de humedad por diferentes texturas de suelo, en la Figura 9 se observa que las curvas de tensión para suelos arcillosos están siempre por encima de las curvas de tensión para suelos franco-arcillosos. La Tabla 3 muestra los valores de humedad para las tensiones estudiadas. El promedio de humedad aprovechable para los primeros 20 cm de profundidad es de 16,29 mm.

2.2.1.3. Densidad Aparente y Real. La densidad aparente, concebida en términos sencillos, es el peso del suelo secado al aire en la unidad de volumen (gm/cm^3), o sea que el suelo incluye el espacio poroso. El valor de la den-

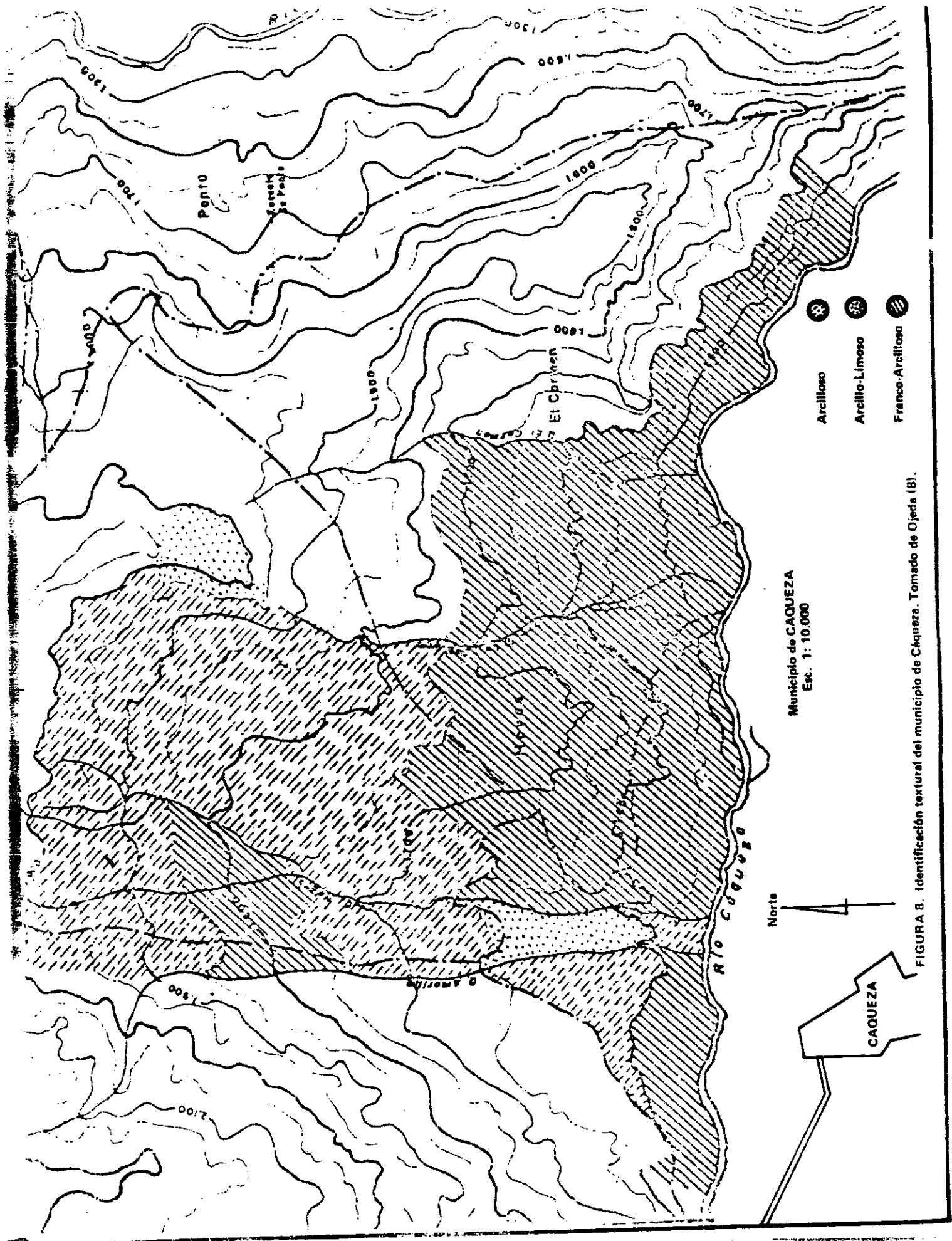


FIGURA 8. Identificación textural del municipio de Caqueza. Tomado de Ojeda (8).

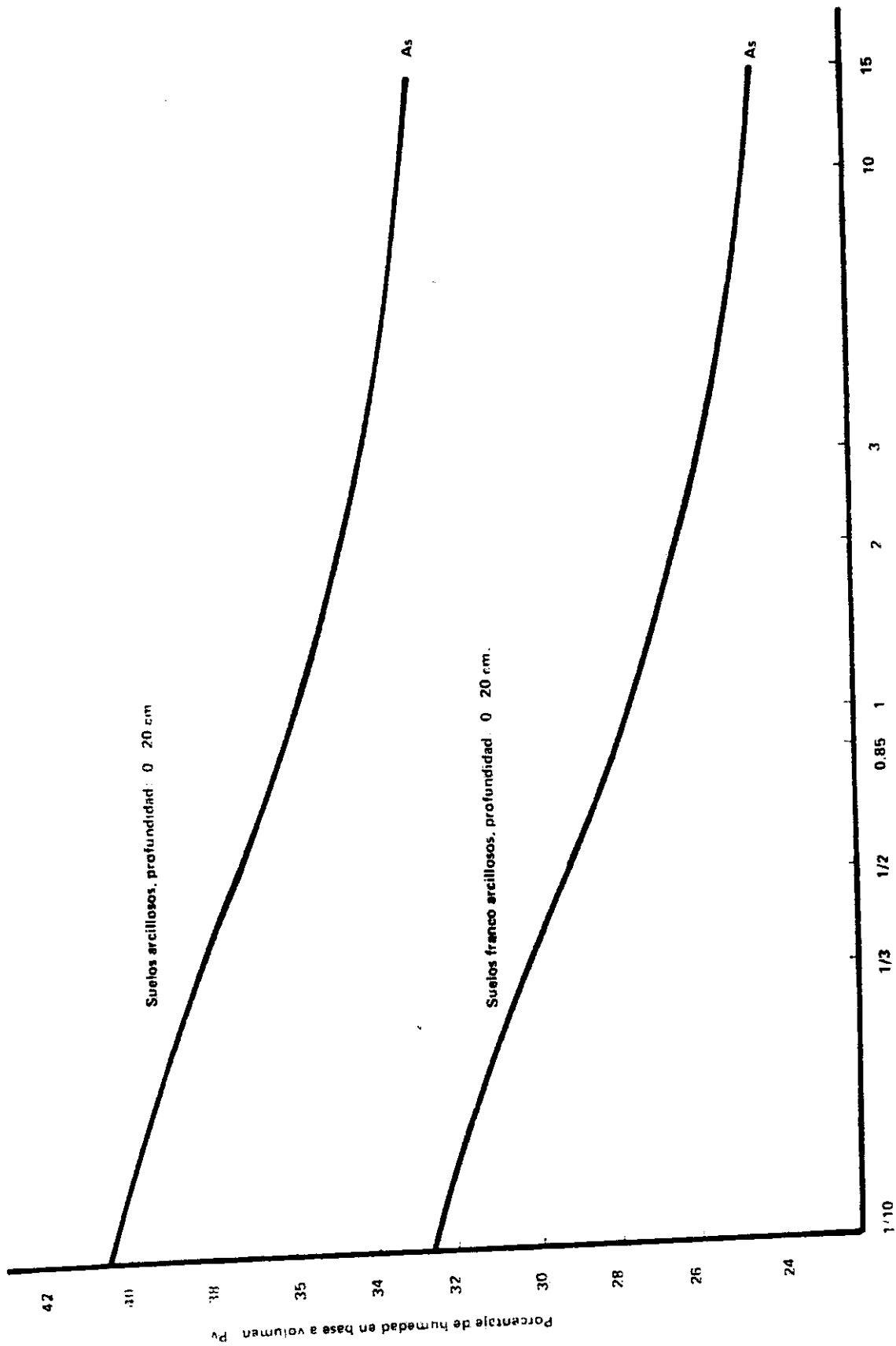


FIGURA 9. Curvas de tensión de humedad para los suelos arcillosos y franco arcillosos en la Zona de Ciénega.

Fuente: Referencia Bibliográfica No. 8.

TABLA 3. Porcentaje de humedad en base a volumen, a las tensiones de 1/10, 1 y 15 bares para los suelos estudiados (Cáqueza). Tomado de Ojeda (8)

Sitio	Suelos Arcillosos			Suelos Franco-arcillosos			
	1/10	1	15	Sitio	1/10	1	15
X 12	43.28	35.75	32.59	X 11	44.76	39.99	35.49
X 21	41.19	36.92	34.09	X 13	31.39	25.85	23.73
X 22	36.47	33.96	30.90	X 33	37.13	33.06	30.60
X 31	46.76	41.52	38.61	X 42	47.24	41.68	34.57
X 32	41.97	37.72	35.99	X 46	27.61	22.74	21.21
X 34	37.25	33.48	29.62	X 49	28.61	23.87	21.85
X 41	32.56	28.73	23.76	X 411	44.76	39.99	35.49
X 43	57.14	48.54	44.98	X 51	29.34	25.90	22.05
X 44	37.37	33.30	28.89	X 52	31.97	27.69	25.86
X 45	43.91	38.52	35.75	X 61	24.57	18.08	15.65
X 47	30.66	27.33	25.39	X 63	32.91	26.89	23.02
X 48	36.97	33.22	31.08	X 62	25.76	19.33	16.82
X 410	40.42	35.62	30.59	X 64	25.38	19.75	15.98
Promedio	40.45	35.73	32.48		32.56	27.54	24.25

sidad aparente está ligado a la textura del suelo y a la cantidad de materia orgánica presente; se puede aproximar a los siguientes:

Suelos orgánicos	:	< 0,1 gm/cm ³
Cenizas volcánicas	:	< 0,7 gm/cm ³
Suelos minerales francos	:	(+ 5 MO) : 1 $\frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$
Suelos arcillosos	:	1,4 - 1,5 gm/cm ³
Suelos arenosos	:	1,5 gm/cm ³

El conocimiento de la densidad aparente del suelo es esencial para la determinación de otras propiedades del suelo como el porcentaje de humedad, el espacio poroso y el peso del suelo. La " densidad real" por su parte se refiere a la densidad de las partículas sólidas de los suelos y se expresa como la relación entre la masa de las partículas sólidas y su volumen total ($\frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$). Normalmente un suelo mineral franco con 5% de materia orgánica tiene una densidad real aproximada de 2,6 gm/cm³. En general la densidad real de un suelo puede estimarse mediante la fórmula:

$$\text{Dens. Real (Dr) } = 2,65 - \frac{1,5 \times \% \text{ MO}}{100}$$

Es decir que a medida que aumenta el contenido de materia orgánica disminuye la densidad real.

La densidad real es necesaria para calcular el espacio poroso así:

$$\% \text{ Poros } = \left(1 - \frac{d_a}{d_r} \right) 100$$

donde d_a = densidad aparente

d_r = densidad real

2.2.1.4. La Estructura. Con este término se denomina el arreglo de las partículas sólidas de un suelo. Una estructura bien desarrollada indica generalmente la presencia de arcilla y materia orgánica, las cuales tienen propiedades aglutinantes. Los distintos arreglos estructurales se denominan: granular, en placas, en bloques y prismáticos. El más deseable es el tipo granular. La estructura se destruye cuando un suelo que contiene arcilla se ara estando muy húmedo; este proceso reduce el volumen de poros para aireación y retención de agua.

2.2.1.5. La Permeabilidad. Se refiere a la rapidez con la cual se mueve el agua desde la superficie del suelo al interior de éste y a través de los poros. La permeabilidad depende principalmente de la textura, la estructura y el espacio poroso.

2.2.1.6. La Infiltración. Es el proceso por el cual el agua penetra en el medio ambiente del suelo cuando éste se humedece. La tasa de infiltración es la velocidad con que el agua penetra en el suelo; se mide en mm/hora y aumenta con el espacio poroso. Se ha categorizado como sigue:

Muy rápida	:	254 mm/hora
Rápida	:	127-254 mm/hora
Modératamente	:	
lenta	:	63-127 mm/hora

Moderada	:	26-63 mm/hora
Moderada-mente lenta	:	5-20 mm/hora
Lenta	:	1-5 mm/hora
Muy lenta	:	1 mm/hora

2.2.1.7. La Profundidad del Suelo. Se refiere al espesor de los horizontes o perfil del suelo y depende principalmente del grado de meteorización, la naturaleza del material parental, la edad y la erosión. La presencia de horizontes endurecidos (Claypan o hardpan) puede limitar seriamente el crecimiento de las raíces de las plantas. Se llama "profundidad efectiva" aquella a la cual pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos físicos ni químicos de ninguna naturaleza. La profundidad efectiva se ha catalogado como sigue:

Muy profundo	:	Más de 150 cm
Profundo	:	90-150 cm
Moderadamente profundo	:	90-50 cm
Superficial	:	50-25 cm
Muy superficial	:	< 25 cm

El desarrollo radicular es característico de cada cultivo, así por ejemplo en la papa puede llegar hasta 60 cm mientras que en la alfalfa puede ser de 1 metro o más.

2.2.1.8. El Color del Suelo. Esta propiedad está relacionada con el contenido de materia orgánica y la naturaleza química de los compuestos de hierro presentes. La prevalencia de colores oscuros normalmente indica altas cantidades de materia orgánica. Los colores amarillos y rojos están asociados con la presencia de formas oxidadas de hierro y aluminio e indican buena aireación; en tanto que los colores grises o azulados indican mal drenaje interno y mala aireación.

2.2.2. Características Químicas del Suelo.

La naturaleza química del suelo controla el suplemento y disponibilidad de los nutrimentos para el crecimiento de las plantas. La mayor parte de la actividad química de un suelo depende del contenido y naturaleza de la arcilla y de la materia orgánica presentes. Entre las características químicas de un suelo se distinguen el contenido de materia orgánica, el pH y aluminio intercambiable, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el contenido de nutrimentos disponible para las plantas (N, P, K, Ca, Mg) especialmente. Por considerar que el personal de Desarrollo Rural ya se encuentra familiarizado con estos conceptos no se entrará en detalles acerca de la naturaleza de cada una de estas propiedades.

Sin embargo, se ha creído conveniente hacer referencia a los niveles críticos y recomendaciones que el ICA y en especial el programa de Suelos toma en cuenta. En cuanto a pH, todas las plantas crecen y producen mejor en suelos de pH entre 5,5 y 7,3 y normalmente dentro de ese rango no se pre-

sentan problemas de acidez o alcalinidad, sales o sodio. Las recomendaciones de encalamiento del ICA se basan en el contenido de AL+++ intercambiable. En suelos con menos del 10% de materia orgánica y pH inferior a 5,5 y en suelos con más del 10% de materia orgánica y pH menor de 5 se recomienda aplicar 1,5 toneladas de cal agrícola por cada miliequivalente de aluminio intercambiable. En cuanto a fertilización nitrogenada se toma en cuenta el contenido de materia orgánica alto (más del 12%) en suelos de clima frío; los efectos de rotación con leguminosas en clima cálido; y también las mezclas de gramíneas y leguminosas, la textura del suelo y la cantidad de lluvias. Los niveles críticos para fósforo y potasio están basados en la probabilidad de respuesta de los cultivos a estos elementos. Cuando el elemento está clasificado como bajo, la probabilidad de respuestas es alta y viceversa. En el caso de P y K los niveles críticos que se han considerado son:

<u>Categoría</u>	<u>Fósforo P.p.m (Bray II)</u>	<u>Potasio interc. meq/100 gm suelo</u>
Bajo (B)	Menor de 15	Menor de 0,15
Alto (A)	Más de 15	Más de 0,15

Ultimamente el Programa de Suelos del ICA, con base en la información disponible en el Banco de datos de análisis de suelos, ha hecho una agrupación de niveles críticos por regiones naturales, departamentos, municipios y cultivos, teniendo en cuenta los resultados de pruebas regionales realizadas por el programa en diferentes cultivos en el país. En igual norma

han sido establecidas las dosis mínimas de N, P₂O₅ y K₂O que se deben recomendar para cada cultivo para los niveles bajo y medio del elemento. Por considerar que puede servir hasta cierto punto como material de consulta al personal de Desarrollo Rural se incluye la Tabla 4. También se incluye la Tabla 5 que corresponde a la distribución porcentual de los valores de pH, Materia Orgánica, Fósforo, Potasio y Relación Ca/Mg en los suelos de las regiones naturales de Colombia (2).

Los valores de pH se agruparon de menores o iguales a 5,5 (B) de 5,6 a 7,3 (M) y mayores de 7,3 (A). Las relaciones Ca/Mg se agruparon en menores o iguales a la unidad (B) de 1,1 a 3,0 (M) y mayores de 3 (A). Las frecuencias baja (B) media (M) y alta (A) para la materia orgánica, el fósforo y el potasio resultaron de promediar las frecuencias B, M y A de los diferentes cultivos propios de cada región, según los niveles críticos registrados en la Tabla 4. Se espera que dicha información dé una mejor idea a los extensionistas sobre el estado de fertilidad de los suelos de su área de influencia.

3. FUENTES ADICIONALES DE INFORMACION

3.1. FUENTES CON RESPECTO AL CLIMA.

Cada parámetro climático (precipitación, temperatura, humedad, viento, etc) es obtenido en el país por estaciones meteorológicas de diferente tipo: principales, secundarias, auxiliares y puestos pluviométricos.

TABLA 4. Niveles Críticos Generales del Contenido de Materia Orgánica (M.O.) Fósforo (P) y Potasio (K) en los Suelos de Diferentes Regiones de Colombia para Varios Cultivos. Tomada de ICA (2)

Cultivos	Regiones	Niveles Críticos		
		Bajo(B)	Medio(M)	Alto(A)
Materia Orgánica (M.O.) %				
Yuca	Costa Atlántica-Valles Interandinos	≤ 2	2-3	> 3
Algodonero	Costa Atlántica-Valles Interandinos	≤ 2	2-3	> 3
Maíz-Sorgo	Costa Atlántica-Valles Interandinos	≤ 2	2-3	> 3

Yuca	Orinoquia-Amazonia-Costa del Pacífico	≤ 2	2-4	> 4
Algodonero	Orinoquia-Amazonia-Costa del Pacífico	≤ 2	2-4	> 4
Maíz-Sorgo	Orinoquia-Amazonia-Costa del Pacífico	≤ 2	2-4	> 4
Palma Africana Cacao	Costa Atlántica-Costa del Pacífico-Orinoquia-Valle del Bajo Magdalena-Región Andina-Valles Interandinos	≤ 2	2-4	> 4

Maíz	Región Andina	≤ 3	3-5	> 5

Tabla 4 (Continuación)

Cultivos	Regiones	Niveles Críticos		
		Bajo(B)	Medio(M)	Alto(A)
Materia Orgánica (M.O.) %				
Yuca	Región Andina	≤ 3	3-5	> 5
Plátano	Región Andina	≤ 3	3-5	> 5
Caña Panelera	Región Andina	≤ 3	3-5	> 5
Fósforo (P) ppm				
Pastos-Yuca	Orinoquia-Amazonia	≤ 5	5-10	>10
Palma Africana	Costa del Pacífico	≤ 5	5-10	>10
Arroz inundado	Zonas arroceras del país	≤ 10	10-20	>20
Caña Panelera	Región Andina	≤ 10	10-20	>20
Algodonero	Meta	≤ 15	15-30	> 30
Arroz Secano	Costa Atlántica-Valle del Bajo Magdalena-Orinoquia-Amazonia	≤ 15	15-30	> 30
Maíz	Región Andina-Valles Interandinos	≤ 15	15-30	> 30
Sorgo	Costa Atlántica-Valles Interandinos	≤ 15	15-30	> 30
Frijol	Región Andina-Valles Interandinos-Costa Atlántica	≤ 15	15-30	> 30

Tabla 4 (Continuación)

Cultivos	Regiones	Niveles Críticos		
		Bajo(B)	Medio(M)	Alto(A)
Soya	Valle del Río Cauca	≤ 15	15-30	> 30
Pastos-Yuca	Las diferentes Regiones A Excepción del Grupo An- terior	≤ 15	15-30	> 30
Palma Africana	Costa Atlántica-Valle del Bajo Magdalena	≤ 15	15-30	> 30
Cacao	Región Andina-Valles In- terandinos-Orinoquia Ama- zonía	≤ 15	15-30	> 30

Papa	Región Andina(Cordillera Central)	≤ 20	20-40	> 40
Hortalizas	Región Andina-Valles In- terandinos	≤ 20	20-40	> 40
Trigo-Cebada	Región Andina	≤ 20	20-40	> 40

Papa	Región Andina(Cordillera Oriental)	≤ 40	40-60	> 60

Potasio (K) meq/100 gm				
Yuca-Plátano Cacao Palma Africana	Orinoquia-Amazonia Costa del Pacífico	$\leq 0,10$	0,10-0,15	$> 0,15$

Algodonero Maíz-Sorgo- Frijol-Soya Arroz-Pastos	Zona del Meta Las diferentes zonas	$\leq 0,15$ $\leq 0,15$	0,15-0,30 0,15-0,30	$> 0,30$ $> 0,30$

Tabla 4 (Continuación)

Cultivos	Regiones	Niveles Críticos		
		Bajo(B)	Medio(M)	Alto(A)
Algodonero	Costa Atlántica-Valle del Alto Magdalena-Valle del Río Cauca	$\leq 0,20$	0,20-0,40	$\geq 0,40$
Caña Panelera	Región Andina	$\leq 0,20$	0,20-0,40	$\geq 0,40$
Hortalizas	Las Diferentes zonas	$\leq 0,20$	0,20-0,40	$\geq 0,40$
Cacao	Las otras zonas	$\leq 0,25$	0,25-0,45	$\geq 0,45$
Palma Africana				
Papa	Región Andina (Cordillera Oriental)	$\leq 0,30$	0,30-0,60	$\geq 0,60$
Plátano	Las otras zonas	$\leq 0,30$	0,30-0,60	$\geq 0,60$

El conjunto de numerosas estaciones de que dispone el país integra su red meteorológica. Una vez obtenidos los datos se procesa la información básica sobre el comportamiento de cada elemento climático en una región: precipitación anual, mensual, períodos secos y húmedos, variabilidad, intensidad, duración y frecuencia de los aguaceros, temperaturas medias, máxima y mínima, evaporación y evapotranspiración, radiación y brillo solar, nubosidad y vientos.

La confiabilidad de los datos meteorológicos depende del interés y preparación del observador para efectuar su labor, de la continuidad en la obtención de los datos y del conocimiento que tenga de cada instrumento. Además de la categorización general de las estaciones meteorológicas en I orden (18 instrumentos), II orden (12 instrumentos) y III orden (9 instrumentos) existen las estacio-

TABLA 5. Distribución Porcentual de los valores de pH, Materia Orgánica (M.O.), Fósforo (P), Potasio(K) y de la Relación Ca/Mg en los Suelos de las Regiones Naturales de Colombia.

Tomada de ICA (2).

Región Natural	pH		M.O.			P			K			Ca/Mg			
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Región Andina	47	50	3	21	29	50	68	14	18	44	28	8	40	52	
Sabana de Bogotá	54	45	1	8	18	74	45	25	30	29	25	8	22	70	
Valle del Alto Magdalena	22	72	6	37	21	42	46	17	37	36	30	2	54	44	
Valle del Rfo Cauca	15	72	13	14	24	62	52	21	27	40	27	12	64	24	
Costa del Pacifico	36	63	1	21	27	52	80	11	9	79	7	18	61	21	
Costa Atlántica	10	69	21	41	28	31	27	13	60	44	24	3	26	71	
Valle del Bajo Magdalena	22	72	6	33	28	39	59	16	25	62	19	7	48	45	
La Guajira	4	54	42	38	50	12	25	15	60	39	33	0	14	86	
La Orinoquia	72	28	0	27	33	40	69	15	16	70	22	8	17	25	58
La Amazonia	78	22	0	15	25	60	77	11	12	62	25	13	15	23	62

nes pluviométricas y pluviográficas que sólo disponen de esos aparatos (1).

Se dispone de diferentes instrumentos para medir los factores climáticos; entre ellos se mencionan los termómetros de máxima y mínima que miden las máximas y mínimas temperaturas registradas en un lapso determinado de tiempo (1 día por ejemplo); el psicrómetro para medir la temperatura del aire ambiental y para calcular la humedad relativa, el punto de rocío y la tensión de vapor; el higrógrafo que registra los cambios de humedad relativos al aire; al altímetro que mide la altura sobre el nivel del mar, en el cual los valores de presión atmosférica se transforman en metros sobre el nivel del mar; el pluviógrafo que registra la cantidad de lluvia caída en un intervalo de tiempo dado; el pluviómetro que sirve para medir la cantidad de lluvia caída y cuya unidad es el milímetro, o sea el espesor que forma 1 litro de agua en un metro cuadrado. El tanque de evaporación sirve para medir el agua evaporada en m m. El tanque usado es el llamado tipo A, de color blanco que tiene un diámetro de 1,20 m y una altura de 25 cm. La instalación se hace en una plataforma de listones de madera de 1,30 x 1,30 m; la cantidad de agua evaporada se mide mediante un tornillo micrométrico y es la diferencia entre dos lecturas continuas; las lecturas se hacen a las 7 A.M., 1 P.M. y 7 de la noche. Por considerarlo de interés para los extensionistas se incluye mayor información sobre el pluviómetro (Anexo 1). Se anexan además figuras ilustradas (Anexo 2) sobre el tipo de gráficas que pueden ser elaboradas mediante los registros meteorológicos y que permiten visualizar mejor los fenó-

menos registrados. Se anota además que aunque los registros tomados en una estación son puntuales, la precipitación media sobre una área puede estimarse utilizando los datos obtenidos en una serie de estaciones o pluviómetros distribuidos convenientemente dentro del área. Se anota que el radio de acción de un pluviómetro fluctúa entre 3-5 km a la redonda. Con los datos de evaporación y disponiendo de los coeficientes de uso consuntivo de cada cultivo se calcula la evapotranspiración y si se cuenta con registros pluviométricos se puede establecer el balance hídrico, como ya se dijo.

El Himat (16) ha calculado valores de evapotranspiración potencial media en Colombia para diferentes estaciones meteorológicas, de los cuales se anexan ejemplos y que pueden dar mejor idea al extensionista sobre estos fenómenos en su zona.

Se anota también que por parte del Himat se han elaborado varios estudios hidrometeorológicos del país entre los cuales se mencionan los siguientes:
" Estudio de la precipitación media de las cuencas hidrográficas del río Bogotá" (publicación aperiódica No. 21).

- " Evaluación preliminar de datos pluviométricos e hidrométricos en las cuencas hidrográficas de Zulia, Sardinata y Catatumbo" (publicación aperiódica No. 23).

- " Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia" (publicación aperiódica No. 26).

- " Estudio hidrológico preliminar de la Cuenca hidrográfica del Cauca Superior" (publicación aperiódica No. 27).
- " Estudio de la precipitación media en el Norte de Colombia y en la cuenca del Alto Magdalena" (publicación aperiódica No. 34).
- " Evaluación de la evapotranspiración potencial en Colombia según el método de C.B. Thornthwaite" (publicación aperiódica No. 37).

Dichas publicaciones pueden ser adquiridas o consultadas en las dependencias del Himat tanto a nivel nacional como departamental.

De otra parte existe una serie de publicaciones periódicas del Himat, de distribución gratuita. Algunas de ellas son:

- Boletín diario del estado del tiempo.
- Boletín decenal del estado del tiempo.
- Boletín meteorológico mensual y/o Boletín climatológico mensual.

Conviene mencionar algunas publicaciones relacionadas con el clima del país tales como:

" Atlas de Colombia" y " Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia" editadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

3.2. FUENTES ADICIONALES DE INFORMACION DE SUELOS.

Sobre el particular se mencionan en forma general las siguientes:

- El Banco de datos de análisis de suelos que maneja la División de Esta-

dística del ICA .

- Estudio de reconocimiento de suelos.
- Imágenes de satélite y de radar.
- Fotografías aéreas.
- Mapas de suelos.
- Mapa geológico.
- Mapas topográficos (planchas restituidas).
- Delimitación de áreas agroecológicas homogéneas.

Con respecto al Banco de datos de análisis de suelos que maneja la División de Estadística del ICA, la información disponible se encuentra clasificada por regiones naturales, departamentos, regiones geográficas (municipios) y por cultivos; consiste en resultados de análisis de muestras enviadas por agricultores al laboratorio, en el período comprendido entre 1965 y 1978.

Tales determinaciones hacen referencia a:

- pH y Al^{+++} .
- Materia Orgánica (% MO).
- Fósforo (PPM de P).
- Potasio (me/100 gmk).
- Relación Ca/Mg.
- Capacidad de intercambio Catiónico (CIC).
- Conductividad eléctrica.

Estos datos cubren aproximadamente el 80% de las áreas agrícolas del país.

Los datos requeridos pueden ser solicitados a la División de Biometría, depositaria de la información. En la solicitud que se haga se deben especificar localidad, cultivos, tipo de determinaciones que se desean conocer (P, K, etc) y la forma como estas deben ser presentadas (frecuencias, promedios, desviaciones estandar, etc.).

En cuanto a los estudios de reconocimiento de suelos se dispone de éstos en el IGAC (5) para cerca de un 70% del territorio nacional y se distinguen varios tipos de estudios o levantamientos: explotatorio preliminar, general, semidetallado y detallado; los más comunes son el general y el semidetallado. A partir de 1973 los estudios de suelos del IGAC incluyen los siguientes aspectos:

- Generalidades de la región (clima, localización, etc.).
- Metodología del trabajo (tipo de fotografías utilizadas, etc).
- Descripción de los suelos (unidades cartográficas).
- Características químicas y físicas de los suelos.
- Geomorfología.
- Génesis y clasificación de los suelos.
- Uso y manejo.
- Mapa de suelos.

Por otra parte el Programa Nacional de Inventario y Clasificación de Tierra (PROCLAS) del IGAC publicó un estudio con este inventario que incluye 19 planchas sobre capacidad y uso y manejo para casi todo el territorio nacional.

En la actualidad el nivel nacional del IGAC, con participación del programa de Agua y Tierras del ICA, está realizando los estudios de delimitación de " Áreas ecológicas homogéneas" para todo el país, conforme a las regiones naturales existentes y de acuerdo a factores tales como relieve, clima, fertilidad y aptitud de uso y manejo. Un estudio más detallado que permita caracterizar con mayor precisión las Unidades homogéneas se está adelantando por el IGAC en las cuencas Alta y Baja del Río Bogotá, tomando en consideración los factores de clima, relieve, litología, propiedades físicas y químicas de los suelos y erosión. A manera de complemento de la información anterior se incluye una lista de estudios de suelos disponibles en el IGAC y sus precios (Anexo 3). En cuanto a fotografías e imágenes se dispone en el IGAC de los siguientes materiales:

- Imagen de satélite: escala 1: 250 000-1: 1000 000; requiere de personal especializado para interpretación y sólo permite separar grandes regiones o paisajes (zonas planas, zonas quebradas, etc).
- Fotografías aéreas: en escala 1:5000, 1: 30000 hasta 1: 60000; son las más utilizadas especialmente con escala 1: 30000; permiten hacer separaciones por microrelieves y paisajes (terrazas, valles, colinas, etc) a la vez que dan una idea del uso de la tierra, clase de vegetación, grados de erosión e infraestructura de la producción: caminos, carreteras. Estas aerofotografías pueden ser interpretadas mediante pares estereoscópicos que permiten una visión tridimensional.

- Planchas topográficas (restituidas): vienen en escalas 1: 25000 y 1: 1000 000; dan una idea del relieve del terreno y permiten elaborar sobre ellas otro tipo de estudios.

4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este estudio se hace la presentación y análisis de los factores climáticos y edáficos que más influyen en la producción y productividad de los cultivos; se discuten además algunos de estos factores. Se sugiere a los extensionistas las fuentes de información más expeditas sobre el tema y se dan algunas ideas de cómo utilizarlas.

Se espera que el personal de desarrollo rural, a través de estos conceptos, haya actualizado o fortalecido las bases técnicas que le permitan tener un mejor conocimiento del ecosistema, para poder relacionar los resultados agroecónómicos obtenidos a través del Ajuste Tecnológico con las condiciones ambientales prevalecientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. Manual de Observaciones Meteorológicas. Bogotá, Fedecafé, 1978. 40 p.
2. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Estado actual de la fertilidad de los suelos colombianos y estimativos sobre las necesidades de fertilizantes para varios cultivos. Bogotá, ICA, Programa Nacional de Suelos, 1980. 118 p. (Documento de trabajo no. 85).
3. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Manual de reconocimiento de suelos. Bogotá, IGAC, 1963. 45 p. (Mimeografiado).
4. _____.Atlas de Colombia. 3a. edición. Bogotá,IGAC, 1977. 283 p.
5. _____.Zonas de Vida o Formaciones Vegetales de Colombia. Vol. XIII no. 11. Bogotá, IGAC, 1971. 283 p.
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE METEOROLOGIA, HIDROLOGIA Y ADECUACION DE TIERRAS (HIMAT). Evaluación de Evapotranspiración potencial en Colombia, según el método de C.W. Thornthwaite. Bogotá, Himat, 1976. 29 p. (Publicación aperiódica no. 37).
7. LOTERO, C... Relaciones entre el clima, las características fisicoquímicas y la fertilidad de los suelos. En. ICA, Suelos y Fertilización de Cultivos. Medellín, ICA, 1980. p 15-16.

8. OJEDA, M.P. Principales propiedades físicas de algunos suelos del municipio de Cáqueza. Bogotá, 1971. 61 p. (Mimeografiado).
(Tesis de grado UN-ICA).
9. OLMOS, C.E. Diagnóstico del Problema y diseño de los sistemas de riego y drenaje del " CNIA Tibaitatá". Bogotá, 1980. 219 p.
(Mimeografiado).(Tesis de grado UN-ICA).
10. REY, C.H. Relaciones agua, suelo, planta. En: Curso de Riego y drenaje. Bogotá, 1971. p. 86-99. (Mimeografiado).
11. TOBON, J.H. Comportamiento de algunos sistemas agrícolas tradicionales a varias prácticas de producción en el Oriente Antioqueño. Medellín, 1977. 98 p. (Mimeografiado).(Boletín de Investigación no. 647).

ANEXO 1

PLUVIOMETRO

Sirve para medir la cantidad de lluvia caída; la unidad utilizada es el milímetro. Un milímetro es el espesor que forma 1 litro en 1 metro cuadrado.

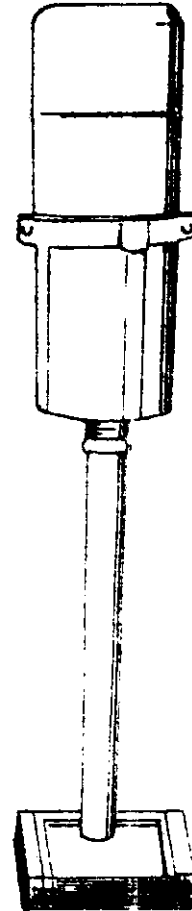
Instálelo a una altura de 1,20 metros, nivelado y siguiendo la distribución que indica el plano de la estación.

FUNCIONAMIENTO

El agua es captada por la boca colectora (con área de 200 centímetros cuadrados) y conducida a un tarro colector interior.

OBSERVACION

La lectura se hace todos los días a los 07, 13 y 19 horas. Para hacer la lectura, destape el pluviómetro, introduzca la reglilla graduada verticalmente en el tarro colector interior hasta tocar el fondo; saque la regla y donde señale el nivel del agua, es la cantidad de milímetros caídos. Bote el agua del tarro colector y tape de nuevo el pluviómetro.



FALLAS Y CUIDADOS

1. Cuidé que se encuentre bien nivelado.
2. Cuidé que no haya rotura en ninguno de los tarros, ni de la reglilla.
3. Solicite formularios de anotación si se agotan y reglillas si se rompen.
4. Después de cada observación bote el agua del pluviómetro.

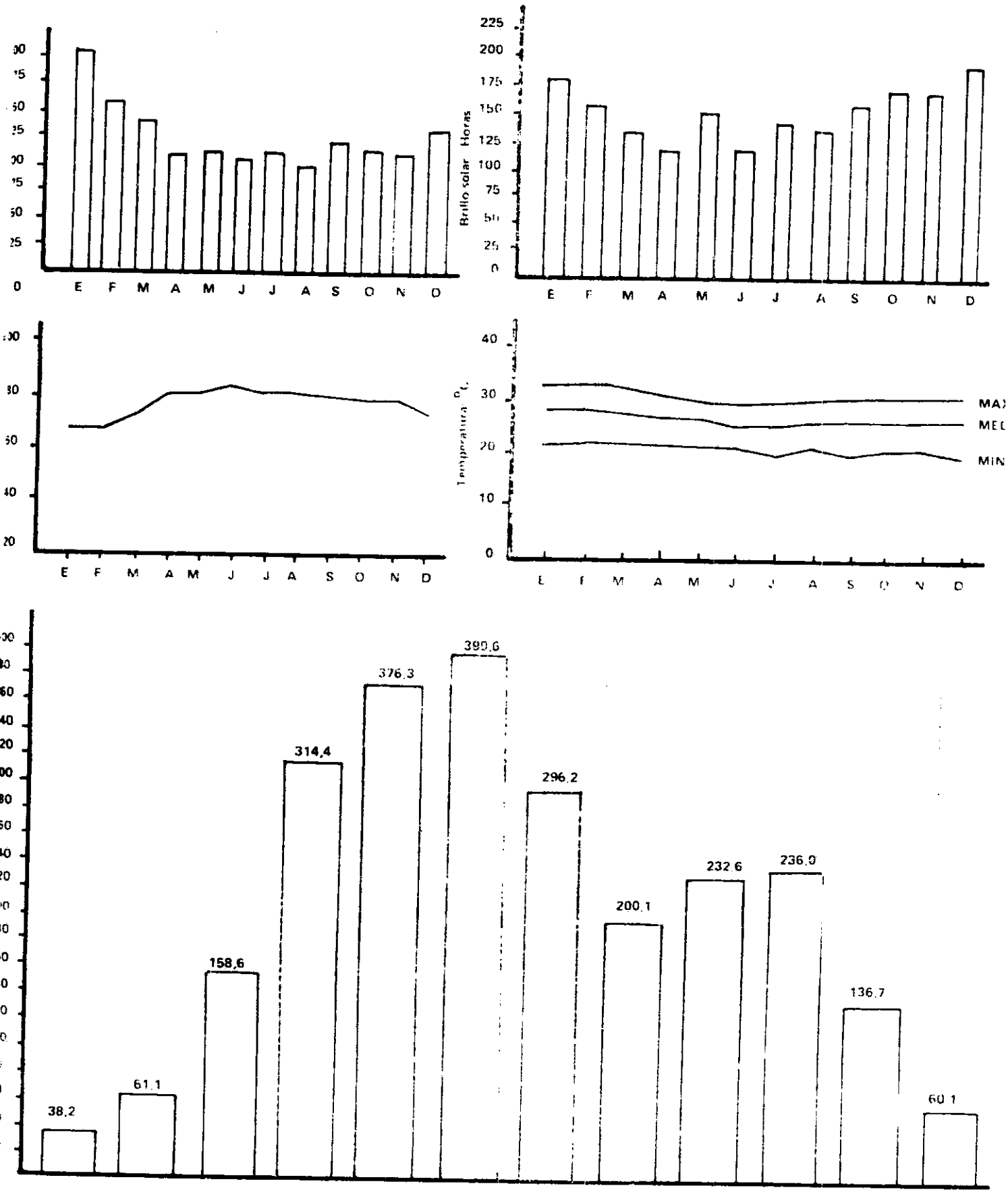
Cuando la cantidad de agua del tanque colector interior se rebosa al tarro exterior, se transvasa el contenido de éste al colector interior cuantas veces sea necesario. La suma de las medidas parciales será el total de la observación. El dato anótelo en la libreta en la hora y día correspondiente en la casilla que dice "pluviómetro". Aproxime las lecturas a medios milímetros.

5. No introduzca la reglilla inclinada.
6. Evite depósitos de polvo y materiales extraños al aparato.

Municipio: Villavicencio
 Depto.: Meta

Longitud: 75° 29' W
 Altura: 336 m s.n.m.

PERIODO DE OBSERVACION 1968-1978



ANEXO 3

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>ESTUDIOS DE SUELOS</u>		
<u>ANTIOQUIA</u>		
Estudio general de suelos del oriente antioqueño.	1964	30
Estudio semidetallado de suelos del municipio de Arboletes.	1977	200
<u>ATLANTICO</u>		
Levantamiento agrológico del departamento del Atlántico con cuatro (4) mapas.	1960	40
<u>BOLIVAR</u>		
Clasificación de las tierras del sector María La Baja, con fines de regadío.	1968	40
Estudio general de suelos de los municipios de San Fernando, Mompós, Margarita, Barranco de Loba y San Martín de Loba, para fines agrícolas	1968	80
Estudio detallado de los suelos y aptitud agropecuaria del sector Mahates, María La Baja y Retiro Nuevo.	1968	80
Estudio general de suelos de los municipios de		

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
Carmen de Bolívar, San Jacinto, San Juan Nepomuceno, Zambrano, El Guamo y Córdoba.	1975	150
Estudio semidetallado de suelos de los municipios de Cartagena y Santa Catalina.	1975	150
<u>BOYACA</u>		
Estudio detallado de suelos de la parte plana y general del sector quebrado de los municipios de Tunja y Siachoque, para fines agrícolas, con Mapa.	1968	30
Estudio detallado de suelos de la parte plana y general del sector quebrado de los municipios de Duitama y Paipa, para fines agrícolas, con Mapa.	1968	35
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Tuta, Toca, Combita y Sotaquirá, con Mapa.	1972	55
Estudio general de suelos de la provincia de Ricaurte y municipio de Samacá, con Mapa.	1975	150
Estudio general de los suelos de la margen izquier-		

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
da del río Chicamocha al noreste de Duitama.	1976	150
Estudio general de suelos del Valle de Tenza región de Lengupa y municipio de Pesca.	1977	250
<u>CALDAS</u>		
Levantamiento agrológico de la zona cafetera Central de Caldas, con Mapa.	1962	45
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Filadelfia, Riosucio, Supía, Marmato, Pácora, Pensilvania, Marquetalia y Marulanda.	1969	60
Estudio semidetallado y general y aptitud agropecuaria de suelos de los municipios de la Dorada (Caldas), Honda y Armero (Tolima).	1972	60
Nitrógeno en suelos volcánicos de Caldas.	1974	100
<u>CASANARE</u>		
Estudio general de suelos de los municipios de Hato Corozal, Paz de Ariporo y Pore.	1976	200

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>CAUCA</u>		
Suelos de cenizas volcánicas del Cauca.	1975	100
Estudio detallado de suelos del sector Río Palo- Río Desbaratado, para fines agrícolas.	1968	55
Clasificación de las tierras del sector Ortigal, Guachane, para fines de riegos y drenajes.	1968	30
Estudio general de suelos del municipio de Mercaderes, para fines agrícolas.	1968	30
Estudio general de suelos de los municipios de Santander de Quilichao, Piendamó, Morales, Buenos Aires, Cajibío y Caldonó.	1976	150
<u>CESAR</u>		
Estudio general de suelos para fines agrícolas del sector quebrado del municipio de Valledupar.	1969	55
Estudio semidetallado de suelos para fines agrícolas del sector plano del municipio de Valledupar.	1969	70

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
Estudio semidetallado del sector plano y general de la parte quebrada de los suelos del municipio de Chimichagua.	1971	60
<u>CORDOBA</u>		
Clasificación de las tierras para riegos y drenajes del sector Montería, Cereté, San Carlos.	1970	40
Estudio detallado de suelos y clasificación tierras para riegos y drenajes " Proyecto Córdoba- No. 1" (La Doctrina).	1971	60
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Ayapel y Pueblo Nuevo.	1973	60
Estudio detallado de suelos para fines agrícolas del sector Arache-Cereté-Montería.	1970	60
<u>CUNDINAMARCA</u>		
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Bituima, Chaguaní, Vianí y San Juan de Rioseco.	1972	60

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
Aptitud de uso de los suelos de la Sabana de Bogotá y sus alrededores.	1976	40
Caracterización y clasificación de suelos de la serie Río Bogotá.	1976	150
Estudio general y semidetallado de suelos de las cuencas de Rionegro y Rioseco (4 volúmenes).	1974	200
Fraccionamiento y caracterización del material húmico en dos andosoles de la Sabana de Bogotá.	1977	50
Estudio general y detallado de suelos de los municipios de Coça, Funza, Mosquera y parte de Madrid.	1977	200
<u>CHOCO</u>		
Estudio general de suelos y forestal de las hoyas hidrográficas de los ríos Mulatos y San Juan.	1963	30
Estudio general de suelos del municipio de Quibdó.	1977	150

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>GUAJIRA</u>		
Estudio social aplicado de la alta y media Guajira (segunda edición corregida y aumentada).	1977	130
Los suelos de la alta y media Guajira, sus características y aptitud de uso.	1979	100
<u>MAGDALENA</u>		
Estudio general de suelos cerro San Antonio, El Piñón y otros municipios.	1976	150
Estudio semidetallado de suelos del sector plano del municipio de Ciénaga, para fines agrícolas.	1969	45
Estudio semidetallado de suelos para fines agrícolas del sector plano del municipio de Fundación.	1969	35
Estudio semidetallado de suelos para fines agrícolas del sector plano y general del área quebrada del municipio de Pivijay.	1971	40
Estudio semidetallado de suelos para fines agrícolas de los municipios de El Banco y Guamal.	1971	35

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
Estudio semidetallado de la parte plana y general del sector quebrado de los suelos de los municipios de Santa Ana.	1973	55
Estudio semidetallado de suelos para fines agrícolas de los municipios de Plato y Ariguaní, Tomos I y II.	1971	80
Estudio semidetallado de suelos del parque Tayrona.	1975	100
<u>META</u>		
Estudio general de suelos de los municipios de San Martín, Granada y Castilla La Nueva.	1975	150
<u>NARIÑO</u>		
Estudio general de suelos del sector Pasto, Río Mayo.	1973	30
Estudio general de suelos de los municipios de El Tambo, Pupiales, Pasto, Túquerres y otros del Centro y Sur (3 tomos), con mapas.	1975	200

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>NORTE DE SANTANDER</u>		
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Villa del Rosario, Chinacota, Ragonvalia, Herrán y Pamplonita.	1969	35
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Salazar, Arboledas y Cucutilla.	1969	35
Estudio general de suelos para fines agrícolas del municipio La Sardinata.	1971	60
Estudio general y semidetallado de suelos de los municipios de Lourdes, Santiago, San Cayetano, Gramalote y Arboledas.	1973	60
<u>RISARALDA</u>		
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Pereira, Marsella, Santa Rosa de Cabal, La Virginia, Belén de Umbría, Bédalcazar, Armenia, Risaralda y Viterbo, con Mapa.	1974	150
Estudio general de suelos de los municipios de Balboa, Apía, Santuario y La Celia.	1976	60

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>SANTANDER</u>		
Estudio General de Suelos para fines Agrícolas de los Municipios de Guaca, San Andrés, Molagavita, San José de Miranda, Cerrito, Concepción, Carcasí, San Miguel, Macaravita, Enciso y Capitanejo.	1960	\$ 60
Estudio Semidetallado y General de Suelos para fines agrícolas de los Municipios de Aratoca, Cepita, Mogotes, Onzaga, San Joaquín y Umpala.	1972	60
Estudio General de Suelos para fines agrícolas de los Municipios de Floridablanca, Tona, Matanza, California y Suratá.	1973	60
Estudio General de Suelos del Municipio de El Socorro.	1973	60
Presentación de los Mapas Geomorfológico e Hidromorfológico de la Cuenca Superior del Río Lebrija con nueve (9) Mapas.	1974	100
Estudio General de Suelos de los Municipios de Lebrija y Girón.	1974	100

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>SANTANDER</u>		
Estudio General de Suelos del Municipio de Río Negro.	1973	\$ 60
<u>SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA</u>		
Estudio Semidetallado de Suelos de las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	1975	100
<u>SUCRE</u>		
Estudio General de Suelos y Aptitud Agropecuaria de los Municipios de San Onofre, Tolú, Toluviéjo y Sincelejo.	1968	55
Estudio General de Suelos de los Municipios de Buenavista, Since, Galeras, San Pedro, Los Palmitos, San Juan de Betulía (Departamento de Sucre) y Magangué (Departamento de Bolívar).	1976	150
<u>TOLIMA</u>		
Estudio General de Suelos para fines agrícolas de los Municipios de Ibagué, Cajamarca, Rovira,		

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>TOLIMA</u>		
Alvarado, Anzoátegui y Santa Isabel .	1974	\$ 80
Estudio general de suelos de los municipios de Fresno, Falan, Herveo, Villahermosa y Casablanca.	1971	35
Estudio semidetallado de suelos y aptitud agropecuaria de los municipios de Ambalema, Lérida, Venadillo y Piedras.	1972	60
Estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Cunday e Icononzo.	1973	60
<u>VALLE DEL CAUCA</u>		
Estudio Detallado para fines agrícolas de los suelos del Municipio de Candelaria.	1971	60
Estudio Detallado de suelos del sector plano de los municipios de Cali y Jamundí, para fines agrícolas.	1969	40

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>VALLE DEL CAUCA</u>		
Estudio de Suelos del Sector de El Aguila, Yotoco, Cordillera Occiden- tal, con sobre de siete mosaicos.	1977	\$ 150
Estudio General de Suelos del sector Río La Vieja-Río Desbaratado-Cordille- ra Central.	1977	200
<u>VICHADA</u>		
Investigaciones Especiales en suelos del Centro de Desarrollo Integrado " Las Gavio- tas".	1975	60
<u>ANTIOQUIA BOLIVAR Y SUCRE</u>		
Estudio Semidetallado de Suelos del Sector Nechfmajagual (Bajo Cauca)..	1977	100
<u>ESTADISTICA</u>		
Estadística de la propiedad raíz del Quindío.		20

Publicación del ICA

Código 01- 2.4.- 048- 82

Edición Norma Corrales de Arango
Licenciada en Educación (Idiomas)

Mecanografía Onaira Raigoza de Vera

Impresión División de Comunicación. Centro
Nacional de Investigaciones Agro-
pecuarias, Tibaitat ..

100 Ejemplares

Bogotá, Mayo de 1982