

## **FACTORES QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

En el establecimiento de un cultivo comercial de caña de azúcar es necesario tener en cuenta que las plantaciones van a permanecer por varios años, en condiciones adecuadas de producción; tiempo durante el cual el cultivo es sometido sólo a labores o prácticas de manejo superficiales, con el fin de mantenerlo en sus óptimos rendimientos. Si éstos son bajos, es necesario renovar la plantación, lo que equivale a aumentar los costos por unidad de superficie.

El mantenimiento de un cultivo de caña en niveles óptimos de productividad depende de una serie de factores que ejercen una influencia marcada sobre el establecimiento, el crecimiento, el desarrollo y la producción de una plantación.

Dentro de estos factores se encuentran el suelo, la relación suelo-planta y los ecológicos.

### **SUELO**

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo ejercen una marcada influencia en el desarrollo y la productividad de la planta de caña.

#### ***PROPIEDADES FÍSICAS***

Son de importancia la textura, la estructura, la porosidad y la densidad del suelo que influyen en forma directa en la permeabilidad, la aireación y la capacidad de retención de la humedad del suelo, las cuales se pueden encontrar alteradas en condiciones naturales o causadas por el uso de equipos o máquinas en condiciones de humedad inadecuadas. Estas condiciones físicas del suelo afectan la permeabilidad al aire y al agua y la asimilación de nutrimentos destruyendo la estructura del suelo y creando condiciones anaeróbicas que restringen el desarrollo de las raíces y el rendimiento de la caña. En las plantas el desarrollo radicular es escaso, con

pocas raíces secundarias, lo cual merma la eficiencia en la absorción de agua y nutrimentos y a medida que se aumenta el número de cortes tanto el desarrollo como la producción son más bajos.

### **PROPIEDADES QUIMICAS**

Las propiedades químicas del suelo ejercen gran influencia en el desarrollo de la planta en caña; considerándose el suelo sujeto a continuos cambios en cuanto a fertilidad se refiere, el contenido de nutrimentos disponibles cambian también continuamente siendo necesario suplantar los nutrimentos del suelo para mantener una producción adecuada.

La Tabla 2, muestra la extracción promedia de nutrimentos, en kilogramos por tonelada métrica de caña cosechada. Observándose que cada cosecha extrae del suelo una cantidad de nutrimentos necesaria para su desarrollo, la cual debe ser retribuída con aplicaciones de fertilizantes si se quiere que los rendimientos sean satisfactorios.

TABLA 2. Extracción promedia de nutrimentos en kilogramos por tonelada métrica de caña cosechada (5).

Nitrógeno	(N)	0,937 kg	Hierro	(Fe)	0,022
Fósforo	(P)	0,112	Magnesio	(Mn)	0,013
Potasio	(K)	1,918	Cobre	(Cu)	0,001
Calcio	(Ca)	0,313	Aluminio	(Al)	0,003
Sodio	(Na)	0,062			

### **LA ELORA MICROBIANA DEL SUELO**

Los hongos, las bacterias, los virus y los nemátodos son factores que afectan los rendimientos, bien sea favoreciéndolos o causando perjuicios, cuando el desarrollo del sistema radicular es lesionado, provoca en la mayoría de los casos la muerte de la planta.

Las labores de cultivo intenso cambian las propiedades del suelo y los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas son responsables de la baja de los rendimientos en la planta de caña.

### **LA RELACION SUELO-PLANTA EN EL DESARROLLO DE LA CAÑA**

La caña de azúcar es una de las plantas más eficientes para almacenar la energía solar cuando se aprovecha al máximo de potencialidad. Para ello se requiere que la relación suelo-planta y los demás factores que intervienen

en el desarrollo se integren al óptimo. El desarrollo de la caña y su productividad se pueden regular a través de la fertilización, las relaciones clima-riegos y de la síntesis y almacenamiento de la sacarosa.

### LA RAÍZ

La raíz tiene una doble función, sirve de anclaje a la planta e interviene en la absorción y transporte de los nutrimentos.

La planta de caña absorbe humedad de la interfase suelo-raíz, tomándola sucesivamente de los poros más grandes a los más pequeños.

La raíz es cilíndrica y se adelgaza hacia el punto de crecimiento. Está formada por: la cofia, en el extremo, que protege la zona de crecimiento; la zona de crecimiento, que es la región donde la división de las células tiene lugar; la región de alargamiento, donde las células aumentan en su longitud y la región de los pelos radiculares, donde el alargamiento de la raíz cesa para cubrirse de pelos, aumentándose la superficie de absorción del agua y los nutrimentos. (Figura 1).

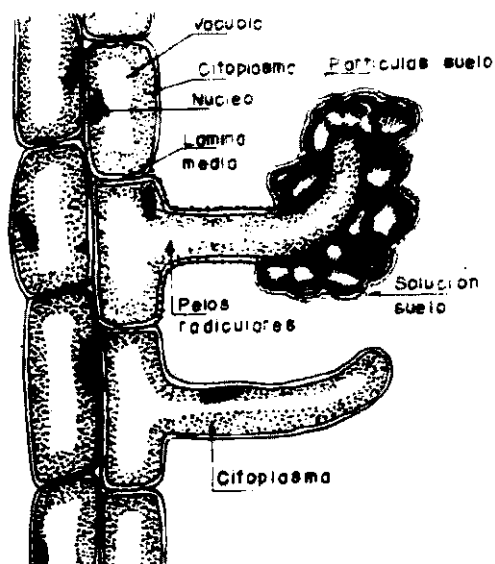


FIGURA 1. Sistema radicular y pelos radiculares con partículas de suelo. (Humbert).

Lee y Weller, citados por Humbert (5), observaron que durante el primer mes después de la siembra, la planta vive casi exclusivamente de las raíces que brotan de la banda de las raíces presentes en la semilla; después del primer mes y al final del segundo, hay un período de transición durante el cual la planta forma sus propias raíces y a partir del tercer mes la nutrición de la caña depende exclusivamente de sus raíces propias.

Las raíces primordias se esparcen en todas las direcciones alrededor de la planta y son confinadas a la profundidad del arado. Esas raíces producen brazos prolíficos de raíces secundarias, si la aireación y el suministro de

oxígeno es adecuado. Estas raíces se recubren con pelos radiculares formando un área superficial que absorbe nutrimentos y humedad.

Las raíces principales toman un color oscuro con la edad. Su corteza se observa en varios estados de descomposición, particularmente durante el período de humedad excesiva y aireación pobre en suelos profundos.

La zona de máxima concentración de las raíces está cerca a la superficie del suelo, generalmente a la profundidad del arado. En suelos con sub-suelo muy pesado y particularmente en los pobres en fósforo, el sistema radicular queda confinado a la capa superficial del suelo. Algunas de las raíces penetran al subsuelo y desempeñan un papel muy importante en los períodos de sequía, cuando la humedad en las capas superficiales ha llegado casi al punto de marchitamiento. Las raíces alcanzan mayores profundidades en los terrenos secos, que en los terrenos húmedos.

Según los distintos investigadores (5), en los primeros 20 cm se encuentra el 50 o/o de las raíces; a los 30 cm aumenta al 70 o/o; a los 40 cm al 82 o/o y en la capa de 60 cm de profundidad se concentra el 85 o/o de las raíces. Solamente de la octava a la novena parte de los pelos radiculares se desarrollan en los primeros 30 cm alrededor de la planta y son más numerosos a distancias de 90 cm a 1,20 m.

**FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LA RAIZ** Los factores que influyen en el crecimiento del sistema radicular tienen una íntima relación con las prácticas de cultivo, la irrigación, la fertilización y la variedad cultivada. El conocimiento del desarrollo del sistema radicular permitirá efectuar las prácticas del cultivo más adecuadas; así por ejemplo, variedades de sistema radicular profundo son las más adecuadas para el cultivo en zonas secas. Dentro de las principales se mencionan: P.O.J. 28-78; C.P. 38-34 y H. 32-8560.

El sistema radicular de las socas tiene menor desarrollo que el de las plantillas y las raíces de éstas permanecen vivas por un largo período después del corte, pero generalmente mueren a medida que se forma un sistema radicular completamente nuevo en los tallos de la soca (5).

La temperatura, la aireación, la humedad, la subsolación y la fertilización son los factores determinantes que influyen en el desarrollo y crecimiento del sistema radicular.

—Temperatura Todas las variedades retardan su función radicular y el crecimiento cuando la temperatura es baja. Burr y Colaboradores, citados por Humbert (5), demostraron que temperaturas menores de 21oC, retardan el desarrollo de las raíces y que se paraliza cuando la temperatura del suelo baja a 10oC. La translocación y absorción del fósforo es más rápida a 22oC, que a 16. A 17oC se aumentan las pérdidas por lixiviación del nitrógeno y potasio (4).

—Aireación Las raíces de la caña requieren oxígeno para respirar y en su ausencia los pelos radiculares mueren y aún la misma raíz. Solamente en los lugares del suelo donde hay suficiente oxígeno se observa el crecimiento y funcionamiento normal del sistema radicular para tomar los nutrimentos del suelo.

–**Humedad del suelo** El crecimiento del sistema radicular de la planta es afectado por las variaciones del nivel freático y por la aireación del suelo. En lugares con períodos prolongados de sequía y humedad, las raíces profundizan mucho durante la sequía y mueren y se pudren en el período húmedo. Las raíces nuevas crecen solamente hasta el nivel del manto freático. La muerte de los brotes secundarios se observa frecuentemente durante períodos de excesiva humedad, en tanto que los tallos primarios sobreviven, porque tienen algunas raíces en la sección del suelo que aún conserva el aire.

–**Subsolación** Evans, citado por Humbert (5), ha demostrado que la subsolada facilita el aumento en el número de raíces y promueve un desarrollo radicular superior en profundidad y extensión al de áreas no subsoladas, siempre que no se efectúe esta labor en suelos húmedos. En suelos mojados o encharcados se debe suprimir la subsolación.

La subsolación se puede utilizar cuando la superficie del suelo presenta costras duras, como sucede con las arcillas del tipo montmorillonita. Estos suelos subsolados al secarse forman una costra dura con numerosas grietas que impiden que broten las plantas de caña. En estos casos se emplea una rastrillada cruzando la surcada, la cual rompe la costra facilitando la emergencia de la caña, destruye las malezas y prepara la superficie del suelo para el mejor aprovechamiento de la lluvia.

–**Fertilización** El nitrógeno, fósforo y potasio, aumentan el vigor, el crecimiento y desarrollo del sistema radicular. En suelos fértiles la plantación tiene, por lo general, menor cantidad de raíces que en suelos pobres. El crecimiento del sistema radicular no cambia de dirección cuando el fertilizante se aplica en bandas y si se aplica en hoyos las raíces de la caña se ramifican alrededor de las paredes del hoyo y forman lo que se ha llamado nido de fertilizante (1).

### *EL TALLO*

Sección más o menos cilíndrica, dividida en nudos y entrenudos cada uno de los cuales posee una yema lateral y termina en una yema apical que es la primordial del crecimiento. Tiene además una pequeña porción subterránea que se adelgaza rápidamente y está formada por entrenudos muy cortos, de cuyas yemas brotan los tallos secundarios, los que a su vez producen los terciarios. (Figura 2).

El entrenudo está formado por el nudo, que es el extremo inferior donde se inserta la vaina de la hoja; la banda de las raíces, que incluye la yema y varias hileras de primordias radiculares o punto de las raíces; el meristemo o anillo de crecimiento que es una región angosta donde se produce el alargamiento de los entrenudos y el entrenudo que es de diámetro variable (5 a 30 cm) de largo, según la variedad y demás circunstancias.

Cuando se siembran trozos de tallos (semillas) germinan las yemas, dando lugar a la formación de tallos y las raíces se desarrollan de la banda de

raíces. El crecimiento de los nuevos tallos depende inicialmente de las raíces primordias y continúa hasta que éstos han formado sus propias raíces, las cuales suplen las necesidades de agua, oxígeno y nutrimentos. Al continuar el desarrollo de la planta, los nuevos brotes originan sus propias raíces. (Figura 3)

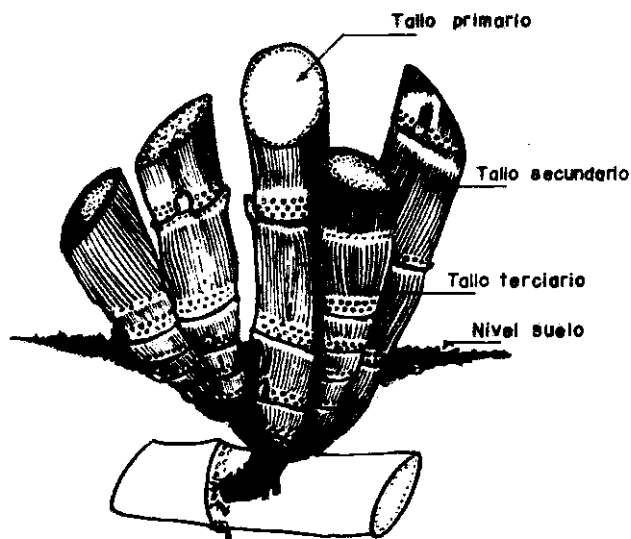


FIGURA 2. Tallos primarios, secundarios, terciarios formados de semilla de caña. (Humbert).

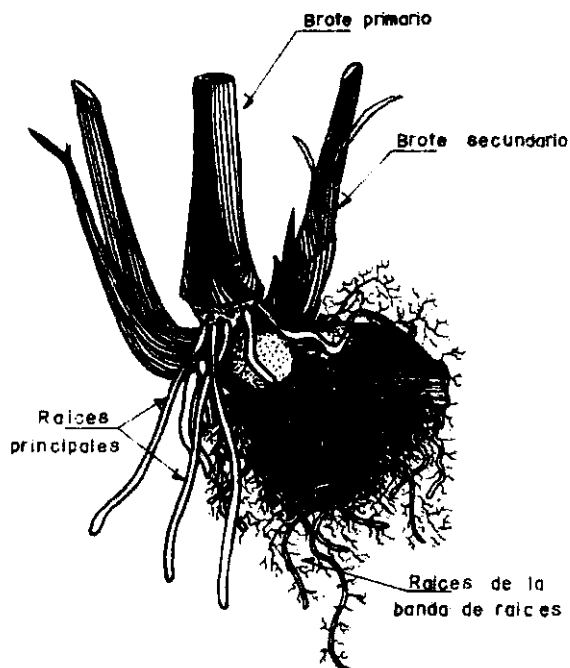


FIGURA 3. Brotes primarios y secundarios, raíces provenientes de la banda de raíces. (Humbert).

Cuando se corta la caña, la soca se alimenta por el sistema radicular de la plantilla, hasta que el sistema radicular de los nuevos tallos es adecuado para nutrir a la soca. Las raíces se vuelven oscuras y menos efectivas para proporcionar a la planta agua y nutrimentos y eventualmente se descomponen y mueren.

En una sección del tallo, se distinguen la corteza exterior formada por capas de fibra lignificada que dan resistencia a la caña y protección a los tejidos interiores; el parenquima interno, formado por células de pared delgada que almacena azúcar y los haces fibrovasculares que se extienden longitudinalmente a lo largo del entrenudo y a veces pasan al siguiente entrenudo (6).

El tallo además de emitir hojas tiene como funciones llevar el agua y los nutrimentos de las raíces a las hojas, donde se sintetizan los alimentos de la planta; transportar los alimentos manufacturados a las partes de la planta, donde se requieren para su desarrollo y servir como órgano de almacenamiento de sustancias elaboradas, como el azúcar. (Figura 4).

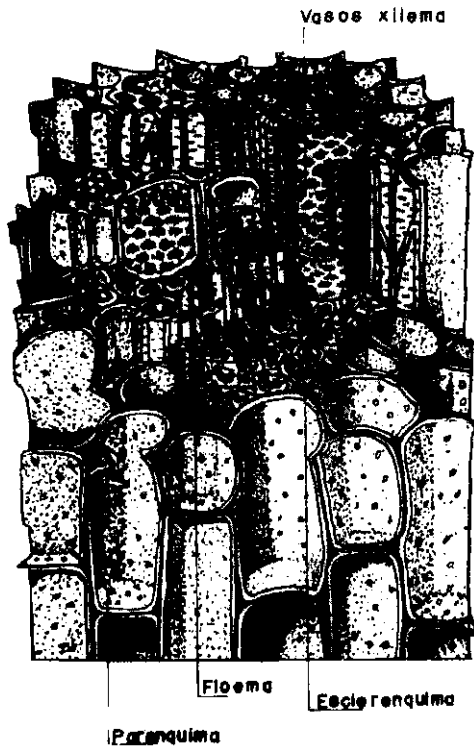


FIGURA 4. Estructura del haz vascular. (Humbert).

El interior del tallo generalmente es sólido, pero algunas variedades muestran oquedad y otras forman médula. La caña moledera contiene de 70 a 76 o/o de humedad, 23 a 29 o/o de materia orgánica compuesta principalmente de azúcares, fibra, etc. y de 0,65 a 1,2 o/o de cenizas.

El contenido de la fibra varía del 9 al 18 o/o, según la variedad, la madurez y las condiciones de desarrollo. La punta tierna (cogollo), en la época del corte, tiene un alto porcentaje de azúcares reductores, poca sacarosa recuperable, puede contener hasta 85 o/o de humedad y es indeseable para la molienda.

### LAS HOJAS

La hoja de la caña es una lámina delgada, plana de 0,90 a 1,50 m de largo por 1,5 a 10 cm de ancho, según la variedad, tiene una nervadura central que le da resistencia y numerosas aberturas microscópicas o "estomas" que sirven para la respiración y transpiración, los que se abren cuando hay suficiente luz y humedad y se cierran con la obscuridad o la sequía.

La hoja está inserta a los nudos del tallo a través de una vaina tabular que generalmente envuelve el entrenudo y se angosta hacia arriba, desarrollando unas salientes llamados "aurículas". En su interior en la línea de unión con la base de la lámina de la hoja, se forma una membrana denominada "lígula", provista algunas veces de pelos.

Las hojas de la planta de caña constituyen la factoría en la cual la materia prima, el agua, el dióxido de carbono y los nutrimentos se convierten en carbohidratos en presencia de energía solar. La hoja desempeña tres funciones básicas: la formación de los carbohidratos, por el fenómeno de la fotosíntesis; la transformación de los carbohidratos en compuestos nitrogenados y la transpiración. El corte transversal de la hoja muestra un arreglo sistemático de las células (6). (Figura 5).

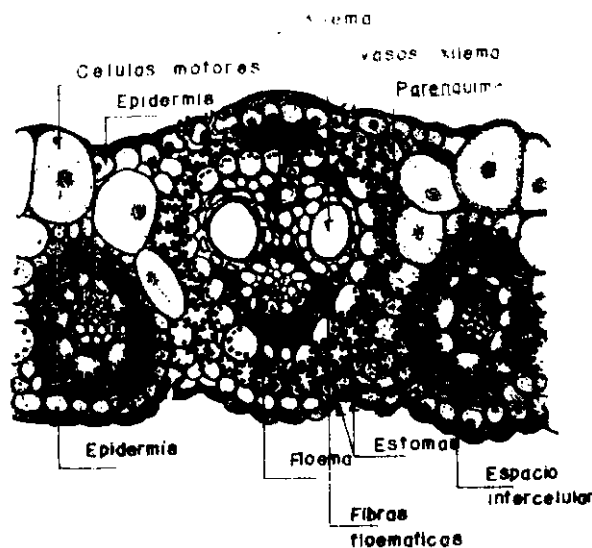


FIGURA 5. Sección transversal de una hoja de caña. (Humbert).

La planta de caña llega a tener un máximo de 10 a 15 hojas verdes, según

la variedad y condiciones de desarrollo. Van Dillewijn (1), estimó que 10 hojas verdes por tallo con 70.000 tallos por hectárea, tienen una superficie de hojas de 70.000 metros cuadrados; o sea, siete veces la superficie del suelo.

## FACTORES ECOLOGICOS.

### CLIMA

La temperatura, la insolación y la humedad son factores determinantes del clima para el desarrollo de la caña, planta tropical que prospera mejor en lugares calientes y soleados. El mejor clima sin embargo, es el tropical, caliente y húmedo, porque en él la planta se desarrolla mejor y produce buenas cosechas.

Anteriormente se había considerado que la composición del suelo era determinante en el éxito de la cosecha; últimamente se ha demostrado (2), que las condiciones climáticas (temperatura, luz, viento y humedad), son mucho más importantes que aquella.

Mangelsdorf, citado por Humbert (5), establece como características de un clima ideal en la producción de caña de azúcar, un verano largo y caliente con lluvia adecuada durante el período de crecimiento y un clima seco, soleado y frío, en la época de maduración y cosecha.

En Colombia la caña se cultiva desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 1.500 m y temperaturas de 19 a 30°C. El período vegetativo está íntimamente relacionado con el clima. Así, las plantaciones de caña de azúcar sembradas al nivel del mar, se desarrollan rápidamente y su época de corte se presenta de los 12 a 14 meses de edad. Las cañas establecidas entre los 1.100 y 1.500 m de altura sobre el nivel del mar tienen un período vegetativo que varía de 15 a 22 meses o más.

En general, los rendimientos más altos se obtienen en regiones localizadas entre los 1.000 y 1.500 m de altura, con temperatura máxima de 30°C, mínima de 18 y media de 24°C, contando con un régimen de precipitación anual mínima de 1.500 mm bien distribuidos.

**TEMPERATURAS** Cuanto más alta es la temperatura, tanto de día como de noche, mayor es el crecimiento; esto, por supuesto, hasta cierto límite cuando los excesos de temperatura pueden llegar a ser perjudiciales a la caña. Por debajo de 21°C el crecimiento de la caña de azúcar cesa; de aquí que al sembrar caña de azúcar se debe tratar que la edad en la cual tendría lugar el máximo período de crecimiento, no coincida con las temperaturas inferiores del año (2).

La temperatura óptima es de 29°C y la máxima de 32°C; a más de 32,2°C el crecimiento de la caña se perjudica.

Si las bajas temperaturas y las fluctuaciones entre la máxima y la mínima restringen el crecimiento, es lógico que aumente la acumulación de azúcares; este fenómeno debe ser aprovechado efectuando el corte cuando

se cumpla esta condición.

En términos generales, temperaturas medias de 25 a 26,5oC son las mejores para las más exitosas producciones de la caña, pero se produce comercialmente en temperaturas medias, que varían de 19 a 30oC.

Cuando la temperatura media es inferior a 19oC, la caña crece con lentitud, los entrenudos son más cortos, el período vegetativo es más largo y, por tanto, la producción de azúcar, panela y miel por unidad de superficie es menor.

En cuanto a la temperatura del suelo, la ideal es de 29,4oC. A 32,3oC se deprime el crecimiento y a los 37oC se queman las raíces; mientras que a los 15oC no germina la caña; se considera que 21oC es el límite inferior de temperatura en el suelo (7).

**OSCILACION** Los cambios de temperatura durante el día y la noche, se conocen como la oscilación de la temperatura y es de gran valor y utilidad en la elaboración de sacarosa. Cuando la temperatura es uniforme o casi uniforme, la caña no cesa de crecer y en cualquier momento habrá un alto porcentaje de azúcares reductores; las variaciones de temperatura superiores a los 8oC son muy importantes en la fase de maduración porque ayudan a formar y retener la sacarosa (7).

**LUMINOSIDAD** Es un factor de gran importancia, pues es conocido que las nubosidades afectan adversamente la rata de asimilación y que el porcentaje de acumulación de almidón en las hojas aumenta bajo condiciones de reducida luminosidad.

La luminosidad está relacionada con la función clorofiliana y a mayor brillo solar corresponderá una mayor actividad fotosintética. Además, ella favorece la emigración de los hidratos de carbono de las hojas al tallo.

La luz solar se expresa en calorías gramo por centímetro cuadrado; es decir, en pequeñas calorías. La función fotosintética combina el anhídrido carbónico del aire con el agua y la energía radiante produciendo azúcar; de aquí que se considere la luminosidad como uno de los factores fundamentales del crecimiento. En igualdad de condiciones, zonas de baja luminosidad tienen que producir más bajos tonelajes que zonas de alta luminosidad (2).

**VIENTOS** La acción de los vientos no debe pasar inadvertida ya que cuando son fuertes, arrancan las plantaciones y cuando secos y calientes aumentan considerablemente la transpiración de las plantas y resecan el suelo, siendo necesario mantenerlo convenientemente provisto de humedad.

**LLUVIAS** La adecuada suplencia de agua es indispensable para un buen crecimiento, no solo porque es la base para la formación de los azúcares, sino por ser un elemento de transporte y turgencia.

Durante el primer estado de crecimiento (germinación y macollamiento), es necesario que las plantaciones tengan una buena suplencia de agua para obtener buen tonelaje. Se ha investigado la relación entre la humedad y el crecimiento y es tan alta la correlación existente que la precipitación pluvial es en algunas zonas, sobre todo en las que no tienen riego, factor determinante de la producción (2).

La caña de azúcar necesita suelos de buen drenaje y provistos de humedad adecuada para su mayor producción y las lluvias suplen la mayor parte del agua indispensable.

Todos los países productores de caña tienen bien definidos sus períodos de lluvia y sequía durante el año; uno, generalmente el más largo, es de alta temperatura y de lluvias constantes que sólo permiten las labores indispensables del cultivo; durante él, la caña germina, crece, se desarrolla y forma el tonelaje que habrá de rendir de acuerdo con el suelo. El otro período, el de sequía, es relativamente fresco y lo emplea la planta para madurar; ese período viene acompañado, por lo general, de amplias oscilaciones de temperatura que ayudan a la formación de sacarosa. Ese período normalmente corto, es el que aprovecha el hombre para industrializar la caña; es decir, cosecharla y beneficiarla.

Algunos países, entre ellos Perú, Hawaii, Guayana Británica y algunas regiones de Colombia, poseen un clima suave que permite la cosecha de la caña durante todo el año (7).

Una precipitación anual de 1.500 a 1.750 mm es suficiente para la caña. Si el suelo no es muy suelto, precipitaciones menores hacen necesario suplir por riego las deficiencias, pues para que la caña rinda sus mejores cosechas deberán estar satisfechas el 85 ó el 90 o/o de la capacidad de retención de la humedad del suelo.

En la zona norte de Colombia, caen aproximadamente 1.300 mm entre abril y noviembre; allí es indispensable cosechar la caña a fines de diciembre y mediados de abril. Otro sector colombiano, el más amplio, que incluye toda la zona panelera y el Valle Geográfico del río Cauca, tiene dos períodos de lluvia y dos de sequía más o menos definidos. En este sector las lluvias no interfieren las labores del corte y por otra parte la suave temperatura, no ocasiona deterioros apreciables ni bajas sensibles en la pureza de los jugos (7).

#### BIBLIOGRAFIA

1. DILLEWIJN, C. VAN. 1952. The botany of sugar cane. Chronica Botanica Co. Whatham, MASS.
2. GOMEZ, A.F. 1959. El registro agronómico de Clement's y su aplicación en Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela. 125 p.

3. GOMEZ, P.F. 1970. Semilleros en caña de azúcar. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 20 p. (Bol. de Divulgación No. 29).
  4. HUMBERT, R.P. 1953. Basic problems of sugar-cane nutrient. II Applying basic factors in sugar cane fertilization. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Proc. 8: 71-79.
  5. ——— 1968. The growing of sugar-cane. Elsevier. Publ. Amsterdam. 779 p.
  6. MARTIN, J.P. 1938. Sugar-cane diseases in Hawaii. Exp. Sta. H.S.P.A., Honolulu Advertiser Publ. Co. 295 pp.
  7. RAMOS, N.G. 1963. Curso de caña de azúcar. Fac. Nal. de Agronomía, Palmira. 94 p. (mimeografiado).
-