

SUELOS, NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA PANELA.

Roberto Manrique E. *

5.1. Introducción

El principal objetivo de un cultivador de caña para panela es obtener la máxima producción en la forma más económica. Para alcanzar con este objetivo es conveniente fertilizar los suelos que no dispongan de los nutrientes necesarios, suministrándoselos en forma adecuada y oportuna.

En general, la vegetación natural dispone de los elementos esenciales para su sostenimiento. Además, la incorporación permanente de esa vegetación y su descomposición y mineralización es un continuo aporte nutritivo. En cambio, en los cultivos comerciales no todo el volumen va a incorporarse al suelo, siendo necesaria la adición de nutrientes basados en la fertilidad natural del suelo y acorde con los requerimientos del cultivo. La caña panelera se cultiva en una amplia gama de texturas, pH, geomorfología de suelos, propiedades físicas, químicas, variedades con diferentes requerimientos, explotaciones de economía campesina y empresas comerciales. Conocer toda esta gama de condiciones y tratar de aproximarse a un conocimiento de suelos, requerimientos nutritivos y fertilización en caña, es el propósito de este capítulo.

2. TEXTURA DE SUELOS EN ZONAS PRODUCTORAS DE CAÑA.

Es la proporción porcentual de los agregados arcilla, arena y limo para formar 12 clases texturales. La posición geomorfológica, la estructura y la textura hacen mayor o menor provecho al cultivo de acuerdo con la interacción que se presente.

21. Suelos Franco Arenosos

Son suelos fáciles de cultivar y cuyos rendimientos en caña dependen en alto grado de la fertilización. La economía y facilidad de laboreo compensan las inversiones que se hagan en fertilizantes. Esta clase de textura no es muy típica en caña, pero en algunas regiones como la zona tabacalera de García Rovira, da excelentes resultados después de un cultivo de tabaco, siempre y cuando se disponga de riego oportuno.

2.2. Suelos Franco y Franco Arcillosos

Son éstas las texturas más adecuadas para el cultivo de la caña. En condiciones geomorfológicas aluviales y coluvio aluviales con buenos drenajes, las texturas franco y franco-arcillosas dan excelentes rendimientos físicos y buena calidad de panela.

* I.A., M. Sc. Coordinador Nacional Red Caña Panelera, CORPOICA - CIMPA - Barbosa
Santander.

2.3. Suelos Arcillosos, Arcillo Limosos y Franco Arcillo Limosos

Cuando estas clases textuales se dan en formaciones planas y cóncavas, el drenaje natural puede ser muy deficiente, perdiéndose mucha semilla en siembras hechas en épocas de alta lluviosidad, o muchas cepas cuando se cosecha caña en períodos de fuerte invierno; situación ésta que encarece las prácticas de adecuación de los lotes (drenajes, subsoladas, etc.).

En suelos con horizontes superficiales arcillosos, si éstos acumulan suficiente materia orgánica y se construyen buenos drenajes con antelación a la siembra, se pueden producir abundantes cosechas en los primeros cortes; pero al irse compactando por el pisoteo de las mulas, la aireación va disminuyendo, las aguas se estancan y las cepas mueren por enfermedades radiculares, perjudicando notoriamente las plantaciones.

Hay suelos con apariencia de texturas pesadas, pegajosas y plásticas, pero son abiertos y porosos y no presentan problemas de drenaje. Son suelo pardo negruzco, negros y rojos (Andepts, Dystropept). La coloración rojiza se debe al hierro cuyo contenido puede ser de 8 hasta 20%. Estos suelos inicialmente son ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, pero debido a su porosidad se lavan rápidamente y después de varios años de cultivo necesitan fertilización.

En general, un suelo pesado es de difícil manejo y trae como consecuencia una menor duración de las socas, un mayor costo de adecuación de los lotes y una mayor predisposición a la presencia de enfermedades radiculares.

3. ESTRUCTURA DE SUELOS

Es la forma como se unen las partículas para formar terrones. No hay estructuras en suelos gredosos en donde se forma una masa que no se rompe en terrones. Tampoco las hay en suelos arenosos.

Un suelo con buena estructura facilita el desarrollo del cultivo, pues el agua y el aire penetran muy bien. No lo arrastran fácilmente ni la lluvia ni el viento y las raíces de las plantas se desarrollan en buenas condiciones.

Una mala estructura del suelo, cuando está húmedo, forma una gran masa que anula la aireación de las raíces y dificulta el laboreo, porque al realizarse esta actividad las herramientas de trabajo se atascan o se pegan; además induce a un desarrollo deficiente del sistema radicular, ocasionando la muerte prematura de las cepas.

3.1. Estructura laminar

Es la manera como se unen las partículas de suelo para conformar láminas o lajas.

3.2. Estructura Columnar

Es la que se configura cuando las partículas de suelo se unen y forman columnas con bordes redondeados.

3.3. Estructura Prismática

Esta estructura se presenta cuando las columnas tienen bordes angulosos.

3.4. Estructura Blocosa

Si las partículas de suelo se unen en forma de bloques de varios tamaños con bordes redondeados o angulosos, se tiene un suelo con estructura blocosa.

3.5. Estructura Granular

Esta clase de estructura surge cuando las partículas de suelo forman terrones pequeños y redondeados como gránulos.

4. EL pH DE LOS SUELOS CON RELACIÓN AL CULTIVO

La caña para panela puede cultivarse relativamente bien dentro de los límites de pH que van de 5,5 a 7,5. Khanna en estudios realizados en la India, encontró que las raíces de la caña crecen con normalidad dentro de pH de 6,1 a 7,7 y que los suelos ácidos son indudablemente más dañinos que los suelos alcalinos.

Los suelos ácidos de Hawai producen excelentes rendimientos de caña de azúcar con pH de 4,5 a 5,0, en tanto que en otro extremo se obtienen buenos rendimientos en suelos con 8,0 a 8,3 de pH.

En suelos donde se cultiva caña como Antioquia y Santander es frecuente encontrar suelos extremadamente ácidos o fuertemente ácidos (pH de 4,1 a 5,5). Las manchas foliares, tales como la “mancha de ojo” y la “mancha de anillo”, abundan en este medio ácido, tal vez debido a que tienen amplia correlación suelo-hongo. Otro gran porcentaje de suelos para caña panelera tienen pH de 5,6 - 6,5 moderada o ligeramente ácidos, donde se adaptan más fácilmente a las variedades traídas de la zona

azucarera del Valle del Cauca; ello implica menos uso de correctivos, lo cual permite disminuir el costo de manejo, y el proceso de nitrificación resulta mayor por la abundancia de bacterias nitrificantes.

La alcalinidad excesiva se encuentra con frecuencia en las regiones secas, especialmente en los suelos que contienen una regular cantidad de carbonato de calcio. Debido a esta circunstancia, se forma carbonato de sodio que es tóxico para las plantas. Este problema se puede tratar lavando los suelos previamente, drenando o neutralizando el álcali con yeso (sulfato de calcio).

En caña panelera no se presentan problemas mayores por salinidad. Sin embargo, a $\text{pH} > 7.2$ puede pensarse en problemas de salinidad, que afectan el comportamiento del cultivo especialmente en cuanto se refiere al crecimiento y concentración de sacarosa en la caña.

5. GEOMORFOLOGÍA DE LOS SUELOS EN CULTIVOS DE CAÑA PANELERA

La caña para panela se cultiva con óptimos rendimientos en las hondonadas y partes planas bien drenadas. En las cuchillas o lomas (suelos residuales) el crecimiento de la caña es menor, pero tiene mayor concentración de sacarosa.

La Tabla 2.4, define y explica las unidades geomorfológicas de la Hoya del Río Suárez, las cuales puede explorarse a las demás zonas paneleras a nivel nacional.

5.1. Suelos Estructurales Coluviales

Estos suelos se presentan donde hay acumulación de material coluvial sobre la pendiente estructural. Su posición típica se halla en laderas bajas donde los cambios de pendiente facilitan la coluviación. Son suelos ligeramente inclinados con pendientes entre el 7 - 12%.

El cultivo de caña en este tipo de suelos tiene la limitante de la profundidad del perfil. A nivel de la Hoya del Río Suárez se cultivan uno ó dos cortes en estas unidades geomorfológicas.

5.2. Suelos Erosionales-Coluviales.

Se localizan donde predominan procesos denudativos; pero hay procesos importantes de acumulación en sitios altos ubicados inmediatamente debajo de las cuchillas erosionales donde se inicia la coluviación. También en sitios quebrados a fuertemente ondulados con pendientes entre 25 y 40%. El cultivo de caña en esta unidad, con buena fertilización, permite obtener hasta tres cortes. La heterogeneidad de los lotes implica que se debe aplicar mayor fertilización en las partes erosionales y disminuir en las coluviales. Esta unidad de suelos tiene mayor vocación cafetera.

5.3. Suelos Coluvio-Erosionales

Se localizan en áreas donde predomina la acumulación de materiales, pero que sufren procesos denudativos importantes. Son áreas intermedias entre las unidades erosionales coluviales donde se encuentran los coluvios carpos de las laderas, moderadamente ondulados a manera de lomas (relieve convexo o cóncavo), con pendientes entre 12 y 25% .



TABLA 4.1. Definición y explicación de las unidades morfogenéticas. Cuenca media del Río Suárez.

Unidad Geomorfológica.	GÉNESIS.	POSICIÓN TÍPICA	RELIEVE-PENDIENTE
Estructural .	Unidad donde la estructura geológica del área es la causante del relieve actual.	Partes más altas de monoclinales y anticlinales.	Laderas largas de superficie homogénea.
Estructural erosional	Estructuras geológicas plegadas y erosionadas por procesos de solevantamiento.	Partes altas de los monoclinales y anticlinales con laderas largas y cortas con pendientes complejas.	Crestas y escarpes de anticlinales. Relieve escarpado pendientes mayores del 40%.
Estructural coluvial.	Acumulación de materiales coluviales sobre la pendiente estructural.	Posiciones bajas de las laderas estructurales donde los cambios de pendiente han facilitado la coluviación.	Ligeramente inclinado con rango pendiente entre 7 y 12%.
Erosional	Labrado de la superficie por agua escorrentías u otros procesos denudativos.	Zonas más altas de montañas y colinas que no están dominadas por pendientes estructurales.	Quebrado o escarpado con pendientes complejas superiores al 40%.
Erosional Coluvial	Donde predominan procesos denudativos, pero hay procesos importantes de acumulación.	Sitios mas altos que quedan inmediatamente debajo de las cuchillas erosionales donde se inicia la coluviación.	Quebrado a fuertemente ondulado con pendientes del 25 al 40%.
Coluvio-erosional	Areas donde predomina la acumulación de materiales, pero sufren procesos denudativos importantes.	Areas intermedias entre las unidades erosionales coluviales y donde se encuentran los coluvios cuerpo de las laderas.	Moderadamente ondulado a manera de lomas (relieve convexo cóncavo) Pendientes del 12 al 25%.
Coluvial	Acumulación de materiales por escurrimiento superficial o movimientos en masa.	Pie de laderas contiguas a los ríos principales.	Laderas aproximadamente iniformes con longitud varlada - ligeramente inclinada . Pendiente del 5 al 12%.
Coluvio-aluvial.	Acumulación de materiales por procesos coluviales y además, transporte por corrientes de agua.	Pie de laderas con influencia de pequeños conos aluviales.	Laderas con pendiente suave y longitud variada. Rango de 3 a 7%.
Valles estrechos y terrazas.	Corresponden a aportes recientes de tipo lateral y longitudinal por corrientes que forman	Posiciones más bajas de las depresiones entre colinas y/o montañas.	Relieve casi plano, 0 a 3%.

	cauces principales.		
--	---------------------	--	--

5.4. Suelos Coluviales

Se originan por la acumulación de materiales causada por el escurrimiento superficial o movimientos en masa. Son característicos del pie de laderas contiguas a los ríos principales, laderas aproximadamente uniformes con longitud variada, ligeramente inclinadas con pendientes del 5 a 12%. Esta unidad de suelos y la anterior son los suelos de típica vocación cañera. En ellos se producen las mejores calidades de panela.

5.5. Suelos Coluviales-Aluviales

Estos suelos se forman en aquellas acumulaciones de materiales ocurridos por procesos coluviales y, además, por transporte de corrientes de agua, al pie de laderas influenciadas por pequeños conos aluviales y laderas con pendiente suave y longitud variada. Rango del 3 al 7% .

5.6 VALLES ESTRECHOS Y TERRAZAS (SUELOS ALUVIALES)

Corresponden a aportes recientes de tipo lateral y longitudinal hechos por corrientes que forman cauces principales. Se ubican en posiciones más bajas de las depresiones entre colinas y/o montañas. Presentan relieve casi plano de 0 a 3 %. En las dos unidades anteriores la fertilidad del suelo para caña es muy buena. Con buenos drenajes se pueden obtener hasta 10 cortes; sin embargo, la sacarosa es menor y la cristalización de la panela sin aplicaciones de potasio que ayuden a aumentar la sacarosa, es muy deficiente.

6. NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN.

6.1. Nutrientes extraídos por la caña y sus requerimientos.

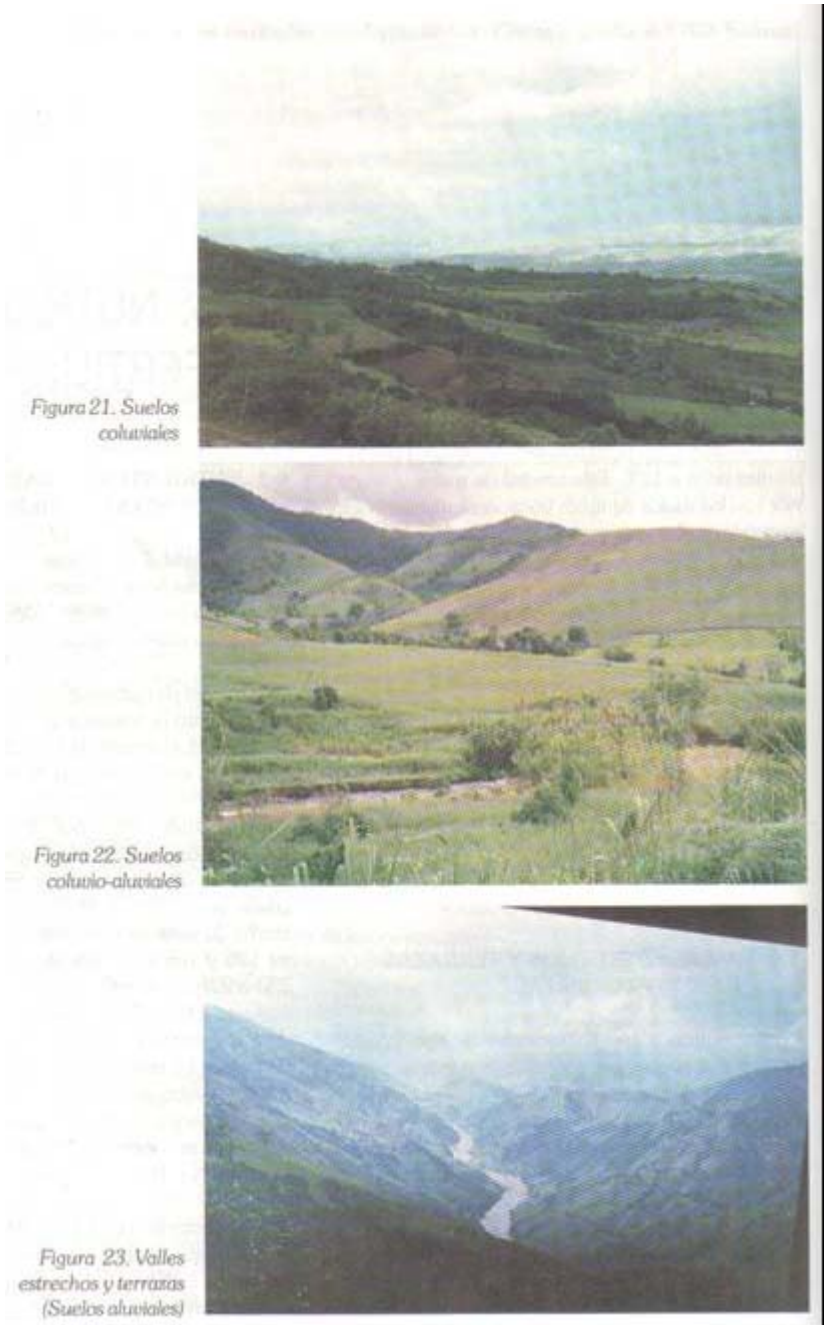
Un cañadulzal se encuentra en óptimas condiciones cuando tiene hojas de color verde oscuro, entrenudos largos y de buen diámetro, "dependiendo de la variedad", y un sistema radical sano y bien desarrollado.

La cantidad de nutrientes extraídos por la caña pueden variar dentro de límites muy amplios dependiendo de la variedad, el estado de fertilidad del suelo y la edad de la caña en el momento de realizarse el corte.

Según Barnes, citado por Muñoz y Molina (37), 50 ton. de caña de molienda extraen del suelo 34 kg de nitrógeno, 23 kg de P_2O_5 y 68 kg de K_2O . Dutroit, citado por Muñoz y Molina (37), considera que 50 ton./ha de caña de la variedad POJ-2714, extraen entre 126 y 165 kg de nitrógeno; 78 a 94 kg de P_2O_5 ; 233 a 276 kg de K_2O ; 173 a 181 kg de CaO y 139 a 168 kg de MgO. Ramos citado por Muñoz (37) considera, en términos generales, que para producir 1 ton. de tallos y los residuos

correspondientes, se requieren 1,2 kg de nitrógeno; 0,9 kg de P_2O_5 ; 5 kg de K_2O ; 1,6 kg de Calcio y 1,2 kg de Magnesio. Para producir 1 ton. de azúcar, se necesitan 5,85 kg de N, 3,70 kg de P_2O_5 , 16 kg de K y 16,8 kg de calcio.

Samuels, citado por Muñoz y Molina (37), en la Estación Experimental de Río Piedras, determinó que se requieren 1,36 kg de N/ton. de caña producida y 10,4 kg del mismo elemento por ton. de azúcar.



6.2. REQUERIMIENTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

6.2.1. Nitrógeno

Barnes, citado por Vélez y Lotero (44), calculó que 50 ton. de caña de molienda extraen del suelo 34 Kg. de nitrógeno, aunque esta cantidad puede fluctuar de acuerdo con la variedad cultivada, la fertilidad del suelo y la edad de la caña en la época de corte.

6.2.2. Fósforo

En comparación con la demanda de N y P, la de fósforo es baja. Las aplicaciones promedias fluctúan entre 45 y 112 kg/ha de P_2O_5 . En Hawai consideran como nivel crítico 12 y 20 ppm de fósforo extraído por el método de Bray I para suelos pesados y livianos respectivamente. Por otro lado, una ton de caña de molienda extrae del suelo 0,46 kg de P_2O_5 . (Barnes, cit. por Vélez y Lotero,44).

6.2.3. Potasio

Shaw, citado también por Vélez y Lotero (44), afirma que en Jamaica, en arcillas pesadas, las mayores deficiencias de K se presentan durante la primera mitad de la vida del cultivo. La falta de aireación del suelo y la compactación que impiden el normal desarrollo de las raíces, hacen que el potasio cercano a los valores marginales no pueda ser tomado por la planta. El cultivo de la caña en esas arcillas pesadas implica por tanto, una nutrición potásica adicional junto con roturaciones de las capas impermeables del suelo para promover el desarrollo de las raíces.

Tabayo y Jong, citado por Vélez y Lotero (44), fija como nivel crítico de potasio en suelos de Filipinas, 100 ppm. Con aplicaciones de 300 kg/ha de K_2O obtuvo la mejor cosecha en suelos con menos de 40 ppm de potasio. El efecto de este nutrimento se manifestó no solamente en aumento de tonelaje, sino de los rendimientos.

Las cañas deficientes se mostraron propicias al encamado y experimentaron una considerable reducción de su capacidad de crecimiento; además, la mortalidad de los vástagos en desarrollo fue muy alta.

En suelos aluviales de Sur África se han obtenido extracciones de K_2O que fluctúan entre 1,0 y 1,36 Kg. /ton de caña de molienda.

Humbert, citado por Jacob, revisado por Vélez y Lotero (44), afirma que una deficiencia potásica, que aparece en Hawai cuando el contenido foliar de potasio es menor de 1,5%, conduce a una acumulación de compuestos nitrogenados de bajo peso molecular en las hojas y un retardo general de crecimiento.

Así mismo, las plantas con bajo contenido potásico foliar no pueden absorber la elevada cantidad de agua que requieren para su normal crecimiento.

6.2.4. Características Químicas Del Suelo En Caña Panelera.

Entre las características más importantes de conocer en el cultivo de la caña, figuran las mínimas cantidades de nutrientes que debe tener un suelo para obtener su máxima cosecha.

Los síntomas de deficiencia y toxicidad han sido inducidos por muchos investigadores.(36). Los síntomas específicos del desastre se emplean para identificar deficiencias y toxicidades en condiciones de campo.

Generalmente se observan deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio en casi todas las regiones cañeras. En la literatura se reportan también deficiencias de calcio, magnesio, azufre, zinc, boro, cobre, molibdeno y sílice.

Los cambios en el color de las hojas y la aparición de manchas, rayas, clorosis y necrosis de los tejidos son expresiones indicativas de estos síntomas. Las plantas con deficiencia primero muestran un desarrollo retardado característico del "hambre oculta".

A medida que la deficiencia es más aguda, el desarrollo se reduce mas, las plantas se achaparran y frecuentemente desarrollan los síntomas de deficiencia. La proporción de crecimiento es baja o varía con el abastecimiento de los elementos limitantes.

En Hawai se considera como nivel crítico de fósforo en suelos pesados y livianos un contenido de 12 a 20 ppm cuando se extrae con el método de Bray I (Hel 0,025 N+NH₄F 0,03N) (36).

Marín (33) dice que en Colombia los suelos con menos de 10 ppm, 10 a 20 ppm y mayores de 20 ppm son calificados como bajos, medios altos, cuando el fósforo se extrae mediante el método de Bray II (Hel 0.1N+NH₄FO.03N). En este mismo orden se recomiendan 100 a 225, 75-100 y 0-75 kg/ha de P₂O₅, respectivamente, o sea que los contenidos son bajos, medios y altos para suelos de ladera cultivados en caña panelera en las tres cordilleras (Occidental, Central y Oriental). La fuente de fósforo debe ser soluble en agua y/ó citrato; en suelos de pH inferior a 5,5 se debe preferir el calfos o las escorias Thomas.

El Programa de Caña Panelera tienen clasificados los suelos cultivados en caña para panela por su fertilidad, así: (Tabla 5.1).

Tabla 5.1. Clasificación de suelos cultivados en caña para panela, según su fertilidad determinada por los programas suelos y de Caña Panelera.

Concepto	Excelente	Bueno	Regular	Inadecuado
pH	6.5 - 7.2	5.5 - 6.5	4.5 - 5.5	> 7.2 - < 4.5
Materia orgánica %	Alto	Medio	Bajo	-----
	5% o más.	< 3.5 %	< 3%	-----
Fósforo: P(ppm)	>20.	10 - 20	< 10	-----
Bray II				
Potasio: K(mg/100 g).	>0.6	0.3 - 0.6	< 0.3	-----
Calcio (Ca) y Magnesio (Mg): Meq/100g.	>3.0 - > 1.5	1.5 - 3.0 y 0.5 - 1.5	< 1.5 y < 0.5	-----
Aluminio (Al) Meq/100g.	Al > (Ca+Mg+N) o Al > 4.0 Me/100 g.	Al = (Ca+Mg+K + Na) ó Al = 2 - 4 Meq/100 g.	Al < (Ca+Mg+K + Na) ó Al 2 Meq/100 g.	-----

6.3. FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN CAÑA

Muñoz (36) investigando sobre fertilización en suelos de Antioquia los municipios de Cocorná, Barbosa y Amagá, cultivados en caña panelera, encontró las dosis con las cuales se pueden obtener altos rendimientos. Estas dosis varían entre 50 y 75 Kg./ha de nitrógeno; 75 a 150 kg/ha de P₂O₅ y 75 a 225 Kg./ha de K₂O. Además el bórax, el MgSO₄ y el S elemental son otros nutrientes que parecen tener mucha importancia en la nutrición de la caña en Antioquia.

En relación con fuentes y fraccionamiento de nitrógeno, se obtuvieron resultados que permiten establecer que la urea, el sulfato de amonio y el nitrón 26 pueden ser utilizados para fertilizar caña. En dosis que oscilan entre 75 a 150 kg/ha de nitrógeno.

En cuanto a fuentes de fósforo, se puede indicar que la caña panelera necesita recibirlo en la siembra y en la soca subsiguiente. La fuente más indicada parece ser el superfosfato triple, seguida en eficiencia por las escorias Thomas. La roca fosfórica de origen colombiano con 20% de P₂O₅ total mejoró sensiblemente su eficiencia en el segundo corte con relación al corte de plantilla, a tal punto que en este corte una dosis de 150 kg/ha de P₂O₅ (como roca fosfórica) fue tan eficiente como 75 a 150 kg/Ha de P₂O₅ como escorias Thomas.

García, citado por Vélez y Lotero (44), realizó un experimento en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira, con tratamientos de N-P-K en diferentes proporciones y en análisis foliares periódicos por varios cortes. Aunque el experimento no se concluyó pudo observarse que el nitrógeno en las hojas decrece con la edad y que el incremento de nitrógeno aplicado al suelo con Fósforo o potasio corresponde a un aumento en el nitrógeno foliar (Nitrógeno total, determinado por el método de Kleldohl).

García y Castillo, citados por Vélez y Lotero (44), tras evaluar el municipio de Chinchiná (Caldas) la respuesta de la variedad M-666 a las aplicaciones de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, determinaron que el tonelaje de caña/ha. con fósforo aumentó de 113,9 a 173,8 t/ha; el porcentaje de sacarosa cambió de 16 a 17 y se incrementó el número de tallos por planta; el potasio, aunque en menor escala, aumentó el tonelaje de caña y el número de tallos por planta; la aplicación del calcio facilitó la absorción de fósforo, aumentando indirectamente el tonelaje y no hubo respuesta a la aplicación de nitrógeno.

Creps, citado por Vélez y Lotero (44), efectuó una serie de ensayos de aplicación de fertilizantes líquidos a la caña de azúcar. Los resultados obtenidos demuestran la acción eficaz del nitrógeno absorbido por las hojas; el incremento fue de 30 ton. de caña/ha. En las socas no produjeron efecto ni el ácido fosfórico ni el de potasio aplicado en forma foliar, debido posiblemente a un desequilibrio en el nitrógeno. Con mezclas de fosfatos monoamónicos y aplicados para acelerar la madurez 24 días antes del corte, se logró un aumento de rendimiento de 2,01%.

Vélez y Lotero (44), en un ensayo de fertilización de caña de azúcar para la producción de panela en la zona de Frontino (Antioquia), concluyeron que la mejor aplicación parece ser de 200 kg/ha de nitrógeno, 100 de P_2O_5 y 150 de K_2O .

Teniendo en cuenta el aspecto depresivo que en los rendimientos de sacarosa en la caña de azúcar propicia un exceso de nitrógeno, se podría rebajar la dosis de este elemento hasta 150 kg/ha, perdiendo un poco los tonelajes en beneficio de la concentración de sacarosa.

Gómez y Sánchez (15), en ensayos de fertilización nitrogenada en caña de azúcar concluyeron, en general, que al aumentar la dosis de nitrógeno aplicado se aumenta la producción de caña de azúcar en forma significativa en dosis de 80 y 100 kg de nitrógeno/ha se incrementó la producción en 60% en caña de azúcar en las 4 localidades. Las dosis de 80 y 100 kg de nitrógeno fueron más eficientes que las dosis de 40 y 60 en todas las localidades.

Los promedios de producción para ton. de caña de azúcar/ha fueron más altos cuando se utilizó urea que cuando se empleó nitrato de amonio. Las dosis óptimas de nitrógeno se fijaron entre 80 y 100 kg/ha aplicada en un período de tres meses después de cada corte (15).

En la Hoya hidrográfica del Río Suárez, Manrique et al. (32) encontraron que la caña intercalada con maíz y frijol responde agroeconómicamente en forma positiva a las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio; sin embargo, los resultados económicos fueron bajos y para algunos modelos, negativos. El tratamiento recomendado para la zona (150-100-30) presentó una rentabilidad de 1,90; en tanto que el mejor tratamiento con base en el análisis gráfico y de promedios (100-100-30) mostró rentabilidad de 5,53.

En caña como único cultivo, los tratamientos 100-200-100 y 100-100-50 presentaron rentabilidades similares de 3,85 y 3,67, respectivamente; mientras que el tratamiento recomendado para la zona, 150-100-30 mostró una rentabilidad por peso invertido de 2,33.

6.4. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CAÑA

La materia orgánica, (MO) del suelo consiste en un amplio grupo de sustancias que van desde tejidos vegetales y animales y células microbianas no descompuestas, pasando por productos de

descomposición de corta duración, hasta material estable amorfo sin vestigios de la estructura anatómica del material original (Russell y Russel, 1968). Los componentes se pueden clasificar en dos grupos de sustancias: no húmicas y húmicas.

La fracción no húmica de la MO incluye los residuos inalterados. La fracción húmica son las sustancias que han sido ampliamente modificadas. Esta fracción es la más activa y reacciona con moléculas orgánicas, iones inorgánicos, células microbianas, coloides, etc.

En el suelo la MO se transforma por la acción de los microorganismos, los cuales derivan de ella el carbono y/o la energía para su crecimiento. En el proceso de descomposición, gran parte del carbono se libera como dióxido de carbono (CO₂).

Algunas formas orgánicas de ciertos nutrimentos (N-P-S) son convertidas en formas inorgánicas disponibles para las plantas (mineralización). Además de aportar nitrógeno, fósforo, azufre, se enriquece el suelo con potasio, magnesio, calcio, manganeso, boro y cobre, dependiendo de la clase de condición y alimento consumido por el animal (Tablas 5.2 y 5.3).

Tabla 5.2. Contenido nutricional de N, P, K en diferentes residuos orgánicos animales.

Clase de estiércol	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Kg/100	dg de estiércol	
De caballo	6.7	2.3	7.2
De vaca	3.4	1.3	3.5
De cerdo	4.5	2.0	6.0
De oveja	8.2	2.1	8.4
De gallina	15.0	10.0	4.0

Tabla 5.3. Contenido de algunos elementos nutritivos en kg/ton de materia orgánica.

Nutrientes	Unidades
Azufre	0.5
Magnesio	2.0
Calcio	5.0
Manganeso	30 - 50 gr.
Boro	4.0
Cobre	2.0

La MO, dada la condición de humedad entre 50 y 85% de agua según esté descompuesta o fresca, ayuda a refrescar el cultivo de caña cuando se aplica en verano.

Varios factores influyen en la tasa de descomposición de la MO. La naturaleza química de los residuos, la temperatura, la humedad, la aireación, la posición geomorfológica del suelo, el pH, el contenido de nitrógeno y la composición mineralógica de las arcillas.

Las arcillas amorfas, como la alófona, tienden a retardar la tasa de mineralización de la MO a través de varios mecanismos. El contenido de MO aumenta a medida que aumenta la altura (Tabla 5.4). Los contenidos de MO contribuyen a la capacidad de intercambio catiónico.

Tabla 5.4. Contenido de MO en suelos de varias Regiones de Colombia.

Región	Temperatura Media Anual (°C).	Altitud Media	% Materia Orgánica MO.
Páramo, (Cundinamarca)	10	3400	24.0
Sabana de Bogotá.	14	2600	12.0
Zona Cafetera	19	1400	8.0
Valle del Cauca	24	1000	4.2
Llanos Orientales	27	300	3.4
Costa Atlántica.	28	100	2.5

La MO es tan importante que da origen a un orden de suelos llamado Histosoles. Además para diferenciar los horizontes diagnóstico “molino y umbrico”.

En caña el CORPOICA-CIMPA ha venido investigando en MO a partir de los residuos de cosecha (encalle), los diferentes subproductos del molino (ceniza, bagazo, bagacillo, etc). Los animales empleados en el alce de la caña (mulas), las gallinas, cerdos y bovinos alimentados con subproductos (melote, palma o cogollo y cachaza). Todo este volumen de residuos nos darán la posibilidad de volver a revivir la tecnología de siglos pasados, los fosos orgánicos.

Una tecnología moderna que se puede adicionar es la lombricultura. Dado que en caña tenemos cosecha permanente, es posible utilizar la tecnología del plástico para construir cubiertas de fosos de abonos y así poder estar aplicándolos durante todo el año a cortes, antes de cumplir los seis meses.

En estas condiciones, en trabajos exploratorios realizados en tres fincas con bajos contenidos de MO, bajos en fósforo y en potasio, y con contenidos de aluminio entre 2,0 y 5,0 meq/100 g, se aplicó MO al cuarto y quinto corte en dosis de 3 ton/Ha con calfos y fosforita Huila (1 ton y 1/2 t respectivamente). Además, se adicionó, en forma complementaria, una segunda aplicación de cloruro de potasio y urea, tal como se muestra en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Efecto sobre el rendimiento de caña (TCH) ante la fertilización Orgánica y química a partir del cuarto corte en tres fincas de la Hoya del Río Suárez.

P₂O₅ (Kg/ha)			
100			
Corte	Estiércol (ton/ha)	NxK (Kg/ha) 45 x 30	NxK (Kg/ha) 100 x 60
3		80	110
4	3	160	155
5	3	----	----

* *Falta cosechar.*

Al pasar del tercer corte al cuarto y quinto se aplicaron 3 ton/ha de MO a un suelo residual o de ladera. En el cuarto ciclo se notaron cambios de 80 a 160 ton/ha y de 110 a 155 ton/ha, con dosis constantes de P₂O₅ (100 kg/ha), y con cantidades cambiantes de nitrógeno y potasio 45 a 100 de nitrógeno y 30 a 60 kg/ha de potasio.

6.5 DOSIS Y SISTEMAS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

La dosis de fertilizante para aplicar al cultivo de caña depende de la fertilidad natural del suelo. Para los diferentes suelos de ladera donde se cultiva caña para panela, debe practicarse el análisis de suelos antes del establecimiento y después de cada corte.

El Programa Nacional de Suelos del CORPOICA elaboró una tabla, en cuarta aproximación, basada en los análisis hechos mediante datos experimentales tomados en ensayos establecidos a nivel de fincas de agricultores por el Programa de Caña Panelera, y se obtuvieron los siguientes resultados:

- En suelos con bajos contenidos de materia orgánica (< 3%), bajos en fósforo (<10 ppm) y en potasio (<0,3 Meq/100 g), se recomienda aplicar de 75 a 125 kg/ha de nitrógeno, 100 a 175 kg/ha de P₂O₅ y 125 a 150 kg/ha de K₂O.
- Cuando los suelos tienen contenidos medio de MO (3-5%), contenidos medios de fósforo (10-20 ppm, Bray II), contenidos medios de potasio (0,3 - 0,6 Meq/100 g), se aconseja aplicar de 50 a 100 kg/ha de nitrógeno, 75 a 150 kg/ha de P₂O₅ y 50 a 100 kg/ha de K₂O.
- Cuando los suelos tienen contenidos altos de MO (>5%), contenidos altos en fósforo (>20 ppm) y contenidos altos en P (>0,6 Meq/100 g), se puede aplicar de 0 a 75 kg/ha de nitrógeno, 0 a 75 kg/ha de P₂O₅ y 0 a 75 kg/ha de K₂O.
- En suelos de ladera el fertilizante se aplica completo al momento de la siembra en el fondo del surco, tapando con una pequeña capa de suelo para que no quede en contacto con la semilla.

- e) En socas, el fertilizante se aplica en banda sobre la parte superior de las mismas, una vez efectuado el encalle y cepillado de las cepas. En lo posible, conviene hacer un rayado con bueyes o tractor en la parte superior de la cepa, para luego aplicar el fertilizante y taparlo con el segundo pase. Además, esta práctica en suelos pesados sirve como medio para oxigenar las cepas.
- f) En suelos con pH inferior a 5,5 debe preferirse el calfos (escoria Thomas) como fuente de P_2O_5 . Si la relación Ca/Mg es superior a 3, se debe aplicar cal dolomítica para evitar la defoliación prematura por deficiencia de Mg. Estos correctivos localizados al fondo del surco y cubiertos con una capa de tierra para que no queden en contacto con la semilla, economizan su aplicación en altas cantidades.

Cuando haya deficiencia de azufre y magnesio, elementos secundarios indispensables para la caña, se debe aplicar entre 50 y 100 kg/ha de $MgSO_4$ al momento de la siembra o inmediatamente después del corte.