



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
RURAL Y TIERRAS

INIAF
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal

MANUAL DE MANEJO DE SUELOS EN LA PRODUCCIÓN DE MUSACEAS



AUTORIDADES NACIONALES

M. Sc. Luis Alberto Arce Catacora

Presidente Constitucional del Estado Plurinacional de Bolivia

Lic. David Choquehuanca Céspedes

Vicepresidente del Estado Plurinacional de Bolivia

AUTORIDADES INSTITUCIONALES

Windson July Martínez Ph.D.

Director General Ejecutivo INIAF

Rogelio Maydana Apaza Ph. D.

Dirección Nacional de Innovación

Ing. Jose Gabriel Condori Chipana

Responsable Proyecto Banano y Plátano

CRÉDITOS

Autores:

Ing. Leonardo Choque Ramirez
Ing. Ivan Zurita Villegas
Ing. Gady Ruth Loza Merida
Tec. Sup. Oscar Calizaya Quiroga

Edición:

Windson July Martinez Ph.D.
Rogelio Maydana Apaza Ph.D.
M. Sc. Emma Yana Ali
Ing. Valerio Vargas Pantoja

Diagramación e Impresión:

C&C Impresiones
Av. 20 de Octubre N° 1677
Telf.: 2495695 • Cel.: 76759999 • Email: cycimpresionesgraf@gmail.com
La Paz Bolivia

1ra edición

ISBN: 978-9917-9654-3-5

Deposito Legal: 4-2-629-2025 P.O.

PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), creado mediante el Decreto Supremo N.º 29611 del 25 de junio de 2008, tiene entre sus funciones dirigir, desarrollar y ejecutar procesos de investigación e innovación, brindar asistencia técnica, apoyar la producción de semillas, y promover la recuperación y difusión de conocimientos, saberes y tecnologías, además del manejo y gestión de recursos genéticos. Asimismo, la administración del sistema nacional de recursos genéticos en los ámbitos agrícola, pecuario, acuícola y forestal, lo que incluye la gestión de bancos de germoplasma y centros de investigación.

El programa “Mejora de la producción y comercialización de banano y plátano en el Trópico de Cochabamba y Los Yungas de La Paz” tiene como objetivo principal incrementar la productividad y mejorar la calidad del banano y plátano en las regiones beneficiarias, mediante el fortalecimiento de capacidades técnicas, el acceso a tecnologías apropiadas, la implementación de buenas prácticas agrícolas y el impulso a la comercialización, contribuyendo así al desarrollo sostenible de los productores y a la seguridad alimentaria del país.

El presente manual está dirigido a productores y al público en general, con el propósito de ofrecer orientación sobre la implementación de prácticas adecuadas en el manejo de la fertilidad del suelo, con el objetivo de mejorar la productividad y rentabilidad de los cultivos de musáceas.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REQUERIMIENTO DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE BANANO	1
3.	ANÁLISIS DE SUELOS	2
4.	REMOCIÓN DEL SUELO	4
4.1	Condiciones propicias para la remoción de suelo	4
4.1.1	Remoción con trinchado	5
4.1.2	Remoción con maquinaria	5
4.2	Beneficios de la remoción de suelos	7
5.	CORRECCIÓN DEL pH DE SUELOS	10
5.1	Acidez de suelos.....	10
5.1.1	Disponibilidad de nutrientes según el pH de suelos	10
5.1.2	pH óptimo para el cultivo del banano	11
5.2	Fitotoxicidad por aluminio	11
5.2.1	Correctores de acidez.....	12

5.3	Uso de la cal hidratada	13
5.4	Época y condiciones de aplicación	13
5.5	Beneficios del encalado	14
5.6	Recomendaciones para el encalado	15
6.	BIOESTIMULACIÓN RADICULAR.....	18
6.1	Sistema radicular de la planta de banano	18
6.2	Raíz sana y funcional	19
6.3	Uso de bioestimulantes radiculares	20
6.4	Beneficios del uso de bioestimulantes radiculares	20
6.5	Recomendaciones del uso de bioestimulantes radiculares	21
7.	FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO.....	24
7.1	Fertilización Química	24
7.2	Beneficios de la fertilización química	24
7.3	Fertilización orgánica	26

7.4	Beneficios de la fertilización orgánica.....	27
8.	ABSORCIÓN DE NUTRIENTES.....	28
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	31



1. INTRODUCCIÓN

La baja productividad en los cultivos de banano y plátano está relacionada con el deterioro del suelo y un manejo agronómico inadecuado. Problemas como la compactación, la acidez y el desequilibrio nutricional limitan el desarrollo óptimo de las plantas.

Ante esto, una fertilización adecuada, basada en el análisis físico-químico del suelo y otras prácticas complementarias, es clave para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo.

Este manual ofrece orientación práctica a productores, técnicos y otros interesados en la producción de banano y plátano, con el fin de adoptar tecnologías que optimicen el manejo del cultivo y aumenten su productividad.

2. REQUERIMIENTO DE SUELOS PARA EL CULTIVO DE BANANO

El cultivo del banano requiere de suelos sueltos, siendo ideales los suelos francos, profundos, con baja saturación de Aluminio (Al), alto contenido de materia orgánica, con cantidades adecuadas y balanceadas de elementos nutritivos que la planta requiere para crecer, desarrollarse y producir un buen racimo. Debe tener un buen drenaje para evitar encharcamientos prolongados, ya que el banano es muy susceptible a los excesos de humedad, puede tolerar inundaciones por un tiempo limitado generalmente 24 horas si el agua circula, y menos si el agua está estancada. En estas condiciones se provoca la muerte del sistema radicular y la planta puede llegar a morir.

La porosidad es otro factor importante; la textura y estructura del suelo deben permitir una buena aireación, debido a que la movilidad del agua permite un mejor aprovechamiento de nutrientes, principalmente los de baja movilidad como el fósforo.



3. ANÁLISIS DE SUELOS

Conocer la disponibilidad de nutrientes en el suelo es fundamental para optimizar el uso de fertilizantes, aplicando únicamente los nutrientes que realmente necesita el cultivo. Esto permite reducir los costos de producción al evitar aplicaciones innecesarias y prevenir la contaminación del suelo y fuentes de agua, causada por el exceso de nutrientes como nitratos y fosfatos.

El análisis físico químico de suelos que incluya el diagnóstico de macro y micronutrientes, parámetros de acidez, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, es la base para una adecuada evaluación de fertilidad.

Se recomienda realizar un muestreo de suelos, para lo cual se extraerá de 6 a 12 submuestras tomadas a lo largo de la parcela de producción, se tomarán en zigzag a una profundidad de 25 cm.

Antes de extraer las muestras, se sugiere retirar de 2 a 3 cm de la superficie, para eliminar elementos que podrían contaminar la muestra, principalmente rastrojos vegetales.

Se mezclará las submuestras para homogeneizarlas obteniendo una muestra compuesta representativa de la parcela de producción y se enviará 1 kg de muestra al laboratorio de suelos.





REMOCIÓN DE SUELO

4. REMOCIÓN DEL SUELO

La remoción del suelo se refiere al proceso de labranza con el fin de mejorar su estructura y reducir la compactación.

- Mejora la porosidad y la aireación. Una baja porosidad reducirá el oxígeno presente en el suelo
- Favorece el drenaje y la infiltración del agua
- Facilita el desarrollo radicular de la planta
- Permite la incorporación a mayor profundidad de otros elementos correctivos como la materia orgánica para mejorar la estructura del suelo
- Con la aplicación de la cal reduce la acidez del suelo a una mayor profundidad
- Optimiza el uso de fertilizantes y la absorción de nutrientes lo que incrementa el rendimiento y favorece la sostenibilidad del cultivo.



4.1 Condiciones propicias para la remoción de suelo

Si la estructura del suelo y el pH ya son óptimos, no se observarán mejoras notables. La remoción del suelo presenta ventajas notables en parcelas con compactación y acidez elevada.

Las precipitaciones pueden afectar negativamente el proceso de remoción, ya que tienden a compactar el suelo trabajado. Por ello, este proceso debe realizarse preferentemente en época seca y con la aplicación de materia orgánica. El encharcamiento también puede provocar compactación.



4.1.1 Remoción con trinchado

La remoción con trinchado se realiza cuando los rendimientos de la parcela de producción disminuyen notablemente a pesar de la aplicación de fertilizantes y enmiendas.

El uso del trinche o hércules formado por un mango con tres o cuatro puntas de acero, se realiza en plantaciones ya establecidas, introduciendo al suelo se logra levantar y soltar las capas compactadas. La remoción debe realizarse con pases de hasta seis veces en media luna sobre el hijo de sucesión de la planta, para asegurar una buena rotura del suelo compactado.

4.1.2 Remoción con maquinaria

Esta práctica se lleva a cabo cuando la disposición de la plantación permite el acceso de maquinaria entre las plantas. En otros casos, se realiza la preparación del suelo para la renovación del cultivo, especialmente cuando la plantación deja de ser rentable. En tales situaciones, se procede al tumbado de las plantas y una remoción general del suelo, utilizando maquinaria equipada con arado de discos.

El estudio realizado por el INIAF - Proyecto banano, con el establecimiento de una plantación nueva con remoción con el arado de disco y la otra de siembra directa en hoyos, permitió los siguientes resultados:

La estructura del suelo mejoró, pasando de angular media a granular gruesa. A mayor profundidad, se observó que la estructura seguía siendo angular.

La porosidad registrada en suelos con remoción varió de 54% a 56%, hasta los 30 cm de profundidad, siendo considerada porosidad buena según USDA NRCS (1998), por debajo de los 30 cm la porosidad se consideró baja (38%).

La porosidad en suelos sin remoción fue baja hasta los 60 cm de profundidad (34% a 38%).

El desarrollo radicular incrementó en un 65% de 38 a 111 raíces. Aumentó la vigorosidad de la planta en un 22% con un incremento del diámetro del pseudotallo de 17.93 cm a 22.98 cm.

El peso del racimo incrementó un 16% con 19.08 kg en la parcela con remoción y 16.14 kg en parcela sin remoción.

El rendimiento incrementó en un 19% con una producción de 1487 cajas de exportación de 20 kg producidas en una hectárea por año, en tanto que plantas en un suelo sin remoción llegan a producir 1211 cajas.

Tabla 1. Descripción del perfil de suelo en el estudio

Profundidad (cm)	Descripción de perfil		
		Sin remoción	Con remoción
0 a 10	Estructura	Tipo: Angular	Tipo: Granular
		Clase: Medio	Clase: Medio
		Tamaño de Agregado: 13 mm	Tamaño de Agregado: 4.8 mm
	Porosidad	Baja (38%)	Buena (56%)
	Ph	5.0	6.0
10 a 30	Estructura	Tipo: Angular	Tipo: Granular
		Clase: Medio	Clase: Grueso
		Tamaño de Agregado: 14 mm	Tamaño de Agregado: 5 mm
	Porosidad	Baja (34%)	Buena (54%)
	pH	4.7	5.8
30 a 60	Estructura	Tipo: Angular	Tipo: Angular
		Clase: Medio	Clase: Fino
		Tamaño de Agregado: 11 mm	Tamaño de Agregado: 10 mm
	Porosidad	Baja (36%)	Baja (38%)
	pH	4.6	4.8

Fuente: Estudio de remoción de suelo INIAF - Proyecto Banano

4.2 Beneficios de la remoción de suelos

La remoción del suelo en parcelas compactadas o improductivas mejora la porosidad, estructura y disponibilidad de nutrientes, favoreciendo el desarrollo radicular y el rendimiento del cultivo. Aplicada en época seca y con incorporación de correctores de pH como la cal agrícola, incrementa la movilidad de la cal a mayor profundidad del suelo. Su efecto puede potenciarse con herramientas como subsoladores o trinchas, especialmente en los hijos de sucesión del cultivo. La incorporación de materia orgánica y coberturas con leguminosas permite conservar los beneficios obtenidos.





CORRECCIÓN DE pH

5. CORRECCIÓN DEL pH DE SUELOS

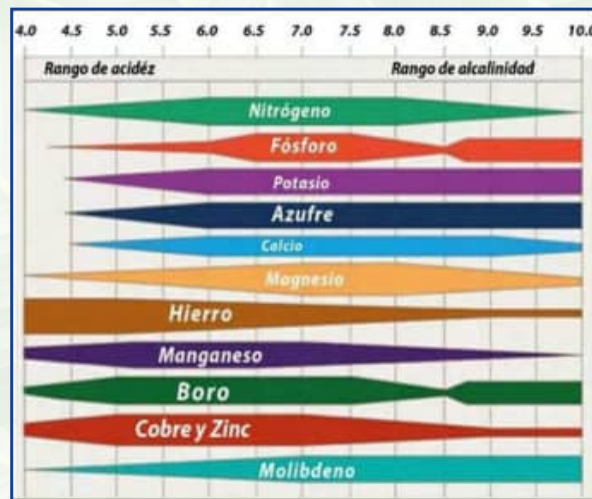
5.1 Acidez de suelos

El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del suelo. La acidez del suelo es una de las mayores limitantes para la productividad de los cultivos. Afecta notablemente el aprovechamiento de nutrientes y en consecuencia los rendimientos del cultivo.

Entre las causas generadoras de la acidez del suelo se encuentran: el lavado de nutrientes como el Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ , la descomposición de la materia orgánica y el uso excesivo de fertilizantes principalmente inorgánicos que liberan aniones nitrato, sulfato y cloruro, que se unen a las bases intercambiables de la solución del suelo y los arrastran fuera del alcance de las raíces (Sadeghian, 2016).

5.1.1 Disponibilidad de nutrientes según el pH de suelos

La disponibilidad de nutrientes depende en gran medida del pH del suelo. La mayoría de los macros y micro elementos, están disponibles en pH cercano al neutro, en ese sentido el nitrógeno (N) tiene disponibilidad óptima en pH entre 6 y 8, fósforo (P) tiene alta disponibilidad en pH entre 6.5 a 7.5, los elementos potasio (K) y azufre (S) están altamente disponible en pH superiores o iguales a 6, calcio (Ca) tiene alta disponibilidad a pH entre 6 y 9, magnesio (Mg) entre 7 y 8, manganeso (Mn) entre 5 y 7, boro (B) entre 5 y 7.5 y Zinc (Zn) entre 5 y 7. La actividad microbiológica del suelo también se ve afectada por valores bajos de pH, por ejemplo, las bacterias fijadoras de N en leguminosas, ven afectada su actividad en medios ácidos (Méndez J. y Bertsch, F., 2012).



5.1.2 pH óptimo para el cultivo del banano

El pH óptimo para el cultivo de banano es de 6.5 a 7.0, aunque la planta puede tolerar y desarrollarse en suelos ligeramente ácidos o alcalinos en los parámetros de 5.5 a 7.2 (Rosales *et al.* 2004). El problema de la acidez de los suelos se acentúa cuando el pH es menor que 5.5 incrementando la solubilización de Al^{3+} el cual causa daños directos por toxicidad a las raíces.

5.2 Fitotoxicidad por aluminio

Segun Wu et al (2025) la fitotoxicidad por aluminio puede provocar:

Daño a las raíces: El aluminio en forma de Al^{3+} interfiere con el crecimiento de las raíces de las plantas. Se puede acumular en las células de las raíces, impidiendo su desarrollo normal.

Alteración del transporte de nutrientes: La presencia de aluminio en el suelo puede afectar el transporte de nutrientes como el calcio, magnesio y potasio, que son esenciales para el crecimiento saludable de las plantas.

Daño a los procesos metabólicos: El aluminio también puede interferir en varios procesos metabólicos de las plantas, como la fotosíntesis y la respiración celular.



5.2.1 Correctores de acidez

Una de las alternativas para la reducción de acidez es la neutralización de Aluminio (Al) intercambiable, como resultado de la aplicación de correctores de acidez a base de Ca como la cal agrícola, cal viva y cal hidratada (Espinosa y Molina, 1999; Alcarde 1992; Molina y Rojas 2005).

- **Cal hidratada**

Se conoce también como cal apagada, contiene hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, su manejo es fácil y reacciona rápidamente. En forma pura contiene hasta un 56% de Ca. (Alfaro y Bernier, 2008).

- **Cal agrícola**

Conocido como calcita, es uno de los materiales más utilizados en la neutralización de suelos ácidos, compuesto por Carbonato de calcio (CaCO_3), se obtiene a partir de piedra caliza molida y tamizada, estimándose en aproximadamente un 40% de Ca. (Alfaro y Bernier, 2008).

- **Cal viva**

Contiene óxido de calcio (CaO), de difícil manejo debido a su efecto cáustico. Contiene un alto contenido de Ca, alcanzando en estado puro un 71% de Ca, es de rápida reacción por lo que suele recomendarse cuando se necesita conseguir resultados en el corto plazo (Alfaro y Bernier 2008), aun así, cabe recalcar la dificultad de su manejo pues en contacto con el agua genera mucho calor y puede provocar quemaduras al contacto con la piel.

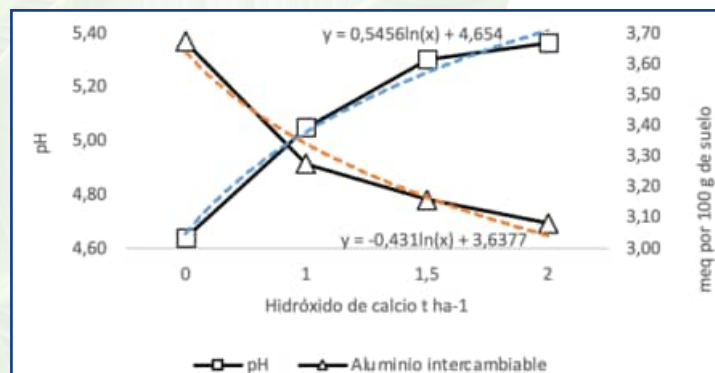
- **Cal dolomita**

La dolomita contiene calcio y magnesio. Este material reacciona más lentamente en el suelo que el carbonato de calcio, tiene la ventaja de que suministra Mg.

5.3 Uso de la cal hidratada

El efecto de la aplicación de niveles de cal hidratada (hidróxido de calcio) para la corrección del pH y reducción de la saturación de aluminio, fue evaluado en un estudio realizado por el INIAF – Proyecto banano, con los siguientes resultados:

- La aplicación de 2000 kg ha⁻¹ de cal hidratada incrementó de pH de 4.64 a 5.36 lo que representa una mejora en la reducción de los niveles de acidez y aluminio intercambiable
- Mejora de los rendimientos alcanzando a 21.92 t ha⁻¹ de fruta de banano, lo que representó un incremento del 27% en comparación con un suelo sin corrección de pH (15.99 t ha⁻¹).
- Este incremento en el rendimiento no solo refleja un mayor tamaño de los racimos de banano, sino también una mayor eficiencia en la producción, mostrando la importancia de regular el pH de los suelos. Además, el encalado, compensa la acidificación anual del suelo que se produce por la incorporación de cantidades importantes de fertilizantes nitrogenados como la urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio.



Fuente: INIAF - Proyecto Banano

5.4 Época y condiciones de aplicación

La cal requiere humedad para reaccionar. Por ello, la época más apropiada para aplicarla es antes o al inicio de la temporada lluviosa. Para aplicar un fertilizante, es recomendable esperar uno a dos meses luego de la aplicación de la cal, para que esta reaccione.

Los suelos ácidos de textura arenosa deben ser encalados con mayor frecuencia que los arcillosos. Las altas temperaturas y la humedad favorecen la reacción de la cal. Por ello, los materiales de encalado reaccionan mejor en zonas tropicales que en sitios fríos o templados (Giron J., 2018).

5.5 Beneficios del encalado

Entre los beneficios para la planta, que ofrecen las enmiendas de suelo o encalados se mencionan:

- Aumenta el valor del pH del suelo (corrige la acidez)
- Control de la toxicidad del aluminio y manganeso
- Proporciona calcio magnesio y aumenta la disponibilidad del fósforo.
- Incrementa la actividad de los microorganismos encargados de la mineralización de la materia orgánica del suelo y en razón de ello aumenta la disponibilidad de los nutrientes.
- Mayor aprovechamiento de nutrientes, en particular nitrogenados, potásicos y fosfóricos.
- Reduce la actividad de hongos patógenos del suelo.



- Contribuye al aumento de la productividad y reduce los costos de producción.

5.6 Recomendaciones para el encalado

- Para la aplicación de todo material encalante, se recomienda realizar una remoción del suelo a 20 cm de profundidad para facilitar el movimiento de la cal en el suelo.
- Para la reacción del hidróxido de calcio y que ejerza su acción neutralizante del aluminio, requiere humedad del suelo, lo cual sugiere aplicaciones en época húmeda cada 6 meses.
- La cantidad de cal hidratada será de acuerdo al pH del suelo y la saturación de aluminio, en condiciones de suelos franco limoso, se requiere aplicar 1 tonelada de cal hidratada (hidróxido de calcio) para incrementar 0.36 unidades de pH en el suelo.





BIOESTIMULACIÓN RADICULAR

6. BIOESTIMULACIÓN RADICULAR

Uno de los principales problemas de la baja producción de banano es el deterioro radicular, que resulta ser lento y progresivo, y esta influenciado por la degradación de las características físico químicas del suelo (Guggel *et al.* 2023).

La raíz es un órgano de vital importancia para las plantas de banano, además de proveerle anclaje y sostén, interviene en la absorción de nutrientes y agua. Por esta razón, la adecuada nutrición del cultivo depende totalmente del buen estado de las raíces (Sabio, *et al.*, sf).

La bioestimulación radicular conlleva un impacto significativo sobre el aumento de raíces, lo cual influye indirectamente en el desarrollo del cultivo y la mejora de su producción (Lenderson *et al.*, 2011).

6.1 Sistema radicular de la planta de banano

- El sistema radicular del banano está formado por raíces adventicias, fasciculadas y fibrosas de muy rápido crecimiento.
- Las raíces superiores pueden llegar a alcanzar hasta 4 m de largo y se extienden en sentido horizontal. Las raíces inferiores pueden llegar a una profundidad de hasta 1.30 m según el tipo de suelo.
- La mayor parte de las raíces absorbentes se localizan entre 20 a 25 cm de la base de la planta y a una profundidad de 10 a 15 cm. El 80 % de las raíces se encuentra a 70 cm del pseudotallo (Stover y Simmonds, 1987).

6.2 Raíz sana y funcional

Una raíz sana y funcional del banano es identificada por el color y la textura. Las raíces jóvenes son blancas y suaves, luego toman una coloración amarillenta y se endurecen levemente. En edades avanzadas el color llega

a ser pardo oscuro y sufren suberización por lo que se tornan duras. Mientras una raíz dañada por infección de algún patógeno o saturación de agua, presenta necrosidades con coloraciones oscuras, café oscuro, rojizas.

Raíz sana



Raíz dañada



6.3 Uso de bioestimulantes radicular

Un estudio del INIAF – Proyecto Banano determinó que el uso de bioestimulantes a base de nitrógeno (11.7 g L^{-1}), ácidos fúlvicos (264 g L^{-1}) y aminoácidos (54.5 g L^{-1}), como el Fulvamin, mejora el desarrollo radicular, obteniéndose los siguientes resultados:

- Incremento del peso de raíces sanas de 17.78 g (parcela sin aplicación) hasta 34.21 g con la aplicación del bioestimulante, representando un incremento en el desarrollo radicular de 48% .
- Incremento en el peso neto de racimo de 14.15 kg , superior al testigo que alcanzó 11.16 kg . La ratio llegó a una media de 0.71 cajas por racimo, en una plantación de 15 años de edad.
- Incremento en el peso de racimo alcanzando un rendimiento de 19.4 t ha^{-1} , respecto al testigo 15.3 t ha^{-1} demostrándose un incremento de 21% .



6.4 Beneficios del uso de bioestimulantes radicular

Entre los beneficios para la planta, que ofrece el uso de bioestimulantes destacan los siguientes:

- Mejora la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes del suelo
- Estimulan el crecimiento de las raíces
- Aumento en el desarrollo radicular y superficie de absorción de las plantas
- Los bioestimulantes mejoran la capacidad de las plantas para aumentar la tolerancia al estrés abiótico y biótico.

6.5 Recomendaciones del uso de bioestimulantes radiculares

- Dado que la aplicación de bioestimulantes implica una inversión, se recomienda realizar un diagnóstico de sanidad radicular, mediante la toma de muestras representativas a 30 cm de la planta, utilizando un cubo de suelo de 20 cm de lado.
- Se recomienda la aplicación de bioestimulantes cada dos meses, a dosis recomendada en el caso de Fulvamin es de 3 L ha^{-1} , para estimular el desarrollo de raíces y aumentar la superficie de absorción en un 48%.
- Se puede alternar con aplicaciones de un enraizador enriquecido con fósforo como el RIZO PLUS, producto que actúa como regulador del crecimiento vegetal, promoviendo la elongación y multiplicación celular. Está compuesta por nitrógeno N (10%), óxido de fósforo P_2O_5 (52%), óxido de potasio K_2O (10%), algas marinas (3%), trazas de elementos (cobre, zinc, boro, además de ácido indol butírico, ácido giberélico). La dosis recomendada es de 660 g por ha.



FERTILIZACIÓN

7. FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO

La fertilización contribuye significativamente a mejorar tanto la productividad como la calidad de los cultivos. Sin embargo, antes de aplicarla es fundamental corregir el pH y evaluar el contenido de raíces en la planta para facilitar la absorción de los nutrientes. El plan de fertilización debe ajustarse a las necesidades específicas del cultivo y a las características del suelo, pudiendo emplearse insumos químicos, orgánicos o una combinación de ambos.

7.1 Fertilización Química

La fertilización química es la más usada en plantaciones de banano y plátano debido a su efectividad para el incremento de la producción. Se aplica al voleo, en forma de media luna a 30–60 cm del pseudotallo hacia el hijo de sucesión.

Se recomienda fertilizar 30 a 60 días después del encalado y repitiendo el proceso al menos cada tres meses dividiendo la dosis total en cuatro partes iguales. La cantidad a aplicar depende del tipo de suelo y los resultados del análisis de suelos.

7.2 Beneficios de la fertilización química

El INIAF – Proyecto banano, reportó que con un nivel de fertilización de 300-110-600 de NPK, permitió una respuesta rápida del cultivo, con un aumento notable en la producción en suelos de pH cercano al neutro. En suelos ácidos, permite un margen de ganancia aceptable, mejorando el rendimiento hasta un 20 % siempre que se realice el encalado y la remoción de suelo.



Con un plan de fertilización desde el estado fenológico 1 del cultivo, fraccionada en cinco aplicaciones a lo largo del ciclo productivo, con un nivel de:

- 325 kg ha⁻¹ de urea (46% N)
- 250 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (DAP, 18-46-0)
- 850 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio (KCl, 60% K₂O)

El rendimiento alcanzó 43.33 toneladas por hectárea por año.



La fertilización debe complementarse con la aplicación de microelementos, ya que estos nutrientes, aunque requeridos en menores cantidades, son esenciales para el adecuado desarrollo fisiológico de las plantas. Su deficiencia puede limitar la eficiencia de los macroelementos y afectar negativamente el rendimiento y la calidad de la fruta.

7.3 Fertilización orgánica.

La fertilización orgánica es una alternativa sostenible que contribuye a reducir la contaminación y prevenir la degradación del suelo causada por el uso prolongado de fertilizantes químicos. Uno de los insumos más comunes es la gallinaza, un abono natural proveniente del estiércol, plumas, restos de alimento y cascarilla de arroz generados en galpones de gallinas ponedoras.

Antes de su aplicación, la gallinaza debe ser compostada durante 40 a 48 días para asegurar una mejor disponibilidad de nutrientes.



Para alcanzar rendimientos óptimos, es fundamental aplicar gallinaza a una dosis de 4.5 kg por planta.

Enmiendas para mejorar la calidad del compostaje de la gallinaza

Una forma de acelerar el proceso de compostaje es mediante el uso de enmiendas microbianas como el Bacthon a base de *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* y *Lactobacillus acidophilus*.

Este producto debe diluirse 200 ml en 20 litros de agua a temperatura ambiente, para la aspersión en 1500 kg de gallinaza.



7.4 Beneficios de la fertilización orgánica

- Aumenta la materia orgánica, mejorando la estructura del suelo.
- Estimula la actividad microbiana, fundamental para la descomposición de nutrientes.
- Mejora la capacidad de retención de agua y la aireación del suelo.
- Libera nutrientes de forma gradual, de manera lenta y sostenida, lo que reduce el riesgo de toxicidad o pérdidas por lixiviación, que favorece una nutrición más equilibrada del cultivo.
- Aprovecha residuos orgánicos como estiércol, compost, restos de cosechas, etc.

Si bien el uso de gallinaza no produce un aumento significativo del rendimiento a corto plazo, como ocurre con la fertilización química, permite un incremento inicial promedio del 5% en la producción de fruto de calidad comercial de banano, con una proyección sostenida.

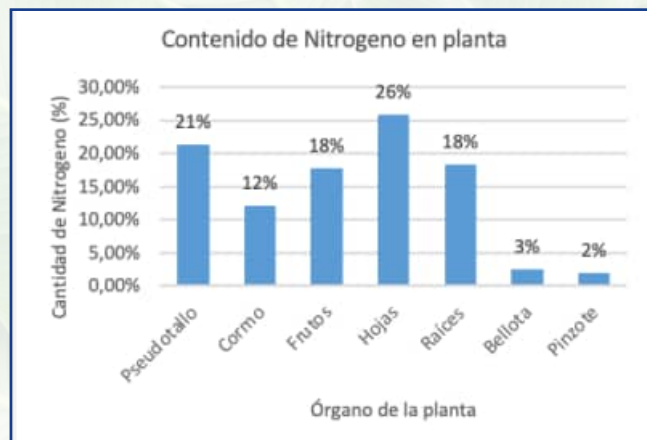
8. ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

La capacidad de absorción de nutrientes varía según el estado fenológico de la planta, el nivel de disponibilidad de nutrientes, el pH del suelo, el contenido de raíces, la calidad de suelo y las condiciones climáticas de la zona. Estas condiciones influyen en el rendimiento y la calidad de producción, por lo que es importante conocer los procesos que involucren la absorción de nutrientes bajo la aplicación de fertilización.

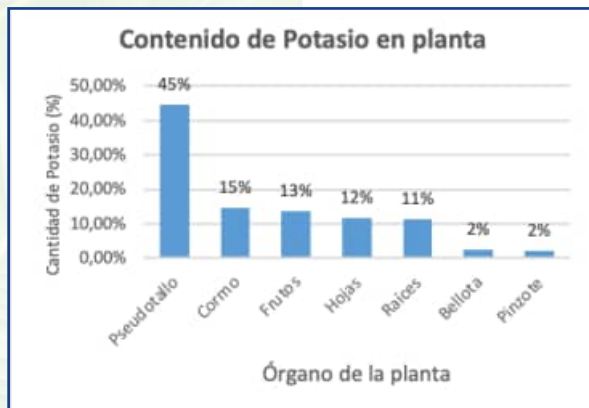
La absorción y acumulación de nutrientes varía significativamente entre los distintos órganos de la planta. En plantas de banano cuyo racimo se encuentra en la fase inicial de desarrollo (aproximadamente una semana después de la emisión floral), la distribución de los principales macronutrientes, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) entre los órganos de la planta se reparte, de la siguiente manera:



Fuente: INIAF - Proyecto Banano



Fuente: INIAF - Proyecto Banano



Fuente: INIAF - Proyecto Banano



El banano es rico en potasio (K) en comparación con otros cultivos y esto debe considerarse cuando se planifique un programa de fertilización. Para un rendimiento de 40 toneladas por ha de fruta, la planta absorbe 320 kg de N, 60 kg de P_2O_5 , 1000 kg de K_2O (Kalaivan *et al.*, 2018).

En sistemas de producción de banano con un historial prolongado del cultivo, es fundamental considerar la extracción constante de nutrientes del suelo. El banano es una especie altamente demandante y capaz de extraer grandes cantidades de macronutrientes, lo que puede generar desequilibrios en la fertilidad del suelo si no se implementan estrategias de reposición adecuadas.

Bajo un rendimiento promedio de 40 t ha^{-1} de fruta, y con una densidad de plantación de $1\ 950 \text{ pl ha}^{-1}$, se estima que el cultivo de banano extrae aproximadamente $178.58 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, 30.91 kg ha^{-1} de P y $445.03 \text{ kg ha}^{-1}$ de K a lo largo de su ciclo productivo. Estos valores pueden variar en función de diversos factores, como la variedad cultivada, las condiciones edafoclimáticas, el manejo agronómico aplicado, el sistema de riego utilizado, la eficiencia del control fitosanitario y la frecuencia de labores culturales como el deshoje y el deshoje (Estudio de absorción INIAF – Proyecto Banano).

La extracción de nutrientes representa una pérdida significativa para el suelo, por lo que es necesario establecer programas de fertilización que aseguren una reposición adecuada y oportuna. De no realizarse un manejo nutricional eficiente, se corre el riesgo de disminuir la productividad del cultivo, comprometer la calidad del racimo y aumentar la incidencia de desórdenes fisiológicos y enfermedades asociadas a desequilibrios nutricionales.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alcarde, J.C. (1992). Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. Boletim Técnico N° 6. ANDA, São Paulo, Brasil. 26 p.
- Alfaro, M. y Bernier, M. (2008). Acidez de los suelos y encalado. Boletín INIA N° 151. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Osorno, Chile. 46 p.
- Castellanos, R. J. Z. (2000). Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. México: Intagri Gto.
- Escalier, B. y Grageda R. (2016). Manual de buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de banano musa (AAA). Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Recuperado de https://www.senasag.gob.bo/images/ia/programa_agroalimentaria/manuales/MANUAL%20DE%20BUENAS%20PRACTICAS%20EN%20BANANO%20BOLIVIA.pdf.
- Espinosa, J., y Molina, E. (1999). Acidez y encalado de los suelos. Quito, Ecuador: International Plant Nutrition Institute (IPNI).
- Girón J. (2018). Enmiendas de suelo en el cultivo de café. Boletín técnico Abril 2018 Anacafé. Cedicafé. Guatemala.
- Gauggel, C.A., Sierra, F. y Arevalo, G. (2004). The problem of banana root deterioration and its impact on production: Latin America's experience. 13-2.
- Girón J. (2018). Enmiendas de suelo en el cultivo de café. Boletín técnico Abril 2018 Anacafé. Cedicafé. Guatemala.

- Kalaivanan, D., Sudhir, K., & Venugopalan, R. (2018). *Growth, phosphorus uptake and yield of 'Robusta' banana (Musa x paradisiaca) as influenced by dose and placement of ³²P labelled single super phosphate*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(12), 2338–2351.
- Lahav E. y Turner. D. (1992). Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. INPOFOS. Boletín No. 7. 71 p.
- Lenderson, G. Bolaños, M. y Asakawa, N. (2011). Efecto de la micorrización sobre el crecimiento de plántulas de plátano en sustrato con y sin presencia de nematodos fitoparásitos. CIAT. 60(4), 297-305.
- Méndez, J. y Bertsch, F. (2012). Guía para la interpretación de la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Ed: 1. Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo. Universidad de Costa Rica.
- Molina, E.; Rojas, A. (2005). “Efecto del encalado en el cultivo de naranja Valencia en la Zona Norte de Costa Rica.” Agronomía Costarricense, 29(3): 81–95.
- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. Avances Técnicos Cenicafé. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Sabio, C., Salgado, C., Slagado, V., Seanz V. (s/f). Manual del cultivo de banano. Escuela Agrícola Panamericana, p 78.
- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. Avances Técnicos Cenicafé. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Stover, R. H., & Simmonds, N. W. (1987). *Bananas* (3rd ed.). Longman Scientific & Technical; Wiley.
- Wu, X., Khan, S., Qi, Y., Zhang, C., Anwar, S., Yin, L., & Huang, J. (2025). Metabolic and nutritional responses of contrasting aluminium-tolerant banana genotypes under Al stress. Plants, 14(3), 385.

INIAF - MDRyT



iniaf.mdryt



iniaf.mdryt



iniaf.gob.bo



MANUAL DE MANEJO DE SUELOS EN LA PRODUCCIÓN DE MUSACEAS

PROYECTO:
DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR EL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN DEL BANANO Y PLÁTANO EN COCHABAMBA Y LA PAZ

**INSTITUTO NACIONAL
DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL - INIAF**
Oficina Nacional: Calle Cañada Strongest N° 1573
Telf.: 2124404 - La Paz, Bolivia



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA MINISTERIO DE DESARROLLO
RURAL Y TIERRAS

iniaf
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal