CUBA FRUTA

Ministero degli Affari Esteri
e della Cooperazione Internazionale

AGENZIA ITALIANA
PER LA COOPERAZIONE
ALLO SVILUPPO



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN FRUTICULTURA TROPICAL

MANUAL TÉCNICO *para el* CULTIVO DE LA PIÑA EN CUBA

CRÉDITOS

La elaboración e impresión de esta publicación se ha realizado a través del proyecto: "Fortalecimiento de las cadenas de valor de piña y aguacate a nivel local – CubaFruta AID 011757", financiado por el Ministerio Italiano de Asuntos Exteriores y de la Cooperación Internacional (MAECI) e implementado por la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS) de conjunto con el Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IIFT) y en colaboración con el Ministerio de la Agricultura (MINAG), el Grupo Empresarial Agrícola (GAG) y el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA).

Esta publicación fue realizada con la contribución de la Cooperación Italiana con la autoría del personal técnico de la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS), el Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IIFT) con la colaboración de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH) y de la Empresa Agroindustrial Ceballos.

Los contenidos son de responsabilidad exclusiva de los autores y no representan necesariamente el punto de vista del Ministerio Italiano de Asuntos Exteriores y de la Cooperación Internacional (MAECI) o de la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS).

Se permite la reproducción total o parcial del contenido de esta publicación siempre y cuando se cuente con la autorización de los autores y de la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS).

© Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IIFT), Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Empresa Agroindustrial Ceballos, Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS). Todos los derechos reservados.

Primera edición junio 2026.

IIFT: Avenida 7ma No.3005 e/ 30 y 32, Playa, La Habana | http://www.fruticulturacubana.co.cu

AICS: Edificio Someillán, Calle 17 / N y O, Vedado, La Habana | https://lavana.aics.gov.it

Edición: Cervantes – Producciones Digital S.R.L. | https://www.edicionescervantes.com

Para citar el documento: Rodríguez Alfonso, D., Pérez Rodríguez, J., Farré Armenteros, E., Isidrón Pérez, M., Herrera Altuve, J.A., Pérez Vicente, L.F. & Rodríguez Sánchez, R. (2026). *Manual técnico para el cultivo de la piña en Cuba*. Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS) – sede de La Habana. Proyecto: "Fortalecimiento de las cadenas de valor de piña y aguacate a nivel local – CubaFruta AID 011757". Ministerio de la Agricultura, Cuba.

ISBN: 978-959-296-080-0

Cu-ID: https://cu-id.com/book/978-959-296-080-0



Financiado por la Cooperación Italiana

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 3

CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS HORTICULTURALES DE PIÑA PRESENTES EN CUBA 5

Española 5
Pernambuco 5
Cayena 5

PRINCIPALES CULTIVARES EN CUBA 7

Cultivares del grupo Española 7
Cultivares del grupo Cayena 7
Cultivares del grupo Pernambuco 8
Otros cultivares 9

TIPOS DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN 13

Selección y clasificación del material de propagación 15
Recolección y preparación del material de propagación 15

SUELOS PARA EL CULTIVO DE LA PIÑA 17

Propiedades químicas del suelo y la nutrición de la piña 17
Propiedades físicas del suelo 19
Propiedades biológicas del suelo 20
Factores limitantes en suelos dedicados al cultivo de la piña 20
Mejoradores o enmendadores químicos y biológicos del suelo 21

PREPARACIÓN DEL SUELO 23

PLANTACIÓN 27

Marcos de plantación 27
Cobertura 27
Época de plantación 27
Plantación 28

MANEJO DE LA PLANTACIÓN 31

Resiembra 31
Deshoje 31
Riego 31
Fertilización 31
Aplicación de abonos 38

CONTROL DE MALEZAS 45

CONTROL FITOSANITARIO 47

Organismos nocivos 47
Monitoreo fitosanitario 55
Control cultural 55
Control biológico 56

INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN 59

COSECHA 61

ALMACENAMIENTO 65

ELEMENTOS GENERALES SOBRE LA NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN **67**

Anatomía y nutrición de la planta 67
Papel de los nutrientes esenciales en las plantas de piña y síntomas visuales de deficiencias y excesos 69
Extracción de nutrientes por el cultivo de la piña 76
Fases de desarrollo del cultivo y requerimientos nutricionales 76
Relación del clima y la nutrición de la piña 77
Sensibilidad a las sales de las plantas de piña 78
Suministro de nutrientes al cultivo de la piña 78
Fertilizantes químicos 80
Abonos o fertilizantes orgánicos 81
Bio-insumos agrícolas 85
Aplicaciones foliares y Fertirriego 87
Dosis de nutriente a aplicar 89
Alternativas para el establecimiento y el cálculo de las dosis de nutrientes 91
Interacción entre la nutrición y otros componentes del manejo del cultivo 92

LA NUTRICIÓN DE LA PIÑA EN SISTEMAS DE CULTIVOS MÚLTIPLES **95**

Dosis de nutriente a aplicar 95
Dosis por nutriente 95
Evaluación de la fertilidad del suelo y cálculo de dosis a partir de análisis de suelo 98
Evaluación de la nutrición de las plantas de piña mediante el análisis foliar 100
Abonado verde y cultivos de cobertera 105
Coberturas al suelo 106
Fases de desarrollo del cultivo y requerimientos 106

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **108**



INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus* L. Merr.) es una bromeliácea originaria de regiones tropicales de América del Sur, específicamente del centro y sureste de Brasil, noreste de Argentina y Paraguay. Aunque es nativa de esta región, su cultivo se extiende por las zonas tropicales y subtropicales de los cinco continentes. Esta amplia distribución es posible por su adaptabilidad, su tolerancia a la sequía y el manejo sencillo de su material de propagación. La piña ocupa el tercer lugar en importancia entre las frutas tropicales a nivel mundial y constituye la especie económicamente más relevante dentro de la familia Bromeliaceae (Uriza-Ávila et al., 2018).

Su excelente sabor para el consumo fresco y procesado, junto con sus propiedades culinarias y medicinales, la posicionan en un lugar destacado en el comercio global. Esta fruta presenta un alto contenido de fibra, es rica en vitaminas C, B_1, B_6 y ácido fólico, y contiene minerales como el potasio. Estas características hacen que, en el mercado mundial de frutas tropicales, solo sea superada por los bananos y los cítricos, con una producción anual que supera los 30 millones de toneladas (FAOSTAT, 2024). Entre los derivados industriales se encuentran la fruta enlatada, el jugo, el vino, el vinagre, el extracto de bromelina y la fibra para alimento animal.

La piña es una planta monocotiledónea, herbácea y perenne que, tras la fructificación, continúa su crecimiento mediante una o más yemas axilares que originan una nueva planta. Puede alcanzar hasta 2,0 m de altura y 1,5 m de diámetro. Sus hojas son ligeramente cóncavas, característica que les permite recolectar y conducir el agua de lluvia y el rocío hacia la roseta para su almacenamiento, la cual utiliza durante periodos de sequía. Según el cultivar, los márgenes foliares pueden presentar o no espinas. Las hojas también funcionan como excelentes indicadores del estado fisiológico y nutricional de la planta (Py et al., 1987; Bartholomew et al., 2002).

El fruto es múltiple y tiene una forma conocida como sorosis, donde cada flor da origen a un fruto individual que en conjunto forma la fruta completa. Su desarrollo ocurre por partenocarpia, es decir, sin fecundación ni formación de semillas. La formación de semillas solo se produce cuando existe polinización cruzada entre dos variedades diferentes (Bartholomew et al., 2002; Coppens d'Eeckenbrugge & Leal, 2003).

Los cinco grupos horticulturales del cultivo de la piña se distinguen por sus características agronómicas y organolépticas. El Grupo I (Cayena) produce frutos grandes, cilíndricos, de carne amarilla pálida y alto rendimiento, pero es susceptible a enfermedades. El Grupo II (Española) ofrece frutos más pequeños, globulares y de carne blanca, ideal para consumo fresco. El Grupo III (Queen) se caracteriza por frutos pequeños, de carne amarilla y crujiente, con un ciclo de maduración más rápido. El Grupo IV (Pernambuco) produce piñas de sabor menos ácido, carne translúcida y es más resistente a ciertas plagas. Finalmente, el Grupo V (Perolera-Maipure) destaca por su fruto de sabor más dulce, mayor contenido de ácido ascórbico y menor acidez que la Cayena (Py et al., 1987).

En Cuba, la superficie dedicada a la producción de piña supera las 5 mil hectáreas, concentradas principalmente en las provincias de Ciego de Ávila y Matanzas (MINAG, 2024). En estas áreas solo están representados tres de los cinco grupos horticulturales establecidos para el cultivo.





CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS HORTICULTURALES DE PIÑA PRESENTES EN CUBA

Española

Este grupo presenta plantas de mediano tamaño. Sus hojas son largas, estrechas y de un verde oscuro con una banda central rojo cobriza; estas hojas son muy espinosas y se distribuyen de forma irregular o regular. El fruto tiene forma redondeada, madura con un color naranja-rojizo y posee ojos muy definidos y grandes. Su peso se aproxima entre 1,0 y 2,5 kg. La pulpa es de un amarillo pálido, fibrosa, con un contenido medio de azúcares y un nivel de acidez bajo (Py et al., 1987; Bartholomew et al., 2010). Las plantas son vigorosas y muestran tolerancia a las altas temperaturas y a la sequía. Presentan varios hijos basales, que los agricultores prefieren para establecer nuevas plantaciones (Isidrón, 2002).

Pernambuco

Las plantas de este grupo son medianas. Sus hojas son verdes y poseen espinas cortas, rectas y muy unidas entre sí. El fruto tiene forma piramidal, madura con un color verde amarillento y posee ojos pequeños y menos profundos que Española. Su peso aproximado oscila entre 1,0 y 2,0 kg. La pulpa varía desde un amarillo pálido hasta el blanco. Su sabor es excelente, es suculenta, jugosa y presenta un elevado contenido de azúcares totales. Se consume preferentemente como fruta fresca y su dulzor le da una alta aceptación. Sus rendimientos son bajos y el fruto muestra una mayor sensibilidad a la manipulación (Py et al., 1987; Bartholomew et al., 2010).

Cayena

Las plantas tienen un porte mediano. Sus hojas son más cortas y anchas que las del grupo Española, con bordes lisos, a excepción de la porción apical y en ocasiones, la base presenta espinas cortas. El fruto tiene forma de cilíndrico, madura con un color naranja y posee ojos superficiales y poco profundos. Su y un peso que se aproxima entre 1,5 y 2,5 kg. La pulpa es amarilla, jugosa y con poca fibra. Su sabor es excelente y posee un elevado contenido de azúcares (Py et al., 1987; Bartholomew et al., 2010). Este grupo es apreciado para el consumo en fresco y para la industria a nivel mundial (Matos & Reinhardt, 2009).





PRINCIPALES CULTIVARES EN CUBA

La base genética de la especie en el país es muy limitada. Solo se plantan unos pocos cultivares, entre ellos, 'Española roja' ocupa las mayores áreas, mientras que 'Piña blanca' y 'Cayena lisa' están menos representadas.

Cultivares del grupo Española

Española roja: también se conoce como Morada o Criolla (Figura 1A). Las plantas son de mediano tamaño, con hojas verdes que presentan bandas de tintes pardo-rojizos. Estas hojas miden aproximadamente 1,0 m de largo por 1,50 a 2,00 m de ancho. Los bordes poseen espinas semiencorvadas de 3-6 mm. La distribución de las espinas es regular en el tipo 'Española roja camagüeyana', que presenta mayor rusticidad, e irregular en la 'Española roja pinareña', lo que facilita las labores en campo. El fruto tiene forma de barril y una coloración amarillo-anaranjada. Su peso oscila entre 0,8 y 2,2 kg. Presenta ojos muy definidos, grandes y rectangulares, que son planos al centro y se elevan hacia los bordes. Estos ojos tienen un centro bien marcado y se disponen en dos espirales, con brácteas que cubren un tercio de su superficie. La pulpa es blanca, jugosa y de sabor agridulce muy agradable, con un toque picante al paladar. Este cultivar se encuentra en todo el país y es el más extendido entre los productores. Por estas razones, se le conoce como la reina de Cuba (Isidrón, 2003; Rodríguez et al., 2017).



Figura 1. Cultivares del grupo Española: A) Española roja; B) Cabezona; C) Española roja un borde liso.

Cabezona: también se denomina Piña de Agua o Puerto Rico (Figura 1B). Es un triploide natural de gran tamaño, con aproximadamente 1,20 m de largo por 2,00 a 2,50 m de ancho. Sus hojas son largas, anchas (± 6 cm) y de un color verde-grisáceo, con espinas pequeñas y muy próximas entre sí. El fruto tiene forma cónica y una coloración amarillo-naranja. Es de gran tamaño, pues llega a pesar más de 3,0 kg. Sus ojos son rectangulares y anchos, y se orientan en dos espirales. La pulpa es blanca, agridulce, fibrosa y muy jugosa. Sin embargo, contiene bajos valores de sólidos solubles totales, por lo que se la califica como "aguachenta". En algunas localidades con poca lluvia, concentra más estos sólidos y mejora su sabor. Este cultivar se encuentra en áreas de Gibara, provincia Holguín y en Maisí y Baracoa, provincia Guantánamo (Isidrón, 2003; Rodríguez et al., 2017).

Española roja un borde liso: es una planta con características similares a la 'Española roja'. Su peculiaridad consiste en la carencia de espinas en un borde de la hoja. En ocasiones, algunas de sus hojas tienen muy pocas espinas (Figura 1C). Se localiza en la zona del Caney, provincia Santiago de Cuba (Isidrón, 2002; Rodríguez et al., 2017).

Cultivares del grupo Cayena

Cayena lisa: es una planta de porte mediano. Sus hojas son más cortas y anchas que las de la Española; presentan un color verde oscuro con manchas rojizas (Figura 2A). Los bordes foliares son lisos, aunque la porción apical y la base pueden exhibir espinas cortas. El fruto tiene una forma cilíndrica y un color anaranjado rojizo,

con un peso medio entre 2,0 y 2,5 kg. Sus ojos son planos, de forma hexagonal, poco profundos y se orientan en tres espirales. La pulpa es de un amarillo pálido, jugosa, con un sabor menos ácido y una textura con menos fibra que la Española; estas características le confieren la preferencia de muchos consumidores (Isidrón, 2003; Rodríguez et al., 2017).

MD2: es una planta de porte mediano. Presenta espinas solo en la punta de las hojas, de tipo Cayena, y sus hojas son verdes con tintes rojizos (Figura 2B). El fruto tiene forma cilíndrica, un color amarillo oro y un tamaño medio entre 1,5 y 2,5 kg. Cuando el fruto madura, se debe colectar de inmediato porque tiene una tendencia a sobremadurarse con rapidez en el campo. Sus ojos son planos, hexagonales, poco profundos y se orientan en tres espirales. La pulpa es amarilla, contiene poca fibra, tiene un sabor agradable y un alto contenido de azúcares. Con frecuencia, la fruta presenta rajaduras debido a desequilibrios hídricos. Este cultivar tiene la mayor aceptación en el mercado internacional; desde su obtención, no ha surgido una variedad que lo supere (Isidrón, 2003; Rodríguez et al., 2017).

Champaka: es una selección natural a partir de 'Cayena lisa'. Es una planta de porte grande, con hojas de color verde oscuro con tintes rojizos; estas hojas son largas y anchas, y solo tienen espinas en la punta (Figura 2C). El fruto posee una forma cilíndrica y un color anaranjado rojizo. Su tamaño es mediano, con un peso aproximado de 2,0 kg, y es apropiado tanto para jugo como para fruta fresca, aunque tiene un menor contenido de vitamina C. Los ojos del fruto son planos, hexagonales, poco profundos y se orientan en tres espirales. La pulpa es amarilla, contiene poca fibra y se caracteriza por un sabor agradable y un alto contenido de azúcares. Esta variedad es resistente a enfermedades del suelo. Requiere un amplio marco de plantación, tiene una tasa de ahijamiento intermedia y muestra poca sensibilidad a la inducción natural (Rodríguez et al., 2017).



Figura 2. Cultivares del grupo Cayena: A) Cayena lisa; B) MD2; C) Champaka.

Cayena lisa serrana: posee características similares a 'Cayena lisa'. Es un clon sin hijos basales que presenta una buena adaptación a las condiciones climáticas del país. Su presencia se ha informado en áreas de campesinos en Morón (Isidrón, 2003; Rodríguez et al., 2017).

Cultivares del grupo Pernambuco

Piña blanca o Piña cubana: es un cultivar de gran tradición en la alimentación de la población cubana, debido al agradable sabor, la dulzura y la jugosidad de su fruto (Figura 3A). Su presencia en las áreas de cultivo ha disminuido de forma considerable. La planta presenta un porte mediano, con hojas verdes que poseen espinas pequeñas distribuidas a todo lo largo del limbo. El fruto tiene una forma cilíndrica, con una coloración amarillo oro y un tamaño mediano que oscila entre 1,5 y 2,5 kg. Cuando el fruto alcanza su madurez, se debe recolectar de inmediato porque tiende a sobremadurar con rapidez en el campo. Sus ojos son planos, de forma hexagonal y poco profundos, y se orientan según tres espirales definidas. La pulpa de este cultivar es de color amarillo y contiene poca fibra. Se distingue por su sabor agradable y su alto contenido de azúcares (Isidrón, 2003; Rodríguez et al., 2017).

Pérola: es un híbrido de reciente introducción en el país, el cual se comercializa de forma amplia en Brasil (Figura 3B). La planta tiene un porte mediano, con hojas verdes y erguidas. Sus espinas son más pequeñas y menos agresivas en comparación con las del cultivar 'Española'. El fruto presenta una forma ovoide-cónica y una coloración verde con tonos amarillos en el centro de los ojos. Su tamaño varía de pequeño a mediano, con un peso que se encuentra entre 0,9 y 1,6 kg. La pulpa es de color blanco, resulta jugosa y contiene poca fibra. Este cultivar posee un alto contenido de azúcares, que se sitúa entre 13 y 16 ºBrix. Es muy apropiado para la elaboración de jugo y para su consumo como fruta fresca. Además, muestra resistencia a enfermedades del suelo y una alta tasa de ahijamiento, aunque es sensible a la inducción floral natural y requiere un marco de plantación amplio (Isidrón et al., 2003; Rodríguez et al., 2017).



Figura 3. Cultivares del grupo Pernambuco: A) Piña blanca; B) Pérola.

Otros cultivares

Híbrido CBCE-116: este híbrido (Figura 4A) fue obtenido por investigadores del Centro de Bioplantas, ubicado en Ciego de Ávila. Su desarrollo se logró mediante un programa específico de mejora por hibridación. Para su creación, se utilizó como progenitor femenino a 'Cayena lisa serrana', un cultivar con problemas de adaptación a las condiciones de cultivo, pero con características excelentes en el fruto. Como progenitor masculino se empleó 'Española roja pinareña', el cual aporta rusticidad aunque posee una agresividad extrema en sus espinas. Este híbrido se mantiene en producción dentro de un área muy localizada de la provincia de Las Tunas. La planta alcanza una altura de 17,8 cm hasta la base del fruto. Sus frutos tienen forma de barril, son de un color naranja rojizo, poseen un peso medio de 1,5 kg y registran 15 ºBrix. Al momento de la cosecha, puede tener entre dos y tres hijos basales (Isidrón et al., 1999, 2003; Rodríguez et al., 2017).

Barba roja: este cultivar posee características típicas del grupo Española, pero su fruto presenta una forma piramidal, como se muestra en la Figura 4B. Las plantas son de tamaño mediano, con hojas verdes que miden aproximadamente 1,10 m de largo por 2,00 m de ancho. En los bordes de las hojas presentan espinas semiencorvadas, las cuales se distribuyen de forma regular, un rasgo típico del tipo Española. El fruto tiene forma cilíndrica, es de color rojo-anaranjado y su peso oscila entre 1,5 y 2,5 kg. Presenta ojos muy definidos, grandes y de forma rectangular; estos ojos son planos en el centro y se elevan hacia los bordes, con un centro bien marcado, y se disponen en dos espirales. Su pulpa es blanca, jugosa y de un sabor agridulce muy agradable. Este cultivar se encuentra en los sistemas agroforestales de Contramaestre, en la provincia de Santiago de Cuba.



Figura 4. Otros cultivares: A) Híbrido CBCE-116; B) Barba roja.







TIPOS DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN

La propagación de la piña se puede realizar a partir de diferentes tipos de propágulos (Figura 5). Estos materiales presentan características y ciclos productivos específicos. La selección del propágulo adecuado es fundamental para el manejo del cultivo.

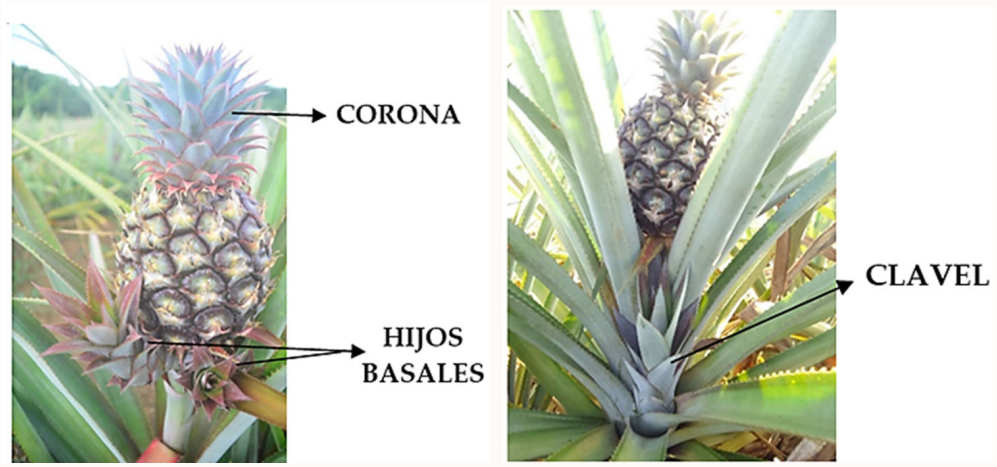


Figura 5. Tipos de propágulos de piña.

Corona: es el meristemo apical de la planta, ubicado en la parte superior del fruto. Se debe seleccionar por su peso y tamaño, y se recomienda desechar aquellas que sean múltiples, muy pequeñas o que presenten fascinaciones, ya que este carácter se hereda. La planta proveniente de la corona tiene un ciclo vegetativo de aproximadamente 22 a 24 meses. Las plantaciones con este material son más uniformes y presentan un bajo porcentaje de floración natural. Su plantación se recomienda entre los meses de abril y septiembre.

Hijos basales: provienen de yemas axilares ubicadas en el extremo superior del pedúnculo, en la base del fruto. Este tipo de propágulo produce una planta con buenas características agronómicas. El ciclo productivo de la planta obtenida de este material es de aproximadamente 20 a 22 meses.

Hijos claveles o criollos: provienen de las yemas axilares del tallo. Según su posición en el tallo, se denominan claveles, si se ubican en la parte media, o criollos, si se encuentran en la parte inferior; estos últimos suelen tener raíces en el suelo y garantizan la segunda cosecha. El ciclo productivo de la planta obtenida con este material es de aproximadamente 16 a 20 meses. Ambos tipos se consideran excelentes materiales de propagación.

Vitroplantas: son plantas procedentes del cultivo de tejidos. En su etapa de adaptación a campo, estas resultan más vulnerables que el resto de los materiales de propagación. El ciclo productivo de la planta obtenida con este material varía entre 14 y 16 meses, en dependencia de la variedad cultivada.

Existen otros materiales de siembra que se pueden generar mediante la sección de partes de la planta de piña. También es posible destruir el punto apical para estimular el crecimiento de yemas laterales. Estas técnicas alternativas permiten la obtención de propágulos adicionales para el establecimiento del cultivo.

- *Seccionamiento de la corona:* este método permite obtener alrededor de 60 plántulas, con variaciones que dependen del cultivar de piña. Cada hoja de la corona protege una yema vegetativa. Una vez que se realiza el fraccionamiento, los segmentos se someten a un tratamiento con insecticida y fungicida. Luego se colocan sobre un sustrato específico y se mantienen en condiciones controladas hasta el desarrollo completo de las plántulas (Figura 6A-D) (Soler & Dole, 2006).

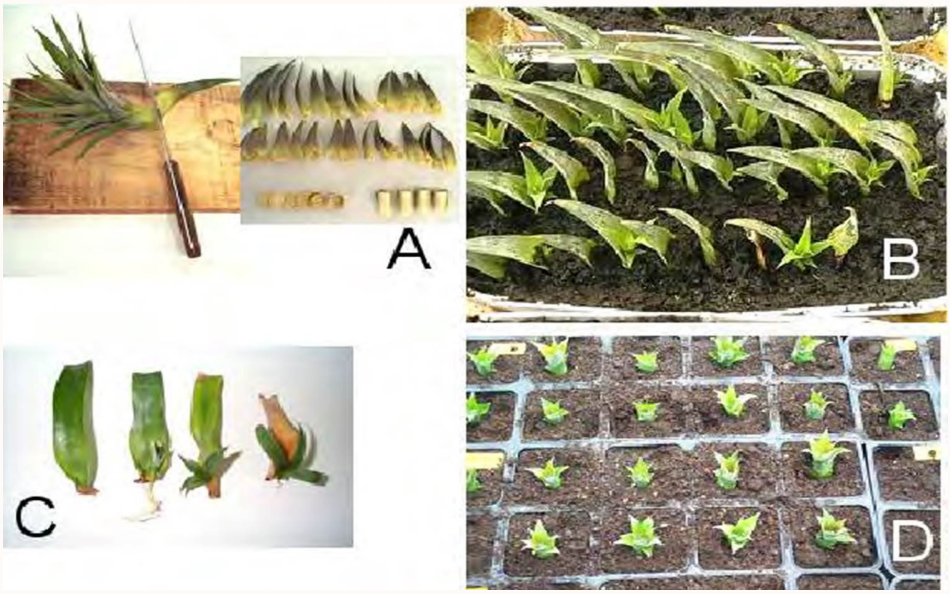


Figura 6. Seccionamiento de la corona: A) Fraccionamiento de las yemas de la corona; B) Plantación individual; C) Brotación de la planta; D) Plántulas obtenidas de las yemas de la corona. Fotos tomadas de Soler & Dole (2006).

- *Seccionamiento del tallo*: la técnica del seccionamiento del tallo genera entre 20 y 40 plántulas por planta. Después de la cosecha del fruto, se eliminan las hojas del tallo de la planta adulta. Este tallo se divide longitudinalmente por la mitad o se corta en rodajas con un espesor de 1,0 cm. Los fragmentos resultantes reciben un tratamiento con insecticida y fungicida. Posteriormente, se disponen en un sustrato adecuado y se establecen en un ambiente controlado para propiciar la formación de plántulas (Figura 7A-C) (Soler & Dole, 2006).

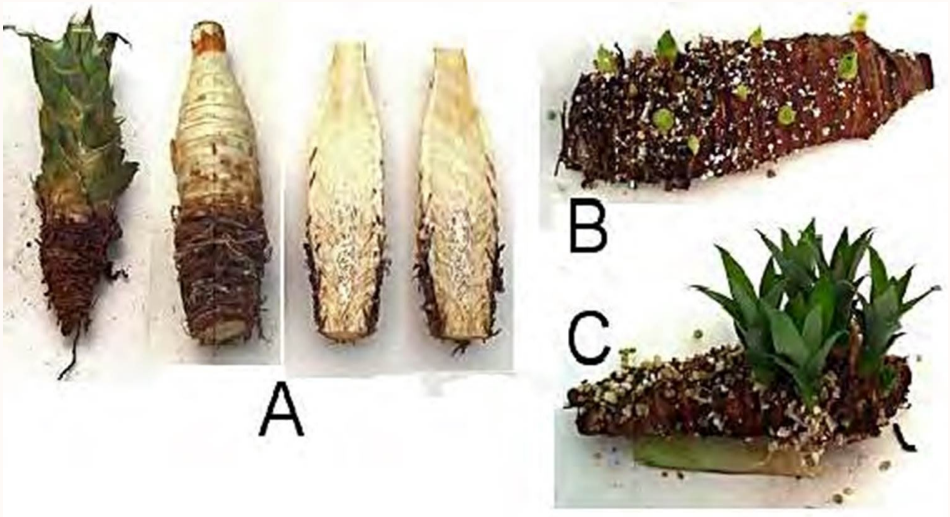


Figura 7. Seccionamiento del tallo de la planta: A) Tallo de la planta adulta sin las hojas y corte transversal; B) Brotación de las yemas del tallo; C) Plántulas de piña. Fotos tomadas de Soler & Dole (2006).

Selección y clasificación del material de propagación

La selección y clasificación del material de propagación constituye una práctica fundamental. Esta práctica garantiza la salud de la plantación, la homogenización del ciclo productivo y la uniformidad de las plantaciones establecidas. La siembra de plantas con diferente grado de desarrollo genera una falta de uniformidad. En este escenario, las plantas de mayor desarrollo limitan el crecimiento de las más pequeñas, lo cual incide de forma negativa en los rendimientos finales. Este desfase en el crecimiento provoca, además, un aumento en las labores culturales requeridas.

La selección sistemática permite disminuir la presencia en campo de plantas con frutos deformes, como aquellos con coronas múltiples. Estas plantas se eliminan del proceso de propagación. No se debe utilizar ningún tipo de propágulo que proceda de estos ejemplares descartados.

Clasificación del material de propagación:

- Tipo de material: corona, basal, clavel y criollo
- Por peso: 200 a 300 g, 301 a 400 g, 401 a 600 g

Recolección y preparación del material de propagación

a. Recolección: la recolección del material de propagación debe iniciarse una vez que finaliza la cosecha de los frutos. Esta recolección se realiza exclusivamente en plantas que presenten una salud visible. Es esencial mantener la identidad y el origen de los diferentes materiales, como coronas, hijos basales, hijos claveles e hijos criollos, sin mezclarlos entre sí. Cuando se recolectan los hijos criollos o claveles, se recomienda colocarlos en posición invertida. Esta posición implica que la parte inferior de la planta quede orientada hacia arriba. Tal disposición facilita el drenaje del agua que pueda acumularse en la roseta central de la planta. Los materiales pueden permanecer en esta condición hasta por un mes sin que su capacidad de brotación se afecte. Si el periodo previo a la plantación se extiende más allá de este tiempo, los materiales deben trasladarse a un almacén especial. Este almacén debe carecer de paredes para permitir una ventilación adecuada y contar con una cobertura que proteja los propágulos de la exposición directa a la lluvia y al sol.
b. Cicatrización: los materiales de propagación requieren un periodo de cicatrización antes de su plantación. Por lo tanto, se deben recolectar con un mínimo de dos a tres días de anticipación. Este intervalo de tiempo es necesario para que el proceso de cicatrización ocurra de manera completa.
c. Poda: es una labor que depende del criterio de cada agricultor, ya que no afecta la calidad intrínseca de la semilla. Se aplica específicamente a los hijos claveles o criollos. Esta práctica optimiza las labores posteriores de almacenaje, transportación, desinfección y manipulación del material. La poda consiste en un corte que reduce el tamaño de la planta a aproximadamente 30 centímetros. Este tamaño reducido cumple con una finalidad práctica específica. Impide que el viento desplace las plantas de su sitio de siembra, un riesgo que existe debido a su gran tamaño inicial.
d. Desinfección: los tipos de material de propagación deben someterse a un proceso de desinfección antes de su plantación. Esta desinfección es un paso crítico para garantizar la sanidad de las plantas. Su objetivo principal es proteger a la planta durante las etapas sensibles de enraizamiento y desarrollo inicial.

Se recomienda el uso de productos de origen natural o químicos:

- Ejemplo: Sumergir la semilla durante 3 min en una mezcla de: Aliette: 2,5- 3,0 g/L de agua, Benomil 50 SC: 3,3 mL/L de agua y jabón de sales potásicas 60 EC: 2,6 mL/L de agua o extractos botánicos. En su defecto algún otro producto que pueda sustituir la acción de los anteriores. Agregar Break Thru en dosis de 0,03 % (3 cc por cada 100 L de agua). Se sacarán de la mezcla y se colocarán sobre alguna cubierta (se recomienda plástica) para que se sequen, la semilla una vez tratada es transportada al sitio de siembra.

Nota: la mezcla debe ser preparada en tanque plástico de 200 o 500 L, lo que permitirá un mejor aprovechamiento del producto y facilitará la manipulación.



SUELOS PARA EL CULTIVO DE LA PIÑA

Las características del sistema radical de la piña, que es superficial y susceptible al encharcamiento, determinan que este cultivo requiera suelos específicos. La piña necesita suelos sueltos y bien drenados, con buenas propiedades físicas, químicas y biológicas. Entre los tipos de suelo más apropiados se encuentran los Ferralíticos, Ferríticos y Alíticos (Figura 8A-B).



Figura 8. Perfil de suelo apropiados para el cultivo de la piña. A) Ferrítico; B) Ferralítico. Fotos tomadas de Olivera (2012).

Propiedades químicas del suelo y la nutrición de la piña

El diagnóstico de las cualidades químicas de los suelos constituye una herramienta fundamental para ajustar los programas de fertilización. Este diagnóstico permite establecer la dosificación precisa, así como el momento y la forma de aplicación de los nutrientes.

Una adecuada fertilización mejora el crecimiento de la planta y su respuesta frente a plagas y enfermedades. Además, incrementa la cobertura del terreno y los rendimientos. La óptima relación de nutrientes y en especial la de los cationes K:Mg:Ca, permite obtener altos rendimientos y frutos de buena calidad.

Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica (MO) en el suelo es otro elemento importante para el cultivo de la piña. Los valores ideales se sitúan entre 5 y 10 % de MO. En los suelos tropicales, la materia orgánica determina el comportamiento de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) e influye en la calidad de la estructura y en las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Evaluación de la Materia Orgánica (M.O). Tomado de García (2018).

Categoría de contenido	Simbología	Contenido de M.O (%)
Muy Bajo	MB	< 1,8
Bajo	B	1,8 -2,4
Mediano	M	2,4-3,0
Alto	A	> 3,0

Contenido de cationes

La óptima relación entre cationes, específicamente Ca:Mg:Na, en los suelos permite obtener altos rendimientos y frutos de buena calidad (Tabla 2). Por lo tanto, en los suelos dedicados al cultivo de la piña, la relación entre cationes es un factor de gran importancia (Tabla 3).

Tabla 2. Evaluación de la fertilidad de un suelo en base a la suma de bases intercambiables. Tomado de Molina (2018a).

Fertilidad	Suma de bases (Ca+Mg+K) $cmol_c/L$
Suelo de baja fertilidad	< 5
Suelo de moderada fertilidad	5 - 12
Suelo de alta fertilidad	> 12

Tabla 3. Valores óptimos de las relaciones intercatiónicas en suelos dedicados al cultivo de la piña. Tomado de Molina (2018a).

Relaciones intercatiónicas	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca + Mg)/K
Valores óptimos	2 - 5	5 - 25	2,5 - 15	10 - 40

Acidez

La piña se desarrolla en suelos ligeramente ácidos, tal como se especifica en la tabla 4. El pH óptimo para su cultivo oscila entre 4,5 y 6,0. Los valores superiores a 6,6, propios de suelos calcáreos, limitan la disponibilidad de hierro y boro, y aumentan la proliferación de *Phytophthora* sp. Por otra parte, valores inferiores a pH 4 pueden determinar la existencia de aluminio y hierro tóxico libre, una condición que se denomina acidez tóxica cambiable.

Tabla 4. Clasificación de los suelos de acuerdo con los valores de pH en plantaciones de piña. Tomado de MINAG (1985) citado por Hernández et al. (1995).

Deficiente	Óptimo	Aceptable	No adecuado
Menor de 4	4,5 - 5,5	5,6 - 6,6	Mayor de 6,6

La acidez de los suelos se puede disminuir con la aplicación de fertilizantes amoniacales o de reacción ácida, con materia orgánica en descomposición o con azufre elemental. Un exceso de acidez reduce el crecimiento de las plantas y disminuye la disponibilidad de nutrientes como Ca, Mg, K y P. Asimismo, favorece la solubilidad de elementos tóxicos para las plantas, como el Al y el Mn, lo que también se conoce como acidez tóxica cambiable. La piña demuestra una tolerancia al exceso de aluminio y manganeso. Puede tolerar hasta 60 % de Al, y se considera óptima una saturación de acidez menor del 30 % (Tablas 5 y 6) (Molina, 2018a).

Tabla 5. Interpretación del contenido de Al intercambiable en el suelo. Tomado de Molina (2018a).

Clasificación	Aluminio intercambiable $cmol_c$/ L
Óptimo	< 0,5
Medio	0,5 - 1
Efectivo	> 1

Tabla 6. Interpretación del contenido de Al intercambiable en el suelo. Tomado de Molina (2018a).

Clasificación	Porcentaje de saturación de Aluminio
Óptimo	< 15
Moderado	15 - 30
Alto	>30 - 60
Muy alto	> 60

El control del exceso de acidez en el suelo puede tratarse mediante la técnica conocida como encalado. Este proceso consiste en la adición de materiales como la calcita o la dolomita. También es posible complementar esta corrección con la aplicación de fertilizantes que presentan una reacción alcalina.

Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo definen la época de siembra, los sistemas de labranza y el tipo de riego a utilizar. Estas propiedades incluyen la textura, la estructura, la resistencia a la penetración, la consistencia, la densidad, la porosidad, la infiltración y la conductividad hidráulica. Su correcta evaluación es fundamental para el establecimiento exitoso del cultivo.

Las condiciones óptimas del suelo para el cultivo de la piña son:

- Suelos: los suelos adecuados son francos arcillosos a arcillosos en ultisoles e inceptisoles, y francos a francos arenosos en ultisoles. Se debe evitar la siembra en suelos arcillosos con mala estructura, ya que en época de lluvia retienen un exceso de humedad. Estos suelos arcillosos suelen agrietarse al secarse, lo que provoca la ruptura de las raíces y favorece las pudriciones radiculares.

Por otra parte, los suelos arenosos retienen menos cantidad de agua que las texturas más finas y presentan menor fertilidad. Esta condición se refleja en un menor tamaño final de la fruta.

- Drenaje: un buen drenaje es una condición esencial para el cultivo, ya que sus raíces son muy sensibles al exceso de humedad. El drenaje constituye otra propiedad de gran importancia en el cultivo de la piña. Debido al escaso sistema radical, los suelos requieren una preparación adecuada para favorecer la penetración y el desarrollo de dicho sistema. Se debe evitar la siembra en suelos arcillosos, de mala estructura y con pobre drenaje. Se prefieren aquellos suelos con texturas medias a livianas, que presenten altos niveles de materia orgánica, buena permeabilidad y alta disponibilidad de nutrientes.
- Estructura: la estructura ideal del suelo es granular. Esta estructura promueve una buena aireación. Ambos factores son fundamentales para el desarrollo saludable del sistema radicular.
- Topografía: la topografía óptima es llana o ligeramente alomada, con pendientes entre 1y 15 %. Con pendientes mayores se debe asegurar que no se produzcan acumulaciones de agua en la parte inferior de los campos ni erosiones laminares. En las áreas alomadas se prefiere realizar las siembras en contorno para mitigar estos riesgos.
- Profundidad efectiva media: la profundidad efectiva media mínima es de 20 cm. No obstante, es preferible una profundidad de 50 cm. Esta condición permite un desarrollo radical más extenso y un mejor anclaje de la planta.
- Resistencia a la penetración: el suelo debe ofrecer poca resistencia a la penetración radicular. Es fundamental evitar la formación de un piso de arado. Esta capa compactada puede limitar severamente el crecimiento de las raíces.

Propiedades biológicas del suelo

Los microorganismos del suelo representan un componente fundamental del sistema planta-suelo-ambiente y constituyen un indicador clave de su calidad. A pesar de que representan solo entre 1 y 3 % del volumen total del suelo, poseen una gran riqueza y diversidad genética. Esta diversidad influye, mediante diversos mecanismos, en la formación del suelo y en el mantenimiento y mejoramiento de su fertilidad.

Los microorganismos del suelo, principalmente hongos y bacterias, cumplen funciones esenciales en los ecosistemas terrestres. Estos organismos se encargan de procesos como la descomposición de la materia orgánica y la transformación de nutrientes. Además, realizan la fijación biológica de nitrógeno y de otros elementos, y regulan las interacciones en la rizosfera.

Estos mismos microorganismos participan en la remediación de suelos contaminados o degradados. También contribuyen al control biológico de plagas y patógenos, y son la base para el desarrollo de biofertilizantes. Por estas razones, se los considera indicadores sensibles del impacto ambiental sobre los sistemas del suelo.

Factores limitantes en suelos dedicados al cultivo de la piña

En la tabla 7 se presentan los valores de varios indicadores limitantes para los suelos dedicados al cultivo de la piña. Cubero & Meza (2014) utilizan estos indicadores en Costa Rica. Dichos valores pueden ser de utilidad para el manejo del cultivo en Cuba.

El manejo de la fertilidad del suelo constituye un punto crítico en el cultivo de la piña. Se presentan comúnmente problemas como bajos contenidos de calcio, potasio y magnesio, pH moderada o fuertemente ácido, deficiencias de zinc, pérdidas de nitrógeno por lixiviación, toxicidad de manganeso y deficiencias de fósforo. La resolución de estos problemas requiere prácticas específicas.

Estas dificultades se resuelven mediante prácticas de encalado, aplicación de yeso agrícola y la elección correcta de fuentes de fertilización. Un buen manejo del suelo, junto con el análisis y diagnóstico de la fertilidad, permite identificar los nutrientes deficitarios. Este diagnóstico determina las cantidades específicas que se deben aplicar.

Tabla 7. Indicadores limitantes de suelos dedicados al cultivo de la piña en Costa Rica. Tomado de Cubero & Meza (2014).

Indicadores limitantes	Grado de aptitud				
	Excelente	**Buena**	**Regular**	**Baja**	**No apta**
Pendiente (%)	0 - 3	4 - 6	7 - 10	11 - 15	> 15
Profundidad efectiva (cm)	120 >	91 - 120	61 - 90	31 - 40	≤ 30
Textura (0-30 cm)	Media	Moderada fina o moderada gruesa	Fina	Fina	Muy fina
Textura (31-60 cm)	Media moderada gruesa o moderada fina	Fina	Fina	Muy fina	Muy fina
Fertilidad	Alta	Media	Baja		Muy baja
Pedregosidad	Ausente	Ligeramente pedregoso	Moderada pedregosidad	Pedregoso	De fuerte a extremadamente pedregoso
Drenaje	Bueno	Moderadamente excesivo o moderadamente lento	Excesivo	Lento	Nulo
Periodo seco	Moderado	Fuerte	Ausente	Muy fuerte	
Incidencia de vientos	Ausente	Moderado		Fuerte	

Mejoradores o enmendadores químicos y biológicos del suelo

Los mejoradores de suelos son productos de naturaleza mineral u orgánica que modifican favorablemente las propiedades físicas o químicas del suelo tras su incorporación. Su aplicación incrementa la producción comercial de la piña en cantidad y calidad. Paralelamente, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Entre los mejoradores químicos se encuentran el encalado, el enyesado y el azufrado. Su uso busca modificar propiedades del suelo y suministrar nutrientes de forma simultánea. El encalado es una práctica común en el cultivo de piña para elevar el pH cuando este es inferior a cinco.

Se debe evitar que el pH supere 5,5 con esta práctica. El encalado también contribuye a prevenir deficiencias de nutrientes y toxicidades por elementos como el aluminio. Por otra parte, las enmiendas orgánicas mejoran las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

Los mejoradores biológicos incluyen abonos verdes, biochar, la adición de diferentes estiércoles animales y el vermicompost. Estos materiales favorecen la calidad y salud del suelo a largo plazo. Su aplicación forma parte de un manejo integral de la fertilidad.



PREPARACIÓN DEL SUELO

La piña es una planta que requiere suelos profundos, bien aireados y con una textura adecuada. Estos suelos deben presentar un buen drenaje y un pH que oscile entre 4,5 y 6,5. La preparación del suelo cumple un papel importante para el desarrollo conveniente de las plantas. Esta labor debe garantizar un desarrollo máximo del sistema radicular, lo que favorece la fijación al suelo, la nutrición mineral y la resistencia a déficits hídricos temporales.

Antes de iniciar la preparación del suelo y la plantación, se debe realizar un análisis químico y nematológico. Este análisis permite trazar una estrategia adecuada para la aplicación de fertilizantes y de enmiendas químicas u orgánicas. Además, fundamenta la implementación de medidas fitosanitarias ante la presencia de poblaciones de organismos nocivos.

El objetivo de las labores de preparación es obtener un suelo bien roturado, de estructura granular, mullido y aireado. Este suelo debe presentar un buen drenaje, carecer de vegetación viva o en descomposición y contar con un contenido adecuado de materia orgánica. Estas condiciones son esenciales para lograr un buen desarrollo del sistema radicular, fortalecer la fijación de la planta y optimizar la absorción de nutrientes, lo que a su vez le confiere resistencia a déficits o excesos temporales de agua.

La piña es una planta de crecimiento lento, una característica que la coloca en desventaja frente a especies de plantas indeseables. Por esta razón, resulta de vital importancia eliminar la mayor parte de las malezas durante la preparación del terreno.

La preparación del suelo comprende dos etapas principales: la destrucción de la vegetación y la preparación propiamente dicha del suelo. Este proceso debe iniciarse al menos 40 días antes de la plantación para asegurar la correcta descomposición de los restos orgánicos y de la vegetación indeseable. Peña-Alderí et al. (1996) proponen un plazo preferente de 3 meses cuando se trate de un área de reposición, ya que los residuos de piña son abundantes, fibrosos y presentan una descomposición lenta.

Se recomienda:

- Emplear una chapeadora pesada para cortar los residuos vegetales y facilitar su descomposición. En el caso de áreas de demolición de plantaciones de piña con un desarrollo foliar extenso, se recomienda la recogida o la quema de esos residuos; también es posible combinar la chapea con la quema o con su recolección. Los residuos pueden incorporarse durante la preparación del suelo o destinarse a la elaboración de compost o a la alimentación animal.
- Roturar con arado, preferentemente de vertedera, para no invertir el perfil del suelo, a una profundidad de 20 a 25 cm. Esta primera labor facilita la incorporación de los residuos vegetales. Dicha incorporación mejora las propiedades del suelo, en especial sus características físicas y su fertilidad.
- Realizar un pase de grada ligera, tipo *tiller* o rastrillo de dientes flexibles, entre 15 y 25 días después; es preferible ejecutarlo luego de una lluvia que provoque la germinación o el brote de plantas no deseadas. Esta labor destruye los terrones y continúa con la incorporación de los restos orgánicos. El uso del *tiller* o rastrillo de dientes flexibles evita la inversión del perfil, ya que en suelos con un primer horizonte poco profundo se podría eliminar esa capa y el cultivo se desarrollaría en capas inferiores con condiciones menos adecuadas.
- Efectuar un cruce con arado para continuar el mejoramiento de la estructura del suelo y la integración de los residuos orgánicos; esta labor también busca lograr la profundidad necesaria y eliminar los rebrotes de plantas no deseadas. Se prefiere realizar este cruce después de lluvias que promuevan dichos rebrotes. Si se detecta alguna capa compactada, debe realizarse primero un subsoleo.
- Aplicar dos pases de grada ligera, o preferiblemente con un escarificador (*tiller*) o rastrillo de dientes flexibles, y/o un pase de rastrillo hasta eliminar las raíces de las plantas no deseadas y alcanzar una textura granular final. El segundo pase debe ejecutarse en dirección perpendicular al primero para maximizar la eficiencia de la preparación final del suelo.

Se debe obtener un terreno con al menos una profundidad de 25 a 30 cm, el cual debe quedar completamente suelto y nivelado.

- Si se realiza una nivelación del terreno, esta práctica es necesaria en plantaciones sobre terreno llano. Su principal objetivo es evitar los encharcamientos, ya que estos causan daños por asfixia a las plantas.
- En las áreas con un relieve que presente pendientes superiores al 3 %, como las zonas montañosas o los terrenos quebrados, es conveniente plantar según las curvas de nivel o emplear terrazas. Esta medida evita el arrastre del agua y la posterior erosión del suelo.
- Para los suelos que presentan compactación por el uso de equipos agrícolas o por problemas de drenaje interno, se recomienda ejecutar un subsolado. El fin de esta labor es mejorar la aireación del sistema radical.

El esquema tradicional de preparación del suelo admite modificaciones. Estas dependen de la disponibilidad de suelos y de implementos agrícolas, así como de la intención de proteger el suelo contra la erosión y la degradación. Se recomienda el uso del *tiller* o del rastrillo de dientes flexibles, con el propósito de evitar la inversión del perfil del suelo. Esta precaución es crucial en suelos cuyo primer horizonte es poco profundo, ya que se podrían exponer capas inferiores con condiciones menos adecuadas para el cultivo.

Se recomienda el laboreo mínimo como sistema de preparación. Este proceso consiste en una secuencia que incluye pases de chapeadora (de 2 a 4), una arada, el paso del nivelador (*land-plane*), un cruce y varios pases de gradas (de 2 a 4). El subsolado puede incluirse en esta secuencia. El número de labores se define en dependencia del tipo de suelo. Todas las labores deben planificarse con suficiente antelación para garantizar la calidad de esta etapa fundamental. Entre una labor y otra, es crucial que transcurra un intervalo no menor a 15 días. Este período permite que el suelo reciba la acción de los rayos solares y que se inicie una nueva brotación de arvenses, las cuales se eliminarán en la labor siguiente.







PLANTACIÓN

Marcos de plantación

La plantación puede realizarse en hileras dobles o sencillas. La selección del marco depende del tipo de cultivar, la disponibilidad de recursos para el manejo, el acceso a maquinarias, las condiciones edafoclimáticas, la topografía del lugar y el destino final de las frutas. En la tabla 8 se muestran los marcos de plantación más utilizados en el país.

Tabla 8. Distancia de plantación recomendada en Cuba para el cultivo de la piña. Tomado de Peña-Alderí et al. (1996).

Cultivar	Marco de plantación (m)	Densidad (plantas/ha)	Destino
Española roja	1,40 x 0,30	23 810	Industria
	1,20 x 0,30	27 777	
	1,20 x 0,30 x 0,40	33 333	Consumo fresco
	1,20 x 0,40 x 0,30	41 666	
Cayena	0,90 x 0,40 x 0,50	30 303	Industria
	0,90 x 0,40 x 0,30	50 000	Consumo fresco
	0,90 x 0,30 x 0,30	55 000	
Cabezona	1,40 x 0,40	17 857	Consumo fresco
Piña blanca	1,20 x 0,30	27 777	Industria
	1,20 x 0,30 x 0,40	33 333	Consumo fresco
Pérola	1,20 x 0,30	27 777	Industria
	1,20 x 0,30 x 0,40	33 333	Consumo fresco

La densidad de plantación varía según la variedad, la región y los objetivos específicos del cultivo. Si se desea obtener fruta de menor tamaño, se aumenta el número de plantas por hectárea. Como referencia general, el tamaño del fruto disminuye en aproximadamente 43 g por cada 1 000 plantas adicionales cuando las densidades superan las 43 000 plantas por hectárea.

Cobertura

Esta práctica tiene un uso muy limitado en el cultivo de piña en Cuba, pero podría retomarse, en especial para la producción orgánica. Su implementación depende fundamentalmente del sistema de producción que el agricultor desee establecer. Se pueden emplear diversos materiales, como paja de arroz, palo de tabaco, bagazo de caña, desechos vegetales y mantas de polietileno negro.

La principal ventaja del uso de cobertura es la retención de humedad en el suelo. Además, evita las pérdidas de elementos minerales por volatilización y arrastre, mejora el control de malezas y regula la temperatura del suelo al mitigar los cambios bruscos. Esta práctica también modifica el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera.

La cobertura resulta innecesaria cuando el área de plantación cuenta con riego o cuando la zona geográfica presenta un régimen pluviométrico adecuado y bien distribuido. Es importante destacar que las mantas de polietileno negro contaminan el suelo, ya que sus residuos pueden permanecer en el área durante muchos años.

Época de plantación

Las condiciones tropicales de Cuba permiten plantar piña durante todo el año. Esto es factible siempre que se garantice la humedad necesaria para el enraizamiento de los materiales de propagación, en especial cuando se utilizan vitroplantas provenientes del cultivo de tejidos. Cuando no se dispone de un sistema de riego o de condiciones climáticas que favorezcan la humedad, se recomienda realizar la plantación entre los meses de abril y septiembre.

Plantación

La plantación se ejecuta después de garantizar una buena preparación del suelo, una correcta desinfección y selección de las semillas, una fertilización adecuada y la humedad requerida. Esta actividad consiste en tomar las posturas por las hojas con la base hacia abajo, introducirlas en el suelo entre 6 y 8 cm de profundidad y presionar con cuidado la base para asegurar una posición estable de la planta. Cuando el material de propagación presente diferentes calibres, se debe realizar una plantación escalonada.

Es fundamental evitar que el suelo caiga en el cogollo de la planta. Esta precaución previene la entrada de patógenos, principalmente hongos del género *Phytophthora*, que son causantes de pudrición. El riesgo es mayor al trabajar con cultivares del grupo horticultural Cayena, los cuales son muy susceptibles a diferentes cepas del patógeno. La caída de tierra en el cogollo también puede retardar el crecimiento de la planta.







CUBA FRUTA

MANEJO DE LA PLANTACIÓN

Resiembra

Esta práctica no es necesaria cuando la plantación garantiza una supervivencia superior al 90 %. Si se presentan numerosos fallos, se debe realizar una resiembra para asegurar una población adecuada de plantas por área. La operación debe ejecutarse antes de los dos meses, con el fin de mantener la uniformidad de la plantación. Las posturas que se utilicen en este proceso deben tener un peso superior al de las plantas instaladas inicialmente.

Deshoje

El deshoje se realiza antes o después de la cosecha. El corte debe efectuarse en forma de V, con un ángulo de 30°, para evitar una densidad excesiva de la población. Una densidad elevada deforma la alineación, dificulta el control de organismos nocivos y afecta la calidad de los frutos.

Los hijos basales que se desarrollan en el pedúnculo de la base del fruto se dejan en la planta. Estos se recolectan entre dos o tres meses después de la cosecha principal. En las plantaciones de 'Española roja' en producción, no se realiza el deshije de los retoños axilares. Esta excepción se debe a la fuerte imbricación que presentan en el tallo de la planta madre y al empleo de distancias de plantación más amplias.

Riego

La arquitectura y las características fisiológicas de la planta le permiten al cultivo tolerar largos periodos de sequía. Estas plantas tienen la capacidad de almacenar en la base de sus hojas el rocío de la mañana. Sin embargo, existen dos etapas críticas que requieren el mantenimiento de una humedad adecuada.

La primera etapa comprende desde la siembra hasta los dos primeros meses de crecimiento de la planta. La segunda etapa corresponde al inicio de la floración y al crecimiento del fruto. La demanda hídrica en estos periodos oscila entre 1,3 mm/día y 5,0 mm/día. Para suplirla, se puede programar la siembra en los meses de lluvia o emplear sistemas de riego como la aspersión, que es el ideal, el riego por surco, el riego por goteo u otras variantes.

Algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta son:

1. La norma de riego por lo general oscila entre los 200 m³/ha y 300 m³/ ha.
2. La frecuencia de riego oscila entre 10 y 12 días.
3. Es favorable suspender el riego en las últimas dos o tres semanas antes de la cosecha.

El cálculo de la lámina de riego se puede realizar mediante la determinación de la evapotranspiración o la lectura de los tensiómetros.

Fertilización

La piña es un cultivo con una alta capacidad de extracción de nutrientes (Tabla 9). Esta característica provoca el empobrecimiento del suelo en un corto o mediano periodo de tiempo. Por lo tanto, se debe prestar especial atención a la fertilización, ya sea foliar o edáfica. La mayor demanda de nutrientes por parte de la planta se produce antes de la inducción floral y durante el cuajado o formación de los frutos.

El manejo adecuado de la fertilidad de los suelos en condiciones tropicales se basa, entre otros aspectos, en el mantenimiento o aumento de la materia orgánica. Esta práctica permite mantener condiciones favorables para el intercambio de nutrientes, la estructuración, la porosidad y la infiltración del suelo. Asimismo, favorece el almacenamiento de agua, el crecimiento radical y el desarrollo durante las primeras etapas de crecimiento de la fruta, las cuales ocurren entre los 6 y los 12 meses posteriores al establecimiento del cultivo.

Los nutrientes de mayor demanda para el cultivo de la piña son el nitrógeno (N), el potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el hierro (Fe) y el zinc (Zn). La demanda de fósforo es relativamente baja en comparación. Es importante destacar que, en relación con otros cultivos, la piña requiere cantidades mayores de magnesio y hierro.

Tabla 9. Extracción de nutrientes por planta por hectárea según el rendimiento. Modificada de Molina (2013).

Nutrientes	Rendimiento (t/ha)	
	55	200
Nitrógeno	205	350
Fósforo P_2O_5	58	20 - 50
Potasio K_2O	393	450
Calcio CaO	121	100 - 150
Magnesio MgO	42	99
Azufre		116 - 120

La densidad de plantación influye directamente en la extracción de nutrientes del suelo. Cuando se incrementa el número de plantas por unidad de superficie, las necesidades de nutrientes por planta disminuyen (Tabla 10). Esta reducción se debe a que el crecimiento y la producción se limitan progresivamente por la mayor competencia por espacio, luz y agua. Por otro lado, el aprovechamiento de los fertilizantes aplicados mejora al existir una mayor densidad de raíces por unidad de superficie. Este factor debe considerarse de manera precisa al calcular la dosis de nutrientes por planta.

Tabla 10. Absorción por planta de los nutrientes de acuerdo con la densidad de plantación. Modificada de Rebolledo et al. (2011).

Plantas/ hectárea	g/planta			
	N	P_2O_5	K_2O	MgO
30000	18	6	18	4
40000	16	5	16	4
50000	14	4	14	3
60000	12	4	12	3
70000	10	3	10	2
80000	8	3	8	2

Para una producción de 55 t/ha, el cultivo extrae las siguientes cantidades de nutrientes: 205 kg de N, 58 kg de P_2O_5, 393 kg de K_2O, 121 kg de CaO y 42 kg de MgO. Las concentraciones de estos elementos en los tejidos vegetales deben mantenerse dentro de los rangos establecidos. Los valores insuficientes afectan negativamente el crecimiento y el rendimiento de la planta. De igual forma, los excesos provocan un efecto adverso similar debido a la toxicidad que generan.

Cálculo de dosis a partir de análisis de suelo

Los resultados de los análisis químicos de suelo se interpretan mediante tablas de referencia específicas. En Cuba, se utiliza principalmente la tabla de Oniani para evaluar la disponibilidad de fósforo (P) y potasio (K) en suelos rojos, como los ferralsoles, ferralíticos y ferríticos. Esta herramienta proporciona información valiosa sobre el estado de fertilidad del suelo. Por otra parte, el nitrógeno (N) presenta una alta inestabilidad en el suelo, por lo que su evaluación requiere un enfoque distinto. Además, la fertilización con calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) no es una práctica común en este cultivo. Las dosis de estos nutrientes se determinan de forma independiente solo cuando es necesario.

Para el cálculo de la dosis de un nutriente, se aplica una expresión generalizada del método del balance. La fórmula es la siguiente:

$$DF = (DN - SN)\%AP - 1$$

Donde:

DF representa la dosis del nutriente a aplicar.

DN corresponde a la demanda de nutrientes para el rendimiento esperado.

SN es el suministro de nutrientes que provee el suelo al cultivo.

%AP indica la proporción del nutriente aplicado que la planta absorbe, conocido como índice de aprovechamiento o eficiencia en el uso.

Los índices de aprovechamiento generalmente aceptados para los macronutrientes principales presentan rangos característicos, en el nitrógeno (N) oscila entre 20 y 50 %, en el fósforo (P) entre 10 y 20 % y en el potasio (K) entre 49 y e 50 %.

Cálculo de dosis a partir de análisis foliar

El análisis foliar constituye una práctica común para determinar el estado nutricional del cultivo después de su establecimiento. La evaluación se realiza mediante la comparación de los resultados del análisis con tablas de interpretación validadas. Por ejemplo, en condiciones similares a las de Cuba, en Costa Rica se emplean los valores presentes en la tabla 11 como referencia estándar para esta interpretación.

Tabla 11. Valores de referencia para interpretar análisis foliar en piña MD2. Tomado de Molina (2013).

Elemento	Unidad	Rango		
		Bajo	Medio	Alto
N	%	<1,5	1,5-2,0	>2,0
P		<0,1	0,1-0,2	>0,2
K		<3,0	3,0-3,5	>3,5
Ca		<0,4	0,4-0,6	>0,6
Mg		<0,25	0,25-0,4	>0,4
S		<0,1	0,1-0,2	>0,2
Fe	mg/kg	<50	50-150	>150
Cu		<10	10-50	>50
Zn		<20	20-40	>40
Mn		<60	60-200	>200
B		<20	20-25	>25

Las fórmulas de fertilizantes químicos de mayor uso en el cultivo de piña presentan una relación internutriente elevada en fósforo (P) y proporciones similares para nitrógeno (N) y potasio (K) (Tabla 12). Estos altos valores de P no implican que la planta requiera este elemento en mayor cantidad que el N o el K. Su aplicación responde principalmente a dos factores: la formulación busca abastecer más de un ciclo de cosecha y el fósforo puede fijarse en formas no asimilables en los suelos ácidos, que son característicos de las áreas dedicadas a este cultivo.

Tabla 12. Dosis de fertilizantes que se puede utilizar en la piña de acuerdo con la edad de la planta.

Edad de la planta (meses)	Fórmula fertilizante	Unidad (g)
1	12-24-12 o 10-30-10	10
2 - 3	15-15-15	10
3,5 - 5	15-15-15	12

La aplicación de nitrógeno y potasio ya sea en forma sólida o líquida es una práctica común durante el desarrollo del cultivo. Es fundamental considerar la edad de la plantación para un manejo nutricional adecuado. La tabla 13 contiene una propuesta de fertilización por planta para las fases de fomento y soca. En la tabla 14 se detalla la distribución correspondiente de estos nutrientes.

Tabla 13. Propuesta de fertilización N P K en fomento y soca

Elemento	Fomento		Soca	
	g/planta	kg/ha	g/planta	kg/ha
Nitrógeno	8 a 12	400 a 600	6 a 9	280 a 420
Fósforo	1 a 3	50 a150	1 a 2	35 a 105
Potasio	10 a 14	500 a 700	7 a 10	350 a 490

Tabla 14. Distribución de la dosis de fertilizante NPK por meses.

Unidad de Fertilizante (g/planta)	Fase inicial (2-4 meses)	Fase máximo crecimiento vegetativo (6-8 meses)	Inducción Floral (2 meses)	Fructificación (3-4 meses)
N	1,0	5,0	0,5	0,5
P_2O_5	0,6	2,0	0,5	0,4
K_2O	1,5	8,0	2,0	2,0

Lugar, momento y forma de aplicación de los nutrientes

Los nutrientes deben encontrarse disponibles para las plantas durante sus periodos de demanda, por lo que la sincronización entre el suministro de nutrientes y los requerimientos del cultivo es un factor de importancia. Una aplicación efectiva en cuanto a su colocación y momento maximiza tanto el rendimiento del cultivo como la eficiencia en el uso de los nutrientes. La aplicación se puede realizar de varias formas específicas:

- De fondo: esta aplicación se realiza durante la preparación del suelo, con especial atención al uso de enmiendas y abonos orgánicos. Su objetivo es mezclar el producto de manera uniforme con el perfil del suelo.
- En la siembra o plantación: consiste en la aplicación de productos, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), debajo y al lado del sistema radicular de la piña para facilitar su acceso inicial.
- De cobertera: se lleva a cabo durante el desarrollo vegetativo de la planta. Esta forma es adecuada para la aplicación de microelementos, así como de nitrógeno y potasio en etapas avanzadas.
- En la axila de las hojas: la piña, al pertenecer a la familia de las bromeliáceas, presenta una absorción vía axilar particularmente eficaz, lo que justifica este método de aplicación.

Formas de suministrar los nutrientes:

- En el suelo: Esta modalidad puede realizarse de dos maneras. La primera es de forma localizada, en bandas ligeramente enterradas al lado de la hilera de plantas. La segunda es a voleo, donde el fertilizante se distribuye y luego se mezcla con el suelo.
- En la axila de las hojas inferiores: este método aprovecha la eficaz absorción axilar característica de la planta de piña y permite además que las raíces axilares utilicen los nutrientes.

- En el follaje: el suministro se realiza directamente sobre la parte aérea de la planta, ya sea mediante aplicaciones foliares convencionales o a través del fertirriego.

Momentos de aplicación de fertilización:

- Estrategia 1: consiste en una aplicación única en el momento de la plantación con el fertilizante de fósforo y potasio que requiere la planta para su ciclo. Posteriormente, se programan aspersiones foliares mensuales de nitrógeno con soluciones de urea. Este esquema puede planificarse para tres cosechas, pero es necesario dar seguimiento a la disponibilidad de potasio (K) en el sistema.
- Estrategia 2: se aplica junto a la siembra todo el fósforo y el 30 % del potasio requerido para tres cosechas. Luego, se implementan aspersiones foliares mensuales de nitrógeno y potasio, con el empleo de soluciones de urea y cloruro o sulfato de potasio. Una parte de ambos nutrientes puede aplicarse en forma sólida después del trasplante ya sea en el suelo o en las axilas de las hojas D y B.

Las aplicaciones foliares son útiles para corregir deficiencias nutricionales específicas. Su periodo de aplicación ideal se extiende desde el mes 6 hasta el mes 14 después de la siembra y con una frecuencia quincenal. Si se utiliza un aspersor de alto volumen los intervalos entre aplicaciones pueden ser de 15 días.

Consideraciones técnicas para la aplicación:

Cuando el fertilizante se aplica de forma directa en el suelo, al lado de la base de la planta, se puede utilizar un tubo de PVC con un embudo para mayor precisión. En plantaciones jóvenes, se debe evitar que el producto entre en contacto con las hojas, ya que puede causar fitotoxicidad y quemaduras. En etapas posteriores, el fertilizante puede aplicarse en forma sólida o líquida en la axila de las hojas inferiores (Figura 9).



Figura 9. Lugar de aplicación en la planta de los fertilizantes. Fotos tomadas de Cubero & Meza (2014).

La aplicación en banda mejora la disponibilidad de los nutrientes. Este método reduce los riesgos de que los elementos se fijen en el suelo o se laven fuera de la zona radical. El tipo de riego es un factor determinante para elegir el método de aplicación; para el riego por surco se recomienda específicamente la aplicación en banda.

De forma general, los portadores nitrogenados presentan varias opciones de aplicación durante la plantación. Se pueden aplicar al suelo en bandas ubicadas debajo o al lado de las posturas. También existen métodos para el desarrollo del cultivo que incluyen la aplicación foliar, el fertirriego y la colocación de un portador sólido en la

axila de las hojas inferiores. Se ha informado la aplicación a voleo antes de la plantación con una incorporación posterior mediante una labor de cultivo. Sin embargo, este último método puede provocar pérdidas significativas de nitrógeno por lavado durante la época de lluvias.

Los portadores fosfóricos y potásicos también ofrecen diversas alternativas de aplicación. Se pueden aplicar a voleo durante la preparación del suelo o en bandas durante el acto de la plantación. Otra opción es el uso de un portador sólido en la axila de las hojas inferiores, tal como lo demostró Herrera-Altuve (1975). La aplicación de fosfatos mediante fertirriego presenta una limitación, ya que requiere el uso de portadores con alta solubilidad.

Para el fósforo, Peña-Alderí et al. (1996) recomiendan un programa específico de aplicaciones. Este programa incluye las siguientes etapas:

- Una aplicación en la preparación del suelo o durante la plantación.
- Una segunda aplicación seis meses después de la plantación, que se puede realizar en el suelo o en la axila de las hojas.
- Una aplicación después de la primera cosecha, la cual se repite al final de la segunda cosecha.
- Una aplicación final al terminar la tercera cosecha, si las condiciones de la plantación lo permiten.

De forma similar al fósforo, el potasio puede aplicarse con varios métodos. Las opciones incluyen la aplicación a voleo en la preparación del suelo, en bandas durante la plantación, en la axila de las hojas inferiores, mediante aplicaciones foliares o a través del riego. Peña-Alderí et al. (1996) plantearon un esquema secuencial para este nutriente. Sus recomendaciones son las siguientes:

- Una aplicación antes o durante la plantación, ya sea a voleo o en bandas.
- Una segunda aplicación localizada ocho meses después de la primera, a una profundidad no menor de 10 cm.
- Una aplicación al finalizar la primera cosecha.
- Aplicaciones posteriores después de la segunda y tercera cosecha, las cuales deben realizarse en bandas y de forma localizada.

Por otra parte, Peña-Alderí (1984) propusieron un esquema de aplicación que planifica para varios años. Este esquema considera aplicaciones antes o durante la plantación y si es necesario, aplicaciones foliares complementarias. En suelos ferralíticos sus hallazgos indican que incluso es posible realizar aplicaciones de fósforo y potasio para varios años de cultivo. Esta información se presenta de manera detallada en la tabla 15.

Tabla 15. Influencia de dos métodos de aplicación de P y K en el rendimiento de la piña, variedad Española Roja. Modificado de Peña-Alderí (1984).

Método de Aplicación	1era cosecha	2da cosecha	3era cosecha
	Rendimiento t/ha		
PK anual	30,0	34,8	42,8
PK para tres cosechas	32,6	33,0	41,0

Ninguno de los métodos aplicados mostró diferencias en la calidad de la piña. Por lo tanto, se puede utilizar cualquiera de ellos de manera indistinta. Esta conclusión permite flexibilidad en la selección de la estrategia de fertilización.

En Cuba, el cultivo de la piña generalmente emplea las siguientes variantes:

1. Se realiza una aplicación de un portador compuesto con la dosis total de fósforo (P) y potasio (K), además del 50 % del nitrógeno (N) necesario. Posteriormente, se efectúan aplicaciones sólidas en la axila de las hojas inferiores. Estas aplicaciones se llevan a cabo a los 2 y 4 meses después de la siembra.

2. En el momento de la plantación, se aplica la totalidad del fósforo y el potasio que requiere la planta. Después, se realizan aspersiones foliares mensuales de nitrógeno con soluciones de urea. Este método puede planificarse para tres cosechas, pero se debe dar seguimiento a la disponibilidad de potasio. Una parte del nitrógeno podría aplicarse al momento de la siembra, pero existiría el riesgo de que se perdiera antes de que el sistema radicular de la planta pueda absorberlo.
3. Al momento de la siembra se aplica la totalidad del fósforo y 30 % del potasio requerido para tres cosechas. Luego, se realizan aspersiones foliares mensuales de nitrógeno y potasio para lo cual se emplean soluciones de urea y cloruro o sulfato de potasio. Esta estrategia garantiza una adecuada fertilización.

Una parte de ambos nutrientes, nitrógeno y potasio podría aplicarse de forma sólida en el suelo o en las axilas de las hojas. Estas aplicaciones sólidas se programan a los 2 y 4 meses después de la siembra. Las aspersiones foliares sirven para corregir deficiencias nutricionales específicas.

Las aplicaciones foliares se inician a partir del mes 6 y se extienden hasta el mes 14, con una frecuencia de aplicación quincenal. Si se utiliza un aspersor de alto volumen se puede mantener este intervalo de quince días entre aplicaciones.

Es importante resaltar que las aplicaciones localizadas de fertilizantes químicos requieren un cuidado especial. Este cuidado se debe a su posible efecto sobre el incremento de la salinidad del suelo. Un aumento en la salinidad provoca una disminución en la brotación de las raíces.

La meta para cualquier plantación es lograr un equilibrio nutricional adecuado al momento del tratamiento de inducción floral (TIF). La fertilización previa a la inducción floral con carburo se basa en una o dos aplicaciones de sulfato de amonio, urea y 18-46-00. Estas mezclas se aplican en dosis que fluctúan entre 450 y 900 kg/ha cuando la planta tiene entre 6y 8 meses de edad.

Una vez inducida la floración de la piña, se deben aplicar fertilizantes para que los frutos se desarrollen de manera adecuada. Se realizan de 2 a 3 aplicaciones de mezclas que contienen sulfato de amonio, urea, NPK 17-17-17 y NPK 18-46-00 durante los primeros meses. Las cantidades de estas mezclas oscilan entre 500 y 900 kg/ha, las cuales se disuelven y se aplican con 1800 a 2400 L de agua en las hojas basales de la planta.

Después de la cosecha del fruto, se puede realizar una aplicación adicional de nutrientes. Esta aplicación es pertinente si la plantación tiene como objetivo la reproducción de material vegetativo. Los nutrientes potasio (K), calcio (Ca) y boro (B) aplicados en la etapa post-inducción garantizan un buen peso y una buena calidad del fruto.

En el cultivo de piña no se debe fertilizar con nitrógeno durante las cuatro semanas previas al inicio de la inducción floral. Altas concentraciones de este elemento en la planta disminuyen considerablemente la eficiencia del proceso. El exceso de nitrógeno genera un nuevo crecimiento vegetativo en lugar de promover el crecimiento reproductivo.

Esto significa que es fundamental asegurar una nutrición correcta durante la etapa vegetativa. Una nutrición adecuada en esta fase es un requisito previo para garantizar el éxito de la inducción floral. El manejo nutricional debe planificarse en función de este objetivo fisiológico clave.

Los abonos orgánicos se aplican a voleo durante la preparación del suelo. Este método permite su incorporación adecuada a partir de las diferentes labores que se realizan. En plantaciones ya establecidas se debe tener un cuidado especial durante la aplicación.

En plantaciones establecidas, al aplicar abonos orgánicos en el borde del surco, se debe evitar que el producto caiga en la axila de las hojas inferiores. Esta precaución es necesaria para prevenir la aparición de enfermedades (Figura 10). La aplicación correcta contribuye a la salud general de la plantación.

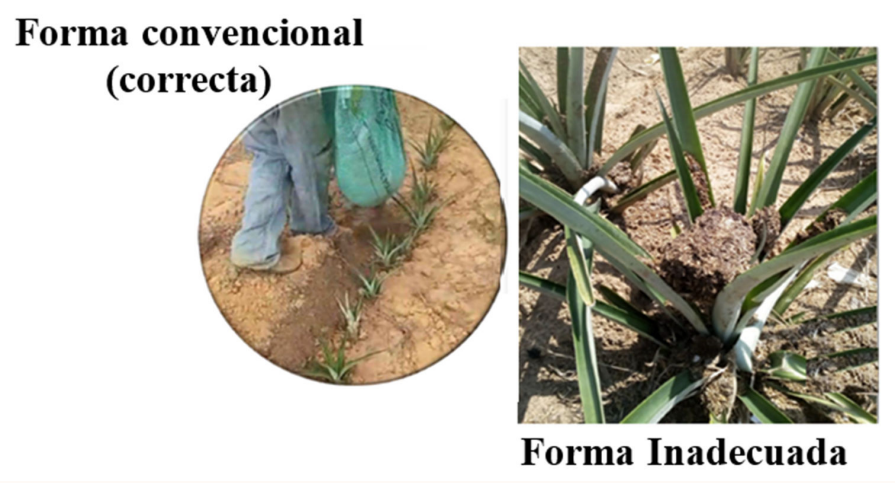


Figura 10. Forma de aplicación de materia orgánica en la piña. Fotos tomadas de Chacin (s. f.).

Aplicación de abonos

Abonos orgánicos

El uso de abonos orgánicos en el cultivo de la piña constituye una alternativa conveniente ante la escasez de fertilizantes sintéticos. Los abonos que provienen de fuentes naturales como el estiércol, el compost o los residuos vegetales proporcionan los nutrientes esenciales para el crecimiento de la planta. Asimismo, mejoran la estructura del suelo lo que promueve una mejor retención de agua y una adecuada aireación.

La aplicación de abonos orgánicos favorece la actividad microbiana en el suelo. Esta actividad contribuye a una mayor disponibilidad de nutrientes y mejora la fertilidad del suelo a largo plazo. En un contexto de escasez de fertilizantes químicos, la implementación de prácticas de fertilización orgánica representa una solución viable y sostenible. Esta práctica reduce la dependencia de insumos externos y promueve un manejo más equilibrado y ecológico del agroecosistema.

Humus de lombriz

El humus de lombriz es un fertilizante natural de origen orgánico. Se produce por la descomposición de la materia orgánica mediada por lombrices y actúa como un biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad.

La obtención de humus de lombriz comienza con la preparación y mezcla de los desechos orgánicos disponibles. Se reúnen materiales como residuos vegetales (restos de cosechas, podas), estiércol de especies domésticas (bovino, equino, caprino), desperdicios de mataderos (contenido ruminal, sangre seca), restos de madera de aserrío (aserrín o viruta no tratada) y basura orgánica doméstica seleccionada. Estos componentes se disponen en capas o se mezclan homogéneamente para iniciar un proceso de precompostaje, que permite la descomposición parcial y la estabilización de los materiales, lo que reduce su temperatura y elimina potenciales compuestos tóxicos para las lombrices. Este paso es crucial para crear un sustrato adecuado y seguro.

Una vez estabilizado el sustrato inicial se procede al vermicompostaje propiamente dicho. Se colocan lombrices en lechos o contenedores con el material precompostado las cuales ingieren esta materia orgánica en descomposición y a través de su tracto digestivo, realizan una transformación bioquímica. Este proceso dura entre 3 y 6 meses según las condiciones y con ello se produce el humus o vermicompost: un material oscuro, granular, inodoro y de alta fertilidad. Es fundamental mantener condiciones óptimas de humedad (alrededor del 80 %), temperatura (alrededor de 25 °C) y ventilación, lo que asegura un ambiente aeróbico para la actividad de las lombrices.

Finalizado el ciclo se separa el humus de las lombrices y del material no procesado mediante métodos como el tamizado o el uso de mallas. Las lombrices se retiran para iniciar un nuevo ciclo. El humus obtenido se deja madurar por un período corto adicional para asegurar su completa estabilización. El producto final es un abono orgánico de excelente calidad, rico en nutrientes asimilables, enzimas, hormonas de crecimiento y una microbiota beneficiosa. Su aplicación periódica mejora la estructura, la retención de agua y la fertilidad del suelo, de modo que cierra un ciclo de economía circular al valorizar desechos que de otro modo podrían generar contaminación.

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico de excepcional calidad que actúa como un verdadero regenerador de la fertilidad del suelo. Su aplicación aporta al terreno una completa y equilibrada dotación de nutrientes esenciales, que incluye macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg), junto con una gama de micronutrientes como zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y cloro (Cl). Este equilibrio nutricional integral es clave para el desarrollo óptimo de las plantas, que evita carencias y promueve un crecimiento vigoroso. Además, no solo nutre, sino que también transforma la estructura del suelo: mejora su porosidad y aireación, lo que limita significativamente la compactación y al mismo tiempo, incrementa su capacidad para retener humedad, lo que reduce la frecuencia de riego necesario y aumenta la resiliencia del cultivo frente a periodos de sequía.

Más allá de su composición mineral, el verdadero valor del humus radica en su riqueza biológica y bioquímica. Introduce en el suelo una variada y activa microfauna y microbiota beneficiosa que establece relaciones simbióticas con las raíces, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes y protege la planta frente a patógenos. Paralelamente, aporta una gama de reguladores del crecimiento vegetal como enzimas y hormonas naturales que estimulan la germinación, el enraizamiento y la productividad. Este conjunto de propiedades convierte al humus en una herramienta fundamental para recuperar suelos degradados, ya que mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas de manera sinérgica, de forma que restablece la salud del ecosistema edáfico y sienta las bases para una agricultura sostenible y altamente productiva.

El lixiviado de humus de lombriz es un líquido nutritivo obtenido al lavar o filtrar el humus sólido. Rico en nutrientes, enzimas y microorganismos beneficiosos, actúa como un potente biofertilizante y estimulante natural para las plantas.

Para la obtención del lixiviado de humus de lombriz se debe contar con una infraestructura adecuada (Figura 11), que permita el empleo de la metodología de extracción por percolación en frío. Inicialmente, se coloca una cantidad determinada de humus de lombriz maduro y de alta calidad (generalmente tamizado) en un recipiente perforado o colador, suspendido sobre un depósito de recolección (Figura 12). Posteriormente, se vierte agua preferiblemente libre de cloro (de lluvia, destilada o declorada) a temperatura ambiente en una proporción que suele oscilar entre 1:3 y 1:5 (humus:agua), sin agitación mecánica intensa, permitiendo que el líquido percole lentamente por gravedad a través del material durante un período de 12 a 24 h. El lixiviado obtenido de color ámbar oscuro se filtra inmediatamente con una malla fina o tela para eliminar partículas en suspensión y se almacena en un recipiente opaco y bien ventilado, en un lugar fresco y protegido de la luz solar directa para su uso preferentemente en un plazo corto ya que es un producto vivo y susceptible a fermentaciones no deseadas.

El lixiviado de humus de lombriz es un fertilizante foliar y edáfico excepcional, rico en una amplia gama de macro y micronutrientes esenciales (N, P, K, Ca, Zn, Fe, etc.). Su aplicación potencia la biomasa microbiana del suelo, mejora la salud y desarrollo radicular y aumenta significativamente la retención de humedad lo que optimiza la disponibilidad de recursos para las plantas.

Además, este biofertilizante corrige y balancea el pH del suelo mientras protege a los cultivos al disminuir patógenos e insectos y detener la expansión de lesiones. Favorece la floración al acelerar el desarrollo de botones y reduce el estrés post-trasplante, lo que asegura un establecimiento más rápido y vigoroso de las plantas.



Figura 11. Estructura constructiva de la nave para producir el lixiviado del humus de lombriz.



Figura 12. Tanque utilizado para la obtención del lixiviado de humus de lombriz.

Microorganismos eficientes

Estos productos poseen una formulación líquida que se obtiene mediante un proceso de fermentación anaerobia. Dicho proceso se basa en la multiplicación de aproximadamente 80 especies de microorganismos que pertenecen a cinco grupos microbianos fundamentales. Estos microorganismos se extraen de la naturaleza y forman una comunidad donde coexisten y se complementan.

La clasificación de estos microorganismos se presenta en la Tabla 16, en la que se detalla los distintos grupos que componen la formulación. Su consulta permite una comprensión más precisa de la composición microbiana del producto.

Tabla 16. Grupos de microorganismos

Microorganismos	Características
Bacterias acido-lácticas	• Anaeróbicas o microaerófilas • Producen ácido láctico • Son utilizadas en la fermentación de alimentos • Cocos o bacilos Gram positivas • Son ácido-tolerantes • Lactobacilos, *Bifidobacterium, Lactococus, Streptococus y Pediococus* • Efecto antagónico contra agentes fitopatógenos y el pH. Actividad antimicrobiana de bacteriosinas clase I y la nisina
Bacterias fotosintéticas	• Microorganismos autótrofos facultativos • Utilizan como fuentes de carbono los exudados de las raíces, y como fuente de energía la luz solar y la calórica del suelo • *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides* • Producen aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares • Fijan nitrógeno, sintetizan tetrapiroles, clorofilas, hemo y vitamina B 12
Levaduras	• Prevalencia de *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* • Requieren de amoniaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos • No asimilan nitratos ni nitritos • Requieren de P, Mg, Ca, Fe, Cu, Zn y vitaminas del complejo B • Sintetizan sustancias antimicrobianas • Producen CO2, glicerol y etanol (propiedades antifúngicas)
Actinomicetos	• Bacterias filamentosas (*Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus*) • Solubilización de la pared celular de insectos, hongos y plantas • Importancia compostaje y formación de suelo • Son agente de control biológico (antifúngico) • Actividad antagonista (quitinasas y β-1,3-gluconasa) • Intervienen en la lisis de paredes celulares de *Fusarium*, *Sclerotia* y *Sclerotium*.
Hongos filamentosos con capacidades fermentativas	• Intervienen en la mineralización del carbono • Antagónicos de especies Fitopatógenas • Intervienen en la descomposición de la MO • *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* y *Mucor* • Degradación de lignina y celulosa • Resistentes a inhibidores microbianos • Biocontroladores (competencia por espacio y nutrientes, micoparasitismo, la antibiosis y la inducción a la resistencia)

Los Microorganismos Eficientes (ME) desempeñan diversas funciones fundamentales para la salud del suelo y el crecimiento de los cultivos. Una de sus capacidades más importantes es la fijación del nitrógeno atmosférico, realizada por grupos bacterianos como *Azotobacter*, *Azospirillum* y diversos bacilos, lo que enriquece el suelo con este nutriente esencial de forma natural. Además, son agentes clave en la descomposición de residuos orgánicos, proceso central en la elaboración de abonos como el bocashi, que transforman la materia orgánica en humus disponible para las plantas. Otra función crítica es la supresión de agentes patógenos del suelo donde hongos como *Penicillium*, *Aspergillus* y *Trichoderma* actúan como antagonistas, controlando enfermedades. También contribuyen a la solubilización de fuentes de nutrientes poco solubles como fosfatos y potasio, la que es facilitada por levaduras como *Saccharomycetes*, haciéndolos asimilables para las raíces. Finalmente, ejercen efectos fisiológicos directos en las plantas al mejorar su nutrición, la adquisición de agua, la tolerancia al estrés y la eficiencia fotosintética.

La aplicación de los ME genera múltiples beneficios agronómicos. Entre ellos se destaca la eliminación o reducción de insectos y enfermedades de las plantas, ya que los ME suprimen los exudados que atraen a las plagas y fortalecen las defensas naturales de los cultivos. Asimismo, promueven un aumento significativo de los rendimientos, gracias a efectos hormonales que estimulan las zonas meristemáticas de crecimiento. Favorecen también un incremento de la actividad fotosintética lo que se traduce en una mejor germinación de semillas, inducción floral, mayor desarrollo de biomasa y un enraizamiento más vigoroso. Por último, su acción continua mejora la estructura física de los suelos, porque aumenta su porosidad y capacidad de retención de agua e incrementa la fertilidad química al liberar nutrientes y promover ciclos biogeoquímicos más eficientes.

La reproducción de los ME se realiza comúnmente mediante un proceso de fermentación sólida para obtener la "madre" o cultivo base. Los ingredientes necesarios para este método son: a) hojarasca de bosques (como fuente de microorganismos nativos) (Figura 13), b) afrecho o salvado de cereales (que sirve de sustrato y alimento), c) melaza (como fuente de carbono y energía), d) leche o yogurt (aporte de proteínas y bacterias lácteas) y e) agua sin cloro (para no inhibir el desarrollo microbiano). Esta mezcla se fermenta en condiciones anaeróbicas durante un periodo determinado.



Figura 13. Colonia de MO en lecho de hojarasca para la producción de microorganismos eficientes.

Para su uso práctico en el campo, la "madre" sólida, debe activarse mediante una fermentación líquida. Este proceso diluye y multiplica los microorganismos donde se obtiene un biol o líquido activo listo para ser aplicado. La fórmula de activación requiere: a) una porción de la madre sólida previamente elaborada, b) melaza, c) leche o yogurt y d) agua sin cloro. Esta mezcla se deja fermentar en un recipiente cerrado por varios días, cuyo líquido resultante es rico en ME, este puede ser diluido y utilizado para riego o aspersión foliar.

La producción de ME se lleva a cabo mediante un proceso controlado de fermentación en biorreactores, donde el tiempo de fermentación es un parámetro crítico que determina la densidad microbiana, la actividad metabólica y la estabilidad del producto final (Figura 14). En este estudio, se realizan fermentaciones por lotes a tres escalas temporales distintas: 72, 144 y 240 h. Durante la fermentación de 72 h, se observa la fase exponencial de crecimiento, donde se obteniene un concentrado microbiano activo pero con una diversidad metabólica aún en desarrollo. Al extender el proceso a 144 h, se alcanza la fase estacionaria avanzada, donde se maximiza la producción de metabolitos secundarios beneficiosos y se consolida un consorcio microbiano más complejo y resiliente. Finalmente, la fermentación prolongada hasta 240 h permite una fase de maduración, en la cual los microorganismos estabilizan su actividad, agotan sustratos residuales y producen enzimas y compuestos de soporte que garantizan una mayor vida útil y eficacia del producto final, el cual es cosechado, estabilizado y formulado tras verificar rigurosos estándares de calidad, concentración y pureza.



Figura 14. Producción de microorganismos eficientes y tiempos de fermentación A) Tanques de fermentación, B) 72 h, C) 144 h, D y E) 240 h (Producto final).





CONTROL DE MALEZAS

En el cultivo de la piña, a diferencia de otros cultivos, el control de malezas debe ejecutarse durante todo su ciclo fenológico. Esta práctica es necesaria para evitar la competencia por nutrientes que establecen las malezas. Para este fin se emplean medios manuales, mecanizados (Figura 15) y químicos. El programa de control específico se establece en función de las disponibilidades de insumos del productor y de la tecnología que se utilice.



Figura 15. Control mecanizado de malezas con un motocultor.




CUBA
FRUTA

CONTROL FITOSANITARIO

El control fitosanitario en el cultivo de la piña es crucial para asegurar su desarrollo óptimo y la calidad final del fruto. Esta planta es susceptible a diversas plagas y enfermedades que pueden comprometer su rendimiento y su valor comercial. Un manejo fitosanitario adecuado incluye la implementación de prácticas de monitoreo constante, rotación de cultivos, uso de productos selectivos y control biológico. Este enfoque integral previene la propagación de agentes patógenos optimiza el uso de recursos y minimiza los impactos ambientales. Además, un control eficaz reduce la incidencia de pérdidas poscosecha y garantiza que la piña cumpla con los estándares de calidad del mercado. Estos resultados se traducen en una mayor competitividad global y en una producción más sostenible a largo plazo.

Para los efectos del presente manual, se ha decidido incluir únicamente las estrategias relacionadas con productos bionaturales y con el manejo cultural. Esta delimitación tiene el propósito de focalizar el alcance de las recomendaciones técnicas.

Organismos nocivos

Pudrición del corazón de la piña

El agente causal de esta enfermedad es el hongo *Phytophthora nicotianae* Bredda de Haan var. *parasitica* Dastur. La sintomatología principal consiste en la pudrición del corazón de la planta y de los frutos (Figura 16A-H). El patógeno puede desplazarse desde las raíces hacia el tallo y posteriormente hacia los frutos. Esta enfermedad es frecuente en plantaciones ubicadas a nivel del mar donde predominan temperaturas entre 25 y 36 °C. En la mayoría de los casos la pudrición del corazón representa una extensión de las pudriciones radicales. La presencia de agua libre y las salpicaduras de la lluvia favorecen el desarrollo del patógeno.

Para su control se recomienda desinfectar las posturas antes de la siembra. Es necesario evitar los daños mecánicos, la caída de suelo sobre la roseta central de la planta y los excesos de humedad en el campo. También se pueden aplicar tratamientos foliares con fungicidas a la plantación establecida.

Marchitez roja de la piña o Wilt

Un Closterovirus es el agente causal de esta enfermedad. La chinche harinosa actúa como el vector que transmite el patógeno. La sintomatología se caracteriza por un enrojecimiento inicial de las hojas. En estadios más avanzados los márgenes foliares se tornan amarillentos, mientras las partes centrales adquieren un color rosado vivo. Además, los bordes de las hojas se enrollan hacia arriba (Figura 17A-F).

El manejo de la enfermedad debe centrarse en el control del vector. Se recomienda combatir las poblaciones de chinches harinosas y de las hormigas que las protegen. También es fundamental eliminar los restos de la plantación anterior para evitar que se conviertan en fuentes de infección.

Pudrición negra del fruto

El agente causal es un hongo que presenta dos fases. En su fase sexual se identifica como *Ceratocystis paradoxa* (Dade) Moreau, y en su fase asexual como *Thielaviopsis paradoxa* (de Seynes) Höhnel. La sintomatología incluye una pudrición de color negro que afecta el tallo, los vástagos y el fruto, la cual desprende un olor dulzón característico (Figura 18A-C). Este patógeno manifiesta una alta agresividad bajo condiciones de temperatura entre 25 y 32 °C y una humedad relativa entre 90 y 100 %.

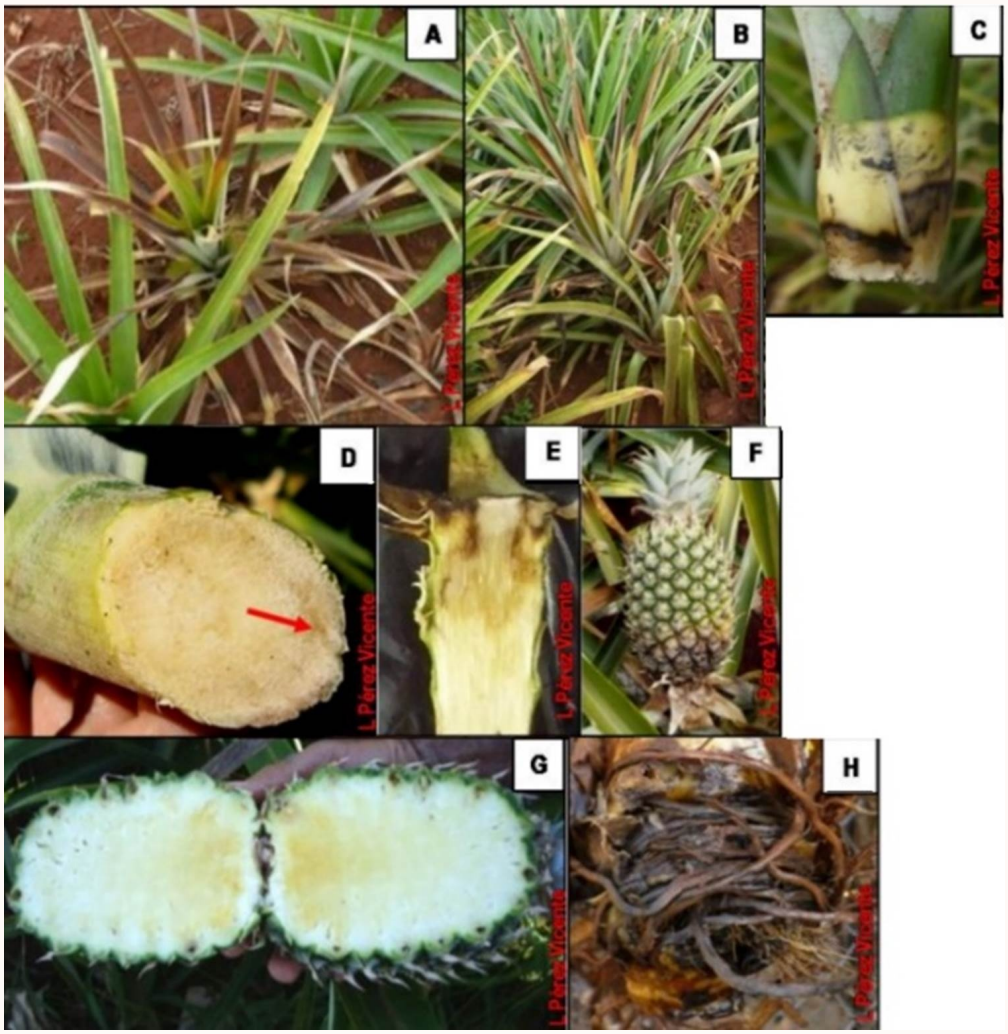


Figura 16. Daños causados por *P. nicotianae* A y B) plantas del cultivar MD_2 con pudrición del corazón; C) necrosis de la base de las hojas afectadas (punto usual de inicio de la infección); D y E) transmisión de la infección por el pedúnculo del fruto; F) necrosis externa del fruto; G) síntomas de la pudrición interna del fruto; H) raíces necrosadas. Fotos tomadas de Pérez-Vicente et al. (2017).



Figura 17. Síntomas de Wilt en plantas de piña cv. 'Española roja' del municipio especial Isla de la Juventud. A) plantas con enrojecimiento foliar; B) planta con bronceado foliar; C) planta asintomática; D) muerte regresiva de las hojas en forma de ¨V¨ invertida; E) curvatura de los ápices de las hojas hacia abajo; F) manchas en formas de puntos formadas producto de la alimentación de las cochinillas en las hojas. Fotos tomas de Hernández et al. (2013).



Figura 18. Síntomas de Pudrición negra del fruto: A) lesión en el fruto; B) lesión en la corona; C) lesión de las hojas. Foto tomada de Otello citado en Ephytia (2022).

Si no se implementan medidas de protección la plantación puede sufrir grandes afectaciones en un período de 72 a 144 h. Esta enfermedad constituye una de las más graves en la poscosecha de la piña. La infección puede iniciar en el pedúnculo y avanzar a través de la mayor parte de la pulpa, mientras los síntomas externos se limitan a un ligero oscurecimiento de la piel. Este oscurecimiento se debe a la salida de agua desde la piel que cubre las porciones dañadas de la pulpa. Conforme la pulpa se ablanda la piel suprayacente se rompe con facilidad bajo una presión ligera.

Para su manejo se recomienda desinfectar todas las herramientas de plantación y cosecha. Se debe evitar ocasionar daños mecánicos a las plantas y a los frutos. Es aconsejable solarizar la base del material de propagación (hijuelos) colocándolos boca abajo sobre las plantas madre durante 24 a 48 h después del corte. También se debe evitar plantar o cosechar frutos durante etapas de fuertes lluvias y se requiere utilizar exclusivamente brotes sanos y vigorosos.

Pudrición parda de los ojos

El hongo *Penicillium funiculosum* Thom. es el agente causal principal de esta enfermedad, aunque frecuentemente se asocia con hongos del género *Fusarium*. La sintomatología se inicia con pudriciones que comienzan en la cavidad floral y avanzan hacia el corazón del fruto. La entrada del patógeno ocurre principalmente a través de heridas.

Los frutos afectados muestran manchas brillantes en la cáscara durante las primeras etapas del desarrollo de la enfermedad. Externamente se desarrolla tejido corchoso que afecta a partes de los "ojos" o frutillas y se forman grietas finas y transversales en los sépalos y brácteas. En casos moderados a severos el tejido corchoso que rodea los frutos impide su desarrollo normal lo que resulta en frutos malformados (Figura 19).



Figura 19. Síntomas de Pudrición parda de los ojos.

El manejo requiere una cuidadosa manipulación de los frutos para minimizar los daños mecánicos que facilitan la infección. Es fundamental mantener bajas temperaturas y una baja humedad relativa durante las operaciones de poscosecha.

Pudrición negra de la piña

El agente causal de esta enfermedad es el hongo *Fusarium guttiforme* Nirenberg & O'Donnell. Los síntomas pueden manifestarse en cualquier parte de la planta y se caracterizan por la exudación, a través de heridas, de una goma viscosa compuesta principalmente de almidón. Esta exudación provoca que los frutos no alcancen los estándares comerciales y reduce su tamaño.

Otra manifestación sintomática es una coloración roja característica de las infecciones por *Fusarium* spp. El daño puede ser parcial o total y los frutos afectados adquieren un aspecto momificado en la fase final de la enfermedad (Figura 20A). En el follaje se observa un amarillamiento inicial que posteriormente progresa a marchitez, achaparramiento y finalmente la muerte de la planta. En tallos y raíces se aprecia una coloración parda-violácea que evoluciona hacia una pudrición acuosa (Figura 20B-C).

Esta enfermedad se considera la mayor amenaza para el cultivo de piña ya que la mayoría de los cultivares son susceptibles y los más afectados son 'MD-2', 'Cayena lisa' y 'Pérola'. El hongo causa pérdidas de producción que pueden alcanzar el 80 %. Sobrevive en hijuelos, rebrotes y otros residuos vegetales, lo que facilita la infección del material de siembra en proporciones de hasta el 40 %. Aproximadamente el 20 % del material infectado muere antes de la inducción floral.

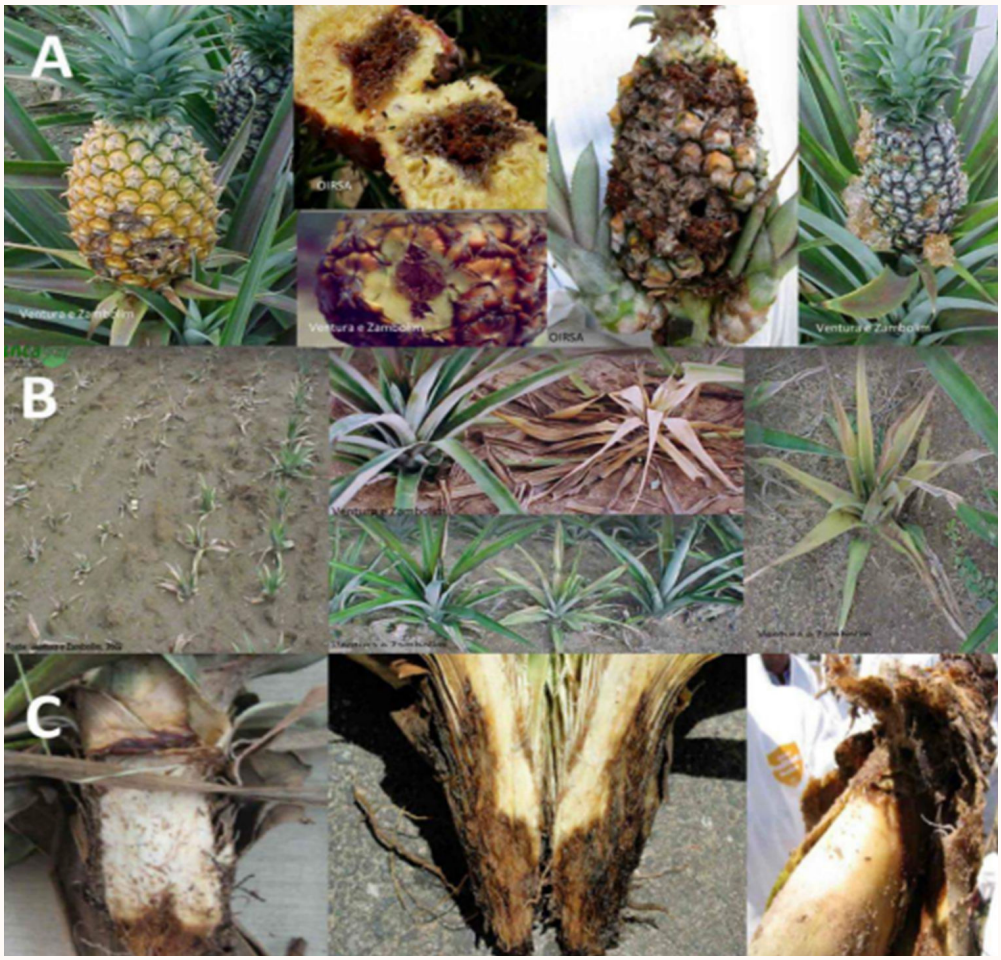


Figura 20. Pudrición negra de la piña: A) Gomosis y pudrición en frutos; B) Amarillamiento, marchitez, achaparramiento y muerte de las plantas; C) Pudrición de tallo y raíz. Fotos tomadas de SENASICA (2013).

Chinche harinosa

Dysmicoccus brevipes (Ckl.), orden Hemiptera: Pseudococcidae, es un insecto de cuerpo ovalado recubierto por una secreción cerosa blanca. Este insecto actúa como vector del virus de la marchitez "Wilt" (Figura 21). Las cochinillas provocan amarillamiento y retraso del crecimiento de la planta ya que se alimentan de la savia de raíces, tallos y frutos, aunque muestra preferencia por la base de las hojas.

Los síntomas se distribuyen en parches irregulares dentro de la plantación. Se trata de una plaga de importancia cuarentenaria y su presencia motiva el rechazo de la fruta para exportación. Puede presentarse durante todo el año, pero sus poblaciones aumentan en los meses de mayor temperatura.



Figura 21. Chinche harinosa presente en la inserción de las hojas de la planta de piña.

Hormigas

Las especies relevantes son *Pheidole megacephala* (Fabricius), conocida como hormiga leona (Figura 22A) y *Solenopsis geminata* (Fabricius) (Figura 22B), ambas del orden Hymenoptera: Formicidae. Se identifican por sus antenas anguladas y su cuerpo dividido en tres secciones con una cintura estrecha.

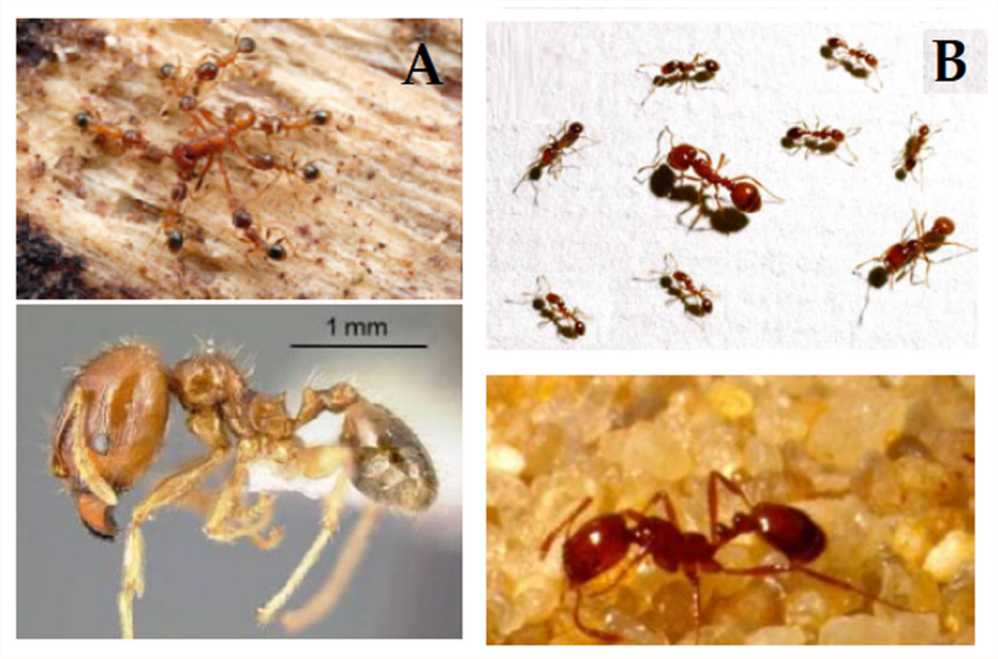


Figura 22. Hormigas: A) *Pheidole megacephala*; B) *Solenopsis geminata*. Foto tomada por Alex Wild.

La importancia de estas hormigas radica en la simbiosis que establecen con la chinche harinosa. Las hormigas dispersan a las cochinillas por la plantación, las protegen y las alimentan con la "miel de rocío" que estas producen. A cambio, las hormigas se alimentan de las secreciones azucaradas que excretan las cochinillas.

Cóccidos o guaguas

Diaspis bromeliae (Kerner), del orden Hemiptera: Diaspididae (Figura 23). Su ubicación en la planta depende de la exposición a la luz, se alojan en la corona cuando están expuestas al sol y en el follaje superior cuando están a la sombra. Se alimentan succionando savia en la base de las hojas y sobre los frutos.



Figura 23. Cóccidos. *Diaspis bromeliae*. Foto tomada por Davidson J.A.

Esta alimentación provoca un debilitamiento general de la planta. Cuando los ataques son severos la planta afectada puede llegar a marchitarse.

Ácaro o araña roja

Dolichotetranychus floridanus, del orden Acari: Tenuipalidae. Este ácaro causa poco daño de forma individual pero su presencia en grandes cantidades puede ser fatal. Ataca principalmente a las plantas jóvenes de piña (Figura 24A) y su infestación hace que la planta sea más susceptible al ataque de otras plagas.

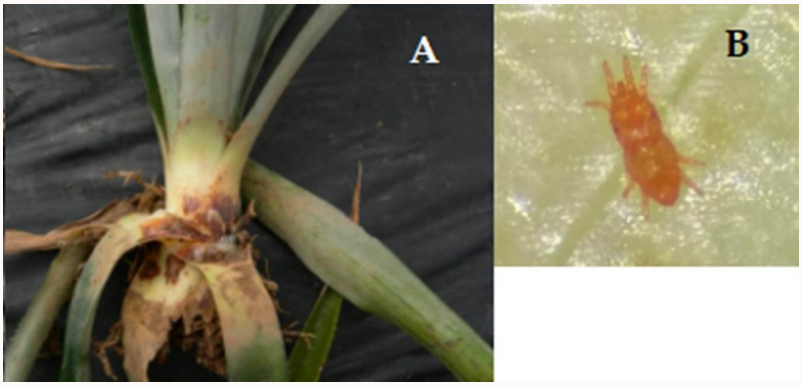


Figura 24. Araña roja: A) Colonia en planta; B) Estadio adulto. Fotos tomadas de Otello citado en Ephytia (2022).

Su presencia suele correlacionarse con altas temperaturas, en los meses secos y calurosos del año puede causar daños de importancia económica. Son difíciles de observar a simple vista debido a su pequeño tamaño (0,5 x 0,1 mm de largo/ancho) y se localizan en la base de las hojas y en el fruto donde forman colonias (Figura 24B).

La sintomatología incluye zonas necróticas en la base de las hojas, disminución del tamaño de los frutos y en las hojas viejas aceleran la muerte regresiva, aunque sin afectar el desarrollo general de la planta. En el material de plantación se detectan por la aparición de manchas pardas que pueden originar pudriciones, este material debe excluirse de inmediato. Los huevos son elipsoidales, de color anaranjado y pueden estar agrupados o aislados. Se recomienda iniciar medidas de control cuando se detecte al menos una colonia por planta.

Nemátodos

Los especímenes identificados son *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev del orden Tylenchida y la familia Pratylenchidae; *Rotylenchulus reniformis* (Linford y Oliveira) del orden Tylenchida y la familia Hoplolaimidae; y *Meloidogyne incognita* (Kofold & White) Chitwood del orden Tylenchida y la

familia Heteroderidae (Figura 25A-F).



Figura 25. Principales especies de nemátodos que afectan las plantaciones de piña: A) Daño causado por *P. brachyurus*; B) *P. brachyurus*; C) Daño causado por *M. incognita*; D) *M. incognita*; E) Daño causado por *R. reniformis*; F) *R. reniformis*. Fotos A, B C y D tomadas de Blancard citado en Ephytia (2022).

Descripción: estos nemátodos se consideran el segundo problema parasitológico más importante en el cultivo de la piña, causan pérdidas que alcanzan hasta el 15 % de la producción total. La presencia de solo 100 individuos por muestra de suelo ya es suficiente para provocar daños considerables.

Su cuerpo presenta una forma típicamente cilíndrica, con la excepción de *M. incognita*, que exhibe simetría bilateral. El tamaño de estos organismos varía entre 0,3 y 1,0 mm de longitud y entre 0,015 y 0,035 mm de ancho. Algunas especies se alimentan de la parte externa de las raíces de las plantas huéspedes por lo que se clasifican como ectoparásitos. Estos ectoparásitos suelen interrumpir su alimentación y se desprenden de las raíces cuando las perturban.

Otras especies completan su ciclo vital dentro del huésped por lo que se denominan endoparásitos migratorios. Estos nemátodos endoparásitos se ubican específicamente en el parénquima de las raíces de las plantas que infectan.

Daños y síntomas: las raíces atacadas presentan necrosis, deformaciones y podredumbre. Esto ocasiona una disminución o una detención total del ritmo de crecimiento de la planta. Los síntomas foliares consecuentes incluyen hojas con tonalidades rojizas y una pérdida de turgencia en los bordes y ápices.

La planta afectada también manifiesta flacidez del pedúnculo floral y produce frutos pequeños, de mala calidad y sin valor comercial. En el caso específico de *Meloidogyne* sp., la infección provoca deformaciones y la formación de nódulos conocidos localmente como "verruguillas" o "papilas". Las heridas que este nemátodo provoca en las raíces sirven además como vía de entrada para patógenos fungosos.

Monitoreo fitosanitario

El monitoreo fitosanitario es una actividad fundamental para la detección oportuna de organismos nocivos. Esta práctica permite la toma de decisiones informadas para su manejo adecuado. El procedimiento consiste en recorrer el campo y examinar el 10 % de las plantas totales.

Existen varios métodos para realizar estos recorridos como el muestreo al azar, en zigzag o sistemático. En el cultivo de piña se recomienda el método sistemático por su eficacia (Figura 26). La elección del patrón de recorrido incide en la precisión del muestreo.

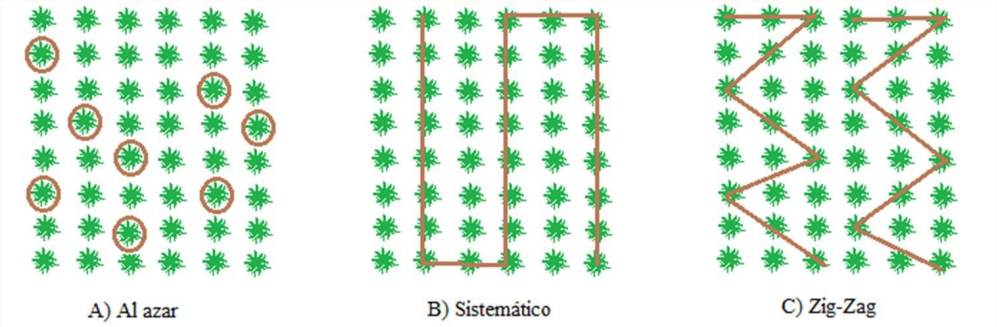


Figura 26. Formas de monitoreo fitosanitario en plantaciones de piña: A) Al azar, B) Sistemático, C) Zigzag.

La frecuencia de ejecución del monitoreo puede ser semanal o quincenal según los índices de infestación observados. Este esquema garantiza que, en un período de 2 a 4 meses según el área, se logre cubrir la totalidad del campo. De esta manera se mantiene una vigilancia constante sobre el cultivo.

Los monitoreos facilitan la inspección visual directa de las plantas y permiten verificar sintomatologías asociadas a enfermedades específicas. Otro aspecto clave es la recolección de datos sobre el número de plantas afectadas y la distribución espacial de las enfermedades dentro del campo, información crucial para evaluar la magnitud del problema.

Control cultural

El control cultural en el cultivo de piña es un componente esencial del manejo integrado de plagas y enfermedades. Esta estrategia se fundamenta en prácticas agrícolas que reducen las condiciones favorables para el desarrollo de adversidades fitosanitarias. Las acciones implementadas no solo disminuyen la presión de plagas, sino que también promueven un crecimiento más vigoroso de las plantas, lo que contribuye a la sostenibilidad y rentabilidad del sistema productivo de piña. Entre las principales medidas se encuentran:

- Planificar la siembra según el calendario óptimo. Esta planificación debe considerar el programa de rotación de cultivos y evitar la colindancia con especies y variedades afines.
- Realizar una preparación adecuada del suelo. Esta labor debe garantizar una buena nivelación del terreno, un drenaje eficiente y la inversión del prisma de suelo.

- Eliminar por completo los residuos de las plantaciones después de la cosecha. Se debe garantizar su total descomposición.
- Mantener un sistema de drenaje adecuado. El objetivo es evitar los encharcamientos y el exceso de humedad en el campo.
- Seleccionar el material de plantación con cuidado. Los criterios de selección incluyen el peso, el tamaño para lograr uniformidad y la sanidad, mediante hijuelos procedentes únicamente de plantas sanas.
- Desinfestar el material de propagación antes de proceder a su plantación.
- Mantener una nutrición adecuada y balanceada durante todo el ciclo del cultivo.
- Limpiar de plantas indeseables (malezas) las áreas de cultivo y sus alrededores. Estas plantas constituyen focos potenciales de insectos dañinos y enfermedades.
- Realizar un control riguroso de ácaros. Este control es necesario para el manejo adecuado de hongos como *Penicillium* y *Fusarium* que afectan al fruto.
- Cosechar la fruta exclusivamente en su momento óptimo de madurez.
- Evitar los golpes y daños mecánicos durante las operaciones de cosecha y transporte de la fruta.
- Eliminar de inmediato las plantaciones que muestren síntomas de afectación por virus. El método recomendado es la quema de estas plantas.

Control biológico

El control biológico en el cultivo de piña constituye una estrategia fundamental dentro del manejo integrado de plagas. Esta práctica permite reducir la dependencia de insecticidas químicos y minimiza el impacto ambiental. El uso de enemigos naturales como depredadores, parasitoides y hongos entomopatógenos, favorece el equilibrio ecológico y contribuye a la sostenibilidad del sistema productivo.

Además, esta técnica mejora la inocuidad del fruto, protege la biodiversidad asociada al agroecosistema y disminuye el riesgo de que las plagas desarrollen resistencia. La implementación de programas de control biológico en piña fortalece la productividad a largo plazo. También responde a las exigencias de mercados internacionales que priorizan productos con certificaciones de sostenibilidad y baja carga de residuos químicos.

A continuación, se presentan los controles biológicos utilizados en Cuba y sus concentraciones de aplicación:

- *Heterorhabditis* sp.: se aplica a razón de 20 millones de individuos por hectárea (equivalente a 28 cordeles). La aplicación debe realizarse en horas de la tarde o noche (en ausencia de sol). Tanto el suelo como las plantas deben presentar un ambiente húmedo al momento del tratamiento. Los equipos de aplicación deben estar limpios sin residuos de productos químicos y se debe utilizar una boquilla de cono hueco. El producto se debe almacenar en recipientes de base ancha, protegidos del calor y de la luz.
- *Beauveria bassiana* y *Metarrhizum anisopliae*: se aplican a razón de 5 a 10 kg/ha, de acuerdo con la concentración del bioproducto (12 o 13 conidios por hectárea). La aplicación debe realizarse en horas de la tarde o noche, sin presencia de sol. Es necesario que el suelo y las plantas tengan un ambiente húmedo. Los equipos de aplicación deben estar limpios, sin residuos químicos, y equipados con boquilla de cono hueco. El almacenamiento requiere recipientes de base ancha, protegidos del calor y la luz.





INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN

La floración natural en plantaciones comerciales de piña ocasiona pérdidas económicas considerables. Un porcentaje relativo de plantas no florece y las que logran hacerlo no presentan uniformidad. Esta falta de sincronía dificulta el manejo agronómico, la cosecha y la comercialización del fruto, razones por las que se recomienda realizar la inducción floral.

Esta técnica tiene como principal ventaja la uniformización de la floración, lo que permite programar la cosecha en plantaciones comerciales. La inducción se realiza entre los 8 y 18 meses después de la plantación, atendiendo a varios factores.

Los factores determinantes incluyen el tipo de material de propagación empleado, la masa fresca de la planta (debe estar entre 2,5 y 2,7 kg sin contar el sistema radicular), la presencia de no menos de 30 hojas activas (verdes), la tecnología disponible y el tipo de cultivar. Las aplicaciones de los productos inductores se realizan en las horas más frescas del día, antes de las 8:00 a.m. o después de las 5:00 p.m. Se debe repetir la aplicación dos veces, con un intervalo de 2 a 3 días entre cada una. En Cuba, generalmente se emplean los siguientes productos hormonales.

Aplicación de Flordimex (Ethrel), urea y carbonato de sodio en solución acuosa: se aplica una mezcla que contiene Flordimex (Ethrel), urea y carbonato de sodio disueltos en agua. La dosis por hectárea es la siguiente: 200 mL de Flordimex, 30 kg de urea y 600 g de carbonato de sodio. Cada planta individual debe recibir exactamente 50 mL de la solución final preparada. Si ocurren lluvias dentro de las primeras 6 h posteriores a la aplicación se debe anular completamente el tratamiento. Esta aplicación se debe repetir transcurridos un periodo de 5 a 7 días.

Nota: para la preparación correcta de la solución se deben disolver la urea y el carbonato de sodio por separado, cada uno en un volumen reducido de agua. Es necesario calentar el agua para facilitar la disolución del carbonato de sodio. Estas premezclas se vierten posteriormente en un tanque con agua hasta completar un volumen total de 1800 L. Solo después se añade el Flordimex y se agita la mezcla durante 5 a 10 minutos. El pH final de la solución debe ajustarse para que se mantenga entre 8 y 9.

Aplicación de carburo de calcio: se puede aplicar en su forma sólida o disuelto en agua. Para la aplicación sólida se coloca una pequeña cantidad de 1 a 2 g directamente en el interior de la roseta de la planta. Para la aplicación líquida, se genera una solución saturada de gas acetileno que se prepara con aproximadamente 3 g de carburo por cada litro de agua. Luego se asperja al menos 50 mL de esta mezcla dentro de la roseta de cada planta.

Nota: el procedimiento para preparar la solución líquida en un tanque de 200 L de capacidad es específico. Primero se llenan con agua las dos terceras partes del tanque equivalente a 136 L, se le adicionan 360 g de carburo de calcio, se agitan durante 5 minutos y se tapa el tanque. Es imperativo observar estrictas medidas de seguridad durante la manipulación de esta mezcla debido a su naturaleza inflamable. Se prohíbe terminantemente hacer fuego o fumar en las proximidades. Para evitar explosiones, no se deben utilizar tanques de cobre en la preparación. Además, se debe mantener siempre un tercio de la capacidad del tanque libre (sin llenar) durante el proceso de mezclado.

Es importante suspender la fertilización con nitrógeno cuatro semanas antes de iniciar el proceso de inducción floral. Las altas concentraciones de nitrógeno en los tejidos de la planta reducen considerablemente la eficiencia del tratamiento. Este exceso promueve el desarrollo de nuevo crecimiento vegetativo en lugar de impulsar y sostener el crecimiento reproductivo deseado.



COSECHA

El fruto de la piña no presenta un comportamiento climatérico. Por esta razón, no continúa su proceso de maduración ni mejora su calidad organoléptica una vez separado de la planta y tampoco incrementa su contenido de azúcares. En consecuencia, la recolección debe efectuarse en el estadio óptimo de madurez, lo cual se evidencia cuando al menos el 75 % de la superficie del fruto presenta una firmeza y una coloración típica de madurez según el cultivar (Figura 27). El momento preciso para la cosecha también se determina por el destino del producto: para los mercados locales, la fruta debe cosecharse cuando alcance una madurez de consumo completa; para la exportación, debe cosecharse cuando haya alcanzado su madurez fisiológica. En el mercado internacional también se tiene en cuenta el peso del fruto, por ejemplo, en EUA los más demandados son los que pesan entre 1,5 y 1,7 kg (Tabla 17).

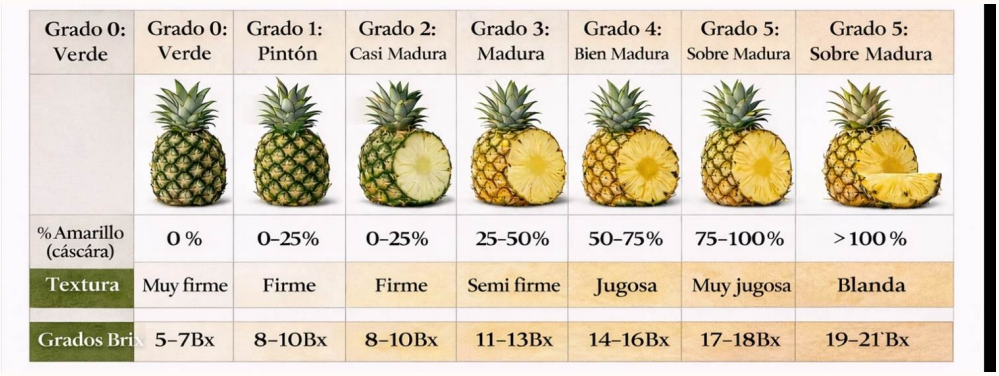


Figura 27. Infografía de las categorías de maduración del fruto de piña. Fuente: Chitarra, L.A y Chitarra, A.B. (2001). Pós-colheita de frutas e hortaliças. Fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA.

La operación de cosecha se ejecuta de forma manual y selectiva, con base en el grado de madurez de cada fruto. Durante este proceso es indispensable conservar la corona y una porción del pedúnculo. Se debe evitar cualquier daño por manipulación que pueda comprometer la calidad posterior del fruto, así como programar la transportación para evitar las horas de mayor incidencia solar.

Aunque la cosecha puede realizarse a lo largo de todo el año, la calidad del fruto, definida por la relación de sólidos solubles totales (SST) en ºBrix y acidez, varía según la época. Los frutos cosechados en meses con temperaturas más bajas suelen presentar una mayor acidez. Por el contrario, los cosechados en períodos más cálidos exhiben mayor dulzor, valores superiores de SST, un ritmo de maduración más acelerado y una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos.

La norma cubana NC 445:2006 establece un contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa de 12 ºBrix para el consumo en fresco. Este valor coincide con el parámetro estipulado en la norma Codex de alcance internacional.

Las piñas se clasifican en tres categorías comerciales:

- Categoría "Extra": incluye frutas de calidad superior, con las características típicas del cultivar o tipo comercial. No deben presentar defectos, a excepción de leves imperfecciones superficiales que no afecten el aspecto general, la calidad, la conservación o la presentación en el envase. La corona debe ser simple y recta, sin brotes y su longitud puede variar entre 50 y 150 % respecto a la longitud del fruto.
- Categoría I: se incluyen frutas de buena calidad, con las características propias de la variedad o tipo comercial. Se permiten defectos leves en la forma, la coloración (incluidas las manchas solares) y la cáscara (rasguños, cicatrices, raspaduras o manchas), siempre que en conjunto no superen el 4 % de la superficie total y no afecten el aspecto general, la calidad, la conservación o la presentación. Los defectos no deben afectar la pulpa del fruto. La corona debe ser simple y recta o ligeramente curva, sin brotes, con una longitud entre 50 y 150 % respecto a la del fruto.

- Categoría II: comprende los frutos que no cumplen los requisitos de las categorías superiores pero que satisfacen las condiciones mínimas para su comercialización. Se admiten defectos en la forma, la coloración y la cáscara (rasguños, cicatrices, raspaduras, magulladuras o manchas) siempre que no superen el 8 % de la superficie total y se mantengan las características esenciales de calidad, conservación y presentación. En ningún caso los defectos deben afectar la pulpa. La corona puede ser simple o doble, recta o ligeramente curva, pero debe carecer de brotes.

Tabla 17. Características de los calibres y peso de la fruta de piña MD2 destinada para exportación en fresco y preferencias del mercado de EUA.

Calibre*	Peso por fruto (kg)	Rango de peso (kg)	% demanda ** (EUA)
4	2,8	2,6-3,0	0
5	2,3	2,0-2,6	0,104
6	1,9	1,7-2,0	30
7	1,6	1,5-1,7	45
8	1,4	1,3-1,5	15
9	1,2	1,15-1,3	0
10	1,1	1,0-1,15	0

*Número de frutos por caja de 25 lb /11,3 kg; ** Los de cero demanda son muy poco solicitados a las empresas.







ALMACENAMIENTO

Las instalaciones de almacenamiento deben ser locales limpios, ventilados, secos, donde el sol y la lluvia no incida directamente sobre los frutos. Las estibas se deben realizar de forma tal que un envase no afecte el producto del otro y a su vez permitan la circulación del aire. El almacenamiento en cámaras frigoríficas se realiza a temperaturas entre 6 y 8 °C para frutos maduros y a 12 °C para frutos verdes. Se mantiene una humedad relativa entre 90y 95 %. El tiempo de almacenamiento depende del destino final del producto. Además, este proceso cumple con lo establecido en las normas NC 513 y NC 517.





ELEMENTOS GENERALES SOBRE LA NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN

El cultivo de la piña muestra una respuesta directa en rendimiento y calidad de fruta al estado nutritivo de las plantas. Esta respuesta también depende de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y del sistema de suministro que se utilice. La piña es un cultivo que requiere cantidades importantes de nitrógeno y potasio. Asimismo, necesita microelementos como el hierro (Fe) y el boro (B).

Anatomía y nutrición de la planta

Las características anatómicas y fisiológicas de la planta de piña juegan un papel importante en el estado de nutrición del cultivo y en su rendimiento. Un follaje que aproveche la radiación solar de manera eficiente permite incrementar los rendimientos. Por lo tanto, se debe relacionar el estado de nutrición de la planta con algunas de sus características anatómicas clave.

Las hojas tienen una forma alargada y acanalada, brotan alrededor del tallo y forman una especie de embudo que facilita la recolección de agua y nutrientes a través de los estomas del envés y por la base de las hojas. Estas toleran concentraciones altas de fertilizantes en aplicaciones foliares sin presentar síntomas de toxicidad (Figura 28) y su aspecto general permite juzgar el estado nutricional y sanitario de la planta.



Figura 28. Forma del follaje en las plantas.

Entre las hojas de la planta de piña se identifica la denominada hoja "D". Esta hoja es la más joven entre las hojas viejas y la más vieja entre las hojas jóvenes. Es la de mayor altura en la planta y se caracteriza por un ángulo de inserción de aproximadamente 45° respecto al eje central de la planta (Figura 29).

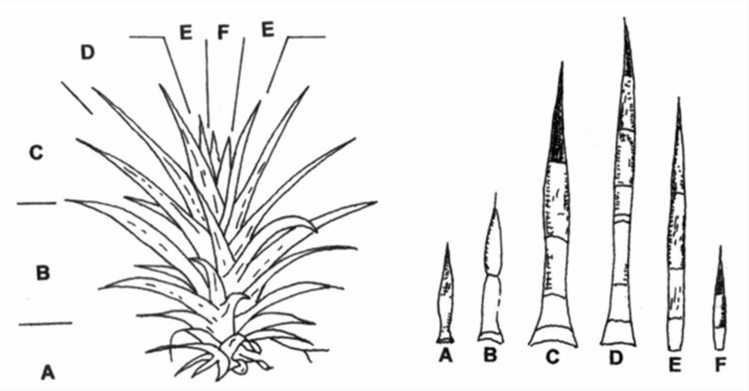


Figura 29. Identificación de la hoja D en una planta de piña. Fotos tomadas de Teiwes & Gruneberg (1963)

Para identificar la hoja "D", se observa que las hojas de la planta se unen en un manojo que se origina en la parte media. Este manojo se desplaza hacia arriba hasta terminar en una hoja más larga (Saavedra et al., 2022).

Las hojas "D" cosechadas se pueden medir o llevar a un laboratorio para determinar su contenido de nutrientes. El artículo de Ebel et al. (2016) proporciona precisiones sobre cómo realizar las mediciones, resultado que después se relaciona con el desarrollo del cultivo. Los principales indicadores para medir son los siguientes:

- Área foliar
- Biomasa
- Cantidad de espinas
- Contenido relativo de agua
- Contenido relativo de clorofila
- Análisis morfoanatómico

Los resultados del análisis foliar de las hojas "D" son cruciales para optimizar el plan de fertilización. La muestra que se toma antes de la inducción floral proporciona datos clave que permiten ajustar la fertilización después de la inducción, estrategia indispensable para mejorar el proceso de llenado y la calidad del fruto. La carencia de nutrientes limita el desarrollo vegetal. En este caso, las estructuras de la planta no se forman de manera adecuada o no manifiestan correctamente sus funciones.

Por el contrario, una nutrición inadecuada puede provocar un desarrollo excesivo del follaje. Entonces, el débil sistema radical podría no ser capaz de absorber la cantidad de nutrientes que la planta requiere durante su etapa de crecimiento intensivo. Como consecuencia, la planta moviliza dichos nutrientes desde las hojas viejas, las cuales pierden su capacidad fotosintética y pueden causar la muerte de la planta antes de que alcance su potencial completo de rendimiento.

El sistema de raíces es muy importante para la nutrición de las plantas. La piña posee dos tipos de raíces: las subterráneas y las axilares o adventicias (aéreas).

Las raíces subterráneas sostienen la planta y absorben el agua y los nutrientes necesarios (Figura 30). Son muy frágiles y sensibles a los excesos de agua, al endurecimiento excesivo del suelo y a patógenos como los nemátodos. Pueden alcanzar una longitud lateral de 1 a 2 m y penetrar hasta 80 cm de profundidad, aunque generalmente se ubican de forma más superficial entre 30 y 40 cm.



Figura 30. Distintos sistemas de raíces en las plantas de piña. Fotos tomadas de Saavedra et al. (2022).

En suelos con una capa endurecida se encuentran plantaciones donde las raíces subterráneas se mantienen en los primeros 15 cm. Esta condición indica la necesidad de realizar un subsolado. La mayor parte de estas raíces se emite durante el primer mes después de la plantación. Por lo tanto, una buena preparación del suelo y un suministro suficiente de agua en este período garantizan un buen anclaje de las plantas.

Las raíces aéreas o adventicias se desarrollan en las axilas de las hojas, se e ubican enroscadas en el tallo formando una roseta y tienen una gran capacidad para absorber agua y nutrientes. Estas características le permiten a la planta una utilización muy eficiente del agua y de los nutrientes.

Papel de los nutrientes esenciales en las plantas de piña y síntomas visuales de deficiencias y excesos

Nitrógeno (N): El nitrógeno es un elemento fundamental en la nutrición de la piña. Este nutriente forma parte de las moléculas de clorofila y se encuentra en los aminoácidos y las proteínas, lo que equivale al 7 % de la masa seca de la planta. Por estas razones, se asocia de forma estrecha con el crecimiento y el desarrollo de la planta, con el peso de los frutos y con el número de hijos. La planta lo asimila en las formas de NO_3^- y NH_4^+ y lo requiere en grandes cantidades.

Según Peña et al. (1996), la distribución del contenido de nitrógeno en los diferentes órganos de las plantas de piña se muestra en la tabla 18. Las plantas que presentan una nutrición adecuada contienen entre 1,50 y 1,70 % de este nutriente en base a la materia seca de la hoja D. Los estudios evidencian una disminución del contenido de nitrógeno en la hoja D a medida que la planta crece y se desarrolla, un fenómeno que posiblemente se deba a un efecto de dilución del nutriente causado por el rápido crecimiento vegetativo.

Tabla 18. Contenido de N en diferentes órganos de la planta de piña. Tomado de Peña-Alderí et al. (1996).

Contenido de Nitrógeno %						
Hojas	**Fruto**	**Tallo**	**Vástagos axilares**	**Corona**	**Vástagos basales**	**Raíces**
50,5	16,7	11,4	8,0	7,3	4,2	1,9

Peña-Alderí et al. (1996) informaron que estudios realizados en la región occidental de Cuba demostraron que el incremento en las dosis de nitrógeno aumentó el número de hojas emitidas, la masa foliar total, el número de vástagos basales y axilares, así como el rendimiento. Además, se observó un incremento en el peso del fruto, los ºBrix, la acidez y el contenido de vitamina C en el fruto.

La deficiencia de nitrógeno provoca clorosis en las hojas la cual suele manifestarse primero en las hojas más adultas. Otros síntomas incluyen hojas angostas, bajos rendimientos, frutos pequeños, deformes, muy coloreados y azucarados, así como una disminución general del crecimiento. Esta deficiencia también retrasa la aparición del fruto, reduce el número de hijuelos y produce coronas de tamaño muy grande. Además, puede incrementar el tamaño del corazón y del pedúnculo, favorecer la aparición de coronas dobles y elevar el porcentaje de frutos con el denominado "collar de slips". Finalmente, la deficiencia de nitrógeno disminuye la respuesta de la planta a los estimuladores de la floración (Figura 31).



Figura 31. Deficiencia de nitrógeno en planta de piña. Fotos tomadas de Molina (2018b) y Department of Agriculture and Farmer Welfare (DAFW, 2020).

El exceso de nitrógeno se relaciona con deficiencias de potasio y calcio, lo que produce el "abotellamiento" del fruto y retrasa el proceso de floración, ya que la planta no responde a los estimuladores de la inducción. Las plantas con exceso de este elemento suelen presentar un desarrollo vegetativo exuberante, pedúnculos muy largos y coronas muy grandes. Este desbalance también reduce la acidez y los ºBrix del fruto y genera un porcentaje bajo de eficiencia en la inducción floral.

A nivel del fruto, se debilitan sus paredes lo que aumenta la fragilidad de la pulpa, la vuelve translúcida y provoca agrietamientos. El exceso de nitrógeno genera un fuerte desequilibrio nutricional y aumenta la concentración de nitratos; estos nitratos destruyen la capa de estaño de los envases en la industria procesadora y alteran la relación de sólidos solubles/acidez de la fruta. Una prolongación excesiva del pedúnculo, causada por el exceso de nitrógeno, tiende a provocar el acamado de la fruta y facilita el daño por "golpe de sol".

Fósforo (P): El fósforo cumple una función importante en el metabolismo de la planta. Este elemento es esencial en compuestos orgánicos como los ácidos nucleicos, así como en compuestos inorgánicos y enzimáticos. Se distribuye en hojas y tallo y su contenido llega a ser dos veces mayor en el tallo que en las hojas. La planta lo asimila como HPO_4^{2-} o $H_2PO_4^-$. El fósforo estimula el desarrollo de las raíces e interviene en la transferencia de energía durante los procesos de diferenciación floral y floración.

La piña es un cultivo con bajos requerimientos de fósforo, en suelos con contenidos bajos de este elemento, no se han informado efectos negativos consistentes sobre el rendimiento. Investigaciones realizadas por García (1980) y Torres et al. (1985) no encontraron respuesta a la aplicación de fósforo en variables como el rendimiento, el peso, el largo y el ancho de los frutos, el contenido de vitamina C, la acidez, los ºBrix y la relación ºBrix/acidez. En la literatura internacional solo se ha informado respuesta a la aplicación de fósforo en estudios realizados en Costa de Marfil.

Las mayores demandas de fósforo por parte de la planta ocurren en la fase inicial del crecimiento, durante la diferenciación floral y en el desarrollo de los frutos (Tabla 19). Las plantas bien nutridas contienen entre 0,23 y 0,25 % de este nutriente en base a la materia seca de la hoja D.

Tabla 19. Contenido de P en diferentes órganos de la planta en el cultivar Española roja. Tomado de Peña-Alderí et al. (1996).

Contenido de Fósforo %						
Hojas	**Fruto**	**Tallo**	**Vástagos axilares**	**Corona**	**Vástagos basales**	**Raíces**
24,4	35,7	11,4	6,3	8,1	14,9	1,1

La deficiencia de fósforo causa un desarrollo lento de las plantas, estas adoptan un porte recto con hojas largas, estrechas, de color oscuro matizado de azul y con ápices secos. En las hojas viejas, se observan puntas secas de color marrón rojizo y la presencia de estrías transversales. Un suministro limitado de fósforo reduce el vigor de la planta, produce una fructificación escasa, limita el número de hijuelos y cambia la coloración de las hojas nuevas a un verde púrpura. Por el contrario, un exceso de fósforo acelera la etapa reproductiva sin que la planta alcance un desarrollo vegetativo adecuado, lo que genera frutos pequeños y afecta negativamente el rendimiento final (Figura 32).

Una relación equilibrada de fósforo y nitrógeno es particularmente importante tanto en la floración como en la fructificación. El exceso de fósforo puede conducir a una disminución del rendimiento y también a una reducción de la acidez de los frutos. Por lo tanto, es necesario mantener un balance adecuado entre estos nutrientes.

Potasio (K): El potasio, junto con el nitrógeno, constituye uno de los elementos nutritivos más importantes para la piña, ya que es el nutriente más demandado por la planta. Se encuentra distribuido en todas las partes de la planta y desempeña un papel decisivo en la formación de almidón, azúcares y ácidos orgánicos. Las plantas absorben el K en forma de ion K+.



Figura 32. Deficiencia de fósforo en plantas de piña. Fotos tomadas de Molina (2018b).

Este elemento se distribuye en toda la planta, con especial concentración en las hojas y el tallo (Tabla 20). El contenido de potasio puede llegar a ser dos veces mayor en el tallo que en las hojas. Las plantas bien nutridas contienen entre 3,90 y 5,70 % de este nutriente en la hoja D, con base en materia seca.

Tabla 20. Contenido de K en diferentes órganos de la planta en el cultivar Española roja (Peña-Alderí et al., 1996).

Contenido de Potasio %						
Hojas	**Fruto**	**Tallo**	**Vástagos axilares**	**Corona**	**Vástagos basales**	**Raíces**
41,7	4,6	11,4	8,0	13,4	13,0	0,3

Existe una relación estrecha entre el metabolismo del nitrógeno y del potasio. El potasio contrarresta los efectos negativos de un exceso de nitrógeno, como la tendencia al encamado y los bajos niveles de acidez.

La deficiencia de potasio provoca en las hojas una reducción del tamaño, un estrechamiento y necrosis. En el fruto causa bajo contenido de pulpa, pocos colinos, niveles reducidos de azúcar y acidez, aroma débil, color pálido y una maduración tardía e incompleta. Este nutriente influye en el peso, el tamaño, el diámetro de los frutos, la firmeza, la relación ºBrix/acidez y el contenido de ácido ascórbico. También afecta al diámetro del pedúnculo y a su fortaleza; una debilidad en esta estructura produce el volcamiento de la planta y el golpe de sol (Figura 33).

En suelos con niveles bajos de potasio la aplicación de este elemento incrementa los rendimientos del cultivo. Sin embargo, una sobredosis tiene un efecto desfavorable en la calidad del fruto ya que incrementa la acidez y la pulpa se torna pálida.

Calcio (Ca): El calcio cumple la función de corregir los valores de pH del suelo cuando estos son de 5,5 o inferiores. Además, limita el daño causado por *Phytophthora* sp. y es requerido en bajas concentraciones. La mayor demanda se produce en las etapas iniciales del crecimiento, ya que forma parte y fortalece las membranas celulares. También es crucial en el momento de la diferenciación floral, pues favorece la rápida división celular, y durante el desarrollo del fruto, donde evita o reduce la translucidez de la pulpa. El calcio se distribuye en la hoja y el tallo y su contenido puede ser dos veces mayor en el tallo que en las hojas. Las plantas lo absorben en forma de ion Ca^{2+}.



Figura 33. Deficiencia de potasio en plantas de piña. Fotos tomadas de Molina (2018b).

La deficiencia de calcio reduce el crecimiento de la planta, de los hijuelos y de los frutos y también disminuye el número de hojas. Provoca un cambio en la coloración de las hojas, que se tornan de un verde grisáceo y presentan bordes aserrados. Esta deficiencia produce frutos siameses, es decir, más de un fruto unido a un solo pedúnculo, así como un debilitamiento de los tejidos del fruto que puede causar agrietamiento. Otros síntomas son crecimiento excesivo de la corona, engrosamiento del sistema radical y en casos severos, la muerte regresiva de los ápices (Figura 34).



Figura 34. Deficiencia de calcio en planta y frutos de piña. Fotos tomadas de Molina (2018b) y del Department of Agriculture and Farmer Welfare (DAFW, 2020).

Un exceso de iones de calcio en el suelo ocasiona clorosis calcárea, a su vez puede provocar una reacción antagónica frente al potasio. El potasio eleva el contenido de agua en los tejidos por su efecto hidratante y reduce la transpiración. En contraste, el calcio favorece la pérdida de turgencia y aumenta la transpiración.

Magnesio (Mg): El magnesio es un elemento indispensable para las plantas es uno de los componentes de la molécula de clorofila que interviene directamente en el proceso de la fotosíntesis y en el crecimiento general de la planta. Este nutriente se absorbe en forma de ion Mg^{2+} y se acumula principalmente en los vástagos y las hojas. Las plantas bien abastecidas de magnesio poseen entre 0,18 y 0,20 % de este nutriente en la hoja D, con base en materia seca.

En las plantas de piña, la absorción de magnesio se relaciona con la cantidad de nitrógeno aplicado. A dosis bajas de nitrógeno, se observa una mayor absorción de magnesio. El potasio también actúa de forma antagónica sobre la absorción de magnesio. Se estima que la planta demanda de magnesio una cantidad equivalente a una quinta parte de las cantidades de potasio.

La deficiencia de magnesio provoca en las hojas más expuestas al sol una clorosis ligera, que se manifiesta con un color amarillo brillante y la aparición de manchas pardas. No obstante, cuando la planta se encuentra a la sombra, las hojas tienden a mantener la coloración verde; en otros casos, pueden aparecer franjas amarillentas que contrastan con las partes no sombreadas, que permanecen verdes. Esta deficiencia provoca además un adelgazamiento y acortamiento del tallo, disminuye la vigorosidad del sistema radical y afecta el contenido de azúcares del fruto, la acidez y la coloración; cuando la deficiencia es muy intensa, las plantas no llegan a fructificar (Figura 35).



Figura 35. Deficiencia de magnesio en plantas de piña. Foto tomada de Molina (2018b).

Azufre (S): El azufre constituye un componente vital de las proteínas vegetales y de algunas hormonas, las plantas lo absorben en su forma de sulfato ($SO4^{2-}$). Una deficiencia de este nutriente reduce la producción de raíces y provoca un cambio de coloración en las hojas más viejas, que adquieren un tono amarillo limón brillante. Estos síntomas presentan gran similitud con los causados por la deficiencia de nitrógeno. Sin embargo, se pueden diferenciar porque el nitrógeno es un nutriente móvil dentro de la planta, por lo que su deficiencia también se manifiesta en las hojas jóvenes. Las hojas con carencia de azufre suelen ser más anchas de lo normal y cuando el déficit es elevado, muestran una clorosis marcada, manchas necróticas y tonos rojizos.

En el fruto, el proceso de maduración se invierte y avanza desde la parte superior hacia la base, lo cual contrasta con el patrón normal.

Hierro (Fe): El hierro es un elemento esencial para las plantas, ya que desempeña funciones clave en la síntesis de la clorofila, mantiene la estructura de los cloroplastos y participa en la actividad enzimática. Las plantas lo absorben como catión ferroso (Fe^{2+}). La deficiencia de hierro produce una clorosis que se manifiesta con un color verde-amarillento o amarillo en las hojas, mientras que las nervaduras de las hojas jóvenes permanecen verdes.

En casos de deficiencia severa, los frutos se presentan pequeños, duros y con una coloración rojiza, además de presentar grietas. La corona de la planta adquiere un color amarillo muy claro o blanco cremoso (Figura 36).



Figura 36. Deficiencia de hierro en plantas de piña. Fotos tomadas de Molina (2018b).

Boro (B): El boro es un elemento esencial para la nutrición correcta de la piña, pues participa en múltiples procesos fisiológicos. Interviene en la fotosíntesis, el metabolismo de ácidos nucleicos, la biosíntesis de carbohidratos, la síntesis y transporte de sacarosa, el metabolismo proteico y en la síntesis y estabilidad de paredes y membranas celulares. Existe una interrelación entre el boro y el calcio, ya que en ambos casos el síntoma principal de deficiencia es la interrupción del desarrollo celular.

Las plantas absorben el boro en diversas formas, como H_3BO_3, $B_4O_7^{2-}$, H_2BO^{3-}, HBO_3^{2-} y BO_3^{3-}. Se acumula principalmente en hojas, vástagos, tallos, corona y pulpa del fruto. La deficiencia de boro puede provocar cambios de coloración en las hojas hacia tonos amarillos o anaranjados, la muerte de los ápices más jóvenes y en algunos casos, la aparición de márgenes foliares aserrados.

Otros síntomas incluyen la producción de frutos pequeños y deformes, "corazón roto", agrietamiento de los pedúnculos, deficiente cuajado de los frutos y menor contenido de azúcares (Figura 37). En deficiencias severas el punto de crecimiento apical puede morir, lo que da lugar a un desarrollo profuso de tallos laterales y chupones. El sistema radical muestra un crecimiento escaso, las raíces principales pueden adquirir una coloración marrón y se produce una cantidad reducida de raíces fibrosas. Esta deficiencia suele ser más pronunciada en los retoños que en la planta madre del cultivo.



Figura 37. Deficiencias de boro en planta de piña, fruto "bala de cañón". Fotos tomadas de Molina (2018b) y del Department of Agriculture and Farmer Welfare (DAFW, 2020).

Zinc (Zn): El zinc interviene en diversos procesos fisiológicos de la planta. Es constituyente de diferentes enzimas y proteínas, además de ser un precursor en la síntesis de reguladores de crecimiento como el ácido indolacético (A.I.A). Las plantas lo absorben como catión zinc (Zn^{2+}).

La deficiencia de zinc causa en las hojas jóvenes una curvatura hacia abajo conocida como "cuello de pato", acompañada de una coloración verde pálido. En etapas avanzadas, las manchas amarillas que aparecen en las hojas viejas se transforman en ampollas o cavidades poco profundas (Figura 38).



Figura 38. Deficiencia de zinc en la planta de piña.

Cobre (Cu): El cobre es un microelemento esencial para el desarrollo de las plantas de piña. Se acumula principalmente en hojas, tallos, vástagos, corona y en la pulpa del fruto. Se absorbe como catión cúprico (Cu^{2+}). Su deficiencia causa una clorosis de color verde claro en las hojas más viejas, cuyos ápices se doblan hacia abajo en forma de espiral (Figura 39).



Figura 39. Deficiencia de cobre en la planta de piña. Foto tomada de Department of Agriculture and Farmer Welfare (DAFW, 2020).

Estos tejidos foliares terminan por necrosarse, al igual que los frutos afectados. En los frutos, el desorden comienza con una coloración marrón en la mayor parte de los tejidos de la parte inferior del mesocarpio, que coincide con el momento del endurecimiento del endocarpio. La necrosis se extiende luego hacia el epicarpio, lo que resulta en áreas marrones o ennegrecidas en la superficie del fruto, cuya extensión depende de la severidad del desorden. Además, las raíces de las plantas deficientes aparecen cortas y de apariencia fibrosa.

Extracción de nutrientes por el cultivo de la piña

La piña es un cultivo con una alta capacidad de extracción de nutrientes, lo que provoca el empobrecimiento del suelo en un corto o mediano periodo de tiempo. Por esta razón, se debe prestar especial atención a la fertilización, ya sea foliar o en el suelo. Una fertilización adecuada es fundamental para mantener la productividad del suelo a lo largo de los ciclos del cultivo.

En la tabla 21 se muestra la relación entre la extracción de nutrientes por las plantas de piña y el rendimiento obtenido. Esto significa que las dosis de nutrientes que se deben aplicar a una plantación dependerán, entre otros factores, del rendimiento esperado. Por lo tanto, la planificación de la fertilización debe basarse en los objetivos productivos de cada lote.

Tabla 21. Extracción de nutrientes por planta por hectárea según el rendimiento. Modificada de Molina (2013).

Nutrientes	Rendimiento (t/ha)	
	55	200
Nitrógeno	205	350
Fósforo P_2O_5	58	20 - 50
Potasio K_2O	393	450
Calcio Cao	121	100 - 150
Magnesio MgO	42	99
Azufre S	38	116 - 120

Peña-Alderí et al. (1996) determinaron la extracción de nutrientes durante un periodo de 3 años en suelos Ferralíticos rojos de la provincia Ciego de Ávila. Para el estudio emplearon la variedad Española roja, con rendimientos entre 100 y 110 t/ha. Los resultados de esta investigación se presentan en la tabla 22.

Tabla 22. Extracción y exportación de plantas del cultivar Española roja. Tomada de Peña-Alderí et al. (1996).

	N	P_2O_5	K_2O
Extracción (kg/ha)	450	125 a 150	1020 a 1460
Exportación (%)	27	39	26

Junto a la producción y la densidad de plantación, otros factores influyen en la absorción de nutrientes del cultivar. La disponibilidad de nutrientes en el suelo, el sistema de fertilización implementado e incluso las condiciones climáticas afectan este proceso. Todos estos elementos deben considerarse de manera integral en el manejo nutricional del cultivo.

Las concentraciones en los tejidos vegetales deben mantenerse dentro de los rangos establecidos. Si los valores son insuficientes, se afecta el crecimiento y el rendimiento de la planta. Un exceso de nutrientes provoca un efecto similar debido a la toxicidad que genera en los tejidos.

Fases de desarrollo del cultivo y requerimientos nutricionales

Para obtener un alto rendimiento, eficiencia fisiológica, económica y calidad de la piña, se debe considerar la absorción y acumulación de nutrientes en sus diferentes fases de desarrollo. Este seguimiento permite conocer la demanda de nutrientes por planta y buscar la mayor concordancia entre el suministro y dicha demanda.

Además, se puede determinar en qué momento los elementos son más necesarios y en qué cantidades exactas deben ponerse a disposición del cultivo.

La absorción de nutrientes es muy baja durante los primeros 6 meses de desarrollo de la planta, ya que en esta etapa solo se produce el 7 % de la absorción total. Este periodo inicial corresponde principalmente al establecimiento y al desarrollo vegetativo temprano.

La mayor demanda de nutrientes por la planta se produce antes de la inducción floral y durante las primeras etapas de crecimiento de la fruta, entre los 6 y 12 meses posteriores a su establecimiento. Los nutrientes de mayor demanda son N, K, Ca, Mg, Fe y Zn. La demanda de fósforo es relativamente baja, y en comparación con otros cultivos, la piña requiere cantidades mayores de magnesio y hierro.

Relación del clima y la nutrición de la piña

La temperatura del suelo y del aire es un factor edáfico crucial que afecta las funciones radiculares relacionadas con la absorción de agua y nutrientes. Este factor influye en el comportamiento de la planta en dependencia de la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo. Un desajuste térmico puede comprometer la eficiencia del sistema radicular.

La actividad del sistema radical, medida como la tasa de absorción de nutrientes, depende en gran medida de la temperatura del suelo y del suministro de oxígeno. Altas temperaturas y suelos húmedos favorecen la absorción del nitrógeno y el crecimiento de las plantas de piña. No obstante, temperaturas excesivamente elevadas provocan estrés en la planta y reducen su crecimiento. Las temperaturas recomendadas oscilan entre 22 y 30 °C, mientras que las óptimas se sitúan entre 25 y 27 °C.

Temperaturas inferiores a 22 °C aceleran la floración y disminuyen el tamaño del fruto. Por otro lado, temperaturas superiores a 30 °C, unidas al efecto de la radiación solar, pueden quemar la epidermis del fruto y provocar los daños conocidos como golpe de sol (Figura 40). Para la inducción floral se requieren temperaturas entre 15 y 16 °C y durante la fructificación, las bajas temperaturas aumentan la acidez del fruto.



Figura 40. Planta de Española roja afectada por un denominado "golpe de sol".

Sensibilidad a las sales de las plantas de piña

La piña es un cultivo moderadamente tolerante a la salinidad. Esta tolerancia se expresa mediante una conductividad eléctrica (CE) de hasta 3 dS/cm, según se detalla en la Tabla 23. No obstante, la planta presenta sensibilidad a las altas concentraciones de cloro. El efecto tóxico de este anión se debe a que restringe la generación de combinaciones orgánicas de fósforo. Esta restricción afecta el metabolismo de los hidratos de carbono y limita la actividad hidrolítica de las enzimas responsables del traslado del almidón desde las hojas.

Tabla 23. Valores de tolerancia de la piña a la salinidad. Tomado de Molina (2018a).

Tolerancia de los cultivos a la salinidad	CE en el cual comienza pérdida de producción (dS/m)
Sensible	< 1,3
Moderadamente sensible	1,3 - 3,0
Moderadamente Tolerante	3,1 - 6,0
Tolerante	6,1 -10,0
Inadecuado para la mayoría (a menos que la reducción de producción sea aceptable)	>10,0

Es un cultivo sensible a altas concentraciones de cloro, el efecto tóxico se debe a que este anión restringe la generación de combinaciones orgánicas de P, lo que afecta el metabolismo de los hidratos de carbono y restringe la actividad hidrolítica de las enzimas encargadas del traslado del almidón desde las hojas.

Suministro de nutrientes al cultivo de la piña

Una correcta nutrición de los cultivos garantiza el incremento de los rendimientos. Este principio se aplica siempre que el desarrollo de las plantas no esté limitado por falta de agua, afectaciones de plagas y enfermedades u otros factores negativos del entorno. Dichos factores pueden incluir problemas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En el cultivo de la piña, una fertilización adecuada permite garantizar una respuesta productiva favorable (Tabla 24).

Tabla 24. Respuesta en rendimiento del cultivo de la piña a las aplicaciones de fertilizante NPK. Modificado por Peña-Alderí et al. (1996).

Plantas inducidas a los 12 meses	t/ha			
	Sin fertilización	NPK	2 NPK	3 NPK
	83,38	94,96	105,09	110,94

El manejo adecuado de la fertilidad de los suelos en condiciones tropicales se basa en varios principios. Uno de los fundamentos es el mantenimiento o aumento de la materia orgánica en los suelos. Esta práctica mantiene condiciones óptimas para el intercambio de nutrientes, la estructuración, la porosidad y la infiltración. Además, mejora el almacenamiento del agua y promueve un crecimiento radical apropiado.

El análisis de las condiciones químicas del suelo es un paso previo esencial. Este análisis debe realizarse antes de comenzar la preparación del suelo. Su resultado permite trazar una estrategia adecuada para la aplicación de fertilizantes, así como de enmiendas químicas u orgánicas.

El aseguramiento de los nutrientes necesarios para el desarrollo y rendimiento del cultivo de la piña se logra mediante dos vías complementarias. La primera consiste en mantener niveles adecuados de fertilidad en el suelo. La segunda se integra con la primera e implica el suministro directo de nutrientes a las plantas.

Al diseñar el sistema de nutrición de una plantación, deben considerarse los siguientes factores clave:

- Clima: durante la época de lluvia se facilita el lavado de nutrientes con el agua de riego o la lluvia.
- Cultivar: las exigencias nutricionales dependen del cultivar seleccionado. Por ejemplo, el cultivar MD2 demanda más nutrientes que Española roja.
- Densidad de plantación: mayor número de plantas por hectárea incrementa la demanda total de nutrientes.
- Sistema de cultivo: los requerimientos de nutrientes varían según el sistema empleado, como el intensivo, orgánico o sostenible.
- Fertilidad del suelo: es necesario realizar un muestreo y análisis de suelos para determinar la demanda de nutrientes. Este análisis debe incluir:
    - pH, acidez tóxica cambiable, salinidad, potencial RedOx
    - Materia orgánica, capacidad de cambio iónico
    - Contenido de nutrientes asimilables (N, P, K…)
- Estado fisiológico de la planta: la demanda de nutrientes varía según la fase de desarrollo de la planta, como en los periodos de fomento, soca, o con base en los resultados del análisis foliar.
- Fuentes de nutrientes y mejoradores del suelo: la selección depende del momento, el lugar, el método de aplicación y de la disponibilidad de estos insumos.

Fuentes de nutrientes

Los fertilizantes químicos y los abonos orgánicos son los productos más utilizados para alcanzar los objetivos de nutrición. Sin embargo, es preciso considerar otras fuentes de nutrientes que respaldan un manejo sostenible del cultivo.

Las principales fuentes de nutrientes para las plantas de piña son:

- Los nutrientes existentes en el suelo. Es fundamental evaluar el estado de fertilidad y las propiedades que la sustentan, mediante análisis químicos del suelo.
- Los fertilizantes minerales u orgánicos.
- Las enmiendas químicas u orgánicas.
- La descomposición de restos animales o vegetales como los desechos de unidades agropecuarias para uso directo o para la preparación de compost.
- Los microorganismos aportan o facilitan la absorción de nutrientes para los cultivos como *Azospirillum* y las micorrizas.
- Los abonos verdes, actúan como cobertura del suelo.
- La lluvia y el riego pueden aportar nutrientes, especialmente en áreas industriales o de agricultura intensiva.
- Los procesos de erosión, pueden transportar nutrientes a las zonas inferiores de las cuencas.

De forma indirecta algunos productos estimuladores del crecimiento y desarrollo vegetal promueven un mayor aprovechamiento de las fuentes directas de nutrientes. Los principales portadores de nutrientes son los fertilizantes orgánicos, los fertilizantes químicos o inorgánicos y las combinaciones de ambos; la elección depende de los recursos de cada productor.

En la nutrición de los cultivos, las distintas fuentes no son excluyentes, sino que se complementan:

- Los fertilizantes químicos nutren a las plantas y restituyen la fertilidad del suelo.
- Los abonos orgánicos mejoran las propiedades biológicas, físicas y fisicoquímicas del suelo, potencian la eficacia de los fertilizantes y aportan ciertas cantidades de nutrientes, en especial microelementos.
- Los biofertilizantes reactivan la vida del suelo, aportan nutrientes, refuerzan el uso de los fertilizantes químicos y abonos orgánicos y facilitan el aprovechamiento de la reserva del suelo.

- Las enmiendas químicas y orgánicas modifican las condiciones del suelo, lo que puede incrementar la disponibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes.
- Los estimuladores de crecimiento vegetal potencian el desarrollo del cultivo. Un sistema radical más fuerte incrementa la capacidad de la planta para aprovechar los nutrientes del suelo.

Fertilizantes químicos

Los fertilizantes químicos pueden aportar nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo o potasio. Se clasifican como simples cuando su composición incluye un solo nutriente principal. Reciben la denominación de compuestos cuando combinan dos o más de estos tres nutrientes.

Se recomienda el uso de portadores simples para establecer niveles de fertilización que se ajusten a los requerimientos específicos del suelo y de la planta en cada plantación. Esta práctica evita el empleo de fórmulas completas, las cuales pueden generar desbalances tanto en el suelo como en los cultivos. La fertilización con portadores simples permite una gestión más precisa de los nutrientes.

En Cuba, los portadores simples nitrogenados más utilizados para el cultivo de la piña son el sulfato de amonio con 21 % de N, el nitrato de amonio con 33,5 % de N y la urea con 46 % de nitrógeno. También se podrían emplear el nitrato de potasio (13-0-46), el nitrato de calcio (15-0-0) y el nitrato de magnesio (11-0-0). El sulfato de amonio posee un efecto acidificante en el suelo, lo cual beneficia al cultivo de la piña.

El nitrato de amonio representa una opción probada como adecuada para la piña, según una comparación con el sulfato de amonio y la urea en el cultivar Cayena de Martinica (Peña-Alderí et al., 1996). Cada fuente de nitrógeno presenta características distintivas que influyen en su selección.

La urea presenta la ventaja de su alta concentración de nitrógeno, lo cual facilita su manejo logístico. Además, este compuesto permite su aplicación por vía foliar. Sin embargo, su alta solubilidad conlleva un mayor riesgo de pérdidas por lavado o lixiviación.

En un experimento realizado por Treto (1991) se determinó que la urea fue superior al sulfato de amonio y al nitrato de amonio. La superioridad se evaluó mediante parámetros como el número de hojas emitidas, la masa foliar y la cantidad de hijos basales por planta. También se observaron mejores resultados en el peso del fruto, los ºBrix, la acidez y la relación ºBrix/acidez.

Como portadores sencillos de fósforo, en Cuba, se utilizan el superfosfato simple (0-21-0) y el superfosfato triple (0-46-0). Otras alternativas disponibles son el fosfato monoamónico (11-52-0) y el fosfato diamónico (18-46-0). La elección entre estos depende de la disponibilidad y de las necesidades específicas de corrección del suelo.

Los fertilizantes potásicos más utilizados son el sulfato de potasio (0-0-60) y el cloruro de potasio (0-0-50). La aplicación de sulfato de potasio se considera preferible en comparación con el cloruro, debido a su efecto acidificante en el suelo. Además, el anión sulfato es más favorable como acompañante que el ion cloruro.

El cloruro de potasio puede retrasar el proceso de fructificación y afectar los rendimientos finales, ya que el ion cloro ejerce un efecto depresivo sobre la calidad del fruto. Por el contrario, el sulfato de potasio puede acelerar la fructificación, incrementar el peso promedio y la calidad de los frutos. Este portador también tiene la capacidad de disminuir ligeramente la acidez del fruto.

Otras fuentes alternativas de potasio son el fosfato monopotásico, el fertilizante con fórmula 0-52-34 y el nitrato de potasio (13-0-46). Estas opciones proporcionan flexibilidad para diseñar planes de fertilización que combinen nutrientes. Su uso se decide en función del balance nutricional requerido por el cultivo.

Entre los fertilizantes que aportan calcio y magnesio para el cultivo de la piña se encuentran el nitrato de calcio (15-0-0-26) y el nitrato de magnesio (11-0-0-16). También se utilizan dos tipos de sulfato de magnesio, uno con fórmula 0-0-0-16-14 y la kieserita (0-0-0-25-20). Ambos compuestos de magnesio suministran, además, un aporte significativo de azufre.

Estos portadores de nutrientes secundarios generalmente se incorporan en fórmulas mezcladas completas. No obstante, también se ha documentado el uso de fórmulas complejas con contenidos específicos de nitrógeno, fósforo y potasio. La selección de una u otra estrategia depende del diagnóstico nutricional y los objetivos de manejo del cultivo.

Para el suministro de microelementos es posible utilizar diversas fuentes en las que se incluyen el sulfato de zinc, el sulfato de manganeso y el quelato de EDTA o EDDHA de manganeso. También se emplean el sulfato ferroso, así como EDTA, DTPA o DDHA de hierro, además del ácido bórico, el solubor y el borax.

El producto más común para las fertilizaciones sólidas es la mezcla física. En el caso de las aplicaciones foliares, se utilizan compuestos como la urea, el nitrato de amonio, el nitrato de potasio, el nitrato de calcio, el fosfato diamónico, el sulfato de potasio y el sulfato de magnesio. A estos se suma una serie de productos que actúan como fuentes de microelementos, entre los que destacan el sulfato de magnesio, el sulfato de hierro, el sulfato de zinc, el ácido bórico o el borato de sodio.

La fertilización con fórmulas preestablecidas, aplicada en grandes cantidades y por periodos prolongados, puede acarrear desbalances nutricionales importantes en el suelo. Esta práctica también resulta en mayores pérdidas de nutrientes por procesos de erosión, lixiviación y fijación. Además, incrementa la probabilidad de contaminación de manantiales y cursos de agua, lo que conduce a una reducción de los rendimientos de los cultivos y a un aumento de los costos de producción.

La aplicación de sulfato de potasio se prefiere sobre la del cloruro de potasio. El ion cloro presente en el cloruro de potasio tiene un efecto depresivo sobre la calidad del fruto, lo que puede retrasar la fructificación y afectar los rendimientos. Por el contrario, el sulfato de potasio puede acelerar la fructificación, incrementar el peso promedio y la calidad de los frutos y disminuir ligeramente la acidez del fruto.

Portadores compuestos

Los portadores compuestos facilitan la aplicación de varios nutrientes de forma simultánea. Consisten en una mezcla de portadores simples, donde cada partícula de fertilizante contiene un solo nutriente esencial. Esta característica obliga a verificar que no existan problemas durante la aplicación mecanizada, como atascamientos en las tolvas o una segregación de los portadores sencillos debido a diferencias en el tamaño de las partículas.

Por su parte, los portadores compuestos complejos son productos de reacciones químicas. En cada partícula de estos fertilizantes están presentes varios nutrientes, con una misma relación entre ellos. Esta composición evita la segregación de los nutrientes y, al mismo tiempo, el proceso de granulación común en estos productos mejora sus propiedades físicas. Como limitantes para su uso se señala que suelen ser más caros y que en el mercado se encuentran portadores con relaciones internutrientes limitadas, por lo que resulta difícil que estas coincidan con la relación requerida por las dosis de nutrientes en cada plantación.

Existen otros fertilizantes que pueden emplearse, como los quelatos. Estos impiden la pérdida de nutrientes, pero su costo es elevado, por lo que su uso depende principalmente del factor económico. Los quelatos son apropiados para la aplicación de microelementos.

Abonos o fertilizantes orgánicos

Los denominados mejoradores o enmendantes orgánicos del suelo son suministradores de nutrientes de baja concentración. Su principal acción consiste en modificar las propiedades del suelo. Al mismo tiempo, estos materiales aportan nutrientes al cultivo.

El mantenimiento o el aumento de la materia orgánica en los suelos asegura condiciones adecuadas para el intercambio de nutrientes, la estructura, la porosidad y la infiltración. Además, favorece el almacenamiento de agua en el suelo y promueve el crecimiento radical del cultivo de la piña. La aplicación de abonos orgánicos mejora tanto las propiedades físicas y químicas del suelo como el desarrollo general de la planta.

A continuación se presenta la importancia del uso de abonos orgánicos en el cultivo de la piña:

- Facilitan el crecimiento radical del cultivo y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua, en especial en suelos ligeros.
- Mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo cual favorece la circulación del aire y la respiración de las raíces.

- Incrementan la retención de agua, lo que facilita la difusión iónica de los nutrientes y su movimiento con el flujo de transpiración. Se optimiza la intercepción radical, ya que las raíces encuentran un medio favorable para su desarrollo.
- Mejoran la absorción de los fertilizantes químicos y activan en el suelo los ciclos de nutrientes como el fósforo (P), el nitrógeno (N) y el azufre (S).
- Incrementan el contenido de carbono orgánico en el suelo.

Entre las limitaciones de los abonos orgánicos se pueden señalar las siguientes:

- Provocan cambios en la temperatura y la humedad del suelo al suministrar nutrientes, especialmente nitrógeno. La magnitud de estos cambios depende de la tasa de mineralización de la materia orgánica. En períodos de bajas temperaturas, la liberación de nutrientes por la transformación microbiana de la materia orgánica es lenta, lo que genera un desfase respecto a la demanda del cultivo.
- Requieren grandes volúmenes para su transporte y su disponibilidad es limitada en muchas áreas agrícolas.

Entre las fuentes orgánicas se encuentran los abonos de origen animal, los bioproductos derivados de desechos, los ortofosfatos complejos y los residuos reciclados (Rosen et al., 2014). Se destacan los estiércoles, la cachaza, las turbas, los compost y el humus de lombriz (vermicompost). Los materiales que se utilizan con mayor frecuencia para preparar compost incluyen desechos de papa, aserrín, cenizas de madera, rastrojo y virutas de madera, que también se emplean como cama para animales en granjas vacunas. Incluso los residuos de la propia piña pueden aprovecharse para este fin. Algunos subproductos, como los derivados de la pesca, pueden usarse como mejoradores para incrementar la fertilidad del suelo.

En Cuba se han estudiado el uso de la cachaza, la turba, el bagacillo, la gallinaza, el compost y el humus de lombriz (vermicompost). Treto et al. (1979) informaron que la turba y la gallinaza tienen un efecto negativo en el rendimiento y el desarrollo de las plantas de piña. Este efecto posiblemente se deba a su contenido en carbonato de calcio, que tiende a elevar el pH del suelo y reduce la asimilabilidad de microelementos. Posteriormente, Treto (1991) encontró un efecto positivo de la cachaza, incluso en comparación con la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Tabla 25).

Tabla 25. Respuesta de la piña ante la aplicación de cachaza y de un portador nitrogenado. Tomado de Treto (1991).

Dosis de N/ planta	Dosis de cachaza (t/ha)	Rendimiento (t/ha)	% de materia orgánica en el suelo
8	0	$20,0^{b}$	$2,95^{c}$
4	20	$28,5^{a}$	$3,22^{bc}$
4	40	$28,1^{ab}$	$3,34^{ab}$
4	80	$27,8^{b}$	$3,59^{a}$
0	80	$30,5^{a}$	$3,36^{ab}$

Los resultados demuestran un efecto positivo del abono orgánico, el cual supera al del nitrógeno. Este abono orgánico actúa como mejorador del suelo y aporta otros nutrientes, incluidos los microelementos. En el experimento, las dosis de 20, 40 y 80 t/ha incrementaron el contenido de materia orgánica en el suelo hasta 3,15, 3,3 y 4,4 %, respectivamente. Estos tratamientos presentaron un efecto residual de 10, 18 y 15 meses. Los resultados, comprobados en una empresa, respaldan el uso de dosis desde 20 hasta 80 t/ha. Sin embargo, la aplicación de estas dosis requiere la disponibilidad de grandes cantidades del producto.

El compost es un abono orgánico que se prepara a partir de residuos de las áreas agrícolas y puede incorporar otros productos. Los materiales que se utilizan con mayor frecuencia para su elaboración incluyen desechos de diversos cultivos, aserrín, cenizas de madera, rastrojo y virutas. También se emplean materiales como la viruta de madera usada como cama para el ganado vacuno e, incluso, residuos de la cosecha de piña.

Algunos subproductos, como los derivados de la pesca, pueden utilizarse como mejoradores para incrementar la fertilidad del suelo.

El compost se puede preparar de acuerdo con dos métodos principales:

1. Método en frío: se acumulan capas sucesivas de residuos vegetales, estiércol y suelo en un hueco o recipiente. Estas capas se compactan para favorecer una descomposición anaeróbica. El material se deja descomponer durante un periodo de 5 a 6 meses para finalmente obtener un l producto con buenas características físicas y alto contenido de nutrientes.
2. Método en caliente: se disponen capas de residuos vegetales, estiércol y tierra en montones sobre la superficie del suelo. El material reposa de 15 días a 1 mes y luego se remueve; este proceso se repite varias veces hasta que el compost esté listo. Este método implica una descomposición aeróbica, por lo cual el compost se obtiene con mayor rapidez que en el método en frío. Es necesario mantener un control estricto de la temperatura, ya que, si supera los 60 °C, la descomposición se detiene por la muerte de los microorganismos. Aunque es un proceso más rápido presenta mayores pérdidas de nitrógeno.

El vermicompost se prepara con estiércol y lombrices de tierra. Se disponen capas de estiércol en recipientes, canaletas o directamente en el suelo. Se introduce 1 kg de lombrices por cada metro cúbico de estiércol y se mantiene la humedad para garantizar un nicho adecuado. La migración de las lombrices a la superficie indica que han digerido el estiércol y buscan alimento; este es el momento para cosechar el vermicompost y suministrar nuevo sustrato a las lombrices. Cuando el proceso se realiza en recipientes o canaletas, se debe proveer un drenaje para evacuar los líquidos generados, los cuales también pueden emplearse como abono líquido. La dosis de aplicación oscila entre 3 y 5 kg/ha.

La tabla 26 presenta los indicadores de calidad de las principales materias orgánicas disponibles en Cuba.

Tabla 26. Composición de los abonos orgánicos. Tomado del IIFT, (2009) y Cháves et al. (2021).

Tipo de abono orgánico	Parámetros					
	Humedad %	Relación C/N	MO %	Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %
Estiércol vacuno	80,0	20:1	11,5	0,33	0,23	0,72
Estiércol equino	67,4	30:1	17,9	0,34	0,13	0,35
Estiércol cerdo	72,8	19:1	15,0	0,45	0,20	0,60
Estiércol de ovino	61,6	15:1	21,1	0,82	0,21	0,84
Compost	75,0	16:1	13,8	0,50	0,26	0,53
Gallinaza	75,0	22:1	15,5	0,70	1,03	0,49
Guano de murciélago	23,0	8:1	13,2	0,96	12,00	0,40
Turba	70,0	42:1	14,4	0,20	0,17	0,12
Cachaza fresca	71,0	30:1	16,4	0,32	0,60	0,17
Cachaza curada	54,5	15:1	28,9	1,11	1,11	0,15
Humus de lombriz	42,5	15:1	60,4	2,39	0,88	0,22

Cuando no se disponga de datos exactos para calcular las dosis de abono orgánico y su complemento de fertilizante químico, se puede adoptar como referencia las cantidades anuales propuestas en la tabla 27. Estas dosis ofrecen un criterio técnico general que permite suplir la falta de información específica. Su aplicación busca mantener un nivel de fertilidad adecuado para los cultivos bajo estas condiciones.

Tabla 27. Dosis de abonos orgánicos por hectárea. Tomado del IIFT, (2009).

Tipos de suelo	Aplicación de abonos orgánicos (t/ha)		
	Humus de lombriz	Compost	Otros
Ferralíticos	6,0	8,0	10,0
Pardos sin carbonatos	5,0	6,0	8,0
Arenosos	7,0	10,0	12,0

Para la preparación del suelo destinado al cultivo de piña, se puede aplicar cachaza a una dosis de 40 t/ ha. También es posible incorporar al cantero Biochar combinado con *Trichoderma*, en una cantidad de 40 kg. El biochar es un carbón vegetal que se obtiene a partir de restos vegetales y residuos de biomasa.

A diferencia del carbón vegetal clásico, el biochar no se utiliza como combustible ni se quema. Su función principal es la aplicación directa al suelo para mejorar sus propiedades físicas y químicas. Esta enmienda contribuye a la fertilidad y estructura del suelo.

Durante la etapa vegetativa y según el desarrollo específico de la planta, se recomienda la aplicación de microorganismos eficientes. La dosis establecida para este tratamiento es de 20 L/ha.

El abonado verde y los cultivos de cobertura representan una de las formas más económicas para incrementar la fertilidad del suelo. Esta práctica consiste en la incorporación del rastrojo al final del ciclo de la cosecha. Dicha labor incrementa el contenido de materia orgánica y estimula la actividad microbiana del suelo.

En el cultivo de la piña, una gran parte de los nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio se translocan al follaje. Por esta razón, es fundamental incorporar sus residuos al suelo al finalizar el ciclo. Esta acción permite reciclar los nutrientes y mantener la fertilidad.

En algunos países con sistemas de cultivo de bajos recursos, se han utilizado abonos verdes o cultivos de cobertura al final del ciclo de la piña. Esta práctica implica la siembra de mucuna (*Mucuna pruriens* (L.)), una leguminosa agresiva y fijadora de nitrógeno atmosférico. La mucuna no requiere suelos de alta calidad y, si se cosechan sus semillas, no representa el riesgo de transformarse en una arvense problemática.

Este abono verde de rápido crecimiento mejora la fertilidad del suelo principalmente mediante la incorporación de materia orgánica. También mejora las propiedades físicas del suelo, en particular los procesos de infiltración de agua. Además, protege al suelo de la erosión y del escurrimiento superficial. Se pueden utilizar otros cultivos similares para este fin, especialmente leguminosas.

El uso de abonado verde es preferible en condiciones donde el agua no es un factor limitante. También es adecuado cuando el cultivo principal no ocupa el terreno por un período extenso. Esta práctica se recomienda cuando el terreno no se destina a un cultivo de rendimiento económico inmediato y cuando la leguminosa utilizada posee un valor económico adicional.

Para las coberturas del suelo, se puede colocar una capa con restos de cultivos en áreas pequeñas donde no sea aconsejable sembrar un abono verde. Algunos materiales usados para este fin son la paja de arroz, el palo de tabaco, el bagazo de caña, los desechos vegetales y las mantas de polietileno negro. El objetivo fundamental es preservar la humedad del suelo.

Las coberturas también evitan las pérdidas de elementos minerales por volatilización y arrastre. Además, mejoran el control de malezas, regulan la temperatura del suelo y previenen sus cambios bruscos. Esta técnica modifica igualmente el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera.

El uso de una cobertura plástica es una técnica efectiva para disminuir el desarrollo de arvenses y reducir la pérdida de agua. Sin embargo, este método encarece el costo del cultivo y exige además, la eliminación del plástico al terminar el ciclo para evitar la contaminación del suelo.

Existen algunas limitaciones asociadas al uso de los abonos orgánicos:

1. Los grandes volúmenes que se deben transportar y su falta de disponibilidad en ciertas áreas agrícolas.
2. Cuando se aplican en estado fresco, su descomposición origina un incremento en la temperatura y la humedad del suelo. Este aumento puede afectar negativamente a las raíces de las plantas o a la germinación de las semillas.
3. En períodos de bajas temperaturas, la liberación de nutrientes a partir de la transformación microbiana de la materia orgánica se vuelve lenta. Esta lentitud provoca un desfase entre la disponibilidad de nutrientes y la demanda real del cultivo.

Bio-insumos agrícolas

Los bio-insumos agrícolas son productos que se elaboran con sustancias de origen natural, como extractos vegetales, bio-moléculas naturales y agentes biológicos, tanto microorganismos como macroorganismos. Estos productos presentan un perfil respetuoso con el medio ambiente. En el cultivo de la piña, se implementan algunas prácticas que incorporan bio-insumos de producción nacional como parte de la tecnología de producción.

Inoculantes de origen microbiano

La agricultura sustentable ha incrementado, desde finales del siglo pasado, el uso de microorganismos no patógenos vinculados con la nutrición de los cultivos. Entre estos destacan los solubilizadores de fósforo, los microorganismos fijadores libres de nitrógeno y las micorrizas, cuyo papel consiste en aportar nutrientes o facilitar su disponibilidad para las plantas. En la aclimatación de plantas de piña obtenidas mediante cultivo de tejidos, su aplicación ha demostrado un aumento en la supervivencia de las plántulas durante el trasplante y una reducción superior al 25 % en el uso de fertilizantes inorgánicos, específicamente con el empleo de micorrizas, azotobacter y fosforina.

La respuesta del cultivo a la inoculación con micorrizas se manifiesta en el desarrollo radicular. Este desarrollo incrementa la absorción de nutrientes y agua, lo que resulta en una mejoría del desarrollo de la planta. Estas plantas pueden alcanzar mayores volúmenes y una exploración más profunda del suelo (Figura 41).

El efecto de la micorriza depende de la variedad del cultivo y de la cepa del hongo micorrízico que se utilice. La aplicación del producto se realiza en el suelo, cerca del sistema radicular subterráneo. Después de la aplicación se debe cubrir con tierra y regar para garantizar una actividad eficiente.

Para el material vegetal destinado a la plantación se sigue un procedimiento específico el cual consiste en humedecer la base del material de propagación, cubrirlo con el inoculante de micorrizas y proceder a su plantación, evitando que quede expuesto a la luz solar directa. La dosis a emplear depende de la densidad de plantación; para el cultivo para el compost se recomienda una aplicación de 5 a 8 t/ha, y de 2 kg/ha en el caso de las micorrizas.

Los microorganismos eficientes cumplen diversas funciones. En el proceso de fijación de nitrógeno destacan bacterias rizosféricas competentes como *Azotobacter* sp; en la solubilización de fósforo los *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp; en la solubilización de zinc los *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. y *Aspergillus* spp.; en la promoción del crecimiento vegetal mediante rizobacterias los *Bacillus* spp. y *Pseudomonas* spp. y en el biocontrol de hongos fitopatógenos, función en la que destaca *Trichoderma* sp., que además participa en la descomposición de la materia orgánica Paul & Rakshit (2021). Estos consorcios microbianos presentan beneficios adicionales, degradan agentes tóxicos presentes en el suelo y reducen los costos de producción al sustituir parcialmente otros insumos en el cultivo de la piña.

Morejón et al. (2023) investigaron el efecto de diferentes tratamientos con Microorganismos Eficientes (ME-50) aplicados como fertilizante foliar. El estudio evaluó el comportamiento de variables morfo-fisiológicas en plantas micropropagadas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) 'MD-2' durante la fase de aclimatización. Los autores informaron que la dosis de 75 mL/L produjo los mejores resultados, ya que incrementó de forma significativa los indicadores morfo-fisiológicos de las plantas en este período.

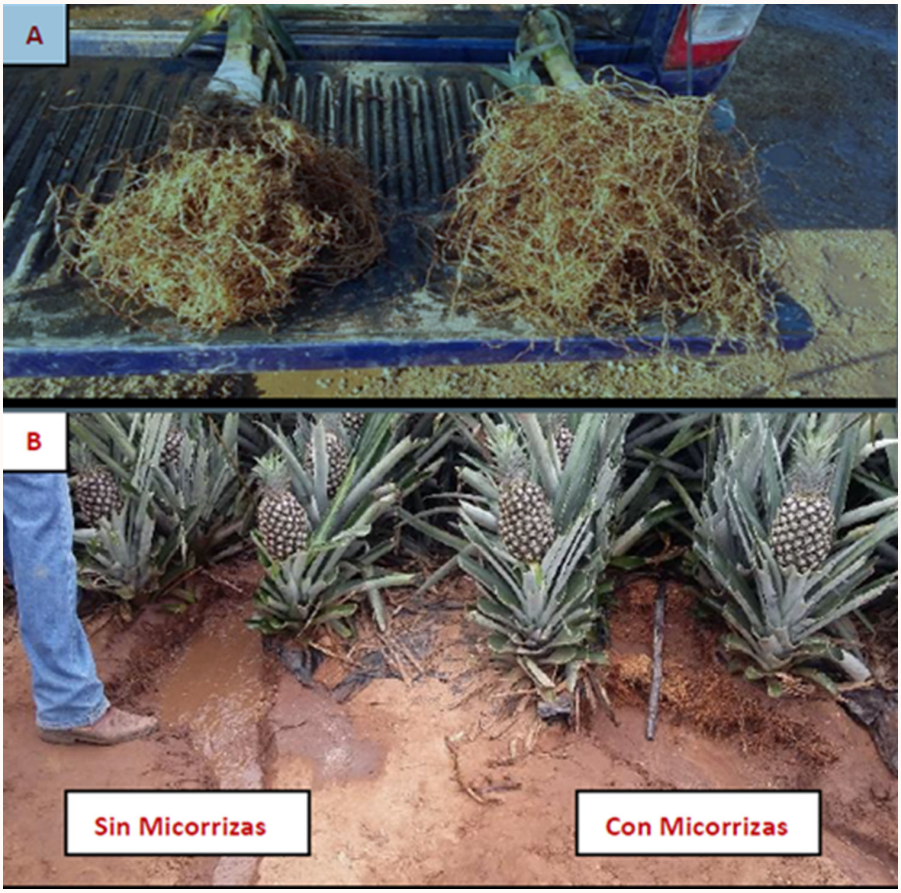


Figura 41. Efecto de la micorriza en el desarrollo de las plantas y el sistema radicular de las plantas de piña. Fotos tomadas de Altamirano (2018).

Productos estimuladores de crecimiento

La interacción entre reguladores de crecimiento, bioestimulantes radiculares y fertilizantes foliares favorece de forma considerable el desarrollo de las plantas de piña. Los bioestimulantes incluyen componentes como aminoácidos y ácidos húmicos. Esta sinergia se traduce en un alto rendimiento y una mejor calidad del fruto.

Entre los productos aplicados con éxito se encuentran Fitomas-E en dosis de 2 a 6 L/ha, Nitrofix a concentraciones de 5 a 10 mL/L/ha y Humus líquido de 5 a 10 L/ha. Estos productos pueden aplicarse de forma individual o en combinación. El empleo de estos bioinsumos ha permitido una reducción de hasta 40 % en el uso de fertilizantes químicos convencionales.

Mejoradores o enmendantes químicos de los suelos

El manejo de la fertilidad del suelo constituye un punto crítico en el cultivo de la piña. Es común encontrar problemas como contenidos bajos de calcio, potasio y magnesio. Otros inconvenientes frecuentes son un pH moderado o fuertemente ácido, así como deficiencias de hierro o zinc. Además, se presentan pérdidas de nitrógeno por lixiviación, junto con toxicidad por manganeso y deficiencias de fósforo.

La mayoría de estos problemas tienen solución mediante prácticas específicas, entre las más relevantes se encuentran el encalado y la aplicación de yeso agrícola o azufre. La elección correcta de las fuentes de fertilización, un buen manejo del suelo y el análisis y diagnóstico de la fertilidad son esenciales. Estas prácticas permiten conocer qué nutrientes faltan por aplicar y en qué cantidades precisas.

Los mejoradores de suelos son productos de naturaleza mineral u orgánica. Su incorporación modifica de forma favorable las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La aplicación de estos mejoradores ayuda a incrementar la producción comercial de la piña tanto en cantidad como en calidad.

Como mejoradores químicos se encuentran el encalado, el enyesado y el azufrado. Estos se utilizan con el fin de modificar propiedades específicas de los suelos y al mismo tiempo, suministrar nutrientes. El encalado es una práctica que se realiza en el cultivo para aumentar el pH. Su aplicación se recomienda para un pH <5, con el cuidado de no superar un pH de 5,5. Esta práctica también contribuye a evitar deficiencias de nutrientes y toxicidades por otros elementos como el aluminio.

Para elevar el pH a 5,5 se recomienda una aplicación de entre 0,5 y 1,0 t/ ha de cal agrícola. Una tonelada de cal agrícola equivale a 1-1,3 t de carbonato de calcio. Esta labor debe ejecutarse a voleo, con incorporación al suelo al menos un mes antes de la siembra. Si se realiza un análisis de suelo es posible calcular la dosis con mayor exactitud.

En una plantación de piña ya establecida se puede aplicar la cal alrededor de cada planta. La dosis debe ser equivalente con la densidad de plantación. El encalado puede mejorar la disponibilidad de fosfatos y molibdeno para las plantas en suelos fijadores de fosfatos. Este efecto es particularmente notable en suelos que contienen óxidos e hidróxidos de Fe y Al como los Ferríticos y Ferralíticos.

Existen otros mejoradores del suelo para incrementar el pH. Entre ellos se encuentra: la cal viva con una equivalencia de 1,31 t por tonelada de carbonato de calcio, el hidróxido de calcio (conocido como cal hidratada o apagada) que requiere de 0,7 a 0,9 t por tonelada de carbonato y la dolomita, o carbonato de calcio magnesio que tiene una equivalencia de 0,9 a 1,1 t por tonelada de carbonato de calcio.

El azufrado del suelo con azufre elemental se realiza cuando el pH es superior a 6,5 y su incorporación al suelo es muy similar a la metodología del encalado. Para que la enmienda produzca el efecto deseado, debe aplicarse de dos a cuatro meses antes de la siembra, según la solubilidad del producto utilizado. La aplicación se hace a voleo y el material se mezcla con el suelo durante su preparación. Si no llueve después de la aplicación, se aconseja un riego para solubilizar el material. La dosis depende del pH del suelo y generalmente oscila entre 1 y 3 t/ha.

El enyesado se realiza mediante la aplicación de sulfato de calcio en suelos con problemas de salinidad. Esta es una actividad costosa que requiere el uso final de altas cantidades de agua. Sin embargo, no es un problema común en las áreas dedicadas al cultivo de la piña.

La adición de materia orgánica representa un mejorador o enmienda de gran importancia. Este tema se trata en otra parte específica del documento.

Aplicaciones foliares y Fertirriego

Las aplicaciones foliares y el fertirriego son técnicas similares. En ambos métodos, los nutrientes se disuelven y se suministran a la planta, ya sea sobre el follaje o en los surcos de riego. Una parte de estos nutrientes termina inevitablemente en el suelo.

El fertirriego consiste en la aplicación de nutrientes a través de los sistemas de riego. Esta técnica representa una alternativa ideal para el nitrógeno (N) y el potasio (K) ya que su aplicación puede coordinarse con la demanda del cultivo durante su ciclo de crecimiento y desarrollo. También se puede utilizar con otros nutrientes, en especial con los microelementos.

Este método genera un ahorro significativo de fertilizante, agua, tiempo y recursos humanos. Además, ayuda a reducir la contaminación ambiental causada por el lavado o la lixiviación de nutrientes, como los nitratos. El fertirriego también sirve para suministrar otros productos, tales como bioestimulantes radiculares (aminoácidos, ácidos húmicos), agroquímicos (fungicidas o plaguicidas) o enmiendas líquidas.

Los portadores fertilizantes deben presentar una alta pureza y una buena solubilidad en agua. Estas características son esenciales para evitar obstrucciones en el sistema de riego. Asimismo, se debe considerar la compatibilidad de los fertilizantes ya que por lo general se aplican en mezclas. Los fertilizantes incompatibles requieren aplicarse desde contenedores separados: en un contenedor los nitratos, cloruros y calcio y en otro los fosfatos y sulfatos.

La aplicación sobre el follaje, o aplicación foliar, aprovecha la capacidad de las plantas para absorber algunos nutrientes a través de sus hojas. Este método ejerce un efecto más rápido que las aplicaciones con portadores sólidos en el suelo, ya que implica la pulverización de soluciones diluidas directamente sobre el follaje. Por ello, resulta útil para resolver deficiencias nutricionales, para evitar la interacción de los nutrientes con el suelo o cuando se prevén pérdidas significativas.

La aplicación foliar también se recomienda cuando es necesario suministrar cantidades reducidas de un nutriente como en el caso de los microelementos o los estimuladores de crecimiento. Además, es una técnica adecuada cuando se necesita fraccionar las dosis, en particular, de nitrógeno (N) o potasio (K).

La figura 42 muestra un ejemplo de aplicación foliar y un almacén para los productos. En la imagen se observa que se deben tomar medidas de precaución. Estas medidas son necesarias para evitar daños a la salud de la persona que realiza la aplicación.



Figura 42. Aplicación foliar de un nutrientes y medidas de precaución por el operador. Fotos tomadas de Saavedra et al. (2022).

Principales ventajas de la fertilización foliar:

- Esta técnica nutre al cultivo durante sus etapas críticas de desarrollo.
- Soluciona problemas específicos de deficiencias de micronutrientes.
- Incrementa la eficiencia general de la absorción de nutrientes por la planta.
- Disminuye las pérdidas de nutrientes por procesos de lixiviación y volatilización.
- Contribuye a reducir la incidencia del ataque de insectos.
- Protege a la planta contra condiciones de estrés hídrico.
- Mejora la coloración de los frutos y prolonga su vida poscosecha.

La fertilización foliar, al igual que el fertirriego, permite suministrar los nutrientes necesarios para cada fase fenológica del cultivo. Ambos métodos facilitan una aplicación más uniforme en comparación con el uso de portadores sólidos. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, es importante considerar que el uso de fuentes nitrogenadas puede provocar contaminación por residuos en el suelo y aumentar la salinidad del agua.

Las concentraciones totales de las mezclas para aplicación foliar nunca deben rebasar el 5 %. Se prefiere aplicar al 2,5 % cuando las plantas son pequeñas, durante el proceso de emisión de la inflorescencia o cuando las temperaturas ambientales y foliares son elevadas. Las aplicaciones foliares no deben exceder del 5 % de concentración y su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$C = \frac{kg\ Urea + kg\ KCl}{L\ de\ agua}\ x\ 100$$

Ejemplo si la dosis es 10 kg de urea y 12 kg de cloruro de potasio, la concentración es:

$$C = \frac{10\ kg + 12\ kg}{500\ L}\ x\ 100 = 4{,}4\ \%$$

En los cultivos de primera cosecha (fomentos) se aplican 7 g de nitrógeno por planta mediante aspersiones foliares de urea. La concentración de urea varía del 2hasta 4 %. Este programa se ejecuta a partir del segundo o tercer mes después de la siembra y se extiende hasta dos meses antes de la inducción floral. En las plantaciones de segunda (soco) y tercera cosecha (resoco) se aplica el 70 % de esta dosis.

Para prevenir la deficiencia de hierro en las aplicaciones foliares se añade ácido cítrico a una concentración de 0,5 %. La planta de piña responde de forma muy favorable a la aplicación de micronutrientes foliares como complemento a las aplicaciones al suelo.

Estas aplicaciones foliares de micronutrientes se pueden realizar cada treinta días a partir del tercer mes después de la plantación. Se utilizan principalmente sulfato ferroso y sulfato de zinc al 0,5 %, acompañados por ácido cítrico al 0,1 %. Se debe programar un mínimo de tres aplicaciones de micronutrientes.

Las dos primeras aplicaciones deben llevarse a cabo a los cuatro y seis meses después de la plantación. Para ello, se disuelven 100 g de sulfato de zinc y 50 g de sulfato de hierro por cada 100 L de agua. La tercera aplicación se efectúa a los 8 meses de edad de la planta y se aplican 100 g de Borax por cada 100 L de agua.

El boro se puede aplicar en las hojas o directamente en el suelo, se recomiendan aplicaciones edáficas de 2 kg/ha cada tres años. Estas aplicaciones de boro no deben exceder los 4 kg/ha. También se recomienda su aplicación después de la inducción floral, para garantizar un mayor peso y mejor calidad del fruto, pero con extremo cuidado debido a que el margen entre la dosis suficiente y la dosis tóxica es muy estrecho.

Durante el período lluvioso se prefieren las aplicaciones sólidas en las axilas de las hojas viejas y en época seca se deben utilizar las aspersiones foliares. Es aconsejable realizar las aplicaciones foliares al final de la tarde para evitar quemaduras en las hojas. Este cuidado evita que la solución nutritiva se evapore rápidamente y se vuelva demasiado concentrada sobre el follaje.

Para el fertirriego, en Costa Rica se utilizan las dosis que se muestran en la tabla 28.

Tabla 28. Dosis de nutrientes que se utilizan en Costa Rica. Tomado de Molina (2018a).

Nutriente	kg/ha
N	600 - 700
P_2O_5	150 - 250
K_2O	500 - 600
MgO	50 - 80
CaO	60 - 100
S	70
B	5
Zn	5
Fe	8

Dosis de nutriente a aplicar

El cultivo de la piña es altamente demandante de nutrientes. En este contexto, no solo es crucial la cantidad total de nutrientes incorporados, sino también el momento oportuno de aplicación y la relación y concentración adecuada entre ellos. Este cultivo requiere valores elevados de nitrógeno y potasio, pero no así de fósforo, por lo que las aplicaciones deben fraccionarse el mayor número de veces posible, especialmente durante la etapa de crecimiento. Para calcular las dosis específicas, es necesario considerar diversos factores tales como el rendimiento esperado, la fertilidad del suelo, los requerimientos varietales, el estado nutricional de las plantas, la densidad de plantación, el sistema de cultivo empleado, las interacciones entre nutrientes, los aspectos económicos y sociales de la región y las condiciones climáticas.

Dosis por nutriente

Las necesidades de nitrógeno varían según las fases fenológicas de la planta. Se recomienda efectuar cuatro aplicaciones: la primera a los tres meses posteriores a la plantación con una dosis aproximada de 0,8 g/planta, seguidas de tres aplicaciones adicionales cada dos meses, con dosis entre 1,5 y 2,0 g/planta, hasta completar un total de 6,0 g/ planta. Para el cultivo de soca, posterior a la cosecha, se debe aplicar entre 3 y 4 g/planta, distribuidos en tres o cuatro aplicaciones de 1 a 2 g/planta, también con intervalos de dos meses. Todas las aplicaciones de nitrógeno deben finalizar 1,5 meses antes de la inducción floral. La Tabla 29 presenta las dosis de nitrógeno recomendadas según las diferentes densidades de plantación (MINAG, 1985).

Tabla 29. Dosis de N a aplicar según las distancias de plantación.

Distancia (m)	Densidad de plantas/ha	Dosis g/planta	Dosis kg/ha
1,40 x 0,30	23 810	6,91	164
1,20 x 0,30	27 777	6,84	190
1,20 x 0,30 x 0,40	33 333	6,73	224
1,20 x 0,40 x 0,30	41 666	6,56	273
1,20 x 0,40 x 0,35	50 000	6,18	309
0,90 x 0,40 x 0,30	51 282	6,12	314

La definición de las dosis de fósforo, potasio y magnesio debe basarse en los resultados del análisis de suelo, dado que las cantidades a aplicar dependen del contenido disponible de estos elementos en el terreno. Los análisis foliares también constituyen una herramienta valiosa para conocer las demandas específicas de las plantas. Es posible aplicar fósforo para dos ciclos de cosecha simultáneamente, en función de los contenidos de este nutriente en el suelo, tal como recomiendan las dosis indicadas en la tabla 30 (MINAG, 1985).

Tabla 30. Aplicaciones de fertilización fosfórica. Tomado de MINAG (1985).

Contenido de fósforo en el suelo (mg/100g) de P_2O		Clasificación del suelo según el contenido de P	Dosis de P_2O g/ planta (suficiente para 2 cosechas)
Método de Bray y Kurtz	**Método de Oniani**		
< 0,06	< 3,47	Deficiente	4
0,86- 0,52	3,48-6,29	Bajo	2
1,53-3,90	6,30-3,45	Suficiente	No aplicar
> 3,39	> 13,43	Excesivo	No aplicar

Los requerimientos de potasio dependen de su contenido en el suelo, el cultivar utilizado, el tipo de suelo, el clima y otros factores. La tabla 31 presenta las dosis de potasio recomendadas de acuerdo con la disponibilidad del nutriente en el suelo, considerando su aplicación en soca o fomento según Peña-Alderí et al. (1996).

Tabla 31. Clasificación del K disponible en el suelo para las plantas de piña por el método de Oniani.

Contenido de K en el suelo mg K_2O/100 g	Clasificación	Dosis g/planta	
		Fomento	Soca
≤17	bajo	12	8
17- 30	medio	6	4
30≥	alto	Solo a rotación con otros cultivos	

De forma general, se estima que el cultivo durante su ciclo requiere por planta entre 12 y 18 g de nitrógeno, entre 4 y 5 g de fósforo, entre 12 y 18 g de potasio y entre 2 y 4 g de magnesio.

El magnesio, en equilibrio con el potasio, desempeña un papel importante para incrementar los rendimientos en piña. En suelos con un contenido menor a 0,1 meq/100 g de MgO se debe aplicar 5 g/ planta, en suelos con contenidos entre 0,2 y 0,8 meq/100 g de MgO la dosis recomendada es de 2,5 g/planta y cuando el contenido en el suelo es superior a 0,8 me/100 g de MgO no se recomienda su aplicación.

El calcio debe manejarse con precaución, ya que este cultivo requiere suelos con pH entre 4,5 y 6,5. Por lo tanto, se debe evitar su aplicación a menos que se presenten valores de pH inferiores a 4,5, en cuyo caso se utiliza como una enmienda química correctiva.

La aplicación de hierro es necesaria, especialmente en suelos Ferralíticos Rojos, se recomienda aplicar hasta 8 kg/ha de sulfato ferroso de forma foliar, distribuidos en 3 o 4 aplicaciones para la planta y la soca, respectivamente. Este tratamiento se aplica de manera conjunta con urea a 0,3 g/planta, ajustado según la densidad de plantación y ácido cítrico a1,7 kg/ha. Para aplicaciones con mochila es posible sustituir el ácido cítrico con jugo de limón.

El boro, el zinc, el azufre y el cobre solo se aplican cuando se detectan deficiencias específicas de estos micronutrientes. Si se decide aplicar un conjunto de microelementos, se deben programar al menos tres aplicaciones durante el desarrollo vegetativo del cultivo. Las dos primeras aplicaciones deben realizarse a los cuatro y seis meses después de la plantación; para ello, se disuelven 100 g de sulfato de zinc y 50 g de sulfato de cobre por cada 100 L de agua. La tercera aplicación se efectúa a los ocho meses de edad y consiste en la aplicación de 100 g de bórax por cada 100 L de agua empleados.

Cuando se aplican microelementos cuyas fuentes son sulfatos es necesario agregar 40 g de ácido cítrico por cada 100 L de agua. Este paso sirve para acidificar la solución y aumentar la eficiencia en la absorción de los elementos por parte de la planta.

Alternativas para el establecimiento y el cálculo de las dosis de nutrientes

Más allá de las recomendaciones generales de dosis, es posible calcular de manera específica la cantidad de nutrientes que se debe aplicar en las plantaciones. El diagnóstico de la necesidad de nutrientes en la piña puede ejecutarse mediante diversos métodos y a distintos niveles de precisión.

- El método más general consiste en adoptar las dosis empleadas en otras regiones con condiciones similares a las de la plantación en cuestión, lo que se conoce como extrapolación. También se puede recurrir a la dosis que tradicionalmente se ha utilizado en la región, siempre que exista experiencia previa documentada. Esta aproximación parte de un conocimiento empírico o transferido, sin un análisis específico del sitio.
- La determinación de una dosis más exacta requiere la disponibilidad de recursos para realizar análisis de suelo y de la planta. Entre estos análisis se incluyen los estudios químicos, físicos y biológicos del suelo, así como los análisis de tejidos vegetales, que incorporan el diagnóstico visual. Estos procedimientos pueden llevarse a cabo en laboratorios especializados, mediante el uso de sensores portátiles o incluso a través de evaluaciones sencillas basadas en la observación y el tacto.

Interacción entre la nutrición y otros componentes del manejo del cultivo

La presencia de arvenses o malezas en los campos de piña genera competencia por nutrientes y agua. Estas especies se desarrollan con mayor velocidad que las plantas de piña cuando no se realiza una correcta preparación del suelo, lo que afecta el crecimiento y desarrollo del cultivo. En casos críticos, la competencia puede impedir el desarrollo del cultivo. Por ello, es necesario realizar una adecuada preparación del suelo que elimine las brotaciones de arvenses antes de la siembra. Además, se debe aplicar un programa de herbicidas que incluya productos de premergencia y postemergencia.

Algunas plagas y enfermedades, principalmente las que afectan las raíces, alteran la absorción de nutrientes por las plantas. Estas afectaciones también dificultan el diagnóstico visual de deficiencias o excesos nutricionales. Cabe destacar que una nutrición adecuada puede limitar la incidencia de ciertas plagas y enfermedades.

Por ejemplo, la piña MD2 presenta una alta susceptibilidad a *Phytophthora* sp., patógeno que prolifera en suelos con mal drenaje y pH ligeramente neutro (superior a 6). Por esta razón, se recomienda realizar la siembra en suelos ácidos para reducir la incidencia de esta enfermedad. Por otro lado, las afectaciones causadas por la chinche harinosa (*Dysmicoccus brevipes* CKL) muestran que, siete u ocho meses después del inicio de los síntomas, la mayoría de las plantas se recupera. Esta recuperación ocurre de manera natural o con el apoyo de fertilizaciones nitrogenadas y un nivel adecuado de humedad.

El adecuado suministro de agua es necesario para mantener la producción de masa seca y para refrescar las hojas. El agua actúa además como el principal vehículo para el transporte de nutrientes desde el suelo hacia la superficie de las raíces, ya sea, por el flujo de transpiración o por flujo de masa. Muchos nutrientes entran a la raíz por difusión o por flujo de masa, procesos que requieren que los nutrientes se encuentren disueltos en el agua.

El manejo apropiado del riego puede reducir la cantidad de agua en exceso que se aplica a un campo y disminuye la pérdida de nitrógeno (N) por lixiviación. Un exceso de agua no solo puede causar la pérdida de N sino también propiciar el desarrollo de enfermedades.







LA NUTRICIÓN DE LA PIÑA EN SISTEMAS DE CULTIVOS MÚLTIPLES

La piña es un cultivo que agota la fertilidad del suelo. Por este motivo, se debe alternar su explotación con gramíneas y leguminosas forrajeras. Es necesario evitar hortalizas como el pimiento, el melón y el tomate, ya que son hospederos comunes de los nemátodos que atacan a la piña. Si se incluyen estas especies se deben tomar medidas adecuadas para su control. Se sugiere no sembrar piña en el mismo terreno por más de tres ciclos consecutivos, práctica que permiten un menor deterioro de las condiciones fitosanitarias y de la fertilidad del suelo.

En Cuba, algunos agricultores mantienen la plantación por muchos años, práctica que repercute de forma negativa en los rendimientos y el tamaño del fruto. Debido a las características botánicas de la planta, los tallos nuevos se conectan a los viejos año tras año y esta conexión resulta en un anclaje y una nutrición insuficientes para la planta.

El intercalamiento de cultivos mejora la eficiencia del suministro de nutrientes. Además, reduce las afectaciones por arvenses, optimiza el aprovechamiento del agua y disminuye los ataques de plagas y enfermedades. La piña forma parte de diversos sistemas de intercalamiento con cultivos como coco, fruta bomba, maíz, frijoles, maní, quimbombó, café y tomate.

En Cuba existen experiencias positivas con estos sistemas. Un ejemplo es la siembra de hileras de fruta bomba en el mismo surco entre dos hileras de plantas de plátano. Otro sistema eficaz son los agroforestales, donde se cultiva café en asociación con otros productos.

Dosis de nutriente a aplicar

La piña es un cultivo que demanda un elevado aporte de nutrientes. En este contexto, no solo la cantidad incorporada resulta crucial, sino también el momento oportuno de la aplicación, así como la relación y concentración adecuadas de los elementos. Este cultivo requiere altos niveles de nitrógeno y potasio mientras que su necesidad de fósforo es menor. Se recomienda fraccionar las aplicaciones el mayor número de veces posible, con especial énfasis durante la etapa de crecimiento.

Para el cálculo de las dosis de fertilización, se deben considerar diversos factores determinantes. Entre estos factores se incluyen el rendimiento esperado, la fertilidad inicial del suelo y los requerimientos específicos de la variedad cultivada. También es necesario evaluar el estado nutricional de las plantas, la densidad de siembra y el sistema de cultivo empleado. Otros aspectos relevantes son las interacciones entre nutrientes, la cantidad de nutrientes que se exportará con la cosecha de frutos, y los condicionantes económicos y sociales de la región. El clima constituye otro factor de suma importancia en esta planificación.

Independientemente de las recomendaciones generales, la dosis de aplicación de nutrientes en las plantaciones se puede calcular mediante diferentes metodologías y con distintos niveles de precisión. El método más general consiste en asumir las dosis que se utilizan en otras regiones con condiciones similares a las de la plantación en cuestión, lo que se conoce como extrapolación. Otra opción es adoptar la dosis que tradicionalmente se ha utilizado en la región, siempre que exista experiencia previa documentada. Este enfoque se basa principalmente en el conocimiento empírico y las prácticas locales.

La determinación de una dosis más exacta requiere contar con condiciones para realizar análisis de suelo y de la planta. Por ejemplo, este método se sustenta en el análisis químico, físico y biológico del suelo, complementado con el análisis de tejidos vegetales y el diagnóstico visual. Estos análisis pueden llevarse a cabo en laboratorios especializados o mediante el uso de sensores portátiles. Además, se pueden emplear métodos de evaluación más directos, como las pruebas visuales y táctiles realizadas en el campo.

Dosis por nutriente

El nitrógeno es muy inestable en el suelo y, por lo general, en el cultivo no se fertiliza con calcio, magnesio y azufre. Por esta razón, las dosis de estos elementos, cuando son necesarias, se determinan de manera independiente. Las necesidades de nitrógeno dependen de las fases fenológicas de la planta.

Se recomienda realizar cuatro aplicaciones: la primera a los tres meses posteriores a la plantación, con una dosis aproximada de 0,8 g por planta, y luego tres aplicaciones cada dos meses, con dosis entre 1,5 y 2,0 g por planta, hasta completar un total de 6,0 g por planta (MINAG, 1985).

Para la soca, posterior a la cosecha, se aplica un total entre 3 y 4 g por planta. Esta cantidad se distribuye en tres o cuatro aplicaciones de 1 a 2 g por planta, las cuales se realizan cada dos meses. Todas las aplicaciones deben finalizar hasta 1,5 meses antes de la inducción floral. En la tabla 32 se muestran las dosis de nitrógeno aconsejadas según las densidades de plantación (MINAG, 1985).

Tabla 32. Dosis de N a aplicar según las distancias y densidad de plantación. Tomada de MINAG (1985).

Distancia (m)	Densidad de Plantas ha	Dosis g planta	Dosis kg ha
1,40 x 0,30	23 810	6,91	164
1,20 x 0,30	27 777	6,84	190
1,20 x 0,30 x 0,40	33 333	6,73	224
1,20 x 0,40 x 0,30	41 666	6,56	273
1,20 x 0,40 x 0,35	50 000	6,18	309
0,90 x 0,40 x 0,30	51 282	6,12	314

La densidad de plantación influye en la extracción de nutrientes del suelo. Cuando se incrementa el número de plantas, las necesidades individuales de nutrientes disminuyen porque el crecimiento y la producción se reducen de forma progresiva. Esta reducción es el resultado de una mayor competencia por espacio, luz y agua. El aprovechamiento de los fertilizantes aplicados también se incrementa al existir más raíces por unidad de superficie. Este factor se debe considerar para calcular la cantidad de nutriente que se aplica a cada planta (Tabla 33).

Tabla 33. Absorción por planta de los nutrientes de acuerdo con la densidad de plantación. Modificada de Rebolledo et al. (2011).

DENSIDAD plantas ha	planta			
	N	P_2O_5	K_2O	MgO
30 000	18	6	18	4
40 000	16	5	16	4
50 000	14	4	14	3
60 000	12	4	12	3
70 000	10	3	10	2
80 000	8	3	8	2

La relación entre la dosis de nitrógeno y la densidad de plantación es muy fuerte. Peña-Alderí et al. (1996) informaron una ecuación para determinar la dosis de nitrógeno:

$$Dosis\ de\ N\ (g\ N\ planta) = (27{,}243 - 0{,}378\ D) / (6{,}522 - 0{,}078D)$$

Donde D = Densidad de plantación (plantas por ha dividido entre 1000)

Estos autores proponen aplicaciones de urea en forma creciente a partir del tercer mes de la plantación. Las aplicaciones de urea continúan hasta 1,5 meses antes de la inducción floral, con dosis individuales de 0,3, 0,4 y 0,5 g de N/ planta.

Las dosis individuales de cada nutriente, en especial nitrógeno, fósforo y potasio, por lo general se aplican mediante portadores compuestos. Las fórmulas de fertilizantes químicos más utilizadas en la piña presentan una relación internutriente alta en fósforo y similar en nitrógeno y potasio (Tabla 34). Los valores elevados de fósforo no significan que las plantas lo necesiten en mayor cantidad que el nitrógeno y el potasio.

La aplicación elevada de fósforo se debe a que, por lo general, este elemento se aplica para más de una cosecha y puede pasar a formas no asimilables en los suelos ácidos típicos del cultivo de la piña. Además, es una práctica común aplicar nitrógeno y potasio de forma adicional, en forma sólida o líquida, durante el desarrollo del cultivo.

Tabla 34. Dosis de fórmulas fertilizantes que se puede utilizar en la piña de acuerdo con la edad de la planta. Tomado de Treto (1991).

Edad de la planta (meses)	Fórmula fertilizante	Unidad (g)
1	12-24-12 o 10-30-10	10
2 - 3	15-15-15	10
3,5 - 5	15-15-15	12

La Empresa Agroindustrial Ceballos implementa un programa integral para el manejo del cultivo de la piña. Este programa se detalla en la tabla 35.

Tabla 35. Programa integral de suministro de nutrientes para Española roja en la Empresa Agroindustrial Ceballos, UEB "Producción de Piña" (2021).

Plantación			
Días	**Fertilizantes**	**Dosis (ha)**	**Forma aplicación**
10	Microorganismos Eficientes	20 L	Aspersión foliar
30	Fórmula Completa (N-P-K)	270 kg	Al lado de la planta
60	Fitomas-E + Humus líquido	3 L + 5 L	Aspersión foliar
100	Triple 18-18-18 (N-P-K)+ Hierro	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar
130	Fitomas-X + Magnesio	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar
180	Triple 18-18-18 (N-P-K)+ Hierro	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar
220	Fitomas-E + Magnesio + Zinc	2 L + 2 kg + 2 kg	Aspersión foliar
260	Triple 18-18-18 (N-P-K)+ Hierro	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar
300	Fitomas-E + Hierro	2 kg + 2 kg	Aspersión foliar
Inducción de floración			
	Inductor Floración + Urea + Cal	250 mL + 5 kg + 600 g	Aspersión foliar
Manejo de frutos			
90	Fitomas-E	2 L	Aspersión foliar
110	Triple 18 (18-18-18) + Sulfato Zinc	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar
120	Triple 18 (18-18-18) + Sulfato Zinc	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar

A partir de la primera cosecha (Soca)			
Días	**Fertilizantes**	**Dosis (ha)**	**Forma aplicación**
10	Microorganismos Eficientes	20 L	Aspersión foliar
30	Fórmula Completa (N-P-K)	200 kg	Al lado de la planta
60	Fitomas-E + Humus líquido	2 L + 5 L	Aspersión foliar
90	Triple 18-18-18 (N-P-K) + Hierro	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar
100	Microorganismos Eficientes	20 L	Aspersión foliar
130	Fitomas-E + Magnesio + Zinc	4 L + 2 kg + 2 kg	Aspersión foliar
160	Triple 18-18-18 (N-P-K) + Hierro	3 kg + 2 kg	Aspersión foliar
Manejo de frutos			
90	Fitomas-E	2 L	Aspersión foliar
110	Triple 18 (18-18-18) + Sulfato Zinc	5 kg + 2 kg	Aspersión foliar

Evaluación de la fertilidad del suelo y cálculo de dosis a partir de análisis de suelo

Los resultados de los análisis químicos de suelos se interpretan mediante tablas de interpretación, como la que se utiliza en Cuba para evaluar la disponibilidad de P y K por el método de Oniani. Esta tabla se aplica principalmente a suelos rojos, como los ferralíticos, ferralsoles y ferríticos. Su uso proporciona información sobre el estado de fertilidad del suelo. En otras regiones, para determinar el fósforo y el potasio disponible para el cultivo, se emplea el método de Bray y Kurtz.

La dosis de fósforo se determina con base en la extracción del cultivo y el rendimiento esperado, ya que no se han informado respuestas a la fertilización con este nutriente. Es posible aplicar fósforo para dos cosechas, según los contenidos del nutriente en el suelo. Esta recomendación se basa en las dosis indicadas en la tabla 36 por diversas fuentes bibliográficas (García, 2018; MINAG, 1985).

Tabla 36. Aplicaciones de fertilización fosfórica para dos años. Tomado de García (2018).

Contenido de Fósforo en el suelo (mg/100g) de P_2O_5		**Clasificación del suelo según el contenido de P**	**Dosis de P_2O_5 g/planta (suficiente para 2 cosechas)**
Método de Bray y Kurtz	**Método de Oniani**		
< 0,06	< 3,47	Deficiente	4
0,86- 1,52	3,48-6,29	Bajo	2
1,53-3,90	6,30-13,45	Suficiente	No aplicar
> 3,39	> 13,45	Excesivo	No aplicar

En relación con las dosis de potasio, Torres et al. (1985) y Treto (1991) estudiaron el efecto de 0, 6, 12 y 18 g/planta en diversos indicadores agronómicos y de calidad. Estos indicadores incluyeron el rendimiento, el peso del fruto, el número de vástagos basales, el contenido de vitamina C, la acidez, los ºBrix y la relación ºBrix/acidez. Los autores encontraron un efecto positivo en esos parámetros hasta la dosis de 12 g de K/ planta, mientras que la aplicación de 18 g no mostró una ventaja superior a la dosis anterior.

Para definir la fertilización con potasio es necesario disponer de análisis de suelo. Las dosis dependen del contenido de este elemento en el suelo, del rendimiento esperado, del cultivar utilizado, del tipo de suelo y del clima, entre otros factores. En la tabla 37 se presentan las dosis recomendadas de potasio según la disponibilidad del nutriente en el suelo, para la aplicación en soco o en fomento. (MINAG, 1985; Peña-Alderí et al., 1996; C. García, 2018).

Tabla 37. Clasificación del K disponible en el suelo para las plantas de piña por el método de Oniani y dosis a aplicar. Tomado de Peña-Alderí et al. (1996) y García (2018).

Contenido de K en el suelo mg K_2O/100 g	Clasificación	Dosis g/planta	
		Fomento	Soca
< 17	bajo	12	8
17 - 30	medio	6	4
< 30	alto	Solo a rotación con otros cultivos	

La tabla 38 contiene una propuesta de dosis de nutrientes para la piña. Estas dosis se establecen de acuerdo con el tipo de suelo disponible. También consideran la categoría del contenido de fósforo y potasio en el terreno.

Tabla 38. Dosis de K por planta de acuerdo al contenido de K disponible en el suelo para suelos ferralíticos rojos y similares de la región central de Cuba (Modificado de (Peña-Alderí, 1984; Treto, 1991).

Contenido de K en el suelo mg K_2O/100 g	Clasificación	Dosis de K g/planta		
		Fomento	Soca	Para 3 años
> 30	bajo	12	8	18
17 - 30	medio	6	4	12
< 17	alto	No aplicar		7

El Ministerio de Agricultura propone un esquema de fertilización para plantaciones de fomento en diferentes tipos de suelo. Esta propuesta se puede consultar en la tabla 39. Por otro lado, la tabla 40 detalla la propuesta de fertilización por planta, la cual distingue entre las fases de fomento y soca.

Tabla 39. Dosis de nutrientes a aplicar en las plantaciones en fomento. Tomado de García (2018).

Rendimiento (t/ha)	Tipo se suelo	N	Dosis de aplicación (g/planta)			
			Categoría de contenido			
			Bajo		Alto	
			P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
<15	Arenosos	8,0	2,0	9,0	1,0	8,0
	Arcillosos	7,0	3,0	8,0	2,0	7,0
15-30	Arenosos	10,0	3,0	15,0	2,0	10,0
	Arcillosos	9,0	4,0	14,0	3,0	9,0
>30	Arenosos	12,0	4,0	18,0	3,0	12,0
	Arcillosos	11,0	5,0	17,0	4,0	11,0

Nota: En las plantaciones de Soca y Resoca en función de su desarrollo se aplicará el 70 % de estas dosis.

Tabla 40. Propuesta de fertilización N P K en fomento y soca (IIFT, 2009).

Elemento	Fomento		Soca	
	g/planta	kg/ha	g/planta	kg/ha
Nitrógeno	8 a 12	400 a 600	6 a 9	280 a 420
Fósforo	1 a 3	50 a150	1 a 2	35 a 105
Potasio	10 a 14	500 a 700	7 a 10	350 a 490

Magnesio: Este elemento, en equilibrio con el potasio, desempeña una función importante para incrementar los rendimientos en piña. En suelos con un contenido menor a 0,1 meq/100 g de MgO, se recomienda una aplicación de 5 g/ planta. Para suelos que presentan valores entre 0,2 y 0,8 meq/100 g de MgO, la dosis se reduce a 2,5 g/ planta. No se requiere aplicación cuando el nivel en el suelo supera los 0,8 meq/100 g.

Calcio: requiere suelos con un pH entre 4,5 y 6,5. Por esta razón, se debe evitar la aplicación de calcio dentro de este rango. Solo se considera su uso como enmienda química cuando los valores de pH son inferiores a 4,5.

Hierro: en suelos Ferralíticos resulta necesaria su aplicación foliar. Se pueden aplicar hasta 8 kg/ha de sulfato ferroso, distribuidos en tres o cuatro aplicaciones para la planta y la soca, respectivamente. Esta aplicación se realiza de forma conjunta con urea a0,3 g/planta, ajustado según la densidad de plantación y ácido cítrico a razón de 1,7 kg/ha.

Boro, Zinc, Azufre y Cobre: la aplicación de estos elementos se realiza exclusivamente cuando se detectan deficiencias. Si se decide aplicar los microelementos de forma conjunta, se deben programar al menos tres aplicaciones durante el desarrollo vegetativo del cultivo. Las dos primeras aplicaciones se realizan a los cuatro y seis meses después de la plantación; para ello se disuelven 100 g de sulfato de zinc y 50 g de sulfato de hierro por cada 100 L de agua. La tercera aplicación se efectúa a los ocho meses de edad y consiste en aplicar 100 g de Bórax por cada 100 L de agua empleados.

Cuando se aplican microelementos utilizando como fuentes los sulfatos se debe acidificar la solución para aumentar la eficiencia de absorción. Por ello, a cada 100 L de agua se le agregan 40 g de ácido cítrico.

Evaluación de la nutrición de las plantas de piña mediante el análisis foliar

Además de la evaluación de los nutrientes disponibles en el suelo mediante su análisis químico, es importante determinar el contenido de nutrientes en las plantas en cultivos perennes como la piña. Por esta razón se debe realizar un análisis foliar. El análisis foliar es una práctica común para determinar el estado nutrimental del cultivo una vez que se ha establecido. La evaluación del estado nutricional se realiza mediante la comparación de los resultados de los análisis con tablas de interpretación específicas. Un ejemplo es la tabla 41, que se utiliza en Costa Rica bajo condiciones similares a las de Cuba.

Recolección de las muestras de suelo y foliar

Para lograr el éxito en la determinación de las dosis de nutrientes con base en los análisis químicos del suelo y de las plantas, es imprescindible realizar un muestreo y una preparación de muestras correctas antes de su envío al laboratorio. Ningún análisis puede superar en calidad a la muestra que lo origina. Por ello, la representatividad y el manejo adecuado de las muestras constituyen la base fundamental de cualquier diagnóstico nutricional confiable.

En el caso específico del cultivo de piña, un análisis de fertilidad del suelo confiable requiere tomar muestras a una profundidad de 0 a 25 cm. Primero se debe dividir el terreno en lotes homogéneos, con una extensión recomendada entre 1 y 10 ha. De cada uno de estos lotes es necesario obtener y combinar 25 submuestras para formar una muestra compuesta representativa.

Tabla 41. Valores de referencia para interpretar análisis foliar en piña MD2 (Molina, 2013).

Elemento	Unidad	Rango		
		Bajo	Medio	Alto
N	%	<1,5	1,5-2,0	>2,0
P		<0,1	0,1-0,2	>0,2
K		<3,0	3,0-3,5	>3,5
Ca		<0,4	0,4-0,6	>0,6
Mg		<0,25	0,25-0,4	>0,4
S		<0,1	0,1-0,2	>0,2
Fe	mg/kg	<50	50-150	>150
Cu		<10	10-50	>50
Zn		<20	20-40	>40
Mn		<60	60-200	>200
B		<20	20-25	>25

El muestreo de suelo debe programarse con suficiente anticipación, esto permite recibir los resultados del laboratorio a tiempo para definir el sistema de nutrición desde el momento de la plantación. Se recomienda ejecutar esta actividad antes del inicio de la época de lluvias.

Una muestra compuesta de suelo, con un peso aproximado de 1 kg, se integra por varias porciones de tamaño similar (conocidas como submuestras). Estas submuestras se obtienen en diferentes puntos de una unidad de muestreo predefinida. Luego se mezclan de forma homogénea para garantizar que la información refleje un valor promedio del nivel de fertilidad u otros indicadores de las propiedades del suelo.

El instrumento de muestreo debe cumplir dos condiciones importantes:1) debe permitir extraer una capa uniforme desde la superficie hasta la profundidad establecida; 2) debe garantizar la obtención de un volumen constante de suelo en cada extracción.

La figura 43 ilustra diferentes tipos de barrena, cuya selección depende de las características del suelo. Si no se dispone de una barrena es posible utilizar herramientas alternativas como una pala o un pico para realizar la extracción de las muestras.

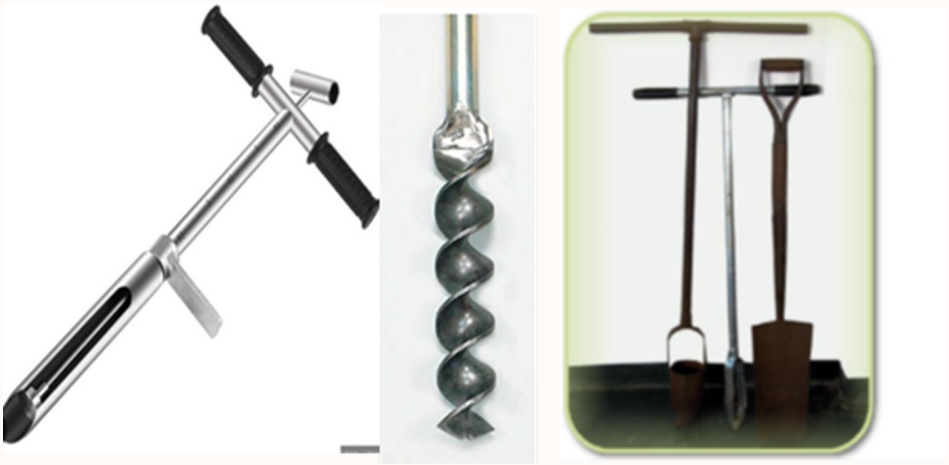


Figura 43. Diferentes instrumentos para recolectar muestras de suelo.

Para recolectar cada submuestra se pueden utilizar varios recorridos que permitan calidad del muestreo y eficiencia en relación con el tiempo (Figura 44).

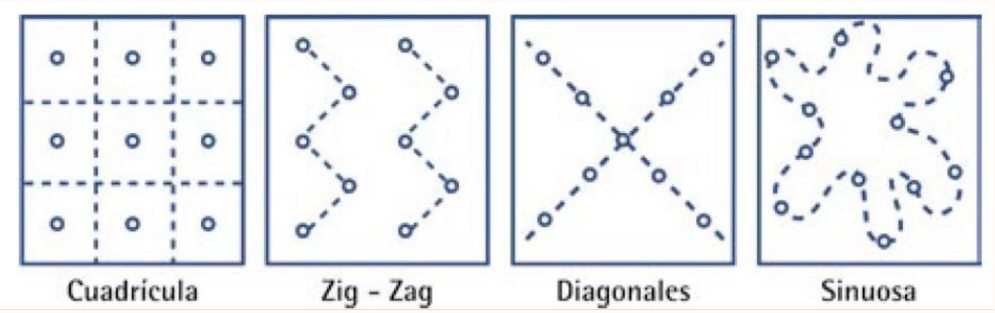


Figura 44. Distintos tipos de muestreo y recorridos. Fotos tomadas de Aloé & Toribio (2007).

Para el análisis foliar la hoja a recolectar es la denominada hoja D (Figura 45) Para extraerla completamente con su base es necesario moverla suavemente de un lado a otro



Figura 45. Preparación para enviar al laboratorio la muestra de hoja D. Fotos tomadas de Vargas (2010) y Saavedra et al. (2022).

La base de la hoja (la parte blanca y de 10 cm aproximadamente) es muy importante ya que esta es la que se utiliza en el laboratorio para determinar la concentración de la mayoría de los nutrientes (fósforo, calcio, magnesio, potasio, azufre y micronutrientes) y con el tercio medio de la hoja (parte verde) se analiza el nitrógeno.

La evaluación del contenido de nutrientes en la planta se realiza mediante recolección de muestras foliares entre las semanas 16 y 30 después de plantada y la edad óptima es entre la semana 20 y 24.

El tamaño de la muestra para recolectar hojas debe ser de 20 a 25 plantas por lote de la misma edad y el lote no debe ser mayor a 3 ha, para asegurar que la muestra sea representativa. La muestra no debe contaminarse ni se debe demorar su envió al laboratorio. Si esto no es posible, debe refrigerarse a 5 ^{o}C y solamente por 24 h.

Es importante preparar correctamente las muestras para enviarlas al laboratorio, como se muestra en la figura 45, con una identificación clara y envasada en una bolsa de papel o si es de plástico, debe estar horadada y no dejarlas al sol.

Los resultados del análisis de las hojas D son utilizados para realizar ajustes al plan de fertilización. La muestra tomada antes de la inducción floral aporta información para complementar la fertilización posinducción, la cual es requerida para mejorar el llenado y la calidad del fruto. En la tabla 42 se puede apreciar un ejemplo de los resultados del análisis foliar realizados por Molina (2018a).

Tabla 42. Interpretación de los resultados de análisis foliar en plantas de Piña. Tomado de Molina (2018a).

Elemento	Unidad	Rango		
		Bajo	Medio	Alto
N	%	<1,5	1,5 - 2	> 2
P		0,1	0,1 - 2,0	> 2
K		< 0,30	0,30 - 3,5	> 3,5
Ca		< 0,4	0,4 - 0,6	> 0,6
Mg		< 0,25	0,25 - 0,4	> 0,4
S		< 0,1	0,1 - 2,0	> 2
Fe	mg/kg	< 50	50 - 159	150
Cu		< 10	10 - 50	> 50
Zn		< 20	20 - 40	> 40
Mn		< 60	60 - 200	> 200
B		< 20	20 - 23	> 25

Diagnóstico visual de deficiencias nutritivas en las plantas de piña

La coloración de las hojas y el aspecto general de la planta funcionan como indicadores de su estado nutricional. Estos indicadores pueden confundirse con los daños causados por una plaga o una enfermedad. Una planta que recibe una nutrición adecuada presenta una coloración verde olivo homogénea. Además, muestra un crecimiento balanceado entre la raíz y el follaje, así como hojas de consistencia firme.

El epígrafe sobre el papel de los nutrientes en las plantas de piña describe los principales síntomas de las deficiencias nutricionales, con esta descripción se puede realizar un diagnóstico visual. Este método permite reconocer deficiencias o excesos de nutrientes, junto con las condiciones en que aparecen, sin necesidad de un análisis químico del suelo o de la planta. El diagnóstico se basa en la observación del entorno, aunque existen ciertas deficiencias de nutrientes que no muestran síntomas tan particulares ni generalizados. Este es un método práctico, rápido y económico, por esta razón, todo especialista agrícola debe tener un dominio, aunque sea general, de su aplicación. No se debe hacer una valoración excesiva de sus posibilidades, ya que en el diagnóstico influye una multitud de factores. Los especialistas que lo utilicen deben conocer esos factores para obtener buenos resultados.

Los síntomas pueden corresponder a una combinación de deficiencias de varios nutrientes. También pueden aparecer síntomas por causas no directamente relacionadas con la nutrición.

Para diferenciar si un síntoma visual responde a una falta de nutriente en el suelo o a otras causas, se pueden tomar en cuenta las siguientes ideas:

1. Los síntomas de deficiencia de nutrientes generalmente ocurren en áreas compactas dentro de los campos. No suelen presentarse en plantas individuales, a diferencia de lo que ocurre con la presencia de plagas, enfermedades o daños físicos. Para confirmar el diagnóstico, se puede revisar la presencia de insectos o síntomas de enfermedades. Si es necesario, se debe consultar a un entomólogo o a un fitopatólogo.
2. Los síntomas causados por productos químicos o por un exceso de humedad también pueden ocurrir en manchas. Por lo tanto, es importante estudiar el historial del campo para prever su ocurrencia.
3. Los síntomas de deficiencia nutricional generalmente se presentan de forma simétrica.

Diagnóstico mediante aspersión del nutriente con deficiencia

Las plantas pueden demorar en manifestar un síntoma de deficiencia nutricional o incluso no hacerlo visible durante la fase de hambre oculta. Sin embargo, estas son capaces de responder con cierta rapidez tras la aplicación del nutriente que presenta deficiencia. Las mejores respuestas se obtienen cuando la aplicación de los nutrientes se realiza de forma directa sobre las hojas y los tejidos vasculares, que son los canales por donde estos se movilizan dentro de la planta.

Esta técnica permite una primera comprobación del diagnóstico visual de las deficiencias nutricionales. Para el diagnóstico por aspersión, se seleccionan plantas o una pequeña parcela del cultivo que muestren síntomas aparentes de una deficiencia. Sobre el follaje seleccionado se aplica una disolución diluida del nutriente que se desea evaluar.

Las concentraciones adecuadas para oligoelementos suelen oscilar entre 0,1 y 1,0 %. Para los macroelementos, se recomienda un rango entre 1 y 4 % (Wallace, 1943). Valenzuela et al. (1993) propusieron, disoluciones específicas contentivas de microelementos, las cuales se detallan en la tabla 43.

Tabla 43. Propuesta de disoluciones nutritivas para realizar el diagnóstico por aspersión e inyección.

Sal	Concentración g/L
$ZnS0_4$	5,9
$MnS0_4$	5,9
$CuS0_4$	5,9
Bórax	2,4
Na_2MoO_4	0,15[1]

Las parcelas tratadas con cada nutriente se identifican de manera precisa. Se anticipa una respuesta observable entre los siete y los quince días posteriores a la aplicación. Esta respuesta se manifiesta principalmente como alteraciones en la coloración de las hojas o del follaje en su conjunto. El período de espera corresponde al tiempo necesario para que la planta complete la absorción y el metabolismo de cada nutriente aplicado.

Otros métodos organolépticos para evaluar la calidad del suelo

La calidad de los suelos se relaciona de forma directa con el éxito del manejo en una plantación de piña. La evaluación del estado y la salud del suelo convencionalmente se realiza mediante análisis químicos y físicos de suelo y de tejido vegetal en laboratorios especializados. No obstante, el proceso que comprende el muestreo, el análisis y la entrega de resultados a agricultores y técnicos implica un tiempo prolongado. Además, estos procedimientos suelen representar un costo elevado.

Debido a estas limitaciones, la FAO ha propuesto la utilización de métodos de análisis basados en el uso de los órganos de los sentidos humanos, como la vista y el olfato, así como en intercambios entre personas. La tarjeta que se presenta a continuación constituye la base de este método (Tabla 44). En primer lugar, se completa la información solicitada en el formato. Posteriormente, se evalúan los indicadores de calidad del suelo según los procedimientos que se detallan.

Tabla 44. Tarjeta de la evaluación y cálculo de los indicadores y del índice de calidad del suelo (Modificado de Shepherd et al. (2008) y Noellemeyer et al. (2021).

Tarjeta para la evaluación visual de la calidad de los suelos agrícolas					
Propietario		**Uso del suelo**			
Ubicación del Sitio		**Coordenadas**			
Ambiente		**Fecha**			
Profundidad de la muestra		**Clasificación taxonómica**			
Posición en el relieve		**Clasificación de uso**			
Clase textural en la superficie	Arenoso	Franco	Limoso	Arcilloso	Otra
Humedad	Seco	Poco Húmedo	Húmedo	Muy Húmedo	Mojado
Condiciones climáticas de la estación	Seca	Húmeda	Fría	Cálida	Promedio
Indicadores visuales de calidad de suelos		Evaluación visual (EV) 0= condición pobre 1= condición moderada 2= condición buena		Ponderación	EV
Textura				x3	
Estructura				x3	
Porosidad				x3	
Color				x2	
Abundancia y color de moteados en el suelo				x2	
Contenido de lombrices				x3	
Profundidad de penetración de las raíces (m)				x3	
Encharcamiento superficial				x1	
Costra superficial y cobertura superficial				x2	
Erosión del suelo (Eólica/hídrica)				x2	
Índice de calidad de suelo (Suma de puntajes EV)					
Evaluación de la calidad del suelo				**Índice de Calidad**	
Notas		Pobre		0-30	
		Moderado		30-45	
		Bueno		45-60	

Para completar los datos de la tarjeta se puede emplear el folleto "Evaluación visual del suelo, Guía de campo" de Shepherd et al. (2008) o el "Manual para la evaluación organoléptica de la salud de los suelos y el estado nutricional de los cultivos" (Herrera-Altuve, 2025). Estas fuentes proporcionan metodologías validadas para la evaluación cualitativa de las propiedades del suelo. Su uso facilita la estandarización de las observaciones y mejora la confiabilidad de los datos recopilados en campo.

Abonado verde y cultivos de cobertera

Una de las formas más eficientes y económicas para incrementar la fertilidad del suelo consiste en la incorporación del rastrojo al final del ciclo de cosecha. Esta labor incrementa el contenido de materia orgánica y estimula la actividad microbiana del suelo. En el cultivo de la piña, la mayor parte del nitrógeno, fósforo y potasio se transloca al follaje, por lo cual la incorporación de estos residuos al suelo resulta una práctica fundamental para el reciclaje de nutrientes.

En sistemas de cultivo de bajos recursos de algunos países, se ha implementado el uso de cultivos de cobertura como abono verde al final del ciclo de la piña. Esta práctica involucra la siembra de mucuna (*Mucuna pruriens* (L.) DC), una leguminosa agresiva que fija nitrógeno atmosférico. Esta especie no requiere suelos de alta calidad y si se cosechan sus semillas, no presenta riesgo de convertirse en una arvense problemática.

El mucuna es un abono verde de crecimiento rápido que mejora la fertilidad del suelo mediante la incorporación de materia orgánica. Además, modifica favorablemente las propiedades físicas del suelo, en especial aquellas relacionadas con los procesos de infiltración de agua. Su uso también protege al suelo de la erosión y reduce el escurrimiento superficial.

La implementación del abonado verde es preferible en condiciones donde el agua no es un factor limitante. También se recomienda cuando el cultivo principal no ocupa el terreno por periodos prolongados, cuando no es viable un cultivo con rendimiento económico inmediato, o cuando la leguminosa empleada posee un valor económico adicional.

Coberturas al suelo

En áreas reducidas donde no sea aconsejable sembrar un abono verde, se puede establecer una cobertura del suelo con restos de cultivos. Entre los materiales utilizados se encuentran la paja de arroz, el palo de tabaco, el bagazo de caña, desechos vegetales y mantas de polietileno negro. El objetivo principal de esta cobertura es preservar la humedad del suelo.

Además de conservar la humedad, la cobertura evita las pérdidas de elementos minerales por volatilización y arrastre. Esta práctica mejora el control de malezas, regula la temperatura del suelo y mitiga sus cambios bruscos. Asimismo, modifica el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera.

El uso de una cobertura plástica constituye una técnica efectiva para disminuir el desarrollo de arvenses y reducir la pérdida de agua. Sin embargo, este método incrementa los costos del cultivo. Exige además la remoción del plástico al finalizar el ciclo para evitar la contaminación del suelo.

Fases de desarrollo del cultivo y requerimientos

Para obtener un alto rendimiento, así como una elevada eficiencia fisiológica, económica y una calidad óptima en la piña, se debe considerar la absorción y acumulación de nutrientes en sus distintas fases de desarrollo. Este enfoque permite realizar un seguimiento preciso de la demanda nutricional de cada planta. Su objetivo es lograr la mayor concordancia posible entre el suministro de nutrientes y dicha demanda, identificar los momentos en que los elementos son más necesarios y determinar las cantidades correctas que deben ponerse a disposición del cultivo.

La absorción de nutrientes se mantiene muy baja durante los primeros seis meses de desarrollo de la planta, etapa en la que solo ocurre el 7 % de la absorción total. La mayor absorción de nutrientes tiene lugar entre los seis y los doce meses de crecimiento. Este patrón define los períodos críticos para la fertilización.

La variedad es un factor importante en la fisiología de la nutrición de la piña. Cada cultivar presenta requerimientos y exigencias nutricionales específicas. Por lo tanto, el manejo de la fertilización debe adaptarse a las características particulares de cada variedad.

La piña se considera un cultivo moderadamente tolerante a la salinidad (Tabla 45). Esta tolerancia se expresa con una conductividad eléctrica (CE) del suelo que puede alcanzar hasta 3 mS/cm sin causar daños severos. No obstante, la piña es sensible a las altas concentraciones de cloro.

El efecto tóxico del cloro se debe a que este anión restringe la formación de combinaciones orgánicas de fósforo. Esta limitación afecta negativamente el metabolismo de los hidratos de carbono. Además, el cloro restringe la actividad hidrolítica de las enzimas que son responsables del traslado del almidón desde las hojas hacia otras partes de la planta.

Tabla 45. Valores de tolerancia de la piña a la salinidad.

Tolerancia de los cultivos a la salinidad	CE en el cual la pérdida de la producción comienza (ds/m)
Sensible	< 1,3
Moderadamente sensible	1,3 - 3,0
Moderadamente Tolerante	3,1 - 6,0
Tolerante	6,1 -10,0
Inadecuado para la mayoría (a menos que la reducción de producción sea aceptable)	>10,0



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aloé, J., & Toribio, M. (2007). *Fertilización del cultivo del trigo*. http://www.profertilnutrientes.com.ar/images/archivos/25.pdf

Altamirano, V. E. (2018). Uso de micorrizas en el cultivo de la piña. *Serie Frutales*, *47*, 4.

Bartholomew, D., Coppens d'Eeckenbrugge, G., & Ching-Cheng, C. (2010). Pineapple. *Hortscience*, *45*(5), 740-742.

Bartholomew, D., Paull, R., & Rohrbach, K. (2002). *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. University of Hawaii at Manoa.

Chacin, L. (s. f.). *Manejo de nutrición vegetal Piña*. https://www.academia.edu/39267709/Manejo_Integrado_PI%C3%91A_Incremento_de_la_Productividad

Cháves, L., Escalante, M., & Flores, A. (2021). Manejo y aprovechamiento de estiércoles en la agricultura sostenible. *Revista agronómica Latinoamericana*, *45*(2), 112-125.

Coppens d'Eeckenbrugge, G., & Leal, F. (2003). Morphology, Anatomy and Taxonomy. En D. Bartholomew, R. Paull, & K. Rohrbach (Eds.), *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 13-22). CABI Publishing.

Cubero, D., & Meza, V. (2014). *Técnicas agroambientales para el manejo del cultivo de la piña*. Ministerio de Agricultura de Costa Rica.

DAFW. (2020). *IPM for Pineapple* (Department of Agriculture and Farmer Welfare). NIPHM and Directorate of Plant Protection, Quarantine & Storage, Ministry of Agriculture and Farmer Welfare.

Ebel, A., Itati Giménez, L., González, A. M., & Luaces, A. (2016). Evaluación morfoanatómica de hojas "D" de piña (Ananas comosus (L.) Merr. Var. Comosus) en respuesta a la implantación de dos sistemas de cultivo en Corrientes, Argentina. *Acta Agronómica*, *65*(4), 390-397.

Ephytia. (2022). *Tropifruit-Ceratocystis paradoxa*. http://ephytia.inra.fr/fr/C/26661/Tropifruit-Ceratocystis-paradoxa

FAOSTAT. (2024). *Production/Yield Data for pineapples*. http://www.fao.org/faostat/

García, C. (2018). *Manual Práctico de Fertilización*. Servicio Pedólogo-Agroquímico, Departamento de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura.

García, M. (1980). Influencia de la fertilización fosfórica sobre el cultivo de la piña Ananas comosus Mer variedad Española roja. *Cultivos Tropicales*, *2*(1), 47-57.

Hernández, A., Pérez-Jiménez, J. M., Mesa-Nápoles, Á., & others. (1995). *Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*.

Hernández, L., Ramos, P., García, G., Zamora, V., Peña, I., Perez, J., & Ferriol, X. (2013). Distribution of mealybug wilt of pineapple (Ananas comosus (L.) Merr) disease in commercial fields in Cuba. *CitriFrut*, *30*, 43-54.

Herrera-Altuve, J. A. (1975). Etude de L'absorption et de la Localisation Du P des Superphosphates Dans L'ananas en Comparant Deux Niveaux de N et K et Deux Techniques D'application. *Fruits*, *30*(6).

Herrera-Altuve, J. A. (2025). *Manual para la evaluación organoléptica de la salud de los suelos y el estado nutricional de los cultivos*. Universidad Agraria de la Habana.

IIFT. (2009). *Guía técnica del cultivo de la piña*. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Minag.

Isidrón, M. (2002). *Algunas consideraciones técnicas acerca del establecimiento y atenciones al cultivo de la piña*. Ed. Ciego de Ávila, Centro de Bioplantas.

Isidrón, M. (2003). *Germoplasma de piña: Colecta, caracterización y conservación. Multiplicación de ecotipos de interés a la producción. Informe Final Proyecto* (p. 15). Programa Nacional Científico-Técnico de Mejoramiento Vegetal y Recursos Fitogenéticos No.: -01500057.

Isidrón, M., Benega, R., Cisneros, A., Arias, E., Lorenzo, J., Espinosa, P., & Borroto, C. (1999). Application of biotechnological and traditional methods in Cuban pineapple breeding program. *Pineapples News*, *6*, 17.

Isidrón, M., Rosales, Y., Pifferrer, A., Cisneros, A., Benega, R., & Carvajal, C. (2003). Caracterización del germoplasma de piña colectado en Cuba mediante prospección nacional: I localización, diversidad genética y situación actual. *Revista Cultivos Tropicales*, *24*, 65-71.

Matos, A., & Reinhardt, D. (2009). Pineapple in Brazil: Characteristics, Research and Perspectives. *Proc. VIth IS on Pineapple*, *822*, 25-33.

MINAG. (1985). *La Clasificación Agroproductiva*. Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes.
MINAG. (2024). *Informe sobre producción y perspectivas*.
Molina, R. (2013). *Curso de Manejo y Nutrición del Cultivo de la Piña*.
Molina, R. (2018a). *Establecimiento y manejo de suelos en Piña*.
Molina, R. (2018b). *Nutrición y fertirriego en piña*.
Morejón, Y., Lorente, G., & Laffitte, O. (2023). Efecto de Microorganismos Eficientes (Me-50) En Piña (Ananas comosus var. Comosus) 'Md-2'. *Universidad & Ciencia*, *12*(2), 97-111.
Noellemeyer, E., Alvarez, L., Leizica, E., Gómez, F., Quiroga, A., Fernández, R., & Alvarez, C. (2021). *Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo*. Cátedra de Edafología y Manejo de Suelos, Universidad Nacional de La Pampa.
Olivera, D. (2012). *Los suelos de Cuba*. https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2012/04/16/143685
Paul, S., & Rakshit, A. (2021). Effect of seed bio-priming with Trichoderma viride strain BHU-2953 for enhancing soil phosphorus solubilization and uptake in soybean (Glycine max). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*(2), 1041-1052.
Peña-Alderí, H. (1984). *Efecto de la fertilización y la edad alcanzada por la planta en el momento de la floración sobre el desarrollo y producción de la piña Ananas comosus Merr cultivar Española roja* [PhD Thesis]. Universidad de Ciencias Agrícolas Keszthely.
Peña-Alderí, H., Díaz-Álvarez, J. A., & Martínez-Rodríguez, T. (1996). *Fruticultura Tropical, Primera parte*. Instituto Colombiano Para el Fomento de la Educación Superior.
Pérez-Vicente, L., Santana, Y., García, O., Lovaina, Y., Pérez-Miranda, M., Rodríguez, J. A., & de Ávila, R. (2017). Eficacia de fungicidas antioomycetes en la desinfección de hijos de piña MD2 para el control de Phytophthora nicotianae var. Parasitica Dastur. *Revista de Protección Vegetal*, *32*(2).
Py, C., Lacoeuilhe, J., & Teisson, C. (1987). *The Pineapple: Cultivation and Uses*. G.P. Maisonneuve et Larose.
Rebolledo, M. A., Uriza, A., del A. Pérez, A., Rebolledo, L., & Zetina, L. (2011). *La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2*. Campo Experimental Cotaxtla.
Rodríguez, D., Isidrón, M., Alfonso, D., Grajal, M. J., Hormaza, J. I., & Herrera, L. (2017). Diversity of pineapple genetic resources in Cuba: Threats and actions for minimizing losses. *Fitotecnia Mexicana*, *40*(1), 93-101.
Saavedra, R., Vásquez, H. D., Canacuán, J. A., & Quintero, M. A. (2022). *Plan de fertilización para la piña MD2 [Ananas comosus (L.) Merr.] en la zona de ladera del Valle del Cauca*.
SENASICA. (2013). *Fusariosis de la piña (Fusarium guttiforme Nirenberg & O'Donnell)*. Dirección General de Sanidad Vegetal, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria.
Shepherd, T. G., Stagnari, F., Pisante, M., & Benites-Jump, J. (2008). *Evaluación visual del suelo, Guía de campo*. FAO.
Soler, A., & Dole, J. (2006). Pineapple Multiplication: Practical Techniques for Small Farms. *Pineapple News*, *13*.
Teiwes, G., & Gruneberg, F. (1963). Conocimientos y experiencias en la fertilización de la piña. *Boletín Verde (Hannover)*, *3*(1), 67-23.
Torres, E., Crispin, E., & Domínguez, Q. (1985). Influencia de diversas dosis de fertilizantes sobre la calidad de la piña Ananas comosus Mer variedad Española roja. *Cultivos Tropicales*, *7*(2), 47-55.
Treto, E. (1991). *Nutrición y fertilización de la piña: Resultados de 20 años de investigación en la piña* (p. 48). Instituto Nacional de Investigaciones Científicas.
UEB "Producción de Piña". (2021). *Tecnología en el cultivo de la piña española roja*. Empresa Agroindustrial Ceballos.
Uriza-Ávila, D. E., Torres-Ávila, A., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortéz, V. H., Zetina-Lezama, R., & Rebolledo-Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. En *Colección Trópico Húmedo* (pp. 212-215). Universidad Autónoma de Chapingo.
Valenzuela, H., Hamasaki, R. T., & Hori, T. M. (1993). *Field Tomato Production Guidelines for Hawaii*. https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/5496/1/RES-141.pdf
Vargas, F. (2010). *Fertilización mediante el método de stroller en el cultivo de piña (Ananas comosus (L.) Merr.) Híbrido MD-2, en la finca el tremedal S.A. San Carlos, Costa Rica* [Master's Thesis]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos.
Wallace, T. (1943). *The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. A colour atlas and guide.* https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19430301089

CubaFruta es un programa de cooperación que contribuye a garantizar la soberanía alimentaria en Cuba y a mejorar la gestión de la cadena de valor de la fruta en la provincia de Matanzas y es financiado por la Cooperación Italiana y ejecutado por la Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS), junto al Ministerio de Agricultura (MINAG), el Grupo Empresarial Agrícola (GAG), el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical y el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA).

Contactos:

Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS)

Edificio Someillán, Calle 17 / N y O, Vedado, La Habana, Cuba.

+53 78327079

lavana.aics.gov.it

aicslavana

aics_lavana

AICS La Habana



CUBA FRUTA

Ministero degli Affari Esteri
e della Cooperazione Internazionale

AGENZIA ITALIANA
PER LA COOPERAZIONE
ALLO SVILUPPO

MINAG
MINISTERIO DE LA AGRICULTURA

GAG
GRUPO AGRÍCOLA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

ISBN: 978-959-296-080-0

Financiado por la Cooperación Italiana