

## Categoría de Ficha

Las fichas Categoría A son medidas de sostenibilidad bioclimáticas valoradas como una práctica básica y necesaria como primer paso para la implementación de otras actividades, incluidas en: **Manual de Agricultura Sostenible con énfasis en Biodiversidad y Cambio Climático**

# A

## Medidas Relacionadas

- 2 Abonos orgánicos líquidos y sólidos
- 3 Reincorporación de residuos orgánicos
- 9 Control de deriva
- 12 Estimación de huella de carbono
- 26 Optimización del sistema de riego (SMH)
- 30 Mapas de sostenibilidad

## Estándares Internacionales relacionados con la medida

- Estándar para Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance 2020, V1.3. Requisitos: 4.4.6, 4.4.7
- Criterio de Comercio Justo- para Organizaciones de Pequeños Productores 2019, V2.5. Requisito: 3.2.22
- Aseguramiento Integrado Finca-Global GAP V5.4-1. Puntos de Control: CB/4.1, 4.2, 4.5



## Plazo de Implementación

Hasta 2 años

**giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

GIZ Costa Rica: giz-costa-rica@giz.de  
Elaborado: Mayo 2023 M.Sc. Mauricio Salas V

# Fertilización según análisis de suelo

FICHA

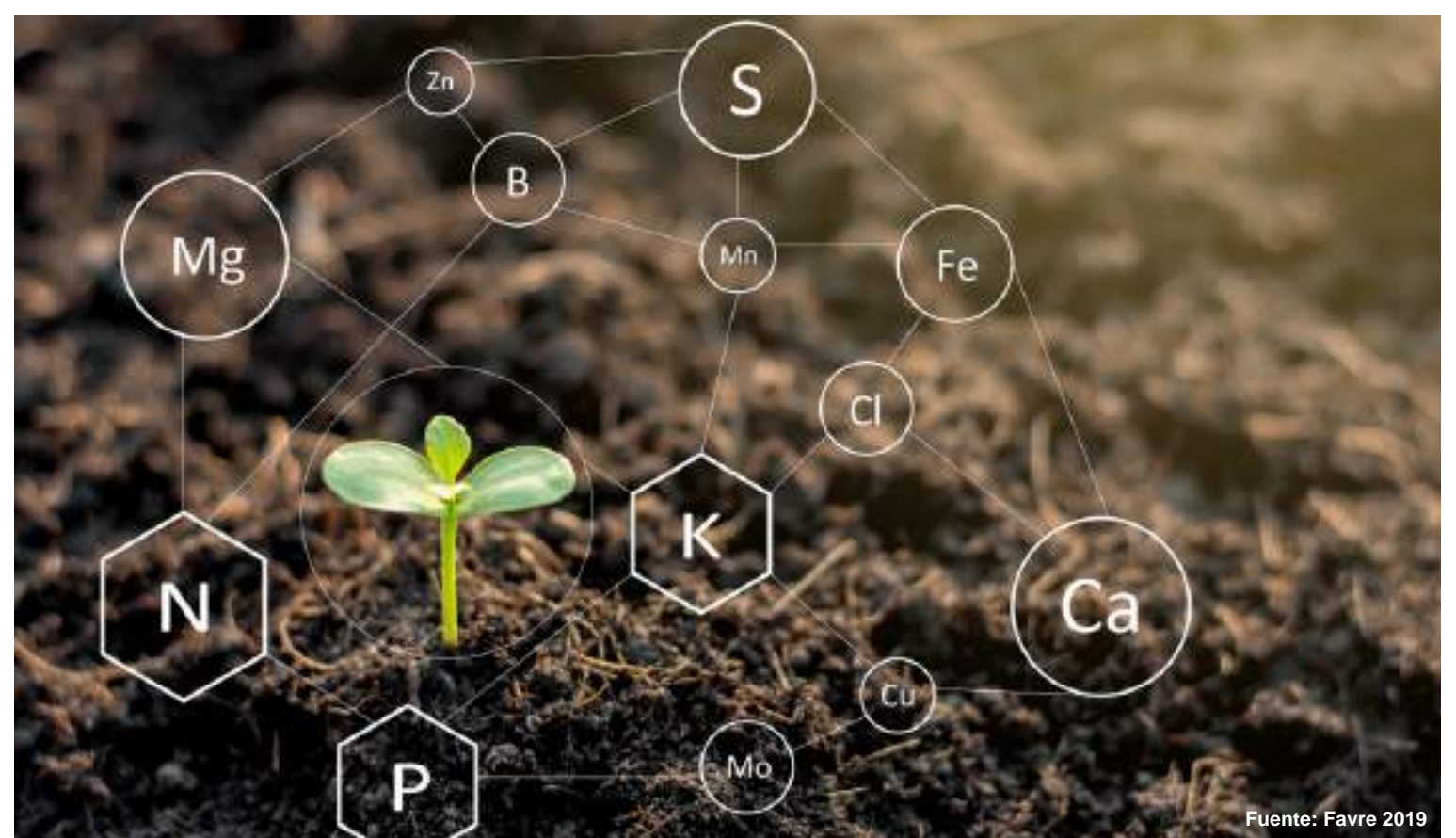
1

## Descripción de la medida

La agricultura en la actualidad afronta un gran desafío relacionado con la provisión de alimentos para una población mundial en crecimiento, siendo una limitante la expansión de la frontera agrícola, debido a la desertificación y a la necesidad de conservar los bosques y otros ecosistemas necesarios para la regulación del clima mundial. Por lo tanto, los sistemas de producción se han intensificado, exigiendo mayores rendimientos por hectárea; lo que conlleva a una mayor extracción de nutrientes del suelo que en muchas ocasiones este no puede proporcionar por sí solo<sup>1</sup>. Es por ello, que la fertilización es importante para la agricultura actual, pero esta debe de realizarse con la mayor eficiencia posible, para reducir su impacto en el medio ambiente.

Los fertilizantes son sustancias que se usan para aportar nutrientes a las plantas y potenciar su desarrollo y producción. Estos pueden ser de origen orgánico, a los que se les conoce como abonos orgánicos, o también pueden ser sintéticos o químicos, comúnmente referidos como fertilizantes químicos<sup>2</sup>. Los abonos orgánicos aportan nutrientes, pero sobre todo son utilizados en la agricultura convencional para mejorar las condiciones del suelo al aumentar el contenido de materia orgánica, que ayuda a mejorar la estructura del suelo, almacenar más humedad, regular la temperatura y aumentar la actividad microbiana. Mientras que los fertilizantes químicos proveen los nutrientes que las plantas necesitan y que faltan en el sistema agrícola<sup>3</sup>.

Por lo tanto, los fertilizantes están compuestos en mayor proporción por los nutrientes que la planta más necesita, llamados macronutrientes primarios, que son: el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); así como otros nutrientes que la



planta requieren en menor cantidad como los macronutrientes secundarios: azufre (S), magnesio (Mg) y calcio (Ca) y los micronutrientes (hierro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno y boro).

Por ejemplo, para plantaciones de banano en Costa Rica y Ecuador, los nutrientes que se aplican en mayor cantidad son el N y el K, inclusive cuando hay reservas en el suelo, ya que para este cultivo su extracción es muy alta especialmente en etapas de desarrollo y la fructificación. Sin embargo, también se aplican otros fertilizantes con Mg o S, pero únicamente en zonas donde estos nutrientes son deficientes en los suelos, para asegurar el adecuado desarrollo de las plantas y los frutos<sup>4</sup>. Por lo que es importante recalcar que la fertilización debe de planificarse no sólo con base en el cultivo, sino teniendo en cuenta que esta puede cambiar de un sitio a otro según la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y la productividad.

<sup>1</sup> Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. [Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.](#)

<sup>2</sup> ¿Qué es un fertilizante?. [Biofeed, 2020.](#)

<sup>3</sup> Fertilizantes y su uso. [FAO, 2002.](#)

<sup>4</sup> Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización. [Corbana, 1995.](#)



Sin embargo, existe otro parámetro que se debe de tomar en cuenta a la hora de fertilizar y es el tipo de fertilizante que se va a utilizar. Esto debido a que estos pueden aportar uno o varios nutrientes a la vez, según su tipo de formulación y estado<sup>5</sup>, existiendo cuatro tipos de fertilizantes:

- **Simples:** están formados por un nutriente básico. Por ejemplo, basados en urea, sulfato de amónico, superfosfatos o potásicos.
- **Combinados:** están formados por más de un nutriente principal y pueden estar combinados como: complejos (en un grano hay aportes de todos los nutrimentos del fertilizante unidos químicamente), compuestos (dentro de un mismo fertilizante hay granos con diferentes nutrientes, pero sin reacción química entre ellos) y mezcla (se mezclan diferentes fertilizantes simples).
- **Fertilizantes complejos líquidos:** pueden presentarse en suspensiones o en soluciones. Estos se aplican directamente sobre las hojas de las plantas haciendo su absorción más sencilla. Este tipo de fertilización es muy común tanto en piña como en banano, donde aplican normalmente en combinación con agroquímicos para reducir el costo de la aplicación<sup>6</sup>.
- **Fertilizantes de liberación lenta o controlada<sup>7</sup>:** permiten liberar poco a poco los nutrientes al suelo, reduciendo así la emisión de gases de efecto invernadero y la pérdida de estos por lixiviación (movilización desde la capa superficial del suelo hasta capas inferiores y/o mantos acuíferos). Normalmente están formulados para el N y se dividen en moléculas de baja solubilidad, inhibidores y fertilizantes recubiertos.

Adicionalmente, es importante tener en cuenta siempre que una incorrecta fertilización puede generar graves problemas al medio ambiente. Aplicar fertilizantes cerca de fuentes de agua puede generar que se contaminen o eutrofiten (aumentan las algas y mueren especies acuáticas por contaminación de N y P); mientras que un exceso de fertilizante puede ocasionar

altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como lixiviación. No obstante, esto también puede ocasionar pérdidas económicas al productor, así como una sobre nutrición de los cultivos que puede afectar su desarrollo, floración y fructificación.

Por lo tanto, es importante realizar una correcta fertilización que logre corregir las deficiencias de nutrientes, pero reduciendo el impacto ambiental. Para lograrlo se deben promover cambios en la fertilización convencional hacia una que se asemeje más a la realizada en la agricultura de precisión; donde se toman en cuenta los tipos de suelos y las diferencias productivas dentro de la finca para programar la fertilización según los requerimientos de cada sector. Asimismo, tener en cuenta factores de la agricultura de conservación donde se promueve un manejo más integrado de los suelos, aguas y el medio productivo.

## Beneficios en la implementación de la medida

Aportes en biodiversidad y gestión del cambio climático:

- Disminuye los riesgos de contaminación de aguas por exceso de fertilización y reduce la emisión de GEI. Teniendo en cuenta que una fertilización optimizada, debe seguir el concepto de la agricultura de precisión, donde se fertiliza la finca según las necesidades puntuales de cada sector y no como un todo.
- Promueve el uso de fertilizantes de liberación lenta o controlada, que ayudan a reducir las pérdidas por lixiviación, disminuyendo el riesgo de contaminación de aguas y de emisión de GEI provenientes del nitrógeno<sup>8</sup>.
- Favorece el mantenimiento e incremento de la materia orgánica mediante el uso de fertilizantes orgánicos inocuos o rastrojos, mejorando de esta forma la estructura del suelo, al tiempo que aumenta la actividad microbiológica y se reducen las emisiones de GEI<sup>9</sup>.



Fuente: PROMES-EARTH

Aplicación de agroquímicos líquidos en piña

<sup>5</sup> ¿Qué es un fertilizante?. Biofeed, 2020.

<sup>6</sup> Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.

<sup>7</sup> Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009.

<sup>8</sup> Guía Metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera. FAO, GIZ, 2017.

<sup>9</sup> Factores de emisión de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en rastrojo de piña en San Carlos, Costa Rica. TEC, 2019.



Beneficios para el productor:

- Promueve la optimización de la fertilización por sector productivo, considerando variables como tipos de suelo y productividad; lo cual permite a la vez reducir costos generados por sobre aplicaciones en el cultivo.
- Impulsa prácticas dirigidas a aumentar el rendimiento del cultivo y a reducir las dosis empleadas: uso de fertilizantes de liberación lenta o controlada o el fraccionamiento de la fertilización según la etapa de crecimiento de la planta y actividades que también favorecen la reducción de emisiones de GEI del cultivo, siendo esto útil para productores que efectúen inventarios de GEI y para los que forman parte de programas de carbono neutro.
- Busca la reducción de la lixiviación (contaminación) y eutrofización de las aguas, asegurando un buen funcionamiento de los sistemas de riego que utilizan las fuentes de aguas superficiales y subterráneas cercanas.
- Propicia la reducción de emisiones, el incremento y mantenimiento la materia orgánica en el suelo y la disminución de impactos en el recurso hídrico; acciones que ayudan en el cumplimiento de la legislación ambiental vigente de cada país.
- Permite obtener una mejor valoración de imagen del productor a nivel local, regional e internacional, facilitando la comercialización de sus productos, fortaleciendo el cumplimiento de protocolos de certificación como Rainforest Alliance, Global Gap y Comercio Justo.

## Metodología de implementación de la medida

Los programas de fertilización basados en conceptos de la agricultura de precisión, permiten realizar cambios en el sistema de manejo y en la forma de cómo tradicionalmente se fertiliza; ya que se considera la variabilidad existente dentro de la finca y en los lotes,

lo cual repercute en la productividad. Se busca realizar una fertilización por *sitio*<sup>10</sup> y no utilizando el promedio del lote o finca como convencionalmente se realiza.

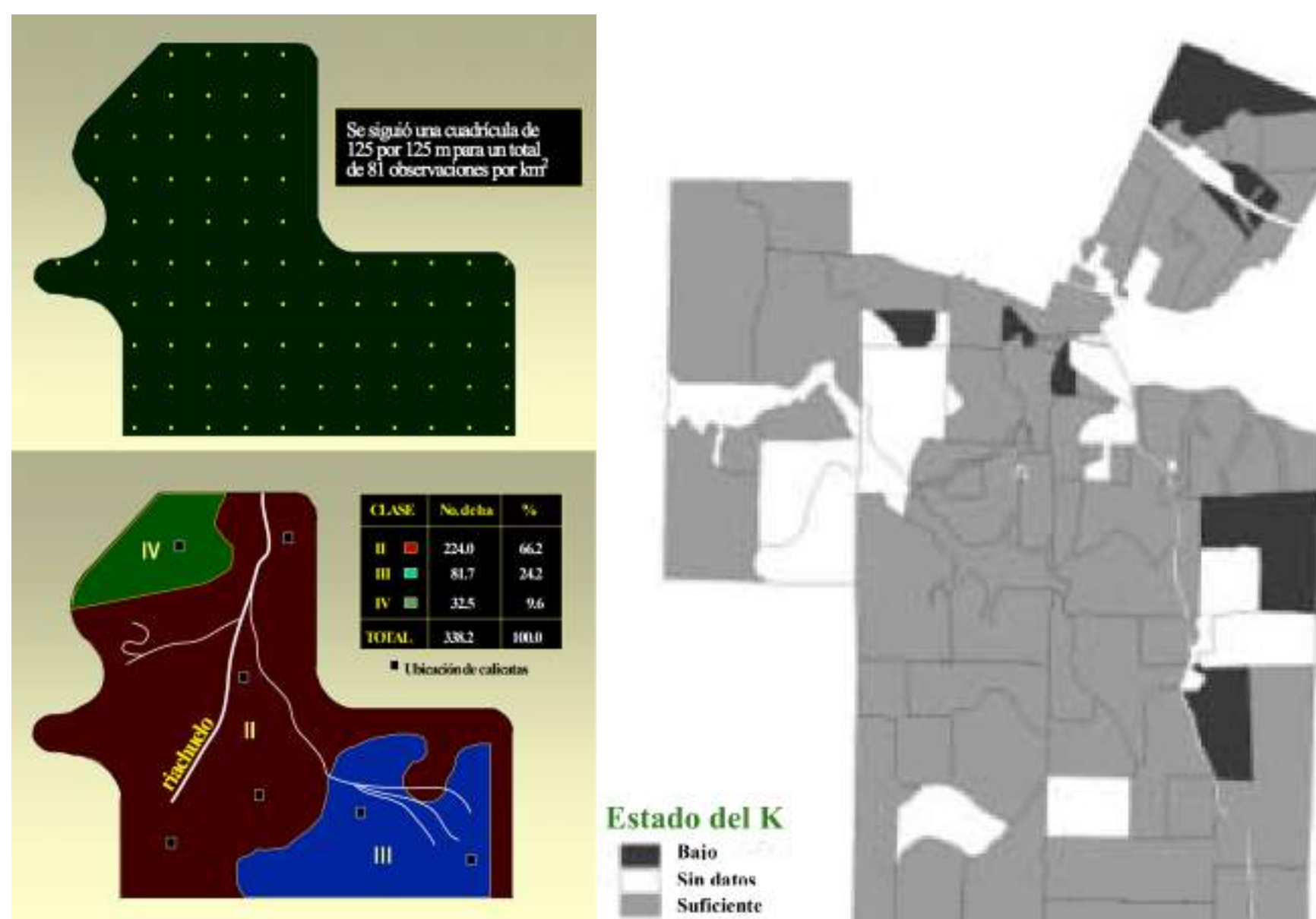
Para poder identificar los sitios con mayores problemas de productividad y poder asociarlos a los factores limitantes del suelo, es necesario construir mapas tanto de rendimiento como de suelos, basados en puntos específicos de muestreo y no en el promedio de cada lote<sup>11</sup>. Estas herramientas, permiten tener una perspectiva espacial de las zonas con bajos rendimientos y con la información de los suelos poder relacionarlos con las deficiencias de nutriente y solventarlas; siendo el objetivo entonces realizar una fertilización en cada sitio identificado, evitando faltantes o sobre aplicaciones.



### Paso 1. Mapeo de suelos y rendimientos en la finca:

Los mapas deben de realizarse siguiendo los mismos puntos<sup>12</sup> de muestreo para asociar los rendimientos a la fertilidad y características de los suelos. Los puntos son dibujados utilizando un software o sistema de información geográfica (SIG), que le da a cada uno una coordenada, la cual puede encontrarse en el campo con la ayuda de un GPS<sup>13</sup>. Estos deben de seguir un patrón equidistante que genere una malla y que cubra toda la finca, o el lote en caso de que se vaya a realizar solamente para un sector de la finca. El mapa de rendimientos se hace utilizando la información de productividad de la finca y asociándola al punto de muestreo; mientras que el mapa de suelos necesita de un muestreo para cada punto<sup>14</sup>.

La profundidad del muestreo de suelos debe ser la mínima para el correcto desarrollo del cultivo; por ejemplo, en banano es de 20cm<sup>15</sup>. Una vez tomadas las muestras, se llevan a un laboratorio certificado con el fin de caracterizar cada punto con base en parámetros químicos (fertilidad, salinidad, pH) y físicos (textura, estructura, drenaje). Esta descripción, normalmente se hace a través de un análisis químico completo con materia orgánica y textura, pero se debe considerar hacer otros análisis basados en los factores limitantes específicos del cultivo.



Fuente: Adaptado del Plant Nutrition Institute, 2020

<sup>10</sup> Se entiende como sitio, la zona de la finca que tiene características de suelos y producción similares, trazada después de un mapeo de suelos.

<sup>11</sup> Se entiende como lote, el sector de la finca delimitado desde su inicio, como una unidad productiva de manejo. En cultivos de banano se le relaciona también como cable.

<sup>12</sup> El lugar específico de la finca, representado por un punto en el mapa que tiene coordenadas geográficas específicas,

donde se toma la muestra.

<sup>13</sup> Ver ficha #30 "Mapas de sostenibilidad"

<sup>14</sup> Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. International. [Plant Nutrition Institute, 2003.](#)

<sup>15</sup> Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización. [Corbana, 1995.](#)



El grado de limitación de cada elemento permite agrupar los puntos similares entre sí, haciendo una zonificación de la finca según sitios. También admite observar cada nutriente por separado y hacer mapas de deficiencias para cada uno que permiten una fertilización más dirigida.

Adicional al muestreo, se recomienda cavar calicatas en cada sitio para caracterizar mejor el suelo e identificar otras posibles limitaciones como pedregosidad y profundidad efectiva. Para los productores de banano, es importante aclarar que los mapas de suelos son muy similares a los [mapas de aptitud de tierras](#), que son realizados para clasificar el suelo de la finca según su productividad potencial en clases definidas para este cultivo en específico<sup>16</sup>. Por lo que, en este caso se recomienda sustituir el mapa de suelos por el de aptitud, pero siguiendo el sistema de muestreo aquí planteado.



## Paso 2. Muestreo y análisis de suelos y foliares:

Los análisis de suelos y foliares permiten conocer el estado nutricional de los cultivos y del suelo en ese momento. Por lo que el suelo se muestrea previo a la fertilización, para determinar las cantidades que se deben aplicar. En piña, el muestreo de suelos se efectúa antes de sembrar, mientras que los foliares se recomienda tomarlos a los tres, cinco y siete meses después de la siembra, con el fin de poder hacer correcciones a los planes de fertilización de ser necesarios<sup>17</sup>. En el caso del banano se deben hacer muestreos de suelos cada seis meses, previo al encalado, y se toman dos muestras de foliares con el fin de conocer la absorción de los nutrientes por la planta y darle seguimiento y adecuación al programa de fertilización<sup>18</sup>.

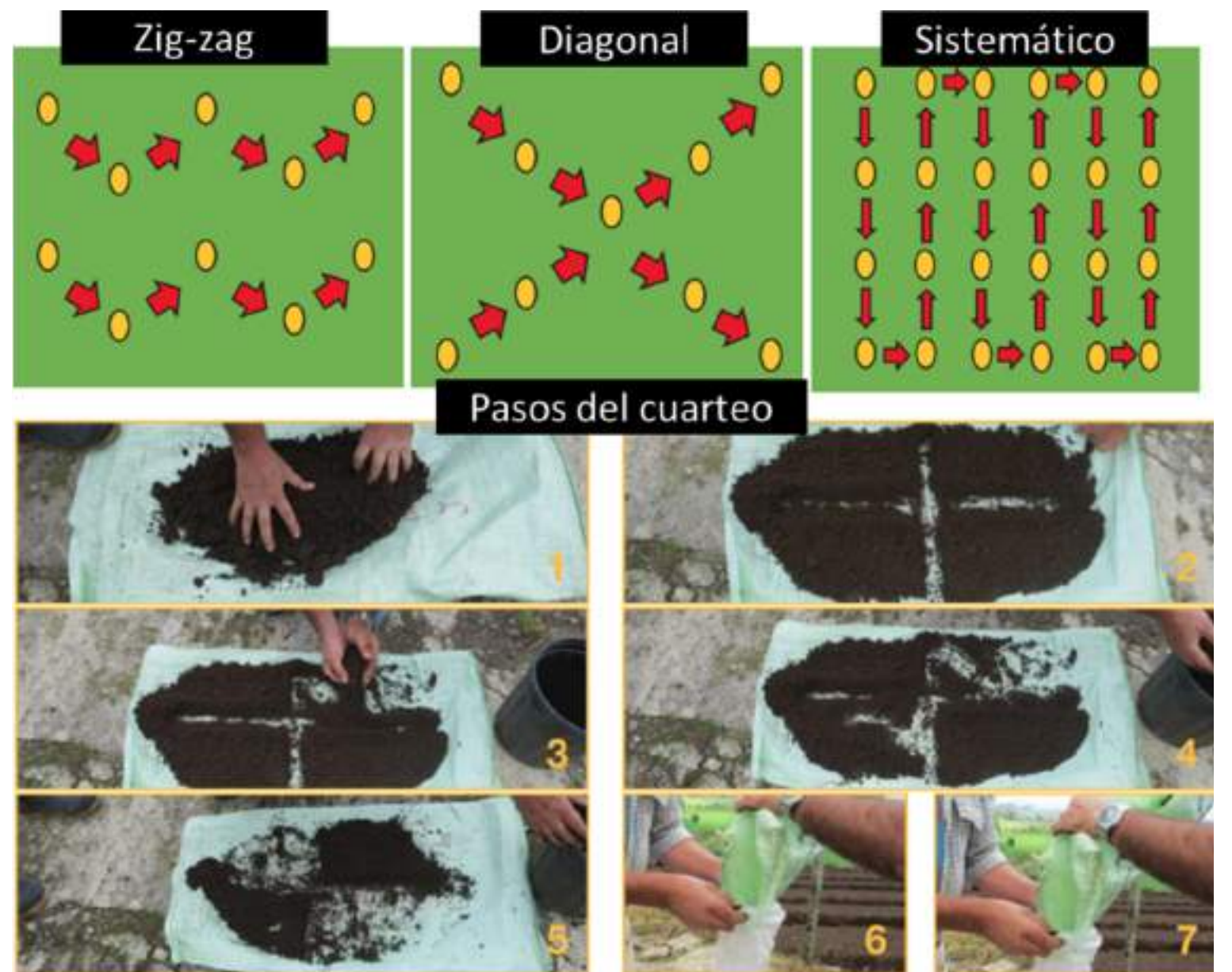
### a. Suelos.

Las muestras deben tomarse diferenciadas por cada sitio trazado en los mapas de suelos y de manera sistemática (utilizando los mismos puntos de muestreo que en el mapa de suelos), con el fin de incorporar esta variabilidad a los planes de fertilización. Sin embargo, si no se pueden efectuar mapas de suelos para la finca, se deben estratificar los lotes según la pendiente (loma, media loma y bajo), los niveles de productividad y el tipo de manejo. En este último caso, las muestras normalmente se toman en zigzag para cada estrato<sup>19</sup> con condiciones distintas.

Las muestras de cada sitio o cada estrato se procesan mediante los siguientes pasos:

- Se mezclan y homogenizan.
- Se quitan pedazos de ramas y piedras
- Se cuartea hasta reducir la muestra a 1 kg.

[El cuarteo](#) consta de dividir la muestra homogénea en cuatro pedazos de tamaño similar y eliminar dos de los lados opuestos; repitiendo hasta alcanzar la cantidad deseada<sup>20</sup>. La muestra compuesta debe de llevarse lo antes posible a un laboratorio certificado para aplicar un análisis de químico completo y de materia orgánica; esta muestra permite determinar si los niveles son adecuados para preservar microorganismos en el suelo y conservar una estructura y humedad idónea.



Muestreo de suelos y cuarteo de la muestra. INTA 2019

En el caso de piña, se realizan aproximadamente 15 puntos de muestreo por hectárea, donde cada punto es una muestra compuesta de 10 submuestras. Las submuestras se toman en un radio de aproximadamente 10 m del punto principal, y siempre deben de hacerse dentro de la cama de siembra. En el caso del banano se extrae una muestra compuesta por lote, estrato o sitio, proveniente de 15 a 20 puntos de muestreo, tomados a 20 cm de profundidad, entre la planta madre y el hijo<sup>21</sup>. Para ambos cultivos, cada punto de muestreo está georreferenciado con un GPS y la muestra se rotula con la localización, el número de lote y la fecha.

### b. Foliares.

Los muestreos foliares son importantes para conocer cuántos nutrientes tiene la planta en ese momento. Estos permiten identificar si la planta tiene algún faltante o deficiencia que deba de corregirse con la fertilización, además aportan información sobre la cantidad de nutrientes que esta ha absorbido cuando se realiza después de haber fertilizado. Para realizar el muestreo foliar hay que tomar en cuenta el cultivo, ya que las hojas de piña no son iguales a las del banano; por lo que el muestreo será diferente en ambos.

En piña, se toman al menos 25 hojas por sección, muestreando todas las veces la hoja D, que corresponde a la más larga de la planta<sup>22</sup>.

Para el banano, se toman muestras en tres secciones de la hoja. Para el muestreo de la lámina, se selecciona la hoja 3, donde se toma una muestra en el centro de la hoja, que corresponda al menos a la mitad del grosor en cada lado de la nervadura central; la cual se toma como parte de esta misma muestra. Mientras que el peciolo se muestrea en la hoja siete<sup>23</sup>. La muestra debe de estar debidamente etiquetada con las coordenadas del punto, el lote o sitio y la fecha de muestreo.

<sup>16</sup> Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. International. [Plant Nutrition Institute, 2003.](#)

<sup>17</sup> Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. [MAG, 2019.](#)

<sup>18</sup> Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.

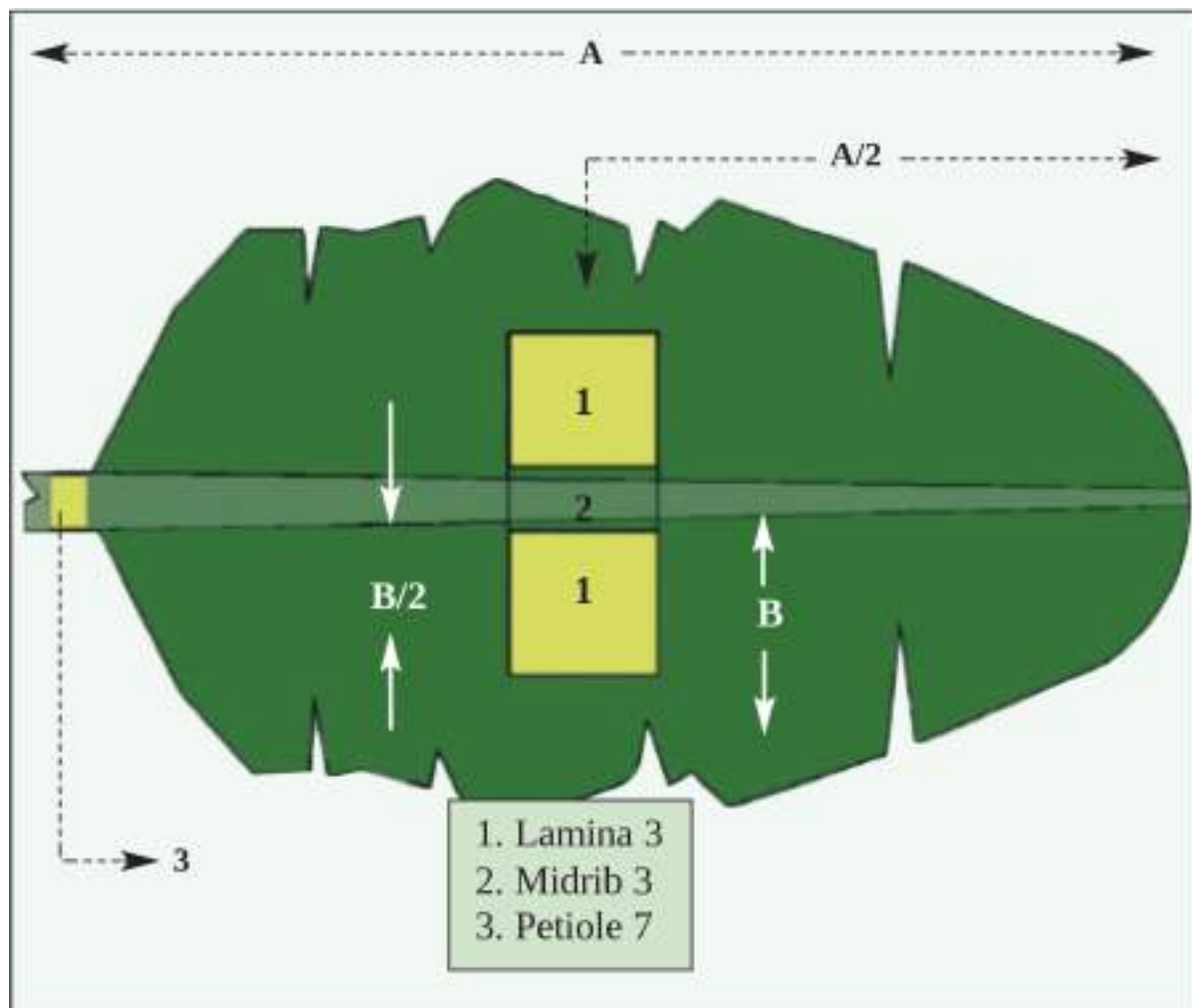
<sup>19</sup> Sector del lote que tiene pendiente (loma, media loma y bajo), niveles de productividad y el tipo de manejo similares.

<sup>20</sup> Guía para la toma de muestras de suelo y foliares para el diagnóstico de la fertilidad. [INTA, 2019.](#)

<sup>21</sup> El análisis de suelos y su interpretación. Costa Rica. [Infoagro, 2010.](#)

<sup>22</sup> Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. [MAG, 2019.](#)





Muestreo foliar del banano. Corbana 1995



### Paso 3. Interpretación de los análisis de suelos y foliares:

Una vez que se obtienen los resultados de laboratorio de las muestras de suelos y foliares, es necesario contar con una tabla que indique los valores idóneos de nutrientes tanto en el suelo como en las hojas. Estas tablas sirven para comparar los resultados con los valores óptimos para la planta o el suelo y así determinar si existen deficiencias y en cuáles nutrientes. En caso de que se trabaje con un mapeo de suelos, estos datos ayudan a ubicar los sectores con deficiencias, tanto foliares como de suelos, para aplicar el fertilizante de una manera más dirigida. La lectura e interpretación de estos análisis se realiza de una manera comparativa<sup>24</sup>.

Por ejemplo. Si el análisis de suelos realizado en la finca indica que la muestra tiene un pH de 5, lo primero que se debe hacer es buscar en la tabla 1 los valores óptimos o adecuados para esta variable.

		Bajo	Medio	Óptimo	Alto
pH		< 5	5-6	6-7	> 7
Ca	cmol/L	< 4	4-6	6-15	> 15
Mg	cmol/L	< 1	1-3	3-6	> 6
K	cmol/L	< 0.2	0.2-0.5	0.5-0.8	> 0.8
Acidez	cmol/L		0.3-1	< 0.3	> 1
S.A.	%		10-30	< 10	> 30
P	mg/L	< 12	12-20	20-50	> 50
Fe	mg/L	< 5	5-10	10-50	> 50
Cu	mg/L	< 0.5	0.5-1	1-20	> 20
Zn	mg/L	< 2	2-3	3-10	> 10
Mn	mg/L	< 5	5-10	10-50	> 50
B	mg/L	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1	> 1
S	mg/L	< 12	12-20	20-50	> 50
MO	%	< 2	2-5	5-10	> 10
RELACIONES CATIONICAS		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
		2-5	5-25	2.5-15	10-40

pH en agua  
Ca, Mg y acidez o Al extraíbles con KCl 1M.  
P, K, Fe, Cu, Zn y Mn extraíbles con Olsen Modificado  
B y S extraíbles con Fostato de Calcio  
Materia orgánica (MO) con digestión húmeda

Tabla 1. Interpretación análisis de suelos para Costa Rica. Molina y Meléndez, 2002

En este caso, considerando que se esté en Costa Rica, el rango idóneo del pH es de 6-7. Por lo tanto, en esta finca existen problemas de pH ya que está por debajo del idóneo, lo cual puede acarrear complicaciones para el desarrollo de las plantas. Por ello, se deben corregir a través de una enmienda.

Para determinar cuál de tipo de encalado se debe utilizar hay de ver los contenidos de Ca, Mg y K en esta misma muestra y asegurarse que al encalar no se añadirán cantidades inadecuadas de estos nutrientes.

Esto mismo se hace con los análisis foliares, donde se usan tablas con los rangos ideales en la hoja o para cada parte muestreada, como en el caso del banano. Estas tablas permiten determinar si las plantas tienen deficiencias de algún nutriente o si se encuentran dentro de los rangos óptimos al compararlas con los valores de los análisis efectuados en la finca.

Asimismo, es importante comparar si las deficiencias encontradas a nivel foliar están asociadas a la disponibilidad de nutrientes en el suelo para hacer la corrección necesaria en el mismo. Si no estos nutrientes también pueden ser aportados por fertilizantes en solución que permiten una mejor absorción.

Elemento	Rango ideal	Unidad
Nitrógeno	1,75 - 2,25	%
Fósforo	0,14 - 0,21	%
Potasio	3,00 - 3,75	%
Calcio	0,23-0,35	%
Magnesio	0,23-0,35	%
Hierro	50-100	ppm
Zinc	20-40	ppm
Manganeso	100-150	ppm
Boro	15-30	ppm
Cobre	10-40	ppm

Fuente: Elaborado por Ing. Juan Carlos Gómez, Servicio Fitosanitario del Estado

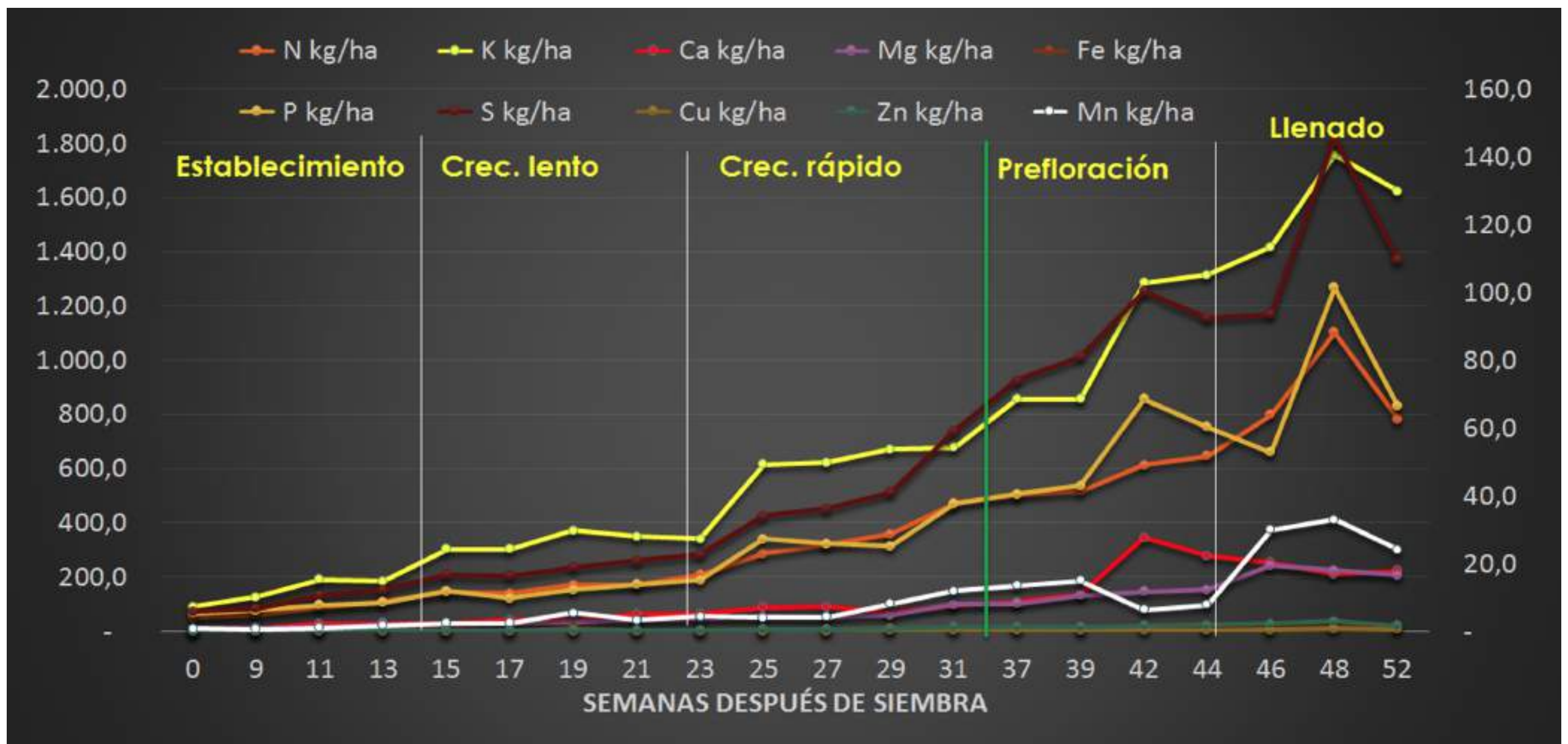
Rango de nutrientes en la hoja D para piña variedad M2.



### Paso 4. Programa de fertilización:

Primero, se debe de considerar las deficiencias que se identificaron con el análisis de suelos; ya que estas indicarán cuánto debe aportarse para que las plantas puedan tener una disponibilidad de nutrientes adecuada para su crecimiento. Además, hay que considerar los resultados del análisis foliar, donde se indican los nutrientes que están faltantes en la planta. Sin embargo, también es necesario conocer los requerimientos de nutrientes de la planta en sus diferentes etapas de desarrollo, lo que se conoce como curvas de absorción de nutrimentos. Estas ayudan a maximizar la eficiencia de la fertilización<sup>25</sup>, ya que indican cuantos nutrientes la planta debe absorber por semana, año o periodo de desarrollo.





Curvas de absorción para piña, en la finca Cavi-Costa Rica  
Fuente: datos de Ing. Edgardo Serrano (2016)<sup>26</sup>

Lo que da una idea de las necesidades futuras y con el conocimiento de la cantidad de nutrientes disponibles actualmente en el suelo y las deficiencias en la planta, se pueden realizar planes de fertilización que aporten lo requerido por la planta para cada momento específico.

Las curvas de absorción son específicas de cada cultivo y variedad, por lo que es importante solicitar esta información para la zona donde está localizada la unidad productiva considerando la variedad y cultivo. No obstante, si no se cuenta con esta herramienta, se puede construir una con el apoyo de un ingeniero experto. Estas se elaboran siguiendo tres grandes pasos y al final una validación de la curva:

- Corroborar que los suelos tienen la capacidad de proveer a la planta de los nutrientes necesarios, al realizar un muestreo de suelos e identificar que no existen problemas de deficiencias en los nutrientes necesarios para el cultivo.
- Realizar muestreos foliares para las diferentes etapas de crecimiento de la planta para determinar la cantidad absorbida de cada nutriente por etapa de desarrollo; lo que se hace al asociar el peso seco de la muestra con la concentración de nutrientes.
- Una vez se tienen los resultados, se asocian con la cantidad de plantas por hectárea y la periodicidad del muestreo.

Con esto se pueden construir las gráficas de las curvas de absorción para cada nutriente. Una vez se cuente con esta información, la cantidad de fertilización se calcula con base en el requerimiento del cultivo, las deficiencias del suelo y el aporte de cada elemento de los fertilizantes a aplicar.

Por ejemplo, si se requieren 100 unidades de N por hectárea, se deben de aplicar 217kg de urea 46-0-0; ya que hay 460g de N por kilogramos de urea. Sin embargo, si se aplica nitrato de amonio (NAM) 31-0-0 se requieren 322 kg, ya que en

este caso cada kilogramo de NAM contiene 310g de N. La diferencia está en la forma del nitrógeno que vamos a aplicar, información que se puede obtener de la ficha técnica del fertilizante (ver figura 1).

Además, es importante considerar que existen productos que hacen biodisponibles los nutrientes retenidos por el suelo, otros que aumentan la eficacia de la aplicación foliar y son de lenta liberación; variables que se debe de tomar en cuenta para reducir la cantidad de fertilizantes a aplicar. Todo esto debe de programarse en una tabla que indique el fertilizante, la cantidad y la fecha de aplicación; la cual permite dar trazabilidad a esta actividad.

## Ficha técnica

### Urea granulada (46-0/0-0)

**COMPOSICIÓN:** 46 % Nitrógeno (100% en forma de N ureico).

**ASPECTO:** Gránulos blancos de entre 1 mm y 5 mm de diámetro.

**PROPIEDADES:**

- Higroscopicidad: absorbe a más de 70% de humedad relativa.
- Densidad de granel granos: 770 kg / m<sup>3</sup>
- Solubilidad (agua): 78 g/ 100 ml (5°C); 119.3 g/ 100 ml (25°C)
- Contenido máximo de Biuret: 1%.

**PRINCIPALES USOS:**

- Refertilización de verdes de verano: moha, sudangras sorgo forrajero, etc.
- Refertilización de verdes de invierno: reygras, avena.
- Refertilización de cultivos de invierno: sorgo y maíz.
- Refertilización de praderas que contienen festuca, achicoria, reygras.

Figura 1. Ficha técnica urea granulada, Fuente: ISUSA, 2016

<sup>25</sup> Absorción de nutrientes por los cultivos. ACCS 2019

<sup>26</sup> Aportación del Ingeniero Edgardo Serrano en Simposio de Bio-soluciones en Piña, San Carlos - Costa Rica.





## Paso 5. Validación del programa.

Teniendo en cuenta el cultivo y el programa de nutrición, el productor debe realizar evaluaciones para determinar si las premisas establecidas para el cálculo de las dosificaciones es el adecuado o se requieren realizar ajustes. Para ello se toman muestras foliares del cultivo en el transcurso de su desarrollo, permitiendo conocer si la fertilización que se ha efectuado está supliendo las necesidades nutricionales o no. Por ejemplo, en piña, los tres muestreos foliares que se efectúan sirven

para valorar si las dosis aplicadas han sido suficientes para nutrir al cultivo y poder realizar los ajustes necesarios al programa de fertilización para optimizarlo. Asimismo, el plan puede sufrir modificaciones asociadas a razones climáticas o socioeconómicas que impiden aplicar lo programado, ya sea en parte o totalmente. Es por ello, que es necesario llevar registros de las modificaciones realizadas en cada periodo de fertilización, con el fin de corregir las aplicaciones en el siguiente periodo o mantener la trazabilidad de lo ocurrido. Estos registros se efectúan mediante tablas comparativas entre la fertilización teórica o planificada y la real (ver tabla 2); donde se estima el porcentaje de aplicación de cada fertilizante, por periodo y nutrimento.

Sector A											
Fertilizante	Día	Periodo	N			P			K		
			Planificado	Aplicado	% Cumplido	Planificado	Aplicado	% Cumplido	Planificado	Aplicado	% Cumplido
Fertilizante A	30	1	32.64	32.64	100.00	81.60	81.60	100.00	20.40	20.40	100.00
Fertilizante C	35		22.8	22.8	100.00				15.20	15.20	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante B	60		57.12	53.2	93.14	40.80	38.00	93.14	65.28	60.80	93.14
Fertilizante C	65	2	22.8	22.8	100.00				15.20	15.20	100.00
Fertilizante C	80	3	36	36	100.00				24.00	24.00	100.00
Fertilizante C	95	4	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante C	110	5	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante C	125	6	40.8	30	73.53				27.20	20.00	73.53
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	140	7	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante C	155	8	40.8	40.8	100.00				27.20	27.20	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	170	9	45.6	45.6	100.00				30.40	30.40	100.00
Fertilizante C	185	10	45.6	45.6	100.00				30.40	30.40	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	200	11	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
Fertilizante C	215	12	49.2	0	0.00				32.80	0.00	0.00
Fertilizante D			3	0	0.00	15.00	0.00	0.00			
Fertilizante C	230	13	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
Fertilizante C	245	14	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
Fertilizante D			3	3	100.00	15.00	15.00	100.00			
Fertilizante C	260	15	49.2	49.2	100.00				32.80	32.80	100.00
<b>TOTAL</b>			<b>730.56</b>	<b>663.64</b>	<b>90.84</b>	<b>212.40</b>	<b>194.60</b>	<b>91.62</b>	<b>500.88</b>	<b>456.40</b>	<b>91.12</b>

Tabla 2. Comprobación de Fertilización para elementos puros (kg/ha)  
Fuente: Ing. Hernán Méndez Calderón (2022), Colono Fértil<sup>27</sup>

Sin embargo, para corregir las aplicaciones se debe comparar lo aplicado con las curvas de absorción de la planta en cada etapa de desarrollo; tomando en cuenta los nutrientes aportados al sistema por los fertilizantes químicos, los abonos orgánicos y los rastrojos. Esto debido a que debemos evitar ignorar los aportes de la materia orgánica y fertilizar en exceso, pues esto puede derivar en pérdidas y contaminación.

Existen otros métodos para validar el programa de fertilización, los cuales van más allá y permiten identificar la efectividad de la fertilización del cultivo. Consisten en experimentos en plantas con edades similares dentro de la finca, donde se realizan muestreos foliares y de suelos en las diferentes épocas climáticas del año. A las muestras foliares se les realizan análisis químicos y se toman datos de peso húmedo y seco, que permiten estimar la cantidad de nutrientes extraídos por cada parte de la planta (fruto, hojas, tallo, etc.). Estos datos junto con la información derivada de los registros de fertilización permiten estimar el porcentaje real de eficiencia de la aplicación, para cada nutrimento analizado.



## Paso 6. Capacitación al personal sobre aplicación.

Para la aplicación de fertilizantes, debido a que estos se pueden aplicar en conjunto con otros productos como plaguicidas, es necesario realizar capacitaciones que incluyan no sólo la aplicación de fertilizantes sino el manejo de agroquímicos. En general la mayoría de las capacitaciones que debe de recibir el personal, son impartidas por el ingeniero agrónomo y personal encargado de finca.

Algunos temas propuestos son:

### a. Manejo de agroquímicos<sup>28</sup>:

que incluye la elaboración de mezclas, ya que no todos los fertilizantes son compatibles entre ellos ni con todos los demás agroquímicos. Por lo que es importante que el personal

<sup>27</sup> Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.

<sup>28</sup> Manual técnico para la producción sostenible de la piña. Canapep, 2022.

<sup>29</sup> Ver ficha #9 "Control de deriva"

<sup>30</sup> Consulta experto: Ingeniero Hernán Méndez Calderón.



encargado de hacer las mezclas para la aplicación conjunta de fertilizantes y plaguicidas sepa identificar si existe estabilidad física y química y cuáles mezclas son compatibles y cuáles no.

### b. Equipo de protección personal:

en la mayoría de los casos el equipo de protección mínima para el manejo de agroquímicos incluye botas de hule, ropa de trabajo, lentes, guates, delantal y mascarilla; pero este puede cambiar dependiendo del producto a aplicar, la mezcla que se haya realizado, así como del método de aplicación. Por lo que siempre debe referirse a la hoja de seguridad del producto a aplicar, donde cada fabricante determina el equipo a utilizar para preservar la salud del personal.

### c. Métodos de aplicación de fertilizantes:

en este caso es importante abarcar tres grandes temáticas:

- **Medio Ambiente:** es necesario que las personas encargadas de aplicar el fertilizante sepan sobre las medidas de protección ambiental que deben de tomarse para reducir el riesgo de contaminación de fuentes de aguas y suelos cuando efectúan la fertilización. Por ejemplo, no aplicar cerca de fuentes de agua o en caso de que la aplicación sea por avión se deben tener los levantamientos topográficos del cultivo con las coordenadas para cargarlas al GPS del avión y automatizar la apertura y cierre de las boquillas para reducir los riesgos de aplicación o deriva sobre áreas restringidas<sup>29</sup>. Todo esto basado en los parámetros exigidos por la legislación vigente.
- **Modo de aplicación:** se debe conocer cómo realizar las aplicaciones tanto de fertilizantes sólidos como líquidos de una manera óptima. Se deben tomar en cuenta las distintas formas de aplicación, ya sea fertirriego, maquinaria de campo o fertilización aérea; así como en la parte de la planta a fertilizar en cada momento de su desarrollo. Por ejemplo, en el caso de banano es necesario hacer la fertilización de urea en una media luna alrededor del hijo y para evitar emisión de GEI se puede integrar el fertilizante al suelo.
- **Equipos para la aplicación:** se deben conocer los tipos de equipos de aplicación existentes y cuándo utilizarlos. Estos equipos van desde el sistema de riego por goteo hasta aplicaciones aéreas, las bombas de espalda manuales, motorizadas, equipos estacionarios con lanzas multi boquillas (mini boom), equipos de tractor acoplados o de arrastre (spray boom); hasta el riego aéreo que puede hacerse con avión, helicóptero o drones. La capacitación del personal debe complementarse con la adecuada elección de las boquillas en cuanto a caudal, presión y tipo de rociado (mojamiento) que se requiere en el cultivo. También, se debe de tratar el tema de los equipos de aplicación para sólidos, que van desde técnicas manuales (el operario), hasta equipos de espalda manuales y motorizados, además equipos acoplados y de arrastre. En estos se tienen los que aplican e incorporan el sustrato al suelo a la vez<sup>30</sup>.

## Indicadores de desempeño

- Porcentaje de la finca con un mapeo de suelos elaborado.
- Porcentaje de la finca aplicando fertilización siguiendo curvas de absorción.
- Reducción en uso de fertilizante químico (kg/ha).
- Porcentaje de trabajadores capacitados en aplicación segura de fertilizantes.
- Porcentaje de elementos puros aplicados conforme al programa de fertilización.

## Costo de implementación y recurso humano

Recurso Humano:

- **Interno:** Personal capacitado en finca para realizar aplicaciones de fertilizantes, muestreos de suelos y muestreos foliares. Ingeniero Agrónomo capacitado en elaboración de curvas de absorción y programas de fertilización.
- **Externo:** Profesionales que elaboren consultorías en elaboración de mapas de suelos y experimentos para determinar la efectividad de la fertilización

Referencia de Costos<sup>31</sup>:

- Compra de catálogos o guías para el muestreo de suelos y foliares. Costo variable.
- Mapeo de suelos por parte de un profesional (20\$/ha o 5\$ cada 20ha) y análisis de laboratorio (25\$/muestra, se requieren aproximadamente 50 muestras en 300 ha).
- Elaboración de curvas de absorción de nutrientes por parte de un profesional, incluyendo el costo de los análisis (10 000\$).
- Capacitación en aplicación de los fertilizantes. Profesional externo (225\$/día).

## Resumen. ¿Por qué implementar esta medida?

La fertilización optimizada, que se elabora siguiendo un mapeo de suelos, permite corregir problemas nutricionales puntuales de cada sitio, evitando una sobre fertilización y por ende reduciendo las posibilidades de contaminación de aguas y emisión de GEI. Además, el realizar planes de fertilización siguiendo curvas de absorción de nutrientes ayuda a aumentar los rendimientos de la finca, ya que, al contrario de una fertilización lineal segmentada en el año, esta permite aportar los nutrientes que la planta realmente necesita en cada etapa de su desarrollo. Así se evita que en momentos donde la planta requiere de mayor cantidad de nutrientes estos no se añadan y que se sobre fertilice en momentos donde la planta no los absorberá. Una finca que realiza una fertilización adecuada puede aumentar sus rendimientos y eficiencia en el uso de los recursos químicos, así como reducir las posibilidades de contaminación de aguas y emisiones de GEI.

<sup>31</sup> Consulta experto: Ingeniero Edgardo Serrano.





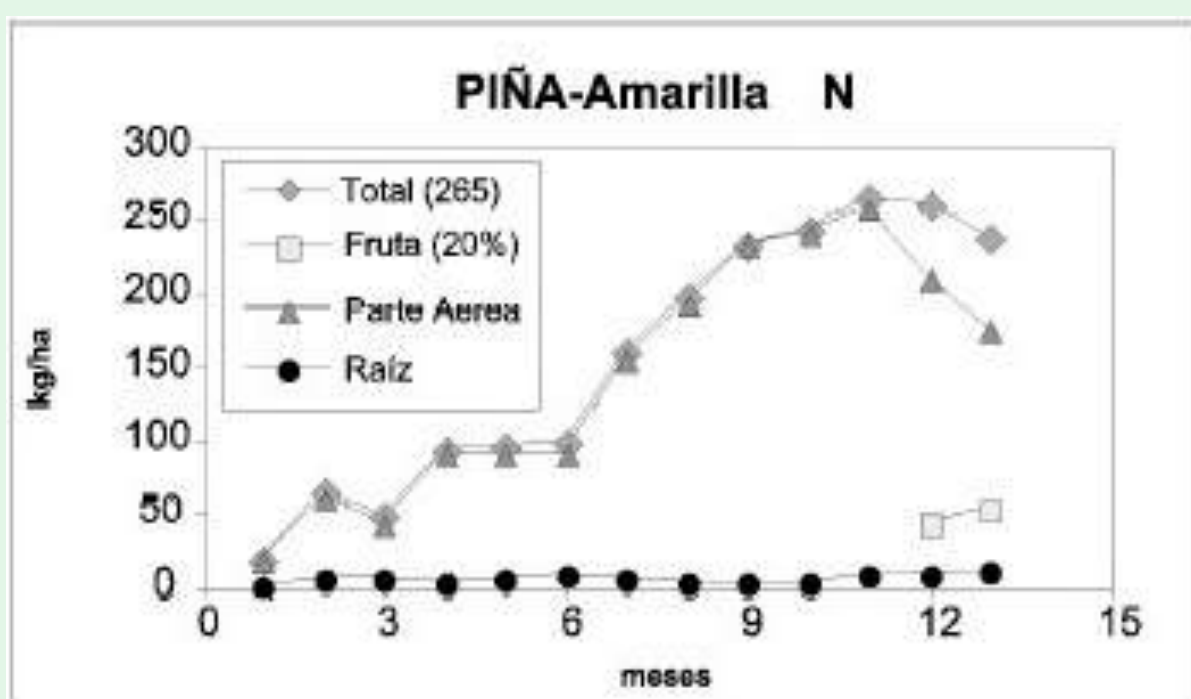
## Casos de éxito

Heart Green es una finca de producción de piña ubicada en la zona norte de Costa Rica, en el cantón de Pital, provincia de Alajuela, la cual exporta en asocio con la empresa [Nicoverde](#). La finca presenta una extensión de 116,51 hectáreas de las cuales 48,13 están dedicadas a la producción de piña fresca; adicionalmente mantienen 35,9 hectáreas en zonas boscosas, la mayoría bajo el esquema de pago de servicios ambientales (PSA).

La administración de finca realiza análisis de suelos y foliares periódicamente en cada lote, para determinar los requerimientos nutricionales del cultivo y desarrollar un programa de

fertilización, el cual es elaborado por la Ingeniera agrónoma, en donde se destacan las necesidades de cada elemento por hectárea, los niveles de acidez en las camas de cultivo, las dosis recomendadas (kg/ha), la formulación y el modo de aplicación.

Para el diseño del programa se consideran las curvas de absorción para piña, determinadas por estudios técnicos. Las aplicaciones mayormente son realizadas con spray boom y anualmente se verifica el cumplimiento, mediante una comparación de lo aplicado vs lo recomendado.



Ejemplo: Curva de Absorción N  
Molina E, 2001





La finca lleva más de 3 años de ejecutar la práctica de derriba en verde, que consiste en realizar el triturado del material vegetal con rastras y posteriormente hacer aplicaciones de microorganismos descomponedores. Con este mecanismo se logra reincorporar aproximadamente 240 ton/ha de rastrojo, que generan una mejora paulatina del suelo y de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Según los análisis químicos de suelo realizados, la reincorporación de rastrojo favorece en disminuir la saturación de acidez del suelo, aumenta la materia orgánica y mejora el nivel de algunos elementos nutricionales. A su vez, esta práctica trabajada de forma adecuada acelera el proceso de descomposición y permite que el terreno este preparado para un nuevo ciclo de siembra en un mes; resultados que se obtienen al considerar las condiciones climáticas de la zona, la disponibilidad de maquinaria y la calidad del producto descomponedor a utilizar. Al implementar este proceso, la finca evita el uso de herbicidas y de fuego para manejar el rastrojo, acciones que tienen un impacto negativo en el medio ambiente.

Identificación de campo	pH	K	Ca	Mg	Acidez
Lote: 1, Joselyn Rojas V	4,59	0,45	0,90	0,53	3,26
<b>Promedio</b>	<b>4,59</b>	<b>0,45</b>	<b>0,90</b>	<b>0,53</b>	<b>3,26</b>
<b>Meta</b>	<b>4,59</b>	<b>0,45</b>	<b>2,20</b>	<b>1,23</b>	<b>1,00</b>
<b>Diferencia</b>		<b>0,00</b>	<b>1,30</b>	<b>0,70</b>	<b>-2,26</b>
<b>RECOMENDACIÓN</b>					
<b>Modo de aplicación</b>	Sobre la cama	<b>Dosis (kg/ha)</b>	1500		
<b>Formula recomendada</b>		<b>Aporte de nutrientes / ha según recomendación</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>%</b>	<b>Nutriente</b>	<b>Unidad</b>	<b>kg/ha</b>	
CaO	32,0%	CaO (cmol)	1,3	480,0	
MgO	13,0%	MgO (cmol)	0,70	195,0	
P2O5	0%	P2O5 (ppm)	0,0	0,0	
SiO2	27,0%	SiO2 (ppm)	58,0	405,0	

## Casos de éxito



Finca Elba es una unidad de producción de banano de 358 hectáreas, perteneciente a la empresa [Dole](#), ubicada en la provincia de Los Ríos en Ecuador. Actualmente forma parte del proyecto de sostenibilidad de WWF, además cuenta con diferentes certificaciones internacionales tales como: Rainforest Alliance, Global Gap, AWS, entre otras.

Cada año en el mes de octubre, la administración de finca, lleva a cabo análisis de suelos y análisis foliares, los cuales son utilizados como base para el desarrollo de un programa de fertilización, aplicable para el siguiente año, el cual es revisado y avalado por el Departamento de Investigaciones.

El muestreo de suelos se planifica por grupo de riego, considerando que las aplicaciones se realizan tanto de forma

manual como por medio de los sistemas de riego, de manera fraccionada en el tiempo y se ajustan a los bloques de finca (Elba1, Elba 2, Elba 3, Elba 4 y Elba 5).

La fertilización edáfica se lleva a cabo con personal calificado, el cual cuenta con el equipo de protección requerido según las [Hoja de Seguridad](#) del producto utilizado. La aplicación se realiza de manera uniforme frente al hijo, para lo cual el trabajador utiliza dosificadores calibrados según la especificación técnica incluida en el programa.

Para dar seguimiento al cumplimiento del plan, se elaboran tablas de nivel de avance, en donde se compara lo recomendado vs lo aplicado.

Sector	Primer Semestre del 2022								
	CONTROL DE CUMPLIMIENTO DE FERTILIZACION - ELEMENTOS PUROS RECOMENDADOS vs APLICADOS (Kg/ha)								
Elba 1	N			P			K		
	Mes	Recomen.	Aplicado	% Cumpl.	Recomen.	Aplicado	% Cumpl.	Recomen.	Aplicado
1	30,61	30,51	100%	5,04	5,03	100%	73,41	73,17	100%
2	30,62	30,60	100%	0,00	0,00	-	73,42	73,37	100%
3	30,61	30,51	100%	5,04	5,03	100%	73,41	73,17	100%
4	30,62	30,60	100%	0,00	0,00	-	73,42	73,37	100%
5	30,61	30,51	100%	5,04	5,03	100%	73,41	73,17	100%
6	21,40	21,12	99%	0,00	0,00	-	47,19	45,04	95%

Fuente: Dole Ecuador 2022





## Referencias

- [1-7] Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/Publicaciones-fertilizantes.aspx>
- [2-5] ¿Qué es un fertilizante?: <https://www.biofeed.es/que-es-un-fertilizante/>
- [3] Fertilizantes y su uso: <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- [4-15-24] Manual de nutrición y fertilización del banano: una visión práctica del manejo de la fertilización: (pdf) [manual de nutrición y fertilización del banano](http://manual.de.nutricion.y.fertilizacion.del.bananonla.ipni.net/ipniweb/región/nla.nsf...) Antonio López m. [corporación bananera nacional - dokumen.tips](http://corporacion.bananera.nacional-dokumen.tips)
- [8] Guía Metodológica para la huella de carbono y la huella de agua en la producción bananera: <https://www.fao.org/3/i8333s/i8333s.pdf>
- [9] Factores de emisión de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en rastrojo de piña en San Carlos, Costa Rica. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/4687/4440>
- [14-16-23] Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. <http://www.bananotecnia.com/articulos/estado-actual-y-futuro-de-la-nutricion-y-fertilizacion-del-banano/>
- [17-22] Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción sostenible del cultivo de la piña. [F01-11044.PDF](http://F01-11044.PDF) ([mag.go.cr](http://mag.go.cr))
- [20] Guía para la toma de muestras de suelo y foliares para el diagnóstico de la fertilidad. [http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2019/Muestreo de Suelos\\_min\\_ed.pdf](http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2019/Muestreo_de_Suelos_min_ed.pdf)
- [21] El análisis de suelos y su interpretación. Costa Rica. <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

[25] Absorción de nutrimentos por los cultivos. <https://www.intagri.com/memorias/nutricion-vegetal/absorcion-de-nutrimientos-por-los-cultivos>

[28] Serrano, E., R. Segura, R. Ortega, y J. Sandoval. 2008. Modelo de restitución del potasio removido en la fruta fresca exportada en una plantación de banano de alta productividad. En: J. Sandoval, editor, Informe Anual 2007. Corporación Bananera Nacional. Guápiles, C.R. 215 p

### Otras consultas:

- Buenas prácticas agrícolas para el banano. Ecuador. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/guia4.pdf>
- Buenas prácticas agrícolas para el banano. FAO <https://www.fao.org/3/i6917s/i6917s.pdf>
- Fertilización Foliar. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/DocTecnicos/Promes/Pina6.pdf>
- Manual Agronómico para el cultivo de la Piña: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2016/05/Manual-Agron%C3%B3mico-Cultivo-de-la-Pi%C3%B1a.pdf>
- Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas para banano. Ecuador. <http://www.bananotecnia.com/wp-content/uploads/2018/03/Manuales-de-aplicabilidad-de-BPA-para-Banano.pdf>
- Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de Piña. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9646.PDF>
- Manual técnico para la producción sostenible de la piña. <https://canapep.com/wp-content/uploads/2022/05/MANUAL-TECNICO-PARA-LA-PRODUCCION-SOSTENIBLE-DE-LA-PIN%CC%83A-V08.pdf>

Colaboración de Experto: Ingeniera Forestal. Ana Lucía Méndez Cartín / Email: [analucia.mendez@ctfc.cat](mailto:analucia.mendez@ctfc.cat)