

Manual  
para la fertilización del cultivo de  
**maíz amarillo duro**  
en condiciones de la selva peruana

---



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria





MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
DIRECCIÓN DE SUPERVISIÓN Y MONITOREO EN LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES AGRARIAS

Manual  
para la fertilización del cultivo de  
**maíz amarillo duro**  
en condiciones de la selva peruana

---



# MANUAL PARA LA FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO EN CONDICIONES DE LA SELVA PERUANA

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO

**Ministro de Desarrollo Agrario y Riego**

Angel Manuel Manero Campos

**Viceministra de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario**

Carmen Inés Vegas Guerrero

**Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego**

Iván Ramos Pastor

**Jefe del INIA**

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

© Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

**Primera edición digital:**

Marzo, 2025

**Publicado:**

Marzo, 2025

**Disponible en:**

<https://repositorio.inia.gob.pe/>

**ISBN:**

978-9972-44-169-1

**Editado por:**

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Equipo Técnico de Edición y Publicaciones

Av. La Molina 1981, Lima-Perú

Teléf. (511) 2402100 - 2402350

[www.gob.pe/inia](http://www.gob.pe/inia)

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-02495

**Autores:** Henry Díaz-Chuquizuta, Yuri Arévalo-Aranda, Julio Cesar Samaniego Puente, Rita de Cassia Siqueira Bahia, Richard A. Solórzano-Acosta / **Editor general:** Cinthia S. Quispe-Apaza / **Revisión de contenido:** Cinthia S. Quispe-Apaza / **Diseño y diagramación:** Miguel Alvarez-Escalante

# Tabla de contenido

<b>Presentación</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>9</b>
<b>2. Condiciones de la selva peruana para el cultivo de maíz</b>	<b>13</b>
2.1. Condiciones edafoclimáticas	13
2.2. Características del suelo	15
2.3. Variedades de maíz amarillo duro	16
2.4. Dosis de fertilización	17
<b>3. Necesidades nutricionales del cultivo de maíz amarillo duro</b>	<b>19</b>
3.1. Macroelementos primarios	19
3.2. Macroelementos secundarios	20
3.3. Micronutrientes esenciales	21
<b>4. Síntomas de deficiencia nutricional</b>	<b>23</b>
<b>5. Evaluación del estado nutricional del suelo y la planta de maíz</b>	<b>29</b>
5.1. Métodos para evaluar el estado nutricional del suelo y planta	29
<b>6. Análisis de suelo</b>	<b>33</b>
6.1. Importancia del análisis de suelo en la fertilización del cultivo	33
6.2. Muestreo del suelo	34
6.3. Interpretación de los resultados de análisis de suelo	38
6.4. Plan de fertilización	42
<b>7. Tipos de fertilizantes</b>	<b>45</b>
<b>8. Momento y método de aplicación de fertilizantes</b>	<b>49</b>
<b>9. Ejemplo práctico de cálculo de la dosis de fertilizantes para el cultivo de maíz amarillo</b>	<b>55</b>
<b>10. Referencias bibliográficas</b>	<b>67</b>



# Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) es un organismo técnico especializado adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), que realiza actividades de investigación, transferencia tecnológica, aprovechamiento y conservación de los recursos genéticos; además de la producción de semillas, plántones y reproductores de alto valor genético.

El INIA a través de la Dirección de Supervisión y Monitoreo en las Estaciones Experimentales Agrarias (DSME) viene ejecutando el proyecto de inversión “Mejoramiento de los servicios de investigación y transferencia tecnológica en el manejo y recuperación de suelos agrícolas degradados y aguas para riego en la pequeña y mediana agricultura en los departamentos de Lima, Ancash, San Martín, Cajamarca, Lambayeque, Junín, Ayacucho, Arequipa, Puno y Ucayali”, con CUI N° 2487112, el cual tiene entre sus objetivos investigar, transferir y desarrollar tecnologías relacionadas con el manejo de suelos y aguas, para optimizar la calidad y la productividad de los cultivos, contribuyendo al fortalecimiento de la agricultura familiar.

El cultivo de maíz amarillo duro, además de ser esencial para la seguridad alimentaria en el Perú y el mundo, es de gran importancia económica, agroindustrial y social en la Amazonía peruana, especialmente para la agricultura familiar. Sin embargo, este cultivo se caracteriza por sus altos rendimientos y requiere de un adecuado programa de fertilización para asegurar su sostenibilidad a largo plazo. Por lo que, el enfoque principal de este manual es brindar conocimiento detallado y paso a paso sobre las prácticas de fertilización necesarias para obtener un cultivo de maíz amarillo duro saludable y productivo. Asimismo, se abordan temas relacionados con la evaluación del estado nutricional de la planta de maíz y la importancia de llevar a cabo análisis de suelo para conocer su fertilidad y definir las dosis adecuadas de fertilizante.

Este manual está dirigido a los agricultores, los profesionales del sector agropecuario y público en general interesado en mejorar la calidad y productividad del cultivo de maíz amarillo duro.

**M. Sc. Jorge Juan Ganoza Roncal**

Jefe del INIA



# 1. Introducción

El maíz amarillo duro constituye uno de los principales insumos para la industria procesadora de alimentos balanceados para animales, sobre todo de la industria avícola; de acuerdo con el IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], s.f.), existe un total de 198 563 productores, que se dedican al cultivo del maíz amarillo duro, quienes conducen una superficie de 261 577 hectáreas, que representa el 13.7 % de la superficie agrícola con cultivos transitorios. Sin embargo, la producción nacional de maíz es insuficiente para satisfacer la demanda interna del mercado, lo que genera una dependencia de las importaciones para cubrir el déficit. Esta situación se explica por la limitada capacidad de los productores locales para competir con los precios más bajos del maíz importado (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2023b).

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2023a), en los últimos años, la producción nacional de maíz amarillo duro por hectárea en promedio fue de 1.2 millones de toneladas, excepto en el año 2015, cuando alcanzó 1.4 millones de toneladas. En el año 2022, la producción disminuyó ligeramente hasta 1.25 millones de toneladas (-1.3 %) debido a la reducción de la producción del cultivo; sin embargo, esta se mantuvo estable debido al aumento de los precios internacionales del maíz y al aumento de la demanda interna. En el primer trimestre del año 2023, la producción aumentó un 9 % debido al incremento de la superficie cultivada a pesar de sus bajos rendimientos.

Acerca de la superficie cultivada, la Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra para la campaña agrícola 2022/2023 previó que se sembraría un total de 296 202 hectáreas, un 13.6 % más que la media de las últimas cinco campañas. En la Costa, a pesar de las condiciones climáticas adversas, la superficie cultivada aumentó en un 8.5 %, mientras que en la Selva el incremento fue del 18.9 %, respecto al promedio de las últimas cinco campañas agrícolas. En esta última región, los departamentos con mayor superficie sembrada son Amazonas (27.9 %), San Martín (45.7 %) y Ucayali (42.5 %), las cuales se distinguen por tener un área de siembra significativamente mayor. Sin embargo, la superficie sembrada disminuyó en provincias como Loreto (-6.8 %) (MIDAGRI, 2023a).

El INIA ha desarrollado variedades y cultivares de maíz amarillo duro adaptados a las condiciones agroecológicas de la costa y selva peruana. Entre estas destacan los siguientes: el híbrido de tres líneas **HTE6**, que tiene mayor resistencia a enfermedades y mejor rendimiento que **Marginal 28-T**; la variedad híbrida simple **INIA 626-AKIRA**, reconocida por su alta calidad de grano y resistencia al acame; y el híbrido simple **INIA 619 - Megahíbrido**, ampliamente adaptado a las condiciones de la costa y la selva, siendo fundamental en la avicultura (Barandiarán-Gamarra y Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario [DDTA], 2020). Cada una de estas variedades presentan requerimientos nutricionales específicos para alcanzar su máximo rendimiento, por lo tanto, es importante realizar una fertilización adecuada.

Los fertilizantes son importantes porque mejoran la nutrición de las plantas y aumentan el rendimiento de los cultivos en suelos tropicales, que suelen ser ácidos y pobres en nutrientes (Arce-Zapata, 2021). Para asegurar su manejo y la optimización de la productividad, alineados con los objetivos de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental, es necesario seleccionar una fuente de nutrientes adecuada, aplicarla en la dosis correcta, en el momento y lugar apropiado (Penuelas et al., 2023). Esto implica calcular la dosis necesaria y determinar las fechas óptimas para su aplicación.

Para obtener los mejores resultados en términos de productividad y calidad del cultivo de maíz amarillo duro, es necesario conocer las prácticas adecuadas de fertilización. Esto último con la finalidad de generar un cultivo sostenible a largo plazo, evitando el impacto negativo de la fertilización mineral en la salud del suelo. Conocer las deficiencias de nutrientes en las plantas revela la importancia de proveer elementos esenciales al suelo, los cuales se integran en las funciones metabólicas durante el ciclo de crecimiento y reproducción del cultivo.

En este contexto, el conocimiento sobre la fertilización del cultivo de maíz amarillo duro en la selva peruana es de gran importancia. Por ello, este manual proporciona información relevante sobre las prácticas de fertilización para este importante cultivo tropical.





## 2. Condiciones de la selva peruana para el cultivo de maíz

### 2.1. Condiciones edafoclimáticas

- **Clima**

El maíz amarillo duro se adapta a una amplia gama de condiciones climáticas, pero prefiere climas cálidos con temperaturas óptimas entre 20 y 30 °C (Barandiarán-Gamarra y DDTA, 2020).

- **Suelo**

Los suelos ideales para el cultivo de maíz amarillo duro son aquellos con buena capacidad de retención de humedad, ricos en materia orgánica y con un pH entre 5.5 y 6.5. Los suelos arcillosos o franco-arcillosos son preferidos, ya que permiten un buen drenaje y aireación (Barandiarán-Gamarra y DDTA, 2020).

- **Precipitación**

Se requiere una precipitación adecuada, generalmente entre 600 y 1 200 mm anuales, distribuidos de manera uniforme durante el ciclo del cultivo de maíz, ya que la falta de agua podría limitar su crecimiento y rendimiento (Barandiarán-Gamarra y DDTA, 2020). La presencia de estrés hídrico o sequía entre los 15 a 30 días posteriores al establecimiento del cultivo, podría causar la pérdida de plantas jóvenes o limitar su crecimiento (Figura 1), lo cual afectaría directamente en el rendimiento. Asimismo, el maíz es muy sensible al estrés hídrico dos semanas antes de la floración y después de la emisión de estigmas, una sequía durante este período impactaría negativamente en el rendimiento del grano (Díaz-Chuquizuta et al., 2022).



**Figura 1.** Efecto de la alta temperatura y estrés hídrico en el cultivo de maíz

## 2.2. Características del suelo

La materia orgánica en los suelos de la selva juega un papel importante en el mantenimiento de la humedad y la mejora de su estructura. Sin embargo, este tipo de suelos tienden a tener un menor contenido de materia orgánica debido a las altas tasas de descomposición (Buringh, 1970). Por ello, agregar abono (Figura 2) e implementar prácticas de manejo sustentable son esenciales para aumentar la materia orgánica. La acidez del suelo es otra característica de la selva peruana, donde el suelo suele ser muy ácido (pH bajo). La regulación de la acidez mediante cal agrícola es una práctica común para mejorar la disponibilidad de nutrientes y promover niveles adecuados de pH. Además, la erosión y compactación del suelo son desafíos adicionales, que requieren medidas de conservación y un manejo cuidadoso para evitar la pérdida de suelos fértiles (Sánchez-San Martín, 1981).



**Figura 2.** Incorporación al suelo de materia orgánica (rastros de maíz)

## 2.3. Variedades de maíz amarillo duro

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha desarrollado variedades e híbridos de maíz amarillo duro adaptados a las condiciones tropicales. Según Barandiarán Gamarra y Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario (Barandiarán-Gamarra y DDTA, 2020) se han liberado varias variedades e híbridos de maíz amarillo duro, entre ellos **Marginal 28-T**, **INIA 611 - NUTRI PERÚ**, **INIA 617 - CHUSKA**, **INIA 619 - Megahíbrido**, **INIA 624 - KILLU ZUK**, los cuales fueron seleccionados por su alta productividad, resistencia a enfermedades y plagas. En particular, el híbrido simple **INIA 626 - AKIRA**, que fue liberado por el INIA en noviembre de 2021, esta variedad fue desarrollada a partir de la identificación de líneas parentales y la evaluación de híbridos experimentales con alta eficiencia agronómica y adaptabilidad a condiciones tropicales (Figura 3).



**Figura 3.** Características de intensidad de color anaranjado y excelente llenado de grano del INIA 626 - AKIRA (AgroPerú, 2023)

## 2.4. Dosis de fertilización

La aplicación de fertilizantes es una práctica común en la agricultura para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos (Figura 4). Barandiarán-Gamarra y DDTA (2020) señalan que la dosis recomendada de fertilizante para el maíz amarillo duro en la selva varía según las características del suelo y las necesidades del cultivo. Por ello, se recomienda realizar un análisis de suelo para determinar las necesidades específicas de los cultivos antes de aplicar fertilizantes.



**Figura 4.** Preparación de la mezcla de fertilizantes para su aplicación en campo



# 3. Necesidades nutricionales del cultivo de maíz amarillo duro

Los elementos que las plantas consumen en grandes cantidades se llaman macroelementos y los otros que son necesarios, pero los consumen en cantidades muy pequeñas se llaman microelementos (Torrez-Arias y Chinchilla, 2006).

## 3.1. Macroelementos primarios

Son aquellos macronutrientes que las plantas necesitan en cantidades relativamente grandes y que con frecuencia son escasos en el suelo: N, P, K (Torres-Arias y Chinchilla, 2006). Estos macroelementos se caracterizan, según Barandiarán-Gamarra y DDTA (2020) por lo siguiente:

- **Nitrógeno (N)**

El nitrógeno es considerado el elemento más importante para las plantas, ya que su deficiencia impacta significativamente en el rendimiento más que cualquier otro nutriente. Este elemento es absorbido por la planta en todas sus etapas de desarrollo, promoviendo el crecimiento celular en todos sus órganos. El nitrógeno participa en procesos bioquímicos esenciales, como la fotosíntesis, y es un componente estructural de la clorofila; pigmento responsable del color verde de las hojas.

- **Fósforo (P)**

El fósforo es crucial para la estructura celular y el transporte de energía, especialmente durante las primeras etapas de crecimiento y en tejidos con alta actividad metabólica. Las plantas lo absorben como  $H_2PO_4^-$  y se acumula en el maíz en proporción a la materia seca. Al momento de la cosecha, alrededor del 75 % del fósforo total está en el grano. Durante la floración, la planta absorbe aproximadamente el 40 % del fósforo necesario, continuando hasta el llenado del grano. La demanda de fósforo es crítica en las etapas iniciales de crecimiento debido al desarrollo limitado de las raíces.

- **Potasio (K)**

El potasio es un nutriente esencial que las plantas utilizan en grandes cantidades para un crecimiento vigoroso. Aunque no forma parte de compuestos orgánicos, mejora la estructura celular. La absorción de potasio se completa durante la floración, y al momento de la cosecha, el grano de maíz contiene aproximadamente el 30 % del potasio total absorbido. A pesar de que los suelos suelen tener grandes cantidades de potasio en diversas formas, es necesario aplicarlo regularmente para asegurar su disponibilidad. El potasio se absorbe principalmente a través de las raíces en forma iónica y su absorción mejora con una buena aireación del suelo. También puede ser arrastrado por la lixiviación del nitrógeno, aunque en menor medida que el calcio. La disponibilidad de potasio no varía significativamente entre siembras convencionales y directas.

## 3.2. Macroelementos secundarios

Son aquellos que las plantas consumen en cantidades relativamente grandes, pero cuya escasez en el suelo no es frecuente Ca, Mg, S (Torrez-Arias y Chinchilla, 2006; Barandiarán-Gamarra y DDTA, 2020). Estos macroelementos se caracterizan por lo siguiente:

- **Calcio (Ca)**

El calcio es esencial para la formación de las paredes celulares y el desarrollo del sistema radicular. Aunque, los suelos generalmente no son deficientes en este elemento, su disponibilidad puede estar limitada en suelos muy ácidos.

- **Magnesio (Mg)**

El magnesio está presente en cantidades adecuadas en el suelo para el cultivo. Sin embargo, cantidades excesivas pueden limitar la absorción de calcio por las plantas. Además, el magnesio puede ser deficiente en suelos con alta precipitación pluvial.

- **Azufre (S)**

El azufre es un componente esencial de los aminoácidos y de la clorofila. Aunque, los suelos generalmente no son deficientes en azufre, este se aplica en forma de sulfatos en algunos fertilizantes químicos para asegurar su disponibilidad.

### 3.3. Micronutrientes esenciales

Son necesarios para la planta, pero en cantidades pequeñas, Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl (Díaz-Chuquizuta et al., 2022; Torrez-Arias y Chinchilla, 2006). Estos micronutrientes se caracterizan por lo siguiente:

- **Hierro (Fe)**

Mantiene el follaje verde y saludable; además, mejora tanto el rendimiento como la calidad del grano. Su deficiencia se presenta en suelos de pH bajo (suelos ácidos), suelos anegados, calcáreos con alto nivel de cobre, manganeso o zinc.

- **Zinc (Zn)**

El Zinc es esencial para la floración y el desarrollo inicial de la planta, aumenta la productividad y adelanta la cosecha.

- **Manganeso (Mn)**

El manganeso contribuye en la coloración verde del área foliar y promueve el crecimiento sano de las plantas.

- **Cobre (Cu)**

El cobre contribuye con el buen desarrollo de la mazorca, adelanta la cosecha, incrementa la fertilidad y el rendimiento.



## 4. Síntomas de deficiencia nutricional

Es importante conocer los síntomas de deficiencia nutricional en el cultivo de maíz para poder identificar y solucionar los problemas en la fertilización. Sharma y Kumar (2017) reportaron los siguientes síntomas en el cultivo de maíz debido a la deficiencia de los principales nutrientes.

- **Nitrógeno (N)**

Las hojas se vuelven amarillas o pálidas (Figura 5), comenzando por las hojas inferiores y avanzando hacia las superiores. El amarillamiento avanza a lo largo de la nervadura central de las hojas, extendiéndose en forma de 'V' invertida.



**Figura 5.** Hoja con síntoma de deficiencia de nitrógeno

- **Fósforo (P)**

Los síntomas que evidencian la deficiencia de P es la presencia de plantas pequeñas con hojas verde oscuras, los bordes, nervaduras y los peciolos de las hojas presentan tono púrpura (Figura 6) que se expanden en la hoja, expresándose en las hojas más viejas (Díaz-Chuquizuta et al., 2022).



**Figura 6.** Hoja con síntoma de deficiencia de fósforo

- **Potasio (K)**

Los bordes de las hojas se vuelven marrones o necróticos, y las hojas pueden enrollarse hacia adentro (Figura 7). Las plantas pueden ser más propensas a enfermedades y plagas.



**Figura 7.** Hoja con síntoma de deficiencia de potasio (Sharma y Kumar, 2017)

- **Calcio (Ca)**

Los síntomas aparecen en hojas jóvenes, los cuales muestran en las puntas manchas en forma de bandas de color verde a blanquecina y a menudo estas se curvan (Figura 8) (Díaz-Chuquizuta et al., 2022).



**Figura 8.** Hoja con síntoma de deficiencia de calcio

- **Magnesio (Mg)**

Las hojas más viejas presentan clorosis intervenal (Figura 9), comenzando por los bordes y avanzando hacia el centro.



**Figura 9.** Hoja con síntoma de deficiencia de magnesio (Jezek et al., 2015)

- **Azufre (S)**

Las hojas más jóvenes se vuelven amarillas, y las hojas más viejas pueden permanecer de color verde (Figura 10). Las plantas son más pequeñas y menos vigorosas.



**Figura 10.** Hoja con síntoma de deficiencia de azufre (Heiniger et al., 2018)

- **Hierro (Fe)**

Las hojas jóvenes se vuelven amarillas con venas verdes, mientras que las hojas viejas permanecen verdes (Figura 11). Las plantas pueden ser más pequeñas y menos vigorosas.



**Figura 11.** Hoja con síntoma de deficiencia de hierro (Trosple, 2023)

- **Zinc (Zn)**

Se desarrollan bandas anchas de color blanco a amarillo en la base de las hojas y alrededor de la nervadura central (Figura 12).



**Figura 12.** Hoja con síntoma de deficiencia de zinc (adaptado de Grujic et al., 2021)

- **Manganeso (Mn)**

Las plantas con deficiencia de manganeso presentan retraso en su crecimiento; tallos cortos y delgados; y hojas color verde claro o amarillo (Figura 13).



**Figura 13.** Hoja con síntoma de deficiencia de manganeso (Sharma y Kumar, 2017)



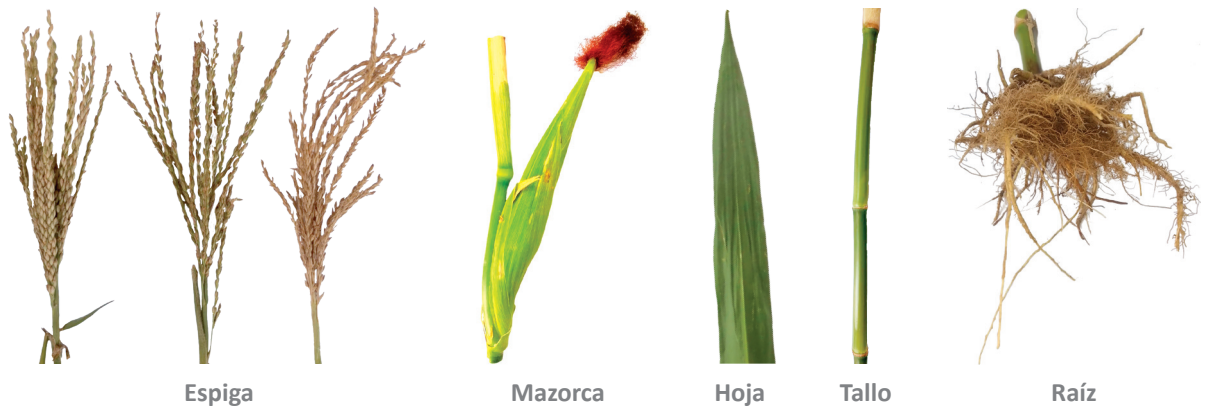
# 5. Evaluación del estado nutricional del suelo y la planta de maíz

## 5.1. Métodos para evaluar el estado nutricional del suelo y planta

Existen varios métodos para evaluar el estado nutricional del suelo y del cultivo de maíz amarillo duro en condiciones de la selva peruana, algunos de los cuales se describen a continuación:

- **Análisis de tejido vegetal**

Se pueden tomar muestras de espigas, mazorca, tallo, hoja o raíz para analizar los niveles de nutrientes en el cultivo (Figura 14). Este análisis cumple la función de diagnóstico, se utiliza para confirmar o descartar la presencia de nutrientes limitantes en los suelos, los cuales se evidencian por síntomas visuales en las plantas; también, tiene una función de monitoreo, lo que asegura que los cultivos en crecimiento siempre tengan los nutrientes adecuados para un crecimiento óptimo constante; y finalmente, actúa como un recurso de apoyo, complementando los resultados de los análisis de suelo para hacer recomendaciones de fertilización (Imakumbili et al., 2020, citando a Plank et al., 1989).



**Figura 14.** Órganos vegetativos que podrían ser utilizados en el análisis de los niveles de nutrientes en el cultivo de maíz

- **Análisis del suelo**

Mide el nivel de nutrientes en el suelo (Figura 15) con el fin de proporcionar información esencial que sirva de base para la aplicación de fertilizantes. Su objetivo es que la aplicación de nutrientes sea económicamente rentable y responsable con el medio ambiente (Franzen, 2023).



**Figura 15.** Análisis de muestras de suelo en laboratorio

- **Pruebas de campo**

Las plantas obtienen los nutrientes y minerales necesarios para su crecimiento del suelo. La falta de nutrientes y agua en el suelo afectará negativamente su desarrollo, lo que se manifestará en síntomas de deficiencia de nutrientes. Estos síntomas son visibles en partes de la planta como hojas, raíces, tallos e incluso frutos. Los principales síntomas de deficiencia de nutrientes incluyen el amarillamiento de las hojas, manchas marrones en hojas y tallos (Jose et al., 2021). En este sentido, las pruebas de campo implican la evaluación visual del cultivo para detectar síntomas de deficiencia de nutrientes (Etchevers-Barra, 1999)(Figura 16). Por ejemplo, se pueden buscar síntomas específicos en las hojas, como decoloración o necrosis, que indiquen una deficiencia de nutrientes.



**Figura 16.** Evaluación visual de síntomas de deficiencia de nutrientes en el cultivo de maíz



INIA  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y AGRONEGOCIOS

PERU  
Ministerio de Agricultura, Irrigación y Riego

BALANZA ELECTRÓNICA

INIA 7021  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
N°29437  
CALLE PAVANA 1000

# 6. Análisis de suelo

## 6.1. Importancia del análisis de suelo en la fertilización del cultivo

El análisis de suelos es importante para optimizar el uso de nutrientes en la producción de maíz. Al analizar las muestras de suelo, los agricultores pueden conocer los niveles de nutrientes y el pH (Figura 17), lo que permite tomar decisiones informadas sobre la fertilización adecuada. Un manejo eficiente de los nutrientes, no solo mejora la salud del suelo, sino que también reduce la polución ambiental (Batool, 2024).

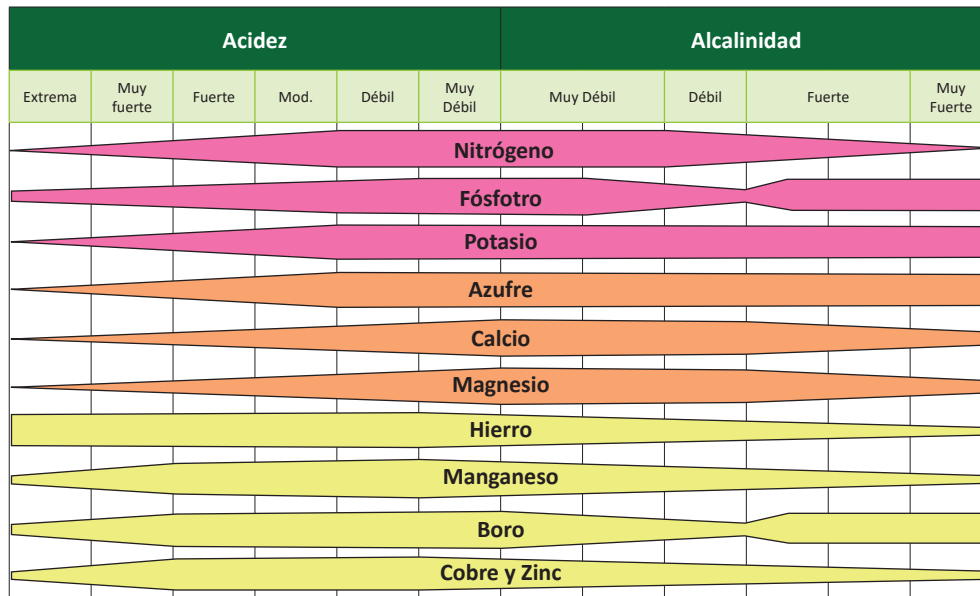
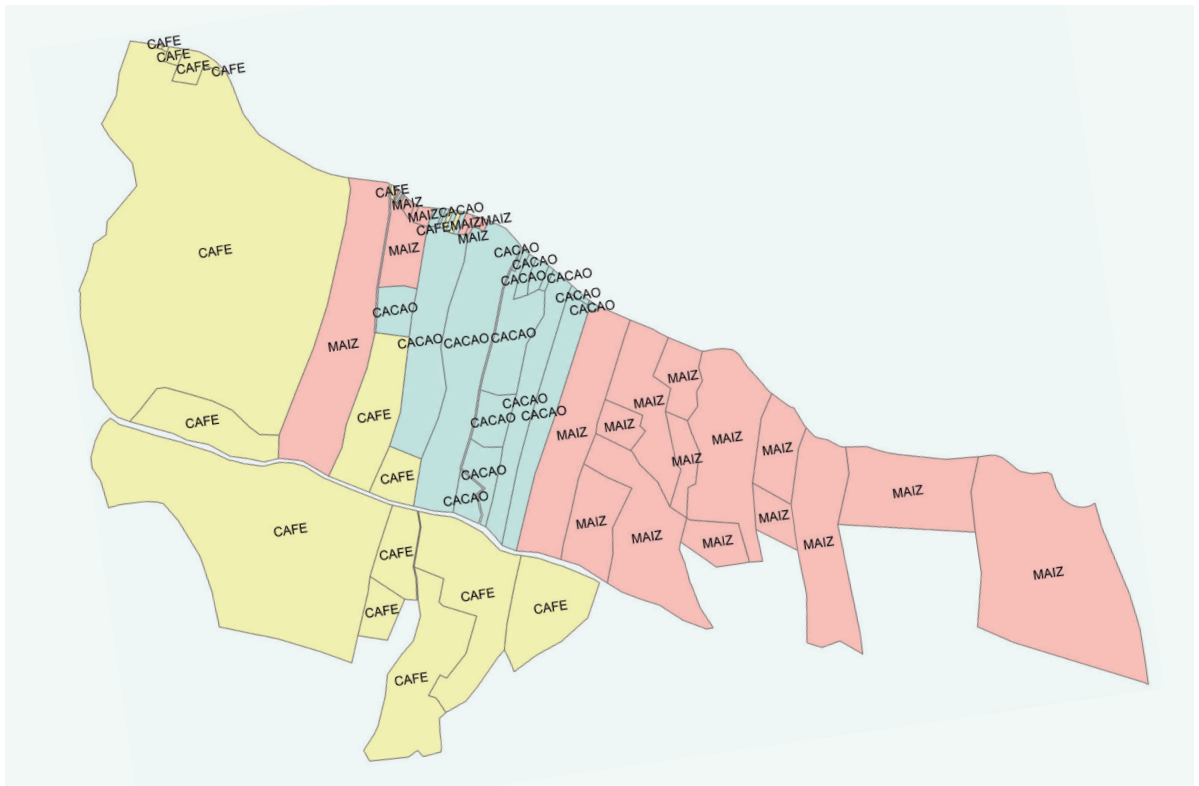


Figura 17. Disponibilidad de nutrientes en función del pH del suelo (adaptado de Pettinger, 1935)

## 6.2. Muestreo del suelo

El muestreo del suelo es el paso previo al análisis de suelo, el cual es un proceso que permite identificar las propiedades físicas y químicas del suelo utilizando métodos analíticos, químicos y físicos. Para realizar un muestreo adecuado, Priale-Farro (2016), sugiere dividir el área total en áreas homogéneas (Figura 18), basado en aspectos observables, de esta manera se obtienen unidades de muestreo independientes, que pueden ser muestreadas en forma separada para obtener resultados analíticos aplicables a sus características particulares. En la Figura 19 se presentan los pasos para la toma de muestras de suelos.



**Figura 18.** Sectorización del área de muestreo







## 6.3. Interpretación de los resultados de análisis de suelo

### • Interpretar los resultados

Los términos “muy bajo”, “bajo”, “suficiente”, “alto” y “muy alto” en los informes de análisis de suelo (Figura 20) son interpretaciones que ayudan a comprender el nivel de fertilidad y las acciones generales que se deben tomar en la gestión de nutrientes para el próximo cultivo. Estos términos no especifican la cantidad de nutrientes a aplicar, ni el motivo, ya que esa información se determina en etapas posteriores del análisis y la evaluación del sistema de cultivo. Los valores obtenidos a partir de un análisis de suelos deben ser interpretados para que tengan significado y en base estos resultados y la información proporcionada sobre el sistema del cultivo se realizan las recomendaciones de fertilización (Yost y Uchida, 2000).





Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego



### Interpretaciones de resultados de análisis

**Clasificación de suelos según valor de pH**

pH	Evaluación	Efectos
< 5.0	Fuertemente ácido	Condiciones muy desfavorables.
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6.6 - 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 - 8.5	Medianamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes.
> 8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes.

**Materia orgánica**

Clasificación	% MO
Muy bajo	<0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 - 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy alto	> 6.0

**Fósforo**

Clasificación	mg/kg de P
Bajo	< 5.5
Medio	6.5 - 11
Alto	> 11

**Cationes intercambiables (Ca, Mg, K Cmol/kg)**

Clase	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)
Muy baja	< 2.0	< 0.5	< 2.0
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 – 10	1.3 - 3.0	3.0 - 0.6
Alta	> 10	> 3.0	> 10

Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g

**Clasificación de suelos según el valor de la conductividad (CE)**

Clasificación	CE (mS/m)	Efectos
Normal	< 100	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectados en sus rendimientos.
Muy Ligeramente salino	110 – 200	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	210 – 400	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.
Suelo salino	410 - 800	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	810 - 160	Solo lo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Muy fuertemente salino	> 160	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

Nota: 1 dS/m = 100 mS/m

**Capacidad de intercambio catiónico**

Clasificación	CIC (Cmol/Kg suelo)	Efectos
Muy bajo	< 5.0	Suelo muy pobre
Bajo	5.0 - 15	Suelo pobre
Medio	15 – 25	Suelo medio
Alto	15 – 40	Suelo rico
Muy alto	> 40	Suelo muy rico

Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g

**Saturación de bases cambiables**

Calificativo	Saturación de Bases (%)	Efectos
Bajo	< 35	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
Medio	35 – 80	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.
Alto	> 80	Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases.

**Figura 20.** Interpretación de los resultados de análisis de suelo (adaptado de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2002)

- **Evaluar los valores de referencia**


El requerimiento y la extracción en grano de los nutrientes esenciales para producir una tonelada de grano de maíz se muestran en la Tabla 1 (García, 2005). Estos valores indican los niveles óptimos de nutrientes en el cultivo y se utilizan para comparar con los valores obtenidos en la muestra.

Macronutriente	Requerimiento (kg/t)	índice de cosecha	Extracción (kg/t)
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3
Potasio	19	0.21	4
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
Micronutriente	Requerimiento (g/t)	índice de cosecha	Extracción (g/t)
Boro	20	0.3	5
Cloro	444	0.1	27
Cobre	13	0.3	4
Hierro	125	0.4	45
Manganeso	189	0.2	32
Molibdeno	1	0.6	1
Zinc	53	0.5	27


**Tabla 1.** Requerimiento de nutrientes del maíz por tonelada de grano

• **Analizar los valores obtenidos**

Los resultados del análisis de laboratorio (Figura 21) se comparan con los valores de referencia para identificar posibles deficiencias o excesos de nutrientes en el suelo o la planta, los cuales podrían afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo (Torrez-Arias y Chinchilla, 2006).




**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200**



**INACAL**  
DA - Perú  
Organismo de Acreditación  
Registro N° LE - 200

---


**INFORME DE ENSAYO**  
N° 070026-24 / SU / LABSAF - EL PORVENIR



---

**I. INFORMACIÓN GENERAL**


Cliente	: Henry Díaz Chuquizuta
Propietario / Productor	: E.E.A San Ramon - INIA
Dirección del cliente	: Yurimaguas
Solicitado por	: Henry Díaz Chuquizuta
Muestreado por	: Henry Díaz Chuquizuta
Número de muestra(s)	: 10 Muestras
Producto declarado	: Suelo
Presentación de las muestras(s)	: Bolsa de plástico
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s)	: Yurimaguas /Alto amazonas / Loreto
Fecha(s) de muestreo	: 2024-05-22
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-06-20
Lugar de ensayo	: LABSAF EL PORVENIR
Fecha(s) de análisis	: Del 2024-06-28 al 2024-07-30
Cotización del servicio	: 108-24-EPV
Fecha de emisión	: 2024-07-31



---

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
<b>Código de Laboratorio</b>	SU1395-Epv-24	SU1396-Epv-24	SU1397-Epv-24	SU1398-Epv-24	SU1399-Epv-24	SU1400-Epv-24		
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
<b>Fecha de Muestreo</b>	2024-05-22	45434	45434	45434	45434	45434		
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)</b>	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00	10:00		
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)</b>	B1-T1	B1-T2	B1-T3	B1-T4	B1-T5	B1-T6		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
pH	unid. pH	0,1	7,0	5,50	5,80	5,30	6,20	5,10
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	3,2	3,36	3,91	4,64	3,94	3,66
Potasio Disponible	ppm	3,2	28,4	113,57	51,20	58,00	9,20	24,00
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,1	-	<0,1	0,6	1,2	0,2	1,0
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,5	<0,5	-	-	-	-	-
<b>Bases Intercambiables</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	cmol (+)/Kg	0,20	0,60	2,45	0,58	2,79	13,87	7,58
Magnesio (Mg)	cmol (+)/Kg	0,10	0,80	<0,10	0,12	<0,10	0,20	<0,10
Sodio (Na)	cmol (+)/Kg	0,10	0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Potasio (K)	cmol (+)/Kg	0,10	0,80	<0,10	0,15	0,15	<0,10	<0,10
<b>Textura</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	63,97	61,97	64,04	60,04	63,97	64,22
Arcilla	%	-	18,54	18,82	16,54	16,54	14,82	14,44
Limo	%	-	19,49	21,42	19,42	23,42	21,42	21,34
Clase Textural	-	-	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Acidez H+ (*)	ppm	0,1	-	<0,1	0,6	1,2	0,2	1,0
Fosforo Disponible (*)	ppm	0,1	8,5	9,8	13,8	10,7	6,4	5,0
CIC e (*)	cmol (+)/Kg	-	2,70	2,65	1,48	4,20	14,38	8,76



**Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
LABSAF - EL PORVENIR**

Dirección: Carretera Belaunde Terry Km 14.5 - Juan Guerra-San Martín-San Martín  
Email: labsafelporvenir@inia.gov.pe

F-46 / Ver.05  
www.inia.gov.pe

Página 1 de 3

**Figura 21. Resultados de un análisis de suelos**

- **Tomar decisiones de fertilización**

En base a los resultados del análisis suelo y foliar, se pueden ajustar las prácticas de fertilización para corregir las deficiencias de nutrientes en función al estado fenológico del cultivo (Figura 22) y asegurar una producción óptima.



**Figura 22.** Observación del estado fenológico del cultivo

## 6.4. Plan de fertilización

La interpretación de los resultados del análisis de suelos es primordial para la correcta elaboración del plan fertilización del cultivo de maíz amarillo duro. Este plan debe especificar tanto las cantidades y tipos de fertilizantes que se deben utilizar (Figura 23), así como el momento y la tecnología de aplicación, asegurando así que se satisfagan las necesidades del cultivo (García, 2005).

## Plan de fertilización química



Figura 23. Plan de fertilización del cultivo de maíz



## 7. Tipos de fertilizantes

- **Fertilizantes Nitrogenados**

Promueve el crecimiento vegetativo, aumenta el rendimiento y la calidad del grano, mejora la formación y desarrollo de la mazorca (Díaz-Chuquizuta et al., 2022). Existen en el mercado distintas presentaciones de fertilizantes nitrogenados (Figura 24).



Figura 24. Fertilizantes nitrogenados

- **Fertilizantes fosfatados**

Favorece el desarrollo inicial de la planta, llenado uniforme del grano e incremento de la productividad; adelanta la fecha de cosecha (Díaz-Chuquizuta et al., 2022). Existen en el mercado distintas presentaciones de fertilizantes fosfatados (Figura 25).



**Figura 25.** Diferentes tipos de fertilizantes fosfatados

- **Fertilizantes potásicos**

Favorece a la obtención de follaje sano y verde, con mejor crecimiento de raíces y aumento del rendimiento. (Díaz-Chuquizuta et al., 2022). Existen en el mercado distintas presentaciones de fertilizantes potásicos (Figura 26).



**Figura 26.** Diferentes tipos de fertilizantes potásicos

- **Fertilizantes de micronutrientes**

Su función está relacionada al transporte de fotosintatos al grano y participa en la formación de los órganos florales y las raíces, Asimismo, favorece a la fertilidad del polen (Barandiarán-Gamarra y DDTA, 2020). Existen en el mercado distintas presentaciones de fertilizantes a base de micronutrientes (Figura 27).



**Figura 27.** Fertilizante foliar a base de micronutrientes



## 8. Momento y método de aplicación de fertilizantes

- **Momento de aplicación**

Las necesidades de nutrientes del maíz varían a lo largo de las de las diferentes etapas de crecimiento del cultivo. La primera fertilización debe realizarse entre las etapas V2 y V4 (2 a 4 hojas extendidas), con el 30 al 40 % del nitrógeno y toda la dosis de fósforo y potasio. La aplicación debe efectuarse a una distancia entre 5 a 10 cm del tallo. La segunda fertilización debe llevarse a cabo entre las etapas V6 y V8 (6 a 8 hojas extendidas), aplicando el porcentaje restante de nitrógeno (60 al 70 %) (Díaz-Chuquizuta et al., 2022).

- **Método de aplicación**

La aplicación de fertilizantes puede ser a través de la aplicación superficial, aplicación subterránea o aplicación foliar. La forma de aplicación depende del tipo de fertilizante, su eficiencia y de las necesidades nutricionales del maíz.

A continuación, se describen algunos de los métodos más comunes:

### » Aplicación al voleo

Este método consiste en esparcir los fertilizantes en forma de polvo o granulado de manera uniforme sobre la superficie del suelo (Figura 28). Se puede utilizar una esparcidora manual o mecánica para hacer la aplicación al voleo.



**Figura 28.** Aplicación de fertilizantes mediante el método al voleo

## » Aplicación en surcos

En este método, los fertilizantes se colocan en los surcos que se han abierto en el suelo antes de la siembra o después de la siembra cuando el cultivo está instalado (Figura 29). Los surcos pueden ser abiertos con una herramienta manual o con maquinaria agrícola. Después de colocar los fertilizantes en los surcos, se cubren con una pequeña cantidad de tierra.



**Figura 29.** Aplicación de fertilizantes en los surcos

## » Aplicación foliar

Se recomienda la aplicación de microelementos nutritivos (Figura 30) en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. En el estado V4 y V6 (de 4 - 6 hojas), se recomienda la aplicación de sulfato de cobre, boro y magnesio. En los estados V8 y V10 (8 - 10 hojas), se aconseja la aplicación de molibdeno. También, se considera el uso de zinc y calcio en el estado de hoja bandera; y de magnesio, calcio y boro a inicios de la floración masculina (emisión de polen) (Barandiarán-Gamarra y DDTA, 2020).



**Figura 30.** Aplicación de nutrientes a las hojas de la planta

### » Aplicación localizada

En este método, los fertilizantes se aplican en un área específica alrededor de las raíces del maíz (Figura 31). Se pueden utilizar sistemas de riego localizado para hacer la aplicación, como el riego por goteo o el riego por aspersión. Este método es especialmente útil cuando se utilizan fertilizantes de liberación lenta.



**Figura 31.** Aplicación de nutrientes a través de sistema de riego localizado



## 9. Ejemplo práctico de cálculo de la dosis de fertilizantes para el cultivo de maíz amarillo

- **Aporte del suelo**

Se refiere a la disponibilidad de los nutrientes esenciales que el suelo proporciona (Figura 32) a las plantas para su crecimiento y desarrollo. Estos nutrientes se determinan a partir de un análisis de suelo.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200**



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 03001-24/SU/ LABSAF - EL PORVENIR

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : Proyecto Suelos Aguas y Foliare  
 Propietario / Productor : Proyecto Suelos Aguas y Foliare  
 Dirección del cliente : Juan Guerra  
 Solicitado por : Henry Díaz Chuquizuta  
 Muestreado por : Henry Díaz Chuquizuta  
 Número de muestra(s) : 1 muestra  
 Producto declarado : Suelo  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas plásticas  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) : Yurimaguas / Alto Amazonas / Loreto  
 Fecha(s) de muestreo : 2024-01-05  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-01-22  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF El Porvenir  
 Fecha(s) de análisis : 2024-02-25  
 Cotización del servicio : 006-24-Epv  
 Fecha de emisión : 2024-03-05

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1		
Código de Laboratorio	SU024-24-Epv		
Matriz Analizada	Suelo		
Fecha de Muestreo	2024-01-05		
Hora de inicio de Muestreo (h)	13:00:00h		
Condición de la muestra	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Muestra #1		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados
pH	unid. pH	0.1	4.5
Conductividad	mS/m	1.0	8.0
Materia Orgánica (**)	%	0.5	2.4
Nitrógeno Total (**)	%	0.1	0.09
Fósforo Disponible (**)	mg/kg	0.1	2.10
Potasio Disponible (**)	mg/kg	3.2	23.19
Calcio Intercambiable (**)	C mol(+)/Kg	0.2	0.82
Magnesio Intercambiable(**)	C mol(+)/Kg	0.1	0.10
Potasio Intercambiable (**)	C mol(+)/Kg	0.1	0.06
Sodio Intercambiable (**)	C mol(+)/Kg	0.1	0.03
Aluminio intercambiable (**)	C mol(+)/Kg	0.1	0.36
Acidez Intercambiable (**)	C mol(+)/Kg	0.1	0.50
Acidez de H+ (**)	C mol(+)/Kg	0.1	0.14
ClCe (**)	C mol(+)/Kg	--	1.51
Analisis de Textura (**)			
Arena	%	--	68.16
Limo	%	--	16.66
Arcilla	%	--	15.18
Clase Textural	---	--	Franco Arenoso



**Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare**  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Marginal Sur Fernando Belaunde Terry Km 13.5 - Juan Guerra - San Martín - San Martín

Página 1 de 2  
F-48 / Ver:04  
www.inia.gob.pe

**Figura 32. Resultados del análisis de suelo**

Se tiene los siguientes datos del análisis de suelos (ver Figura 32), a partir del cual se realizarán los cálculos para la determinación de las necesidades nutricionales del cultivo de maíz para llegar a los 6 000 kg/ha.

- \* pH = 4.5
- \* M.O. = 2.4 %
- \* P disp. = 2.10 mg/kg
- \* K disp. = 23.19 mg/kg
- \* Textura = Franco Arenoso
- \* Densidad aparente = (1.55 g/cm<sup>3</sup>) o (1 550 kg/m<sup>3</sup>)

### • Extracción del cultivo

Se refiere a la cantidad que requiere el cultivo para llegar a un rendimiento de producción esperado. La Tabla 1 muestra el requerimiento de nutrientes del cultivo de maíz por tonelada de grano.

Macronutriente	Requerimiento (kg/t)	índice de cosecha	Extracción (kg/t)
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3
Potasio	19	0.21	4
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
Micronutriente	Requerimiento (g/t)	índice de cosecha	Extracción (g/t)
Boro	20	0.3	5
Cloro	444	0.1	27
Cobre	13	0.3	4
Hierro	125	0.4	45
Manganeso	189	0.2	32
Molibdeno	1	0.6	1
Zinc	53	0.5	27

**Tabla 1.** Requerimiento de nutrientes del maíz por tonelada de grano

Para obtener un rendimiento de maíz amarillo duro de 6 000 kg/ha se debe realizar los cálculos de extracción de nutrientes para llegar a ese rendimiento.

Calculando:

$$\gg \text{Nitrógeno (N)} = 22 \times 6 = 132 \text{ kg/ha}$$

$$\gg \text{Fósforo (P}_2\text{O}_5) = 4 \times 6 = 24 \text{ kg/ha}$$

$$\gg \text{Potasio (K}_2\text{O)} = 19 \times 6 = 114 \text{ kg/ha}$$

### • Paso 1. Cálculo de la capa arable o peso del suelo

$$\text{Peso del suelo} = \text{Densidad aparente (kg/m}^3) \times \text{Profundidad de la muestra (m)} \times 10\,000 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso del suelo} = 1\,550 \text{ kg/m}^3 \times 0.20 \text{ m} \times 10\,000 \text{ m}^2 = 3\,100\,000 \text{ kg/ha}$$

### • Paso 2. Cálculo del nitrógeno a partir de la materia orgánica

$$\text{Materia orgánica (kg/ha)} = (\text{Peso del suelo} \times \text{materia orgánica}) / 100$$

$$\text{Materia orgánica (kg/ha)} = (3\,100\,000 \text{ kg/ha} \times 2.40) / 100$$

$$\text{Materia orgánica (kg/ha)} = 74\,400 \text{ kg/ha}$$

### • Paso 3. Cálculo del nitrógeno total (orgánico + mineral) (5 %)

Nitrógeno total (5 %), significa que en 100 kg de materia orgánica existe 5 kg nitrógeno total (orgánico + mineral).

$$\text{Nitrógeno total (5 \%)} = (74\,400 \text{ kg/ha} \times 5) / 100$$

$$\text{Nitrógeno total (5 \%)} = 3\,720 \text{ kg/ha}$$

#### • Paso 4. Cálculo del nitrógeno mineral (3 %)

Nitrógeno mineral (3 %), significa que en 100 kg de nitrógeno total existe 3 kg nitrógeno mineral.

$$\text{Nitrógeno mineral (3 \%)} = (3\ 720 \text{ kg/ha} \times 3) / 100$$

$$\text{Nitrógeno mineral (3 \%)} = 111.60 \text{ kg/ha liberado en el año.}$$

#### • Paso 5. Cálculo de fósforo total

Según el análisis de laboratorio tenemos 2.10 mg/kg de (P), significa que en 1 000 000 kg de suelo existe 2.10 kg de (P).

Del paso 1:

$$\text{Peso del suelo} = 1\ 550 \text{ kg/m}^3 \times 0.20 \text{ m} \times 10\ 000 \text{ m}^2 = 3\ 100\ 000 \text{ kg/ha}$$

$$\text{P Total} = (2.10 \text{ Kg de P} \times 3\ 100\ 000 \text{ kg suelo}) / 1\ 000\ 000 \text{ kg suelo}$$

$$\text{P Total} = 6.51 \text{ kg/ha}$$

#### • Paso 6. Conversión de fósforo (P) a pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \text{P} \times 6.51 \text{ kg/ha}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 2.3 \times 6.51 \text{ kg/ha}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 14.97 \text{ kg/ha}$$

Peso atómico	Conversión
P=31 O=16	$\frac{\text{P}_2\text{O}_5}{\text{P}_2} = \frac{(62+80)}{62} = 2.29$
$\text{P}_2\text{O}_5 = \text{P} \times 2.29$	

• **Paso 7: Cálculo del potasio total**

Según el análisis de laboratorio tenemos 23.19 mg/kg de (K), significa que en 1 000 000 kg de suelo existe 23.19 kg de (K).

Del paso 1:

**Peso del suelo = 1 550 kg/m<sup>3</sup> x 0.20 m x 10 000 m<sup>2</sup> = 3 100 000 kg/ha**

K Total = (23.19 kg de P x 3 100 000 kg suelo) / 1 000 000 kg suelo

K Total = 71.89 kg/ha

• **Paso 8. Conversión de potasio (K) a óxido de potasio (K<sub>2</sub>O)**

**K<sub>2</sub>O = 1.2 x K kg/ha**

**K<sub>2</sub>O = 1.2 x 71.89 kg/ha**

**K<sub>2</sub>O = 86.27 kg/ha**

Peso atómico	Conversión
K=39 O=16	$\frac{K_2O}{K_2} = \frac{(78+16)}{78} = 1.2$
<b>K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = K x 1.2</b>	

• **Paso 9: Cálculo de la disponibilidad de nitrógeno según el pH del suelo**

Como todo el nitrógeno no es absorbido por la planta, el porcentaje de absorción de nutrientes estará en función del pH del suelo. En los resultados del análisis de suelos, el pH registrado es de 4.5 (ver Figura 32). Por consiguiente, la disponibilidad de nitrógeno en el suelo en base a este pH será del 30 % (Tabla 2).

» **Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo**

Se refiere a la cantidad de nutrientes que tiene el suelo en función al pH (Tabla 2), pudiendo ser estos ácidos, neutros y alcalinos.

pH del suelo	Disponibilidad de nutriente			Eficiencia de fertilizante
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	
7.0	100 %	100 %	100 %	100 %
6.0	89 %	52 %	100 %	80 %
5.5	77 %	48 %	77 %	67 %
5.0	53 %	34 %	52 %	46 %
4.0	30 %	23 %	33 %	29 %

**Tabla 2.** Disponibilidad de nutrientes según el pH del suelo

Disponibilidad de nitrógeno en el suelo = nitrógeno mineral x % de disponibilidad de nitrógeno según el pH

Disponibilidad de nitrógeno en el suelo =  $(111.60 \text{ kg/ha} \times 30) / 100$

Disponibilidad de nitrógeno en el suelo = 33.48 kg/ha N, disponible para la planta

- **Paso 10: Cálculo de la disponibilidad del fósforo ( $P_2O_5$ ) según el pH del suelo**

Como todo el fósforo no es absorbido por la planta, el porcentaje de absorción de nutrientes estará en función del pH del suelo. En los resultados del análisis de suelos, el pH registrado es de 4.5 (ver Figura 32). Por consiguiente, la disponibilidad de fósforo en el suelo en base a este pH será del 23 % (Tabla 2).

Disponibilidad de fósforo en el suelo = fósforo asimilable x % de disponibilidad del fósforo según el pH

Disponibilidad de fósforo en el suelo =  $(14.97 \text{ kg/ha} \times 23) / 100$

Disponibilidad de fósforo en el suelo = 3.44 kg/ha  $P_2O_5$ , disponible para la planta

- **Paso 11: Cálculo de la disponibilidad del potasio ( $K_2O$ ), según el pH del suelo**

Como todo el potasio no es absorbido por la planta, el porcentaje de absorción de nutrientes estará en función del pH del suelo. En los resultados del análisis de suelos, el pH registrado es de 4.5 (ver Figura 32). Por consiguiente, la disponibilidad de potasio en el suelo en base a este pH será del 33 % (Tabla 2).

Disponibilidad de potasio en el suelo = potasio asimilable x % de disponibilidad del potasio según el pH  
 Disponibilidad de potasio en el suelo = (86.27 kg/ha x 33) / 100  
 Disponibilidad de potasio en el suelo = 28.47 kg/ha K<sub>2</sub>O, disponible para la planta

**Paso 12: Cálculo de la formulación de los nutrientes**

El cálculo de la cantidad de nutrientes a aplicar en el cultivo de maíz amarillo se realiza tomando como referencia los datos previamente calculados de disponibilidad de nutrientes en el suelo (Tabla 3) y el requerimiento de nutrientes necesarios para que el cultivo llegue a un rendimiento de 6 000 kg/ha (Tabla 4).

Nitrógeno (N)	Pentóxido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)
33.48	3.44	28.47

**Tabla 3.** Nutrientes disponibles en el suelo

Nitrógeno (N)	Pentóxido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)
132	24	114

**Tabla 4.** Requerimiento de nutrientes del cultivo de maíz para un rendimiento de 6 000 kg/ha

**Fórmula:**

$$Q = \frac{e - s}{f}$$

**Donde:**

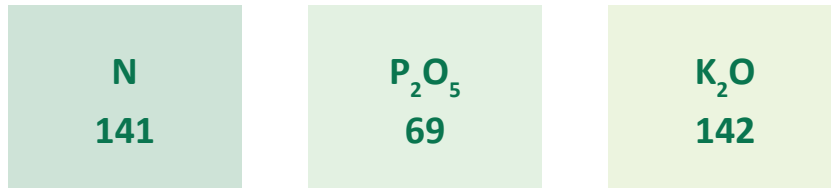
- Q:** Cantidad de nutrientes
- e:** Requerimiento de nutrientes del cultivo
- s:** Disponibilidad de nutrientes en el suelo
- f:** Eficiencia de los fertilizantes

### » Eficiencia de los fertilizantes

Los valores de eficiencia varían según factores como la textura del suelo; el momento y forma de aplicación de los fertilizantes; el tipo de riego y el estado de humedad del campo; entre otros factores (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural [AGRO RURAL], 2018).

Para el presente ejemplo, se considerará una eficiencia de fertilización del 70 % para el nitrógeno, 65 % para el potasio (AGRO RURAL, 2018) y el 30 % para el fósforo considerando lo reportado por Baligar y Bennett (1986) y Baligar et al. (2001). Además, se debe considerar que el suelo tiene un pH de 4.5 (fuertemente ácido), este nivel de acidez aumenta la probabilidad de que el fósforo esté asociado al aluminio en forma de fosfato de aluminio, lo cual impide su asimilación por la planta. Asimismo, las condiciones de manejo de la parcela son deficientes.

- » Nitrógeno (N) =  $(132 - 33.48) / 70 \% = 141 \text{ kg/ha}$
- » Fósforo ( $P_2O_5$ ) =  $(24 - 3.44) / 30 \% = 69 \text{ kg/ha}$
- » Potasio ( $K_2O$ ) =  $(114 - 28.47) / 60 \% = 142 \text{ kg/ha}$



### • Paso 13: Cálculo de la cantidad de fertilizantes químicos

La fertilización química es el proceso de añadir nutrientes al suelo mediante el uso de fertilizantes sintéticos o inorgánicos. Estos fertilizantes están diseñados para proporcionar nutrientes esenciales que las plantas necesitan para crecer y desarrollarse.

#### » Cálculo la cantidad de urea

$$46 \text{ kg N} \underline{\hspace{2cm}} 100 \text{ kg Urea}$$

$$141 \text{ kg N} \underline{\hspace{2cm}} X \text{ kg Urea}$$

Esto significa que para alcanzar a un rendimiento de 6 000 kg/ha, se necesitara 306.52 Kg de urea o 6 sacos de urea.

» **Cálculo de la cantidad de superfosfato triple**

$$\begin{array}{l} 46 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ _____ } 100 \text{ kg Superfosfato triple} \\ 69 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ _____ } \text{ X kg Superfosfato triple} \end{array}$$

Esto significa que para alcanzar a un rendimiento de 6 000 kg/ha, se necesitara 130.43 kg o 2.6 sacos de superfosfato triple.

» **Cálculo de la cantidad de cloruro de potasio**

$$\begin{array}{l} 60 \text{ kg K}_2\text{O} \text{ _____ } 100 \text{ kg Cloruro de potasio} \\ 142 \text{ kg K}_2\text{O} \text{ _____ } \text{ X kg Cloruro de potasio} \end{array}$$

Esto significa que para alcanzar a un rendimiento de 6 000 kg/ha, se necesitara 236.67 kg o 4.7 sacos de cloruro de potasio.

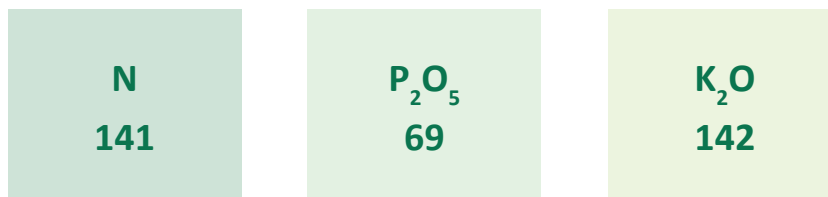
• **Paso 14: Cálculo de la cantidad de fertilizante orgánico**

La fertilización orgánica consiste en agregar nutrientes al suelo utilizando materiales de origen natural (Tabla 5). Estos materiales se descomponen lentamente, liberando nutrientes de manera gradual y mejorando la salud del suelo a largo plazo.

Tipo de fertilizante orgánico	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
Guano de las islas	14	12	3

**Tabla 5.** Composición química del guano de las islas

El cálculo de la cantidad de fertilizante orgánico se realizará a partir de los resultados del paso 12.



» **Cálculo de la cantidad guano de las islas para cubrir las necesidades de N**

100 kg de guano de las islas \_\_\_\_\_ 14 kg de N  
 X kg de guano de las islas \_\_\_\_\_ 141 kg de N

Se recomienda aplicar 1 007.1 kg/ha., lo cual representa 20 sacos del producto.

» **Cálculo de la cantidad guano de las islas para cubrir las necesidades de  $P_2O_5$**

100 kg de guano de las islas \_\_\_\_\_ 12 kg de  $P_2O_5$   
 X kg de guano de las islas \_\_\_\_\_ 69 kg de  $P_2O_5$

Se recomienda aplicar 575 kg/ha., lo cual representa 11.50 sacos del producto.

» **Cálculo la cantidad guano de las islas para cubrir las necesidades de  $K_2O$**

100 kg de guano de las islas \_\_\_\_\_ 3 kg de  $K_2O$   
 X kg de guano de las islas \_\_\_\_\_ 142 kg de  $K_2O$

Da como resultado 4 733.3 kg/ha, lo cual representa 94 sacos del producto. Se recomienda buscar otras fuentes más ricas en potasio, esto con la finalidad de abaratar costos.



# 10. Referencias bibliográficas

- AgroPerú (25 de mayo 2023). *INIA presenta nuevo maíz amarillo duro en Huaral*. AgroPerú. Recuperado el 18 de febrero de 2025, de <https://www.agroperu.pe/inia-presenta-nuevo-maiz-amarillo-duro-en-huaral/>
- Arce-Zapata, A. (2021). *Desarrollo del mercado de fertilizantes compuestos en el Perú y su impacto en cultivos tradicionales de la selva peruana* [Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/91ecadfa-563e-4e40-8930-75cba6314f98>
- Baligar, V. C., y Bennett, O. L. (1986). Outlook on fertilizer use efficiency in the tropics. *Fertilizer Research*, 10, 83-96. <https://doi.org/10.1007/BF01073907>
- Baligar, V. C., Fageria, N. K., y He, Z. L. (2001). Nutrient Use Efficiency in Plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7-8), 921-950. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>
- Barandiarán-Gamarra, M. Á., y Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario - DDTA. (2020). *Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1643>
- Batool, M. (2024). Nutrient Management of Maize. En K. Prashant (Ed.), *New Prospects of Maize* (cap. 3, 87947). Agricultural Sciences series. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112484>
- Buringh, P. (1970). *Introduction to the study of soils in tropical and subtropical regions* (2.ª ed.). Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen University & Research (WUR). <https://linker2.worldcat.org/?jHome=https%3A%2F%2Flibrary.wur.nl%2FWebQuery%2Frduser%2Fzproxy%3Furl%3Dhttps%3A%2F%2Fedepot.wur.nl%2F214911&linktype=best&jHomeSig=47343953cfd4bb248af5c00c591c6a856eee12116bee973ebde-28c8328cc5770>
- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Meléndez, E., Mendoza-Paredes, M., y Jara-Calvo, T. W. (2022). *Guía técnica para el manejo del cultivo de maíz amarillo duro en la Selva*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1867>

- Etchevers-Barra, J. D. (1999). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutricional de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 209-219. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317305.pdf>
- Franzen, D. W. (2023). *Soil Sampling as a Basis for Fertilizer Application*. SF990 (Reviewed Sept. 2023). NDSU Extension. North Dakota State University. <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2023-09/sf990.pdf>
- García, F. O. (2005). *Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz* [Presentado en la Jornada “Maíz 2005”, Córdoba, 1 de Julio de 2005]. <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/nutricion-en-el-cultivo-de-maiz-ipni-f-garcia-2005.pdf>
- Grujic, D., Yazici, A. M., Tutus, Y., Cakmak, I., y Singh, B. R. (2021). Biofortification of Silage Maize with Zinc, Iron and Selenium as Affected by Nitrogen Fertilization. *Plants*, 10(2), 391. <https://doi.org/10.3390/plants10020391>
- Heiniger, R. W., Crozier, C., Hardy, D., Walls, B., y Reich, R. (2018). *Sulfur Deficiency Symptoms in Emerging Corn* (Updated 2018) [en línea]. NC State Extension. North Carolina State University (NCSU). Recuperado el 17 de setiembre de 2024 de <https://corn.ces.ncsu.edu/sulfur-deficiency-symptoms-in-emerging-corn/>
- Imakumbili, M. L. E., Semu, E., Semoka, J. M. R., Abass, A., y Mkamilo, G. (2020). Plant tissue analysis as a tool for predicting fertiliser needs for low cyanogenic glucoside levels in cassava roots: An assessment of its possible use. *PLoS ONE*, 15(2), e0228641. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228641>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (s.f.). *IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Sistema de consulta de resultados censales*. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Recuperado el 19 de febrero de 2025 de <https://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/?id=-CensosNacionales>
- Jezek, M., Geilfus, C.-M., Bayer, A., Mühling, K.-H. (2015). Photosynthetic capacity, nutrient status, and growth of maize (*Zea mays* L.) upon MgSO<sub>4</sub> leaf-application. *Frontiers in Plant Science*, 5, 781. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00781>
- Jose, A., Nandagopalan, S., Ubalanka, V., Viswanath, D. (2021). Detection and classification of nutrient deficiencies in plants using machine learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1850,012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1850/1/012050>.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2023a). Observatorio de Commodities: Maíz amarillo duro. Boletín trimestral N.º 03-2023. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1621/1/Obsevatorio%20de%20commodities-maiz-amarillo-duro-jul-set-2023.pdf>

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2023b). Observatorio de siembras y perspectivas de la producción: Maíz amarillo duro: Campaña agrícola 2023/2024. Boletín Anual 2023. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5619457/4344772-observatorio-de-siembras-y-perspectivas-de-produccion-maiz-amarillo-duro.pdf>
- Penuelas, J., Coello, F., y Sardans, J. (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security*, 12, 5. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5>
- Pettinger, N. A. (1935). *A Useful Chart For Teaching The Relation of Soil Reaction to The Availability of Plant Nutrients to Crops*. Bulletin N°. 136. Virginia Agricultural and Mechanical College and Polytechnic Institute, Extension Division. <http://hdl.handle.net/10919/83872>
- Prialé-Farro, C. A. (2016). *Muestreo de suelos: referencias sobre el análisis e interpretación de resultados*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/286>
- Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRO RURAL). (2018). *Manual de abonamiento con guano de las islas*. Agro Rural-Dirección de Abonos. <https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL%20DE%20ABONAMIENTO%20CON%20G.I>
- Sánchez, P. A. (1981). *Suelos del trópico: características y manejo*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16537>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2002). NORMA Oficial Mexicana NOM-021-REC-NAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos. Estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación (31 de diciembre de 2002). <https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Sharma, M. K., y Kumar, P. (2017). *Guía para la identificación y el manejo de la deficiencia de nutrientes en cereales*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT); International Plant Nutrition Institute (IPNI). <https://hdl.handle.net/10883/19700>
- Torrez-Arias, G., y Chinchilla, F. (2006). *Manual de interpretación de análisis de suelos y foliares para la nutrición de limón, aguacate, cocotero y marañón*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <http://repositorio.iica.int/handle/11324/6991>

- Trostle, C. (2023). *Iron Deficiency & Symptoms in Texas Field Crops*. Texas Row Crops Newsletter. Recuperado el 17 de agosto de 2024 de <https://agrilife.org/texasrowcrops/2023/12/11/iron-deficiency-symptoms-in-texas-field-crops/>
- Yost, R. S., y Uchida, R. (2000). Interpreting Soil Nutrient Analysis Data Definition of “Low,” “Sufficient,” and “High” Nutrient Levels. En J. A. Silva y R. Uchida (Eds.), *Plant Nutrient Management in Hawaii’s Soils: Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture*. College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR), University of Hawai’i at Manoa. <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/pnm7.pdf>



*Instituto Nacional de Innovación Agraria*





D. : Av. La Molina 1981, La Molina  
T. : (511) 240-2100 / 240-2350  
www.gob.pe/inia

ISBN: 978-9972-44-169-1



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

 @INIAPeru  @INIAPeru  @iniaperu  @IniaPeru  @iniaperu  @iniaperu