



Guía práctica para la Fertilización y Nutrición del Cultivo de Arroz



FEDEARROZ

FONDO NACIONAL DEL ARROZ



AMTEC

Adopción Masiva de Tecnología





GUÍA PRÁCTICA PARA LA FERTILIZACIÓN Y NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ

Yeimy Carolina Tirado Ospina, IA
Luis Armando Castilla Lozano, IA, M.Sc, Ph.D.

Noviembre 2019



¿ CÓMO FERTILIZAR EL CULTIVO DE ARROZ ?



INTRODUCCIÓN

Existen diversos factores que influyen en el rendimiento del cultivo de arroz, siendo la nutrición clave para que las plantas puedan expresar su potencial de producción. La nutrición es la absorción de los nutrientes necesarios para que la planta pueda desarrollar sus funciones vitales y se puedan obtener mejores rendimientos a menores costos de producción.

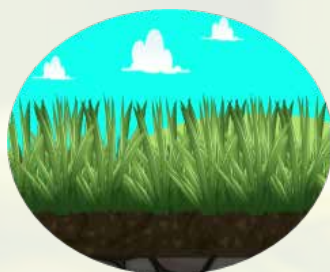
El aprovechamiento genético de las plantas reflejado en productividad está alrededor del 60%, donde la nutrición juega un papel importante en lograr que las plantas puedan tener una mayor manifestación del potencial productivo. El reto que se tiene es maximizar los rendimientos, siendo la fertilización una de las prácticas más importantes para lograr tal fin, por lo cual se debe garantizar que los nutrientes aplicados y los que se encuentren en el suelo puedan ser tomados y asimilados por las plantas.

Si la planta de arroz no logra absorber adecuadamente los nutrientes, no puede completar con eficiencia su crecimiento y desarrollo, predisponiéndola al ataque de plagas y enfermedades, causando menor rendimiento, alto vaneamiento y manchado de grano.

Con el fin de fertilizar y nutrir adecuadamente el cultivo y teniendo en cuenta que la fertilización es uno de los rubros más altos en los costos de producción, en razón al aumento en los precios de los fertilizantes, baja eficiencia y el deterioro de los suelos, es necesario adoptar herramientas que permitan realizar planes de fertilización que conduzcan a una mayor productividad.

Esta cartilla tiene como objetivo brindar al agricultor herramientas fundamentales para optimizar la nutrición en el cultivo del arroz. Podrá encontrar en ella descripciones detalladas y precisas del paso a paso que se debe tener en cuenta para realizar un plan de fertilización que conduzca al incremento de los rendimientos y al manejo sostenible de los suelos.

¿QUE ES EL SUELO Y CUAL ES SU IMPORTANCIA?

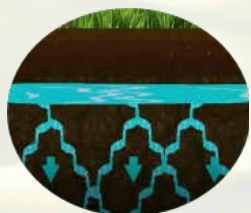


El suelo es una masa dinámica con comportamientos cambiantes en sus propiedades, debido a factores como clima, temperatura, lluvia, luminosidad y organismos; además es el sitio de anclaje y alimentación de las plantas, de allí la importancia para su conservación y buen manejo.

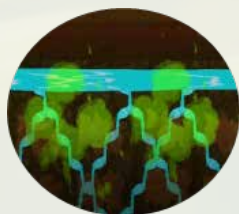
El suelo está conformado por tres fases:



SÓLIDA : Principal depósito de los nutrientes, rica mezcla de minerales y de materia orgánica



LÍQUIDA: Representada por el agua y se encarga del transporte y solubilización de los nutrientes.



GASEOSA: Resultante del intercambio de microorganismos que viven en el suelo.

MÉTODOS DE MUESTREO O SECTORIZACIÓN DEL LOTE

Para realizar el muestreo y la caracterización de las propiedades Físicas, químicas y microbiológicas de su suelo, es necesario primero hacer una sectorización dentro del lote, ya que como sabe existe una alta heterogeneidad o diferencias dentro de los mismos. Razón por la cual se tienen zonas del mismo lote con altos y bajos rendimientos (Figura 1).

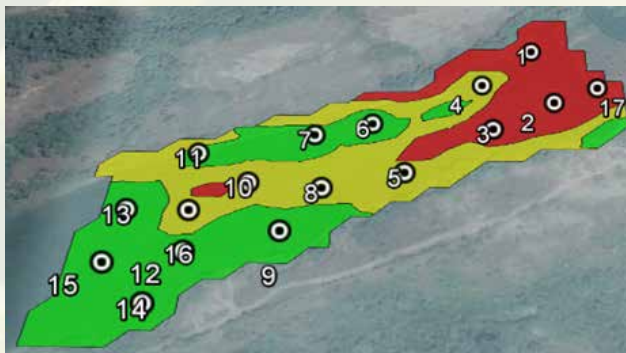


Figura 1. Mapa de ambientes de acuerdo a los rendimientos obtenidos a través de sensores de rendimiento.

La sectorización o división del lote para los muestreos se puede realizar de las siguientes maneras (Dependiendo de las herramientas con las que cuente realice una de las sectorizaciones o divisiones de su terreno que a continuación se describen).



1. Sectorización de acuerdo a la topografía del terreno: De acuerdo a la topografía de su terreno realice para la caracterización una división entre los altos o banquetas del lote y los bajos.



2. Sectorización de acuerdo a la textura del suelo: Separe las zonas del lote que sean arenosas de las que tengan una textura pesada o arcillosa, para realizar los muestreos.



3. Sectorización de acuerdo al potencial de producción: Realice una división del terreno de acuerdo al conocimiento del comportamiento productivo del lote. Zonas de altos y bajos rendimientos.



4. Sectorización a través de imágenes satelitales: es una herramienta que permite realizar mapas por ambientes.

Por medio del análisis de información de imágenes satelitales históricas de cada lote, se determina la variabilidad temporal y espacial utilizando el índice de verdor denominado NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada), el cuál es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, se calcula a través de la medición con sensores satelitales de la intensidad de la radiación de ciertas bandas espectrales que la vegetación emite o refleja. Con dicha información se hacen mapas de ambientes con una resolución de 30 metros x 30 metros cada pixel.

Para realizar la caracterización de su lote por medio de esta herramienta se debe:

4.1 Realizar el levantamiento del polígono del lote, ya sea por medio de un GPS o directamente desde Google Earth.

4.2 El polígono se deberá enviar a una de las empresas dedicadas a descargar y procesar estas imágenes. Este paso lo puede hacer a través de un técnico de la federación quien le orientará de las empresas que prestan este servicio. Además del polígono es importante relacionar la mayor información posible de fechas de siembra y variedades utilizadas en cosechas anteriores en ese lote, con el fin de poder descargar las imágenes en los periodos de tiempo adecuados.

4.3 Finalmente se recibirá una imagen como lo indica la figura 2 :

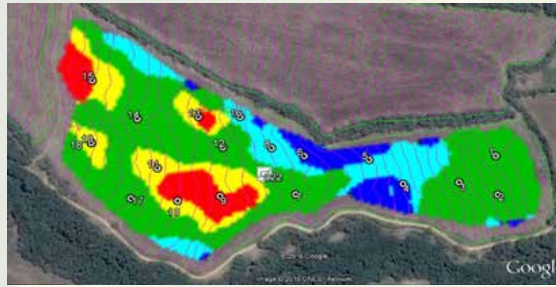


Figura 2. Mapa de ambientes obtenido con imágenes satelitales NDVI.

4.4 Allí encontrará unos puntos georreferenciados en cada una de las zonas, los cuales podrá ubicar con ayuda de un GPS, sobre estos deberá realizar el muestreo de suelos, procurando que salga una muestra por cada uno de los ambientes.

5. Sectorización a través de mapas de rendimiento: Estos sensores permiten hacer una representación espacial de datos de rendimiento registrados durante la cosecha de su cultivo. Los mapas se obtienen a partir de los datos recolectados por una cosechadora a la cual se le adapta un sistema de posicionamiento global, junto con un sistema de sensores que permitan calcular la cantidad de grano cosechado por unidad de superficie (Ver figura 1).



6. Sectorización con drones: Los drones son vehículos aéreos no tripulados, capaces de portar distintas cámaras de medición (termográfica, multiespectral, LIDAR, óptica) a través de las cuales se capturan imágenes que permiten calcular índices como el NDVI y crear a partir de estos índices mapas sectorizados o por ambientes dentro del lote. Esta herramienta además permite realizar un monitoreo del estado nutricional, fitosanitario e hídrico de su cultivo.



Recuerde que...

La muestra que saque de su lote para los análisis debe ser representativa de las condiciones del terreno.

Una muestra es una pequeña cantidad de suelo que representa el volumen que éste ocupa en el campo, considerando tanto el área como la profundidad. El terreno representado por la muestra debe ser uniforme en pendiente, vegetación, material parental, clima, grado de erosión, manejo y características del suelo.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

La disponibilidad de los elementos necesarios para la nutrición de las plantas puede ser afectada por factores ligados al suelo como el pH, el tipo de arcilla, el contenido de materia orgánica, la actividad de microorganismos, el contenido de agua y la fuente de fertilizante aplicada, especialmente por su solubilidad (Donald, 2007)

La asimilabilidad de los elementos nutritivos presentes en el suelo depende no sólo de la forma química en que se encuentren, sino que es también función del clima, de la genética de la planta, de su estado de desarrollo, de las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo y de las prácticas culturales, por lo cual cuando se piensa en realizar un plan de fertilización es necesario partir de una caracterización de las propiedades del suelo anteriormente mencionadas.

En la siguiente tabla se describen los principales factores que inciden en la disponibilidad de nutrientes.

Tabla 1. Factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes.

NUTRIENTES	MATERIA ORGÁNICA	HUMEDAD	TEMPERATURA	RADIACIÓN	pH	TEXTURA
Nitrógeno	X	X	X	X	X	
Fósforo	X	X	X	X	X	
Potasio			X		X	
Calcio		X			X	
Magnesio					X	
Azufre	X					X
Silicio	X	X			X	X
Hierro		X			X	
Manganeso		X			X	
Zinc					X	
Boro					X	X
Cobre					X	
Molibdeno					X	
Cloro	X	X				X

Fuente: Castilla, 2011.

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas de un suelo son el resultado de la interacción que se origina entre las distintas fases del mismo (suelo, agua y aire) y la proporción en la que se encuentran cada una de estas. La condición física de un suelo determina su capacidad de sostenimiento, facilidad para la penetración de raíces, circulación del aire, capacidad de almacenamiento de agua, drenaje, retención y disponibilidad de nutrientes, entre otros factores.



Recuerde que...

Es indispensable antes de pensar en la fertilización de su lote, realizar un excelente acondicionamiento físico del suelo por medio de su preparación y adecuación, lo cual dependerá de un correcto diagnóstico de las propiedades físicas que determinarán las actividades a realizar

A continuación se mencionan algunas de las características físicas más importantes de un suelo, las cuales pueden ser evaluadas en campo a través de una calicata o en el laboratorio y son necesarias a la hora de tomar la decisión de preparación del suelo.

Para la identificación de las propiedades físicas:

I. Realice una calicata en los diferentes sectores o zonas del lote identificados por usted (Altos y bajos) (Zonas pedregosas – zonas con menos presencia de piedras) (zonas con poco desarrollo de las plantas y en donde hay mejor desarrollo) (Zonas con mayor profundidad y con menor profundidad efectiva) etc.





Una calicata es una excavación que se realiza en el suelo, se recomienda hacerla de un metro de ancho, por un metro de largo por un metro de profundidad.

Figura 3. Calicata realizada en campo.



2. Una vez realizada la calicata se encontrarán diferentes horizontes o capas de suelo; a continuación encontrará una descripción de algunas características de estos horizontes.

Figura 4. Perfiles de un suelo observados en una calicata.

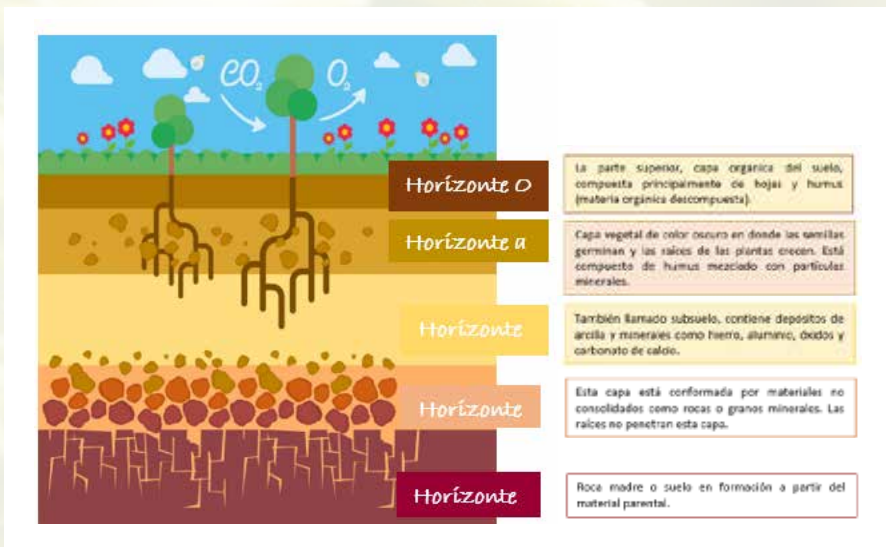
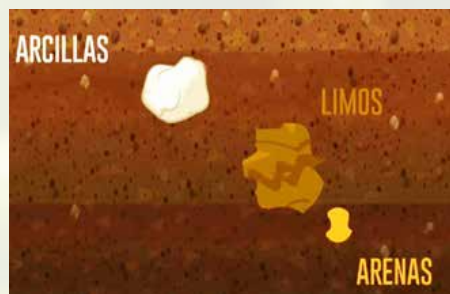


Figura 5. Horizontes de un suelo y descripción.
(Tomado y modificado de IDIMAIR, 2015).

Una vez realizada la calicata proceda a caracterizar las propiedades físicas del suelo que a continuación se describen.



LA TEXTURA: Los suelos están formados por partículas de diferentes tamaños, arcillas, limos y arenas, cuya mezcla permite clasificarlos, esto es lo que se denomina la textura. Los que tienen predominio de arenas son de textura liviana, en los suelos donde hay una mezcla equilibrada de todas las partículas se denominan suelos francos,

y en los suelos donde predomina más la arcilla se denominan suelos pesados o arcillosos.

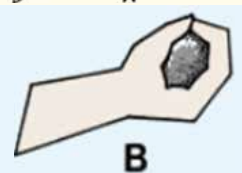
La determinación de la textura exacta del suelo se hace en un laboratorio de suelos en donde evalúan los porcentajes de arcillas, limos, y arenas.

Sin embargo existen algunas metodologías que permiten identificar la textura de manera Manual.

El siguiente método manual le permitirá identificar si su suelo es de textura liviana (arenosa) o pesada (arcillosa) (FAO, 2003).



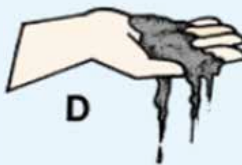
Tome una muestra de suelo y humedézcala un poco (A) hasta que comience a hacerse compacta sin que se pegue a la mano.



Oprímala con fuerza (B), y abra la mano...



Si el suelo mantiene la forma de su mano (C), probablemente contenga una importante porción de arcillas.



Si el suelo no mantiene la forma de la mano (D), es que contiene demasiada arena.

La textura influye en el comportamiento del suelo respecto a su capacidad de retención de agua y nutrientes, su permeabilidad y su capacidad para descomponer la materia orgánica.

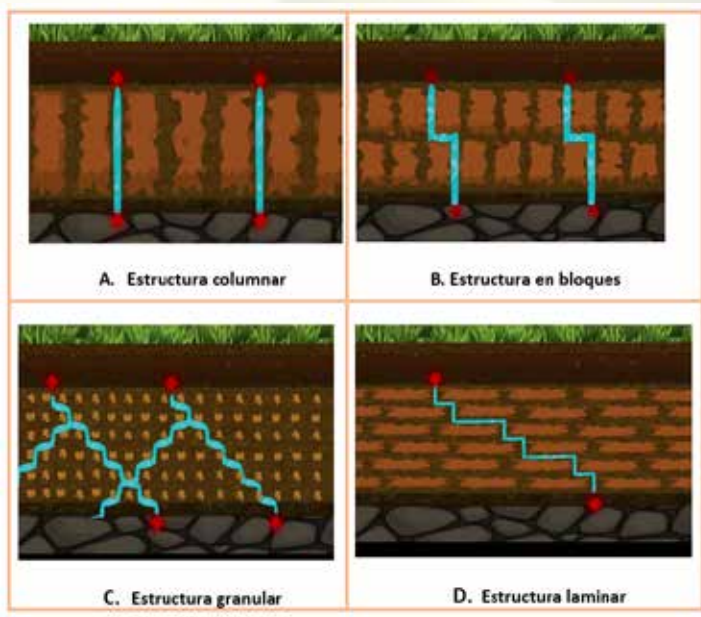
Los suelos arenosos, sueltos, tienen pocos poros y de gran tamaño, están bien aireados, son permeables y pueden almacenar poca agua y nutrientes.

Los suelos arcillosos, fuertes, con muchos más poros pero más pequeños, son más compactos, menos permeables y pueden retener una mayor cantidad de agua y elementos químicos, por tanto su fertilidad es más elevada.

PARA EL CULTIVO DEL ARROZ SE PREFIEREN SUELOS ARCILLOS CON BUENA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

ESTRUCTURA: Es la manera como se agregan las partículas tomando forma de bloques, columnas, láminas y granos. Según el tipo de configuración y el manejo al que se haya sometido el suelo, se determina la rapidez del movimiento del agua.

A continuación se describen las principales estructuras de los suelos; observe los agregados o terrones del perfil que tiene en la calicata y determine el tipo de estructura:



Una vez determinada la estructura del suelo tenga en cuenta lo siguiente:

La permeabilidad o velocidad con que el agua si infiltra es muy rápida en la estructura columnar, y moderadamente rápida en los bloques La infiltración es moderada en la granular y muy lenta en la laminar.

Recuerde que...



Usted requiere de un suelo oxigenado especialmente en la fase vegetativa, con una buena estructura y el balance de nutrientes necesarios para que las plantas se desarrollen correctamente. Si el suelo es pobre en términos nutricionales o posee una estructura dañada, la productividad de los cultivos será muy baja. Realice las labores de preparación y adecuación del suelo en condiciones de humedad apropiada – consistencia friable – es decir que los terrones del suelo se desmoronen fácilmente, EVITE batir o raspar su suelo. Igualmente la incorporación de materia orgánica permite conservar y mejorar la estructura del suelo, para lo cual los residuos de cosecha son la mejor fuente.

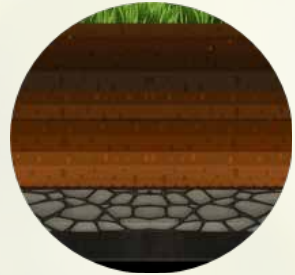
PROFUNDIDAD EFECTIVA: El agua del suelo tiene importantes efectos sobre la solubilización de los nutrientes, las raíces de las plantas deben llegar sin dificultad en busca de agua y nutrientes, a ello se le conoce como profundidad efectiva.



Dentro de la calicata observe y mida hasta donde se desarrollan o se pueden desarrollar las raíces del arroz sin obstáculo alguno.

Recuerde que para el cultivo del arroz se debe asegurar una profundidad efectiva de 20 centímetros, profundidad que requiere las raíces del arroz para poder desarrollar sus funciones adecuadamente.

COLOR: Indicador del contenido de materia orgánica, acidez y encharcamiento. Los suelos más oscuros son ricos en materia orgánica y de mayor fertilidad, mientras que los suelos pardos, rojizos y amarillentos son ácidos y de baja fertilidad. Los colores grises azulados indican que son suelos que se encharcan.



Sin embargo la fertilidad del suelo no se puede determinar basado en el color del mismo para ello es necesario recurrir a un análisis químico.

COMPACTACIÓN: La compactación es el incremento en la densidad y disminución de la porosidad en el suelo lo cual perjudica las funciones del mismo e impide la penetración de las raíces, el agua y el intercambio gaseoso (FAO, 2016).

Puede ser evaluada a través de un penetrómetro de bolsillo (Figura 6) o un penetrómetro de cono (Figura 7).



Figura 6. Penetrómetro de Bolsillo



Figura 7. Penetrómetro de cono

Si tiene una calicata se puede realizar las mediciones de compactación en los horizontes del suelo, con el penetrómetro de bolsillo.

Para ello lo que debe hacer es:

1. Introducir el penetrómetro de bolsillo en cada uno de los horizontes del suelo, procurando que este penetre hasta la marca indicada (Ver Figura 6), el penetrómetro cuenta con un anillo el cual se debe poner en cero antes de cada medición, este le indicará el valor de compactación o resistencia de la penetración (Ver figura 6 .Anillo indicador del valor). Puede hacer mediciones cada 5 centímetros desde la parte superior, hasta los 20 – 30 centímetros del interior de la calicata (Figura 8).



Figura 8. Uso del penetrómetro de bolsillo.

Las medidas que arroja este penetrómetro se encuentran en kilogramo fuerza por centímetro cuadrado, donde valores mayores a 2.9 kgf/cm^2 indican compactación, lo que significa que las raíces de las plantas no pueden penetrar fácilmente el suelo y desarrollarse adecuadamente.

Otro método para medir la compactación es a través del penetrómetro de cono.

1. Como se observa en la figura 7, este equipo viene por partes en una caja, por lo cual lo primero que se debe hacer es armarlo correctamente según el instructivo.

2. Una vez se encuentre correctamente armado según las indicaciones, deberá colocar el penetrómetro sobre la superficie de su terreno y con una sola fuerza constante introducirlo hasta lo indicado (Figura 9), cada 5 centímetros desde la parte inferior hacia la superior.



Figura 9. Uso del penetrómetro de cono.

Las valores se encuentran en unidades Newton, dependiendo de las puntas utilizadas (el penetrómetro viene con unas puntas intercambiables, con diferentes diámetros las cuales se usaran de acuerdo a la dureza de su terreno), se transformará dichas medidas en megapascuales, valores mayores de 0,3 MPa (megapascuales), indican problemas de compactación para el cultivo de arroz.



Saber si el lote presenta problemas de compactación es indispensable...

Ya que capas compactadas conllevan a la reducción de la profundidad efectiva para el desarrollo radical, reducción del área con nutrientes disponibles, de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, limitación del movimiento de agua en el suelo, disminución de la aireación del suelo indispensable para el intercambio gaseoso y en general baja respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes.

La compactación del suelo puede reducir el rendimiento de los cultivos hasta en un 60% (FAO, 2016).

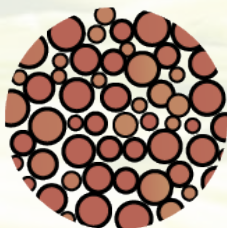
Cuando existe compactación en el suelo el número de macollas por planta puede reducirse hasta en un 50% en comparación con un suelo descompactado (Castilla, 2011).



Figura 10. Arado de cincel vibratorio.

Si el suelo presenta compactación, el uso de un arado de cincel vibratorio le permitirá eliminarla y mejorar la porosidad.

Para el uso de este implemento se debe tener en cuenta la humedad del suelo y el sentido de realizar esta labor, ya que lo aconsejable es diagonal a la pendiente del suelo y no pasar la profundidad de 20 cm (Preciado y Castilla, 2011).



DENSIDAD: Hace referencia a la relación que existe entre el peso de un volumen conocido y el peso del volumen del espacio que ocupa y del agua que desaloja. En el suelo existen dos tipos de densidad: la real y la aparente.

La densidad real de los minerales considera el volumen absoluto de las partículas del suelo excluyendo el espacio poroso. Varía entre 2.5 y 3.0 g/cc, y depende de los minerales que lo conforman, por lo tanto, no es afectada por la estructura ni la textura del suelo (Blanco, 2003).

La densidad aparente considera el peso de un volumen de suelo en su condición natural a nivel de campo, incluyendo los espacios porosos. Por lo cual esta densidad si es influenciada por la estructura y la textura, disminuyendo su valor con el incremento de los espacios porosos del suelo. Esta oscila entre 1.2 y 1.5 g/cc. Valores superiores indican problemas de compactación. En conclusión a medida que la densidad aparente aumenta, disminuye la porosidad total que, a su vez, incide en la disponibilidad de agua y aire y en la penetración radicular (Blanco, 2003)..

Con relación al cultivo del arroz, valores mayores a 1.6 g/cc en la densidad aparente en suelos de textura franco arcillo arenosa, afecta el rendimiento de la planta de arroz y la respuesta a la fertilización nitrogenada y potásica. Siendo la densidad aparente ideal en este tipo de suelos entre 1.4 y 1.5 g/cc.

En suelos de textura franca y franco arenosa valores mayores de 1.5 g/cc afectan el rendimiento de la planta de arroz, valores menores por su parte, crean las mejores condiciones físicas del suelo para un buen desarrollo del cultivo.

Por lo anteriormente descrito se hace indispensable solicitar la densidad aparente del suelo, cuando se realice el envío de la muestra de suelo para análisis químico. Ya que es un factor que afecta la disponibilidad de los nutrientes, por lo cual se debe tener en cuenta a la hora de diseñar el plan de fertilización .



ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL SUELO

Los microorganismos son muy importantes en la fertilidad y sanidad en el suelo. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. La diversidad de microorganismos que se encuentran en una fracción de suelo cumplen funciones determinantes en la evolución de los componentes orgánicos e inorgánicos que se le incorporan. Esto permite comprender su importancia en la nutrición de las plantas al efectuar procesos de disponibilidad de los nutrientes hasta que puedan ser asimilados por sus raíces (Delgado, 2014)

La microflora del suelo está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios.



Figura 11. Importancia de los microorganismos del suelo (FAO, 2015).

Para realizar un análisis microbiológico debe tomar una muestra de suelo igual que como se hace a la hora de tomar la muestra para un análisis químico (Ver Pasos para tomar la muestra de suelo) es importante igualmente para este tipo de muestreos sectorizar el lote, ya que podrá realizar una comparación de las poblaciones microbianas encontradas.

Se requiere recolectar alrededor de 1 kilogramo de suelo, y rotular la muestra con la siguiente información, para su envío a un laboratorio que realice este análisis.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre agricultor: _____

Celular: _____

Departamento: _____

Municipio: _____

Nombre de la finca: _____

Nombre del lote: _____

Área del lote: _____

Cultivo: _____

Tipo de análisis: _____

En los resultados de un análisis microbiológico encontrará la población de microorganismos expresada en unidades formadoras de colonias presentes en el suelo, agrupados por grupos funcionales de la siguiente manera:

UFC				
GRUPOS MICROORGANISMOS	Muestra 97	Muestra 98	Muestra 99	Muestra 100
AMILOLITICOS*	1.38E+06	1.07E+06	1.34E+06	6.50E+05
PROTEOLITICOS*	1.07E+05	1.15E+05	2.48E+05	6.50E+04
CELULOLITICOS*	1.88E+04	1.29E+05	1.21E+05	9.75E+04
SOLUBILIZADORES DE FOSFORO	3.52E+05	3.01E+05	1.67E+05	2.34E+05
FIJADORES DE NITROGENO	7.29E+05	7.23E+05	3.35E+05	4.03E+05
ACTINOMYCETOS	4.08E+05	3.72E+05	5.42E+05	2.93E+05
HONGOS	1.88E+04	1.43E+05	1.14E+05	3.25E+04
BACTERIAS	8.67E+06	1.01E+07	7.97E+06	5.79E+06

UFC= Unidades formadoras de colonias
 *Descomponedores de materia organica

Figura 12. Resultado del análisis microbiológico realizado a 4 muestras de suelo del departamento del Meta.

Las funciones de estos grupos de microorganismos son:

AMILOLÍTICOS: Perteneciente al grupo funcional de los microorganismos descomponedores de materia orgánica específicamente de la amilosa.

PROTEOLÍTICOS: Grupo de microorganismos encargados de la degradación de las proteínas.

CELULOLÍTICOS: Grupo de microorganismos encargados de la descomposición de la celulosa presente en la materia orgánica.

SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO: Los microorganismos del suelo dinamizan el ciclo del P (Fósforo) a través de procesos de mineralización, inmovilización y solubilización, los cuales están relacionados con su metabolismo nutricional.

FIJADORES DE NITRÓGENO: Las bacterias fijadoras de nitrógeno son las encargadas de introducir el nitrógeno en la cadena trófica de un ecosistema. Su actividad fijadora es más eficiente a bajas concentraciones de oxígeno, condición que se da habitualmente en el suelo.

ACTINOMYCETOS: Según Waksman (2014) se pueden atribuir a estos microorganismos las siguientes funciones: Descomposición de los residuos animales y vegetales con liberación de ácidos orgánicos de los compuestos carbonados y amoníaco de las sustancias nitrogenadas, participación activa en los procesos de humificación y en particular en la formación de sustancias melánicas, mineralización del humus con la consiguiente liberación de principios útiles para la nutrición de las plantas, secreción de sustancias antibióticas como estreptomycin, tetraciclina y otros, a fin de producir equilibrios genéricos o antagonísticos específicos hacia los componentes de la microflora bacteriana y acción fitopatogénica ejercida por algunas especies sobre plantas de interés agrícola.

Una vez obtenido los resultados del análisis microbiológico puede realizar una comparación de las muestras que envío a través de una gráfica como se muestra a continuación:

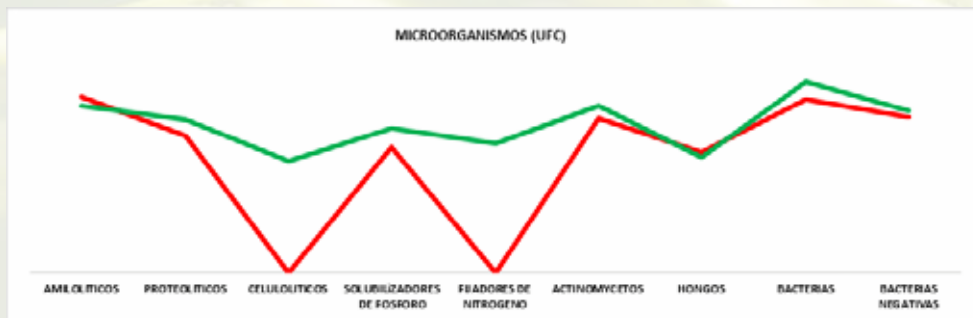


Figura 13. Resultados análisis microbiológico de dos muestras de suelo de un lote manejado a través de agricultura por ambientes.

Como se observa en la figura 13, la muestra del suelo representada por la curva roja no presenta microorganismos de tipo celulíticos (Descomponedores de la celulosa) ni fijadores de nitrógeno, por lo cual se puede pensar en la inoculación al suelo de estos microorganismos.



Los valores óptimos de los microorganismos que tienen relación con la fertilidad del suelo, se encuentran entre 10^5 – 10^7 unidades formadoras de colonias o de estructuras por miligramo de suelo.

En los casos en las que estas poblaciones se encuentren por debajo de 10^5 se puede pensar en la inoculación de estos microorganismos al suelo.

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO




El análisis químico del suelo es una herramienta valiosa que indica la cantidad total de elementos, permitiendo identificar algunos factores que afectan su disponibilidad, sirve como base para formular un plan de fertilización.

El balance de nutrientes en la fertilización incrementa los rendimientos de una a dos toneladas por hectárea, el balanceo no se limita al N, P o K, sino que es necesario otros nutrimentos como el Magnesio (Mg) constituyente de la clorofila de las plantas; Azufre (S) esencial en la formación de proteínas ya que hace parte de algunos aminoácidos, micro nutrimentos como el zinc (Zn) esencial para promover ciertas reacciones metabólicas, producir clorofila y formar hidratos de carbono; y sus relaciones catiónicas (Frye et al., 1991).

Una vez dividido o sectorizado su lote teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente (métodos de muestreo o sectorización del lote), se procede a sacar diferentes submuestras del suelo dentro de un mismo sector con el fin de ser mezcladas, recuerde que no debe mezclar zonas o áreas diferentes dentro del terreno.


PASOS PARA TOMAR LA MUESTRA DE SUELO

- 1 Raspe ligeramente la superficie del terreno donde va a tomar la muestra, sin remover demasiado el suelo.


- 2  Cave un hueco en forma de V cuyo tamaño debe ser igual al ancho de la pala y a una profundidad aproximada de 0 a 20 cm.



Si usted dispone de un barreno Holandés puede sacar la muestra con este instrumento, el cual le evitará hacer los pasos 3 y 4.

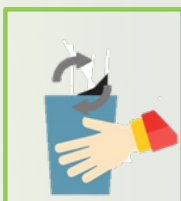
- 3  Utilizando la pala, corte una tajada de suelo de 2 a 3 cm. de ancho en una de las paredes del hueco.



- 4  Corte con el cuchillo o navaja los extremos de la muestra, tome la porción central de aproximadamente 10 cm. de ancho y colóquela en el balde plástico.

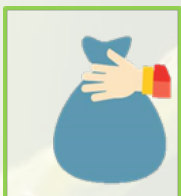


5



Mezcle bien el suelo depositado en el balde, quebrando los terrones. Si el suelo está muy húmedo, déjelo secar al aire sobre un papel limpio. Aquí deberá verter cada una de las submuestras tomadas dentro de un mismo sector del terreno.

6



Finalmente deposite el suelo en una bolsa, debidamente rotulada para la identificación de la muestra.

*Ilustraciones tomadas y adaptadas de Laboratorio de suelos y de fertilidad Universidad de Caldas, 2016.

Dentro del rótulo de la muestra usted debe incluir la siguiente información básica:

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre agricultor: _____

Departamento: _____

Municipio: _____

Nombre de la finca: _____

Nombre del lote: _____

Área del lote: _____

Cultivo: _____



Envíe la muestra a un laboratorio de suelos certificado del país, el cual le garantizará los resultados obtenidos.

Recuerde que...



Es de total importancia tanto la calidad de la muestra que se envía como la elección del laboratorio para realizar el análisis químico de la muestra de suelo, ya que de esto depende la confiabilidad de los resultados. Debe verificar que el laboratorio cuenta con estándares de calidad.

INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Uno de los problemas del cultivo del arroz en las diferentes zonas arroceras es la baja eficiencia de la fertilización especialmente nitrogenada y fosfórica, donde la aplicación de Nitrógeno oscila su eficiencia entre el 50 y el 70% y la de Fósforo entre 10 y 30%. De acuerdo a la anterior se han establecido una serie de prácticas que aumentan la eficiencia de la fertilización de estos nutrimentos como:



Dosis adecuada



Selección de las fuentes y formas de aplicación



Fraccionamiento



Épocas de aplicación



Manejo del agua de riego



Retención de humedad

DOSIS ADECUADA: La recomendación de la cantidad o dosis de nutriente que se debe aplicar en un plan de fertilización se debe hacer de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Kg nutriente/ha} = \text{requerimiento planta (kg/ha)} - \text{nutrientes disponibles en el suelo (kg/ha)}$$

La cantidad de nutriente a aplicar depende del requerimiento de la planta la cual está condicionada por el potencial de producción. Este potencial está sujeto a las condiciones ambientales (Clima – suelo y manejo) y a la variedad seleccionada.

Recuerde que.. En el diseño del plan de fertilización debe tener en cuenta:



Figura 14. Variables a tener en cuenta para el diseño de un plan de fertilización.

Para facilitar el trabajo de calcular la cantidad de nutrientes teniendo en cuenta algunas de las variables mencionadas, FEDEARROZ FNA ha diseñado un programa en internet que permite a través de la interpretación de los análisis de suelos, calcular el requerimiento de nutrientes para el cultivo del arroz.

Este programa llamado SIFA (Sistema Inteligente de Fertilización Arrocería), se encuentra disponible en la página web de FEDEARROZ (www.fedearroz.com.co).

El programa SIFA propende por la eficiencia en la nutrición del cultivo del arroz teniendo en cuenta los requerimientos de las variedades de Fedearroz de acuerdo a la zona agroecológica del país en la cual vaya a sembrar, para el caso de siembras con otras variedades el programa trabaja con datos promedio de requerimientos, además de ello considera factores de

disponibilidad de los nutrientes de acuerdo a variables físicas y químicas del suelo (Castilla et al., 2017).

Luego de la recomendación que le da el programa SIFA, en equipo con su asesor técnico deberán evaluar las condiciones climáticas para la implementación y ajuste del plan de fertilización, así como las fuentes a utilizar, el momento y la forma de aplicación y los resultados del análisis microbiológico para elaborar el plan de fertilización de una manera adecuada y eficiente.

PASOS PARA GENERAR RECOMENDACIONES EN EL PROGRAMA SIFAWEB

Para poder acceder al programa primero debe crear una cuenta como se describe a continuación en tan solo 5 pasos sencillos:

1. Ingresar a la página de la Federación Nacional de Arroceros <http://www.fedearroz.com.co/new/index.php>



Figura 15. Inicio de la página web de la Federación Nacional de Arroceros.

2. Seleccionar el link ubicado en la parte inferior derecha de la página.



En donde le aparecerá la siguiente pantalla:



Figura I 6. Ventana de ingreso a la plataforma SIFA WEB.

3. Seleccionar el botón crear cuenta, ubicado en la parte superior derecha.

4. Automáticamente lo direccionará a una ventana donde debe ingresar información que permitirá su identificación como usuario. Inicialmente la plataforma tomará como usuario su email y contraseña su N° de identificación. Al finalizar este proceso deberá seleccionar el botón registrarme.



Figura I 7. Ventana de registro por primera vez de usuarios de la plataforma SIFA WEBB.

5. Al email ingresado se le enviará un correo de confirmación con la apertura de la cuenta, donde se le especificará el usuario y contraseña. Es importante revisar la bandeja del correo no deseado en el caso de no encontrar el correo en la bandeja de entrada.

Y... LISTO!! AHORA ES UN NUEVO USUARIO PERTENECIENTE A LA RED DE SIFA WEB.



Para ingresar a la plataforma luego de haber creado una cuenta deberá nuevamente ingresar a la página de Fedearroz y al ícono SIFAWEB, recuerde que el usuario será el correo electrónico y la contraseña será el número de identificación.

Se abrirá una ventana con íconos de selección donde se podrá realizar diferentes acciones entre las más importantes calcular la fertilización y revisar el historial de recomendaciones que el usuario ha generado y guardado.



Figura 18. Página de menú de inicio de la plataforma SIFA WEB.

Para introducir los datos del análisis del suelo deberá ir a la opción “calcular”, en donde se desplegará una ventana con tres partes inicialmente.

En la primera parte deberá diligenciar la información relacionada con la localización donde se tomó la muestra de suelo, allí se solicitará las coordenadas del lugar de la muestra, podrá colocarlas en decimales si las tiene o de lo contrario podrá a través de Google Earth ubicar su lote.

1 Localización de la muestra

Identificación del lugar de donde se tomó la muestra para el análisis de suelo.

Zona Arrocera *
 SELECCIONE ZONA ARROCERA
 Zona arrozera colombiana donde se desarrollará el cultivo.

Departamento *
 SELECCIONE DEPARTAMENTO
 Departamento Colombiano.

Coordenadas (Latitud)
 Latitud
 Formato decimal (-4.3 y 13.5) separado por punto. Ejemplo "2.64024"

Coordenadas (Longitud)
 Longitud
 Formato decimal (-81.8 y -66) separado por punto. Ejemplo "-75.4888"

Vereda *
 vereda
 Nombre de la vereda

Finca *
 finca
 Nombre de la finca donde se encuentra el lote

Lote *
 lote
 Nombre del lote donde se desarrollará el cultivo

Geo-localizar mi lote desde el mapa

Figura 19. Sección de ingreso de información de la muestra de suelo parte 1.

En la segunda parte deberá elegir la variedad a sembrar, la producción esperada (es necesario que esta producción esté ajustada a la realidad de la zona en la que va a sembrar, ya que de ella depende en parte las cantidades de cada elemento que le dara el programa), además de ello es importante colocar la fecha de siembra y fecha de emergencia, esta última información será utilizada en un futuro para poder dar recomendaciones de fertilización de acuerdo a pronósticos agroclimáticos.

2 Requerimientos planta y producción

Selección de la variedad teniendo en cuenta su época de desarrollo y estimación de producción (t/ha)

Variedad de semilla *
 SELECCIONE VARIEDAD DE SEMILLA

Producción esperada (t/ha) *
 (t/ha)

Fecha de siembra *
 dd/mm/aaaa
 Indique o estime el día de siembra

Fecha de germinación *
 dd/mm/aaaa
 Indique o estime el día de germinación del cultivo

Figura 19. Parte 2. Sección para el cálculo de la fertilización.

En la tercera parte se deberá ingresar los resultados del análisis del suelo en las unidades solicitadas.

3

Resultados del análisis suelo

Análisis de concentración de nutrientes en el suelo

⚠️ AVISO.
No 1. Tenga en cuenta que la CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) es el resultado del método en laboratorio Acetato de Amonio 1N, pH 7. Si no dispone de este valor dejar este espacio en blanco. NO ingrese el valor de la CICE (Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva).

Textura del suelo *

📌
SELECCIONE TEXTURA DE SUELO
▼

Densidad aparente * <input type="text"/> gr/cm3	pH * <input type="text"/>	CIC <input type="text"/> cmol-Kg <small>⚠️ Ver AVISO No 1.</small>	Materia orgánica * <input type="text"/> %
Nitrógeno (Nt) <input type="text"/>	Fosforo (P) * <input type="text"/> ppm	Potasio (K) * <input type="text"/> meq/100g	Calcio (Ca) * <input type="text"/> meq/100g
Magnesio (Mg) * <input type="text"/> meq/100g	Azufre (S) * <input type="text"/> ppm	Silicio (Si) <input type="text"/> ppm	Sodio (Na) * <input type="text"/> meq/100g
Aluminio (Al) * <input type="text"/> meq/100g	Hierro (Fe) * <input type="text"/> ppm	Manganeso (Mn) * <input type="text"/> ppm	Zinc (Zn) * <input type="text"/> ppm
Cobre (Cu) * <input type="text"/> ppm	Boro (B) * <input type="text"/> ppm	CICE <input type="text"/>	

📊 Calcular fertilización

Figura 20. Parte 3. Sección para el cálculo de la fertilización.

Para tener en cuenta:

La concentración de los nutrimentos y algunos componentes del suelo se expresan en unidades de medida reconocidas internacionalmente, estas son:

- a. Porcentaje (%): Se utiliza para expresar la materia orgánica y el nitrógeno.
- b. Partes por millón (ppm): Con esta unidad se miden el fósforo y los elementos menores.
- c. Miliequivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100g de suelo) o centímol por kg de suelo (cmol/kg): Se usa para expresar los contenidos de todos los cationes intercambiables.

Finalmente puede darle clic al botón azul que dice calcular fertilización.

Existe una cuarta parte o módulo que se activará solamente en el momento de ingreso de los resultados del análisis del suelo, de acuerdo a características químicas del mismo que conlleven a considerar necesario realizar un encalamiento del suelo.

Figura 2 I. Parte 4. Sección para el cálculo de la fertilización en SIFA WEB que es activado automáticamente cuando las condiciones químicas del suelo ameriten encalar.

Para el diligenciamiento de esta información se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

Los valores de saturación de bases deseados para el cultivo del arroz están entre el 40 y 80% dependiendo de la zona y el suelo.

- La saturación de aluminio máxima que puede tolerar el cultivo está alrededor de 30%. Existe información del porcentaje de saturación de aluminio que toleran cada una de las variedades de fedearroz, esto lo puedo consultar con un técnico de la federación.

El PRNT (Poder Relativo de Neutralización Total) depende de la enmienda a aplicar, puede variar de 50 al 100%, sin embargo es necesario que consulte con el proveedor de la enmienda.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO SEGÚN EL SIFA

Al dar clic en el botón “calcular fertilización” se abrirá una página donde encontrará los resultados del análisis de suelo con su respectivo nivel de interpretación, de la siguiente manera:

Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Azufre (S)	Silicio (Si)	Sodio (Na)	Aluminio (Al)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Zinc (Zn)	Cobre (Cu)	Boro (B)
BAJO 0.0570g C(15.1%)	BAJO 0.04g 3.96 (ppm)	BAJO 0.078g 8.22 (ppm/100g)	BAJO 0.070g 3.64 (ppm/100g)	BAJO 0.06g 0.96 (ppm/100g)	ALTO 21.06 (ppm)	BAJO 0.03 (ppm)	NORMAL 0.18 (ppm/100g)	0.04 (ppm/100g)	ALTO 406.15 (ppm)	ALTO 81.60 (ppm)	BAJO 1.47 (ppm)	ALTO 5.38 (ppm)	BAJO 0.29 (ppm)
Materia Orgánica (M.O)				OC Electiva		pH		Retención de humedad					
ALTO 1.17 (%)				5.050		ACIDO 5.47		MODERADA					

Figura 22. Primera sección de resultados donde se evidencia información de la muestra de suelo y niveles de interpretación de nutrientes calculados por SIFAWEB.

Los colores rojo, amarillo y verde significan niveles de concentraciones de los elementos bajas, medias y altas respectivamente. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que estas interpretaciones están dadas en las proporciones equilibradas de los nutrientes en el suelo, es decir, no tiene en cuenta los diferentes factores que afectan su disponibilidad ni los requerimientos de la variedad seleccionada.

En la tabla 2 se describen unos valores de referencia de la concentración de nutrientes en el suelo, los cuales se encuentran incluidos en el SIFA, estos valores le permitirán hacer una interpretación a priori del análisis químico del suelo. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los elementos están sujetos a una serie de factores que determinan su disponibilidad para la planta como el pH, la textura, la humedad del suelo, la preparación del suelo, entre otros.

Tabla 2. Niveles de referencia en la concentración de nutrientes en el suelo.

NIVELES DE INTERPRETACIÓN DE NUTRIENTES EN EL SUELO			
	BAJO	MEDIO	ALTO
M.O%	< 1.49	1.5 - 3	> 3.01
N	0.09	0.1 – 0.199	> 0.2
P ppm	< 9.99	10 – 20	>20.01
K meq/100 g	< 0.15	0.15 – 0.3	>0.301
Ca meq/100 g	<2.99	3 - 6	>6
Mg meq/100 g	<1.5	1.5 - 3	>3
S ppm	< 10	10 - 20	>20
Fe ppm	<20	20 - 50	>50
Mn ppm	< 10	10 - 30	>30
Zn ppm	<1	1-2	>2
Cu ppm	<1	1-2	>2
B ppm	<0.25	0.25 – 0.5	>0.5
Si ppm	<1	1 -5	>5
Al meq/100 g	<= 1 Normal	>3 Problema	
Na meq/100 g	<1 Normal	>1 Problema	
pH	< 5.5 Ácido	5.5 – 6.5 Neu- tro	>6.5 Alcalino
CIC	<10	10 - 20	>20

Fuente: Castilla, 2011.

Luego de la interpretación de la concentración de los elementos en el suelo analizado (Figura 22), el programa SIFA le mostrará la siguiente información (Figura 23).

ELEMENTO	Requerimientos Maximos Kg/ha *	Nutrientes totales en el suelo Kg/ha	Nutrientes disponibles en el suelo Kg/ha	Requerimientos y excedentes Kg/ha	Nutrientes	Recomendación Kg/ha
N	147.00	117.94	59	-88.26	N	-88.26
P	28.00	11.14	2.35	-25.65	P ₂ O ₅	-58.82
K	126.00	251.16	199.04	73.04	K ₂ O	0.0
Ca	28.00	2038.40	1462.76	1434.76	CaO	0.0
Mg	21.00	326.59	75.67	54.67	MgO	0.0
S	17.50	58.97	36.12	18.62	S	0.0
Si	560.00	0.00	0.00	-560.00		
Na	0.00	0.00	0.00	0.00		
Al	0.00	0.00	0.00	0.00		
Fe	3.50	1277.22	833.58	830.08		
Mn	3.15	228.48	153.23	150.08		
Zn	0.35	4.68	3.34	2.99		
Cu	0.08	15.06	10.82	10.74		
B	0.10	0.81	0.14	0.03		

Figura 23. Sección de resultados donde se especifica la recomendación de fertilización que debe ser incluida en el plan de fertilización del cultivo.

Donde:

- A.** Requerimientos máximos Kg/ha: Requerimientos de la variedad de acuerdo a la producción esperada en una condición donde no se tiene en cuenta el aporte del suelo.
- B.** Nutrientes totales en el suelo kg/ha sin tener en cuenta los factores de disponibilidad.
- C.** Nutrientes disponibles en el suelo kg/ha el programa tiene en cuenta un factor de disponibilidad para cada uno de los elementos, de acuerdo a las características tanto físicas como químicas del suelo.
- D.** Requerimientos y excedentes kg/ha: Diferencia entre el requerimiento de la variedad seleccionada de acuerdo al potencial de producción esperado y los nutrientes disponibles en el suelo.

Los datos que aparecen en esta columna en color rojo pálido y con valores negativos indican que hay necesidad de aplicar el nutriente para satisfacer el requerimiento estimado.

Para los casos en donde la recomendación del programa es no aplicar cierto elemento, se debe realizar un análisis con el asesor técnico de la información de la columna A (Requerimientos máximos Kg/ha), en donde se observan los requerimientos máximos de la variedad seleccionada; con base en dicha información y en el análisis de los factores que pueden afectar la disponibilidad del nutriente en cuestión, se tomará la decisión de aplicar cierto porcentaje de este requerimiento.

E. Recomendación de la fertilización en kg/ha en esta columna los elementos se encuentran expresados en las formas más comunes encontrados en los fertilizantes simples de mayor uso (Urea, DAP, MAP, KCl), aquí se encontrará finalmente la recomendación de la cantidad o dosis a aplicar, en ella se encuentran los elementos mayores (nitrógeno, fósforo y potasio) y los secundarios como el calcio, magnesio y azufre.

Sin embargo, es necesario recordar que las plantas de arroz necesitan una cantidad de nutrientes esenciales para completar su ciclo de vida, entre los cuales además de los anteriormente mencionados se encuentran los microelementos, elementos que igualmente cumplen funciones vitales dentro de las plantas pero que son absorbidos en menor proporción, dentro de ellos están: Hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, para incluir estos elementos dentro del plan de fertilización puede analizar la columna **D** y verificar aquellos elementos que se encuentren en cero o muy cercanos a cero, con el fin de realizar una reposición al suelo de estos. Igualmente puede observar las relaciones de los elementos calcio/boro, hierro/manganeso y fósforo/zinc (figura 24) para determinar si existe deficiencia de alguno de estos.

En el ejemplo anterior (Figura 23) se puede observar que para el caso del fósforo se requiere aplicar 25.65 kg/ha del elemento puro (Columna D), es necesario resaltar que se debe realizar la conversión de P a P_2O_5 , forma como se encuentra el elemento en los principales fertilizantes, dando esto como resultado que se debe aplicar 58.82 kg/ha de P_2O_5 (columna E).

Al elegir la fuente de fertilización tenga en cuenta: la forma química en la que se encuentra el elemento que se desea aplicar con el fin de poder realizar la conversión del elemento puro a dicha forma, y los porcentajes de concentración de los elementos.

Relación de Nutriente	Dato	Nivel de Interpretación
(Ca/Mg)	3.79	Ideal
(Ca+Mg)/K	20.00	Posible deficiencia de Calcio (Ca) o Magnesio (Mg)
(Ca/K)	15.83	Ideal
(Mg/K)	4.17	Posible deficiencia de Magnesio (Mg)
(Ca/B)	2510.34	Posible deficiencia de Boro (B)
(Fe/Mn)	5.59	Ideal
(P/Zn)	2.38	Posible deficiencia de Fósforo (P)
% Saturación de Calcio (Ca)	72.08	ALTO
% Saturación de Magnesio (Mg)	19.01	MEDIO
% Saturación de Potasio (K)	4.55	ALTO
% Saturación de Aluminio (Al)	0.79	TOLERABLE
% Saturación de Sodio (Na)	3.56	NORMAL

Figura 24. Sección de resultados donde se especifica los niveles de interpretación de las relaciones entre nutrientes y porcentajes de saturación.

En la parte inferior izquierda de la sección de resultados podrá encontrar también una interpretación de las relaciones más importantes entre los nutrientes, lo cual le permitirá identificar algunas deficiencias como resultado del antagonismo que se tiene entre elementos.

A demás de ello, encontrará los porcentajes de saturación de aluminio y sodio, estos valores le permitirán tomar decisiones de aplicar o no correctivos al suelo.

Las relaciones de los elementos mostradas en la figura 24 deben ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar el plan de fertilización. Por ejemplo para el caso anterior se observa que existen deficiencias tanto de magnesio como de Boro, por lo cual se deben incluir dentro del plan de fertilización fuentes que contengan dichos elementos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito y lo relacionado en la columna E (Figura 23) usted podrá empezar a realizar su plan de fertilización. Para ello debe tener claro que el programa SIFA le ha dado una guía de las dosis que debe usar de acuerdo a las condiciones químicas y físicas del suelo, así como de la zona agroecológica en donde va a sembrar y la variedad seleccionada. Los pasos siguientes serán determinar tanto las fuentes a utilizar como el momento oportuno y forma aplicación.

A continuación se relacionan las principales fuentes simples utilizadas para el cultivo del arroz :

¿ QUÉ FUENTES DEBO UTILIZAR PARA ARMAR MI PLAN DE FERTILIZACIÓN?

A la hora de elegir la fuente de fertilizante a utilizar es necesario tener en cuenta la disponibilidad de dicho fertilizante en su zona, la eficiencia y el costo.

Para el caso del nitrógeno las fuentes simples más utilizadas son la Urea y el sulfato de amonio. Sin embargo también existen otras fuentes de nitrógeno como las ureas recubiertas, igualmente con inhibidores de la nitrificación y de la ureasa.

Para el caso del fósforo las fuentes más comunes son el MAP y el DAP.

Para el potasio, se suele usar fuentes como el KCl o sulfatos de potasio.

*Debe conocer los porcentajes de concentración de los elementos contenidos en los fertilizantes que usted vaya a elegir.

Una vez elegidas las fuentes de fertilizantes a utilizar lo que se debe hacer es calcular la cantidad de cada fertilizante que necesitará, para lo cual debe tener en cuenta tanto la recomendación en kg/ha del programa SIFA como la concentración de los elementos presentes en los fertilizantes seleccionados.



Recuerde que...

Los resultados obtenidos con el SIFA WEB son una guía a tener en cuenta para diseñar el plan de fertilización, estos pueden estar sujetos a cambios dependiendo de los factores ambientales y/o las condiciones del suelo. Así como de la respuesta de las plantas a las fertilizaciones, específicamente en el caso del nitrógeno.

El programa SIFA WEB además de lo anterior le mostrará un cuadro (figura 25), en donde teniendo en cuenta las características químicas del suelo como pH, y concentraciones de aluminio y sodio, le indicará una recomendación para realizar una aplicación de enmienda o correctivo al suelo.

De no corregir estas variables, la disponibilidad de los nutrientes tanto del suelo como de los fertilizantes aplicados se verán seriamente afectados.

ENCALAMIENTO Y CORRECTIVOS

Encalamiento		
Saturación de Bases Deseada:	P.R.N.T de Enmienda:	Ton. Cal/ha:
<u>60</u>	<u>80</u>	2.0685
Saturación de Aluminio Deseada:	P.R.N.T de Enmienda:	Ton. Cal/ha:
<u>25</u>	<u>80</u>	1.1953

Figura 25. Módulo de cálculo de recomendación de cal a aplicar como enmienda.

Las recomendaciones de encalamiento del programa SIFA, se encuentran en la parte inferior derecha de la sección de interpretación del análisis químico, allí el programa le dará dos opciones que puede escoger para corregir la acidez en el suelo.

La primera teniendo en cuenta el método de corrección por medio del mejoramiento de la saturación de bases en el suelo y la otra por medio de la saturación de aluminio deseada.

ENMIENDAS EN SUELOS ÁCIDOS

La acidez está relacionada con la presencia de Aluminio (Al^{+3}) e Hidrógeno (H^+) retenidos en el suelo. Generalmente en los suelos con pH menores a 5.0 se pueden presentar problemas causados por altas concentraciones de aluminio en la solución del suelo.

El exceso de aluminio (Al) interfiere la división celular en las raíces de la planta razón por la cual su sistema radicular se ve atrofiado y pobremente desarrollado. La presencia de altas concentraciones de aluminio en la solución del suelo inhibe también la absorción de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) por las plantas. Por su parte, la disponibilidad de Fósforo se ve igualmente afectada ya que la reducción del pH permite el rompimiento de la estructura de los minerales arcillosos y en consecuencia libera Al y Hierro (Fe), los cuales reaccionan con el fósforo aplicado y lo precipita en formas insolubles (Espinosa, 2000).

Se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios para verificar la concentración del Al^{+3} , cuando se sospeche que puede llegar a ser tóxico para los cultivos. a) Cuando el contenido de Al intercambiable en el suelo sea superior a 2 meq/100 gramos de suelo. b) Cuando la relación $(Ca + Mg + K)/Al$ sea menor o igual a 1. c) Cuando el porcentaje de saturación de Al en el suelo, con relación a la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) sea mayor del 25 % (Castilla y Tirado, 2017).

Si su suelo presenta algunas de las condiciones anteriormente descritas, se debe realizar la aplicación de una enmienda o cal, las principales que se encuentran en el mercado son las siguientes:

1. Cal Viva: Es la misma piedra caliza calcinada o quemada en hornos. Es un óxido de calcio (CaO) que contiene alrededor del 70% de calcio
2. Cal Apagada: Conocida también como cal hidratada ($Ca(OH)_2$)
3. Cal Agrícola: En su forma natural se encuentra como Carbonato de Calcio ($CaCO_3$) y tiene una concentración aproximada del 40% de Calcio.
4. Cal Dolomítica: Es una mezcla de carbonatos de Calcio y de Magnesio. ($CaMg (CO_3)_2$) en diferentes proporciones. Esta cal es la más recomendada para corregir suelos ácidos deficientes en Calcio y Magnesio porque, además de neutralizar la acidez del suelo, permite mantener la relación entre estos dos elementos alrededor de tres, que es la más indicada para la mayoría de los cultivos, es decir tres partes de Calcio por una de Magnesio.
5. Fuentes Silicatadas también pueden ser una opción a tener en cuenta, como la aplicación de sulfato de calcio o yeso para lo cual debe consultar un asesor técnico.

Las aplicaciones de enmiendas deben ser incorporadas al suelo 20 a 30 días antes de sembrar el arroz, garantizando en este tiempo un buen contenido de humedad, la incorporación se recomienda realizarla con implementos como el arado de cincel vibratorio, el cual permite que la cal profundice en los primeros 20 centímetros del suelo.

La dosis adecuada depende de la magnitud de la acidez y en el programa SIFA se puede determinar como se observa en el cuadro anterior.

ENMIENDAS EN SUELOS ALCALINOS

Los suelos con pH superiores a 6.5 pueden presentar problemas de alcalinidad, salinidad o toxicidad por sodio.

Para el caso de los suelos alcalinos los carbonatos de Calcio y Magnesio se encuentran en concentraciones altas produciendo muerte de plantas, estos suelos son los denominados calcáreos.

Por su parte, en los suelos salinos se encuentran concentraciones altas de bicarbonatos, cloruros o sulfatos indicando valores en la conductiva eléctrica mayor 2 (dS/m) deciSiemen por metro.

Los suelos sódicos se caracterizan porque la concentración de sodio intercambiable supera el 15%, igualmente en suelos con altos contenidos de Arcilla tipo 2:1 a partir del 7% de PSI (porcentaje de sodio intercambiable) se presentan problemas en el cultivo del arroz por altas concentraciones de Sodio (Na).

En este caso las enmiendas más indicadas son el Azufre, el yeso (Sulfato de Calcio) y los silicatos, se recomienda aplicarlas 30 días antes de la siembra garantizando un buen contenido de humedad. En el programa SIFA se puede determinar la dosis de la enmienda de acuerdo a la magnitud del problema.

¿ CUANDO APLICO?

Una vez diseñado el plan de fertilización, es necesario definir los momentos oportunos de la aplicación para lo cual se debe tener en cuenta: la disponibilidad de agua, la fenología de la variedad seleccionada, el número de fraccionamientos y el uso del clorofilómetro.

DISPONIBILIDAD DE AGUA

El principal objetivo de conservar la humedad del suelo, está en propiciar el óptimo suministro de agua a la planta que conlleva a predisponer la absorción de nutrientes por ella. De manera general, las características físicas, químicas y biológicas del suelo son las que determinan que el suelo pueda retener la humedad y suministrar un adecuado balance nutricional.

Para garantizar igualmente una óptima humedad en el suelo, es necesario realizar prácticas de adecuación del suelo, las cuales involucran, la calibración de los equipos usados para la preparación del suelo, la micronivelación del terreno con equipos como Land plane, la descompactación del suelo con arado de cincel vibratorio, el caballoneo de precisión con equipos de tecnología láser o georreferenciada, y el uso de la taipa para la construcción de caballones que reduce tanto la altura de la lámina de agua como la velocidad de la misma.

El comportamiento de los nutrientes en el suelo no es el mismo cuando este permanece inundado o se alterna con el secamiento. La duración y profundidad de la lámina de agua, disminuye los niveles de oxígeno en el suelo y el potencial rédox y el pH tiende a ser neutro. Estos cambios de acuerdo al nivel de humedad, afectan la disponibilidad de los nutrimentos y la eficiencia de las diferentes fuentes de fertilizantes. Elementos como el fósforo, nitrógeno amoniacal, silicio, manganeso y hierro aumentan la disponibilidad a medida que el suelo se mantiene saturado y se reduce cuando el régimen de humedad es menor. Otros nutrimentos como el zinc y el cobre, presentan un comportamiento contrario, al ser afectados por la inundación, disminuyendo su disponibilidad por formación de sulfuros, los cuales pueden ser tóxicos para la planta de arroz de acuerdo a su concentración.

El manejo del riego y la humedad en el suelo en el cultivo del arroz se convierte en una estrategia o práctica fundamental en la nutrición de la planta de arroz. A medida que la eficiencia del sistema de riego sea baja, los costos por fertilización se incrementan, debido a la baja eficiencia de los fertilizantes y la nutrición de la planta afecta la expresión del potencial genético de producción de las variedades sembradas.

FENOLOGÍA DE LA VARIEDAD: La duración de cada una de las fases en el cultivo del arroz varían de acuerdo a la fenología de la variedad y la condición ambiental, dependiendo de ello se determinará el momento oportuno de aplicación de cada uno de los elementos, basados además en las curvas de absorción de los nutrientes.

A continuación se muestra un ejemplo de la fenología de la variedad Fedearroz 67, variedad de ciclo largo, allí podemos observar una guía para realizar los fraccionamientos específicamente del nitrógeno y los porcentajes que se deben utilizar de dicho elemento en cada una de las abonadas.

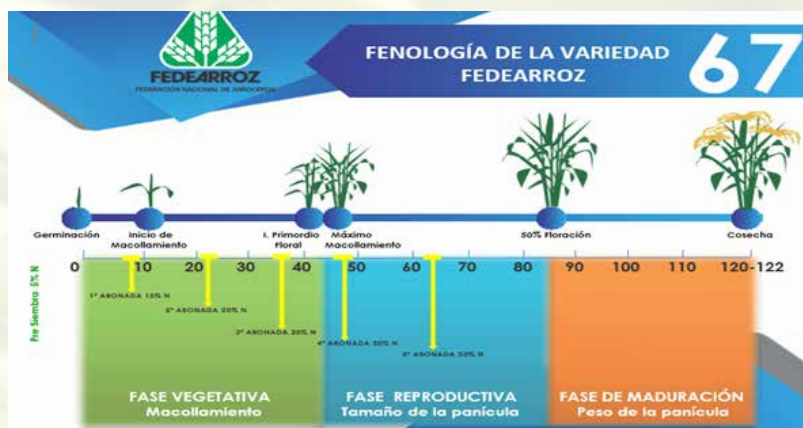


Figura 26. Fenología de la variedad Fedearroz 67.

Para una fertilización balanceada es necesario tener en cuenta que el 75% del nitrógeno debe ser aplicado antes de inicio de primordio floral y el 25% restante durante el desarrollo de primordio floral y embuchamiento.

Hacia el inicio de primordio floral se ha absorbido el 50% del fósforo, y el restante 50% en la fase reproductiva (embuchamiento). Por tanto de acuerdo a la dinámica del nutrimento en el suelo las aplicaciones tempranas en pre abono se deben realizar en un 100% cuando se tiene buena disponibilidad de agua (suelos inundados), y si se tiene baja disponibilidad de agua (riego corrido) sería necesario evaluar un fraccionamiento del fósforo entre la siembra e inicio de macollamiento o inicio de primordio floral con fuentes de alta solubilidad (Castilla, 2011).

En la absorción acumulada la mayor demanda de potasio se tiene entre el inicio de primordio floral y el inicio de floración como épocas claves en la nutrición con este nutrimento. El 36% se absorbe durante la fase vegetativa y el restante 64% durante la fase reproductiva, para este elemento se debe hacer un fraccionamiento durante todas las fertilizaciones (Castilla, 2011).

USO DEL CLOROFILÓMETRO

Para poder determinar el momento adecuado de la aplicación además de la fenología de la variedad, se debe tener en cuenta las evaluaciones realizadas con el SPAD o clorofilómetro (Figura 27), el cual permite estimar de manera indirecta, rápida y sin destrucción de tejidos el contenido de clorofila y nitrógeno en las hojas de diferentes cultivos. Según investigaciones realizadas por Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz, los niveles óptimos de unidades SPAD son mayores a 35.



Figura 27. Evaluación unidades SPAD con el clorofilómetro a través del ciclo de cultivo de fedearroz 67.

La figura anterior representa las evaluaciones realizadas en arroz con el SPAD en diferentes días después de emergencia, cada una de las flechas que se observan en la figura corresponden a los momentos de fertilización (10-25-35-45 y 55 dde), lo cual permite observar que cuando las unidades SPAD estaban disminuyendo se programó la fertilización.

BIBLIOGRAFÍA

BLANCO S., JOSÉ ORLANDO. 2003. Manejo integral de suelos con énfasis en el cultivo del arroz. Cúcuta, Colombia.

BRAGACHINI M., MÉNDEZ A., SCARAMUZZA F., PROIETTI F. 2006. Historia y Desarrollo de la Agricultura de Precisión en Argentina. 6to Curso Internacional de Agricultura de Precisión. Estación Experimental Agropecuaria INTA.

CARTAYA R. SCARLET, ZURITA A. SHIRLEY, RODRÍGUEZ R. ELVIRA Y MONTALVO P., VÍCTOR. 2015. Comprobación NDVI, para determinar cobertura vegetal y usos de la tierra en la provincia de Manabí, Ecuador.

CASTILLA L.A., TIRADO O., Y. 2017. Guía para la fertilización en el cultivo del arroz. Federación Nacional de Arroceros – Fondo Nacional del Arroz.

CASTILLA, L.A. RODRÍGUEZ, D. COTE, F. 2017. SIFA WEB: Fertilización inteligente. Manual de instrucción. FEDEARROZ – Fondo Nacional del Arroz.

CASTILLA L., LUIS ARMANDO. 2012. Manejo productivo de residuos de la cosecha de arroz. En: Revista arroz vol. 60 n° 500. Bogotá, D.C.

CASTILLA L., LUIS ARMANDO. 2011. Nutrición y fertilización en el cultivo del arroz. Fedearroz – FNA. ISBN. 978-958-99277-3-3.

CASTILLA, L.A. PRECIADO, G. 2011. Relación entre la compactación del suelo y el comportamiento de la producción en los Llanos Orientales de Colombia. Revista arroz. Bogotá, vol. 59, N° 493: 23 – 28.

CASTILLA L., L.A. 2005. Influencia del clima y de la fertilidad química del suelo en la producción de arroz en la meseta de Ibagué. Compendio resultados de investigación 2003-2005. Fedearroz-Fondo nacional del arroz. pp 117-121.

_____. 2005. Curvas de absorción de nutrimentos en la variedad de arroz Fedearroz 50. Compendio resultados de investigación 2003-2005. Fedearroz-Fondo nacional del arroz. pp 52-57.

_____. 2007. Demanda nutricional de variedades de arroz en la zona arrocería del Tolima. Compendio resultados de investigación 2006-2007. Fedearroz-Fondo nacional del arroz. pp 93-98.

DELGADO H., MARIO. 2014. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. Villavicencio, Colombia. Desarrollo ORIU BIOTECH. Disponible en: https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrici%C3%B3n_vegetal.

DOBERMANN, A. Y FAIRHURST, T. 2000. Arroz. Desórdenes Nutricionales y Manejo de nutrientes. PPI. IRRI. PPIC. Filipinas.

DONALD C. L. KASS. 2007. Fertilidad de suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

ESPINOSA, JOSÉ. 2000. Acidez y encalado de los suelos. International Plant Nutrition Institute, San José, Costa Rica.

FEDEARROZ. 2000. manejo y conservación de suelos para la producción de arroz en Colombia.

FEDEARROZ. 2011. Dinámica del sector arrocería de los Llanos Orientales de Colombia 199-2011. Fondo Nacional del Arroz, Bogotá, D.C.

FRYE, ALBERTO; BAQUERO E., J. CARVAJA E., J. VILOTA J., M. 1991. Suelos y fertilización en el cultivo del arroz en Colombia. CIAT, ICA, FEDEARROZ Y UNIVERSIDAD DEL TOLIMA.

GUERRERO, RICARDO. 1988. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Universidad Nacional De Colombia, Facultad de agronomía. Bogotá, D.C. EN: Fertilidad de suelos: diagnóstico y control. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. FAO. 2003. Textura del suelo. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#top

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. FAO, 2016. Compactación del suelo. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6473s.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. FAO, 2015. Suelos y biodiversidad. Disponible en: https://tiempodeactuar.es/wp-content/uploads/sites/235/FAO-Info_suelos_y_diversidad.jpg

SALIVE, A. 2002. Recopilación bibliográfica sobre efectos de algunos factores, climáticos en el arroz. Manejo integrado del cultivo del arroz en Colombia. Fedearroz – Fondo Nacional del arroz. Ibagué.

UNIVERSIDAD DE CALDAS. 2016. Ilustraciones para la toma de una muestra de suelos. Laboratorio de suelos y fertilidad.

SIERRA, J. 2003. Incidencia de la radiación solar y la temperatura en 4 variedades de arroz. Compendio resultados de investigación 2001- 2002. Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz. pp. 157 – 161.

WAKSMAN S. 2014. The actinomycetes of the soil. Soil science. New Brunswick. YOSHIDA, S. 1978. Tropical climate and its influence on rice. IRRI. Filipinas



Terminó de imprimirse
en noviembre de 2019 en



Bogotá, DC, Colombia
editorialmvp@gmail.com



FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

