

2.5 Fertilización en palto

Se recomienda realizar un análisis de suelo para lo cual, se deben efectuar calicatas en distintos sectores del predio, el cual será vital para el éxito de la labor de fertilización.

La fertilización es un proceso vital para el cultivo del palto y de cualquier frutal, ya que está ligado directamente con los rendimientos y calidad de la fruta que se pueda lograr. En ese sentido, es importante informarse del cómo debe realizarse, por lo que se recomienda seguir los siguientes pasos:



Primer paso: Análisis de suelo

Es necesario monitorear el suelo para ver su contenido y estatus nutricional, mediante el análisis de suelos. Para esto, es fundamental realizar calicatas en los distintos sectores del predio y tomar muestras de suelo a distintas profundidades, siendo la más importante en la zona radicular, que en el caso del palto, se halla el 80% de la concentración de ellas en los 40 cm del perfil. El análisis del suelo se debe realizar cada tres años y el análisis foliar cada año para saber la extracción de nutrientes por la planta.

Segundo paso: Análisis foliar

Es la información más certera respecto al estado nutricional de la planta, ya que brinda antecedentes sobre los nutrientes y el estatus que ha logrado absorber la especie. A diferencia del estudio anterior, en este proceso se utilizan las hojas del cultivo y no la misma tierra.

Extracción de nutrientes del palto

El cálculo de la extracción en palto se realiza con el fin de establecer las cantidades de nutrientes tomadas por los frutos. Cada variedad de palto tiene valores de extracción específicos como se muestra a continuación:



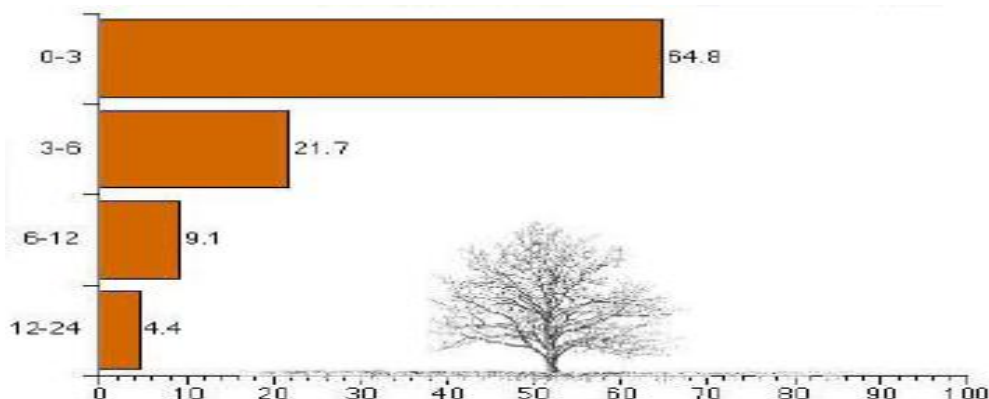
Variedad/Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
Fuerte	11.30	1.70	19.50	2.08	5.01	8.00	0.04	0.09	0.02	0.04	0.01
Hass	28.00	10.0	67.00	5.50	11.00	0.00	0.99	0.12	0.02	0.39	0.14

La fertilización basada en la extracción de nutrientes no es suficiente, pues se debe tener en cuenta los requerimientos nutricionales para el crecimiento vegetativo, así como en la pérdida de nutrientes debido a la caída de hojas y flores y pérdidas de fertilizantes causada por lixiviación y otras.

Características de la raíz del palto

El sistema radicular del palto es imperfecto en cuanto a la absorción del agua. A pesar que puede extenderse hasta los 120 – 150 cm. de profundidad; la mayor cantidad de raíces absorbentes, están ubicados entre los 0 a 60 cm., dependiendo del tipo de suelo en el cual se está cultivando; las raíces se dividen en ramificaciones, las cuales van asumiendo posiciones laterales. Estas laterales primarias, se dividen en su mayoría bifurcándose en laterales secundarias; las cuales a su vez, se vuelven a dividir, pero en ángulos más abiertos. Este sistema de ramificación desarrolla gran abundancia de raicillas, el color de las nuevas raíces activas es de color blanco.

Esta estructura radicular superficial, está extensamente suberizada y es relativamente ineficiente en la absorción de agua, la que puede tener como consecuencia pérdida de frutos durante las etapas críticas del desarrollo, tales como la floración y posterior crecimiento del fruto. En la etapa de floración, aumenta el área superficial efectiva de las raíces contribuyendo a la pérdida de agua a nivel de la planta, factor que se une a un mayor estrés ambiental existente durante la primavera. Los paltos absorben hasta el 95% del agua en los primeros 60 cm. del suelo, cuando las texturas son finas. Para obtener un sistema radicular vigoroso, bien ramificado y con una alta proporción de raíces finas, hay necesidad de ubicar la plantación en suelos bien aireados; bajo estas condiciones, las raíces menores a 2 mm pueden corresponder a un 40% del total del volumen o peso de raíces.



Análisis de suelos

El primer método rápido de análisis de suelos fue propuesto por Daubeny en 1845. De aquel tiempo a la fecha muchos investigadores han elaborado y descrito diferentes métodos, basados en determinaciones macroquímicas, colorimétricas o turbidimétricas. En general, con tales procedimientos, se trata de extraer del suelo las cantidades de nutrientes solubles llamados “asimilables”, en proporción comparable a la remoción que realizan las plantas durante su ciclo de cultivo.

Objetivos de los análisis de suelos

La información de los análisis de suelos, se utiliza con los siguientes fines:

1. Para agrupar los suelos en clases, de acuerdo con su productividad, a fin de obtener datos sobre la conveniencia de fertilizar o de usar enmiendas.
2. Para agrupar los suelos, prediciendo la probabilidad de obtener respuesta efectiva sobre la aplicación de fertilizantes a las plantas.
3. Como auxiliar para valorar la productividad del suelo.
4. Determinar condiciones específicas del suelo que puedan ser mejoradas por la adición de enmiendas o por prácticas culturales.

Tipos de análisis de suelos

Normalmente la fertilidad es evaluada, en base a características del suelo, las que son a su vez evaluadas, mediante análisis del mismo, utilizando métodos analíticos físicos, químicos y biológicos. El proceso de medida se realiza considerando las siguientes etapas:

- Toma de muestras en campo.
- Manejo y preparación de la muestra.
- El análisis en el laboratorio.
- Interpretación y recomendación.
- Fertilización en el campo.

Para ello basta el análisis simple o de fertilidad, mediante el cual se determina:

- Materia orgánica.
- Nitrógeno total.
- Fósforo y potasio disponibles.
- pH en agua.
- Conductividad eléctrica.
- Textura.

Existe otro tipo de análisis o de caracterización, que es más completa y además de lo que se analiza en el de fertilidad incluye:

- Acidez total.
- Calcáreo total.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- Cationes intercambiables Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Al^{+++}
- Humedad equivalente y punto de marchitez.

Interpretación agronómica de los análisis de suelos

Reacción del suelo o pH

Se refiere al grado de alcalinidad o acidez que caracterizan a los suelos y se mide en unidades de pH, determinado el potencial mátrico en una relación 1:2 suelo: agua o 1:2.5. Aceptado por la Sociedad Internacional de la Ciencia del suelo.

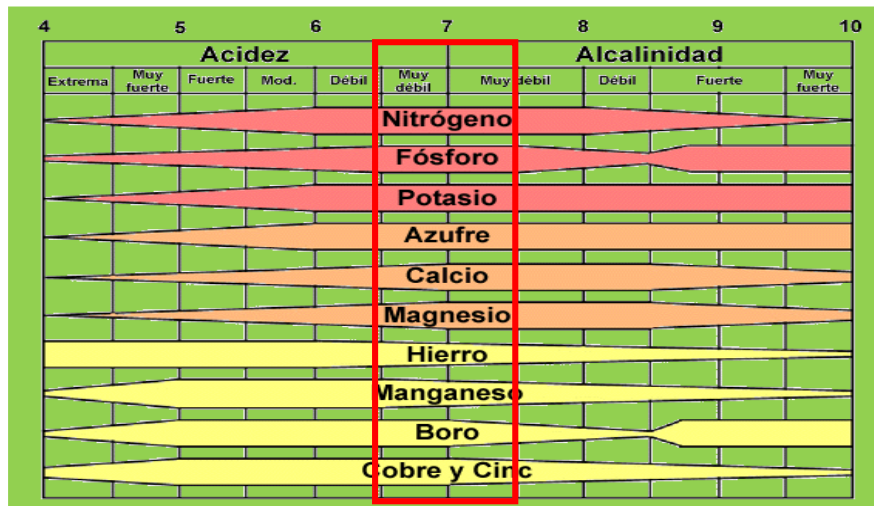
Los valores de pH muy elevados están ligados a la salinidad, y sodicidad. En las gamas medias de valores de pH, las plantas tienen una preferencia menos marcada en el caso de cultivos de grano pequeño, cereales pequeños; otros como el té son afectados por el pH. Los valores bajos de pH están vinculados con la existencia de Fe y Al activo del suelo, produciendo ambos fijación del P y con Si disponible bajo, que perjudica al cultivo.

Cuando nos referimos al pH del suelo, solemos hacerlo a la solución de las aguas del suelo en un momento dado, aunque ya veremos que existen otros tipos de estimaciones. En consecuencia, estimamos la fracción activa de iones hidrógeno [H⁺].

Clasificación de los suelos según el valor del pH

- Extremadamente ácido < 4,5
- Fuertemente ácido 4,5 – 5,5
- Medianamente ácido 5,6 – 6,0
- Ligeramente ácido 6,1 – 6,5
- Neutro 6,6 - 7,3
- Medianamente básico 7,4 - 7,8
- Básico 7,9 – 8,4
- Ligeramente alcalino 8,5 – 9,0
- Alcalino 9,1 – 10
- Fuertemente alcalino >10

Disponibilidad de los nutrientes de acuerdo al pH del suelo



Existen listas de reacciones óptimas del suelo para diferentes cultivos.

Ejemplo:

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| - Alfalfa | 6.5 - 3.0 | - Piña | 5.0 – 6.0 |
| - Cebada | 6.0 - 8.0 | - Centeno | 5.0 – 7.0 |



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



- Maíz	6.0 – 7.0	- Papa	5.0 - 7.0
- Tomate	5.5 - 7.0	- Trébol	5.5 - 7.5
- Trigo	6.0 – 8.0	- Vid	6.0 - 7.5
- Palto	5.5 – 8.0	- Chirimoyo	6.0 - 7.5
- Tuna	6.5 – 7.5	- Durazno	6.5 – 7.5

Materia orgánica.- Se determina por el método de Walkley y Black, el procedimiento se basa en la determinación del C orgánico multiplicado por el factor 1.724.

% M.O = % C orgánico x 1.724

Se estima que la materia orgánica de los suelos contiene en promedio 5% del N total y 58% de C.

Clasificación de suelos por su contenido de materia orgánica:

- Hasta < 6% de M.O. total Mineral.
- De 6 a 10% “ “ Normal.
- Más de 10% ” “ Orgánico.

Contenido de materia orgánica en suelos minerales

Niveles de M.O. (%)	Interpretación
< 1	Muy pobre
1.0 - 2.0	Pobre
2.0 - 3.0	Medio
3.0 - 5.0	Rico
> 5	Muy rico

Nitrógeno total. Se determina por el método de Kjeldahl. Sin embargo, para juzgar la fertilidad, no es la cifra del N total, la que interesa, **sino el N aprovechable**; no obstante, como una guía se da a continuación una Tabla que en combinación de los coeficientes de la destrucción del humus (mineralización del N), son muy útiles para el proceso de la formulación del abonamiento.



Contenido de N total en los suelos agrícolas

Niveles de N total (%)	Interpretación
<0,05	Muy pobre
0.05 – 0.10	Pobre
0.10 - 0.15	Medio
0.45 – 0.25	Alto
> 0.25	Muy alto

Según el Laboratorio de Suelos de la UNA - La Molina

0.00 a 0.10	bajo
0.10 a 0.20	medio
> 0.20	alto

Coeficientes de mineralización del humus

Niveles de N-N0-3 en los 30 primeros centímetros del suelo

Climas y tipos de suelos	Valor aproximado
a) Regiones templadas:	
- Suelos franco arcillosos y arcillosos	0.01 – 0.02
- Suelos franco limosos	0.015 – 0.025
- Suelos franco arenosos y arenosos	0.020 – 0.030
b) Regiones cálidas y áridas con mayor o menor cubierta vegetal	0.04 - 0.10

Grados correspondientes de fertilidad

Niveles de N total (%)	Interpretación
0 - 22	Muy bajo
23 - 44	Bajo
45 - 61	Medio
62 - 84	Alto
85 a más	Muy alto

Fósforo. El P disponible se determina por el Método de Bray-Kurtz I ($\text{HCl } 0.025\text{N} + \text{NH}_4\text{F } 0.03\text{N}$). Tal como se puede observar el extractante es una solución acidulada. Por ejemplo, para suelos de Ayacucho, el nivel crítico es de 15 ppm (Arias, 1978).

Fósforo disponible en ppm

Interpretación	Jackson	Ackerman	PASTOS-UNSCH
Muy bajo	< 3	0 – 5	0 - 5
Bajo	3 - 7	6 - 13	5 - 12
Medio	7 - 20	14 - 19	12 - 18
Alto	20 a más	20 - 28	18 - 25
Muy alto	--	29 a más	> 25

Determinado por el método de Olsen, cuyo extractante es el HCO_3Na a pH 8, es decir una solución alcalina. Por ejemplo, el nivel crítico es de 21 ppm para suelos de Ayacucho (Arias, 1978).

Fósforo disponible en ppm

Interpretación	E.E.A. La Molina	Ackerman	PASTOS-UNSCH
Muy bajo	--	0 – 5	0 - 5
Bajo	1 - 6	6 – 15	5 – 13
Medio	7 - 14	16 - 25	14 - 26
Alto	> 15	26 - 45	27 - 32
Muy alto	--	> 45	> 32

El Método de Olsen es adecuado para suelos alcalinos y los determinados por el método de Bray-Kurtz es para suelos ácidos; sin embargo; se ha comprobado que la extracción con bicarbonato, no sólo da excelentes resultados en suelos alcalinos, sino por lo común también en suelos ácidos.

Potasio. El K se determina con fotómetro de llama, empleando como extractante Morgan-Peech (acetato de Na en ácido acético 3% amortiguado a un pH 4.8).

Niveles de fertilidad de potasio

Interpretación	ppm K (Ortiz)	E.E.A. La Molina (ppm)		UNA-LM
		pH < 6.5	pH > 6.5	Kg/Ha K ₂ O
Bajo	75			0 - 170
Medio	102	100	150	171 - 284
Alto	146			> 284
Muy alto	222			

$$K \times 1.2 = K_2O$$

Calcio y Magnesio. Se determina por el método Morgan.

ppm Ca	ppm Mg	Interpretación
500	12	bajo
900	25	medio
1200	50	alto
1600	125	muy alto

Conductividad Eléctrica.- Una estimación cuantitativa del contenido en sales del suelo o del agua de riego, puede hacerse basado en su C.E.

La C.E. del extracto se expresa en deci Siemens/m (dS/m) a 25°C. De acuerdo a la Conductividad Eléctrica los suelos pueden expresarse en:

Relaciones entre CE, % SSI y pH en suelos

	C.E. dS.m ⁻¹	%SSI	pH
Suelos salinos	> 4	< 15	< 8.5
Suelos sódicos no salinos	< 4	> 15	8.3 - 10
Suelos sódicos y salinos	> 4	> 15	8.5 – 9.0
Suelo normal	< 4	< 15	< 8.5

$$Psa = 0.064 \times C.E. \times 10^3 \text{ (\% de sales en el agua).}$$

$$Pss = (Psa \times Pa) / 100 \text{ (\% de sales en el suelo).}$$

$$PO = 0.36 \times C.E. \times 10^3.$$



Donde: Pa = % agua en suelo saturado.
 PO = Presión osmótica en atmósferas.
 % SSI = Porcentaje de saturación de sodio intercambiable.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Rango en meq/100 g suelo	Interpretación
> 40	muy alto
25 - 40	alto
12 - 25	medio
6 - 12	bajo
< 6	muy bajo

Cationes cambiables

Interpretación	Rangos meq/100 g de suelo			
	Ca	Mg	K	Na
Muy alto	> 20	> 8	> 1.2	> 2.0
Alto	10 - 20	3 - 8	0.6 - 1.2	0.7 - 2.0
Medio	5 - 10	1 - 3	0.3 - 0.6	0.3 - 0.7
Bajo	2 - 5	0.3 - 1	0.2 - 0.3	0.1 - 0.3
Muy bajo	< 2	< 0.3	< 0.2	< 0.1

Análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes para cultivos

El nivel de fertilidad en suelos agrícolas puede investigarse al adoptar uno o varios de los siguientes métodos de estudios:

1. Síntomas de deficiencias en plantas.
2. Análisis de los tejidos y/o savia de las plantas desarrolladas en los suelos que se investiga.
3. Extracción de nutrientes por los cultivos.
4. Ensayos biológicos en los cuales el crecimiento de las plantas superiores o de ciertos microorganismos, se usan como medida de la fertilidad.
5. Habilidad de suministro de nutrientes por el suelo y los fertilizantes.
6. Análisis químico de suelos.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Síntomas de deficiencia.- La apariencia anormal de las plantas en el crecimiento puede deberse a la deficiencia de uno o más elementos nutritivos. Cuando la planta carece de un elemento en particular, puede presentar síntomas definidos más o menos característicos. Muchos métodos para evaluar la fertilidad del suelo se basan en observaciones; de su naturaleza o *en* la medida del desarrollo de las plantas. El mérito de tales métodos, se basa en el cual las plantas, manifiestan el afecto resultante de los diferentes factores que afectan su crecimiento.

Análisis de plantas.- Consta de dos clases:

- **Análisis total de la planta.-** Que generalmente incluye exámenes para N, P, K, Ca, Mg, Mn, Mo, Fe, Cu, B, Al y Zn y necesita técnicas sofisticadas para su determinación. Los niveles de nutrientes considerados para su crecimiento normal de la planta, son basados en un análisis total de la planta y comparados con unos estándares o niveles críticos.
- **Análisis del tejido verde.-** Las plantas que crecen bajo condiciones adecuadas de fertilidad, absorben más nutrientes de los que ellos pueden asimilar a un tiempo presentando un sobrante en la savia. El análisis semi cuantitativo del tejido verde, para concentraciones de nutrientes solubles, pueden hacerse rápidamente en el laboratorio o en el campo.

El análisis del tejido verde, difiere del análisis total de la planta, en que el succulento tejido verde es analizado semi cuantitativamente para la concentración de nutrientes solubles, particularmente N, P y K en la savia de las plantas.

Extracción de nutrientes por los cultivos.- Debido a que las plantas tienen que extraer los elementos nutritivos del suelo para constituir sus órganos, la cantidad de nutrientes extraídas por ellas, puede ser un excelente indicador para determinar la cantidad necesaria de fertilizantes a aplicar al suelo. Pero la cantidad extraída, no representa la cifra exacta de abonos requeridos, dado que una parte de los fertilizantes aplicados es fijada con mayor o menor fuerza por las partículas del suelo, antes de poder ser asimilados por el vegetal.

Mediante un análisis químico completo de la planta, pueden conocerse las cantidades totales de elementos fertilizantes extraídos del suelo por los cultivos, así como las cantidades de ellos contenidos en cada uno de los órganos (frutos, tallos, hojas, raíces); con ello, además de obtener una medida global de las exigencias del cultivo, pueden llegar



a conocerse las cantidades de elementos nutritivos exportadas del suelo; es decir, la pérdida neta de éstos a causa del cultivo. Para ello basta con deducir de las extracciones totales, los elementos que son devueltos al suelo por medio de los residuos de dicho cultivo.

Las extracciones de elementos del suelo pueden variar notablemente para un mismo cultivo, en función de diversos factores, tales como las condiciones climáticas, nivel de fertilidad del suelo, la variedad utilizada, etc. Ello se justifica por las grandes variaciones que se observan entre las cifras publicadas por diferentes autores. En cualquier caso, estas cifras deben considerarse como datos aproximados, que no obstante, pueden dar una orientación positiva en los siguientes aspectos:

- Necesidades globales de cada cultivo.
- Exigencias relativas de los diferentes cultivos.
- Equilibrio, que nos refleja de un modo aproximado, las exigencias relativas de la planta, que de ningún modo hay que confundir con el equilibrio del abonado. Es muy importante, distinguir entre el equilibrio del abonado, cuyo objetivo es corregir y mantener la fertilidad del suelo y el equilibrio de nutrientes en la planta, que pueden llegar a ser completamente diferentes.

Las cifras de extracción que se observan a continuación, representan valores promedios correspondientes a condiciones normales de suelos y a las cantidades cosechadas que se mencionan:

Extracción de nutrientes en el palto

El cálculo de la extracción en palto se realiza con el fin de establecer las cantidades de nutrientes tomadas por los frutos. Cada variedad de palto tiene valores de extracción específicos como se muestra a continuación.

Extracción de nutrientes para 10 toneladas de fruto.

Variedad/ Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
Fuerte	11.30	1.7.00	19.50	2.08	5.01	8.00	0.04	0.09	0.02	0.00	0.01
Hass	28.00	10.00	67.00	5.50	11.00	0.00	0.99	0.12	0.02	0.40	0.14



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



La fertilización basada en la extracción de nutrientes no es correcta. Se deben tener en cuenta los requerimientos nutricionales para el crecimiento vegetativo, pérdida de nutrientes debido a la caída de hoja y flor, pérdida de fertilizantes causada por lixiviación y mucho más.

En cuanto al nitrógeno, ciertas bacterias del suelo y otros organismos fijan el N atmosférico como parte de sus procesos vitales. Dos distintos tipos son los organismos responsables: los simbióticos y los no simbióticos.

Las bacterias simbióticas están asociadas con los cultivos de leguminosas; las bacterias suplen parte del N que necesita la planta, generalmente no más que 50 - 70% de las necesidades.

Formas de absorción de nutrientes por las plantas

La absorción de nutrientes por las plantas, se refiere a las formas iónicas siguientes:

- Carbono CO_3^- , CO_2 (a través de las hojas principalmente).
- Hidrógeno H^+ , HOH
- Oxígeno OH^- , CO_3^- , SO_4^- , CO_2 (a través de hojas principales).
- Nitrógeno NO_3^- , NH_4^+
- Fósforo H_2PO_4^- , HPO_4^-
- Potasio K^+
- Calcio Ca^{++}
- Magnesio Mg^{++}
- Azufre SO_4^-
- Hierro Fe^{++} , Fe^{+++}
- Manganeso Mn^{++}
- Boro BO_3^-
- Zinc Zn^{++}
- Cobre Cu^{++}
- Molibdeno MoO_4^-
- Cloro Cl^-



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Estos nutrientes de las plantas pueden ser absorbidos:

- De la solución del suelo.
- De los iones intercambiables adsorbidos en el complejo coloidal.
- De los minerales fácilmente alterados.
- A través de las hojas.

Las plantas puedan obtener determinados porcentajes de N, P, K del suelo, de los fertilizantes y del estiércol, cuando este se aplica.

Del suelo, el 40% es efectivamente aprovechable por cultivos de hábito radicular como el palto. La modalidad adicional, a incluir en el caso de otros cultivos, cuando se trate de cultivos cuyas raíces desarrollan a mayor profundidad.

Desde los primeros estudios de por qué ciertas plantas crecían bien en un suelo dado, mientras otras variedades o plantas no, se conoce que algunas plantas son mejores rebuscadoras de nutrientes que otras; por ejemplo, las dicotiledóneas, especialmente leguminosas, se alimentan frecuentemente de cationes divalentes como Ca^{++} , mientras que las gramíneas herbáceas, se alimentan mejor de cationes monovalentes como el K^+ .

Lo bien que las raíces absorben los fertilizantes, depende de su distribución en el suelo. Un sistema radicular pequeño (poco profundo y escaso), hace a la planta más dependiente de la fertilización. La velocidad de crecimiento y tamaño de la planta deben también ser considerados, ya que una planta pequeña (hierbas cortas) tienen una demanda total baja. Los sistemas radiculares de algunas plantas comunes, son agrupados como sigue:

a) Raíces profundas (1.8 m).

- Vid.
- Sorgo.
- Alfalfa.
- Tomate.
- Plantas de huerto.

b) Sistema radicular intermedio (1.2 m de profundidad).

- Maíz.
- Garbanzos.
- Soya.



- Hierbas altas.
 - Algodón.
 - Granos pequeños.
- c) No muy profundas (0.6 m de profundidad):
- Papas.
 - Frijoles.
 - Césped, hierbas cortas.
 - Lechuga.
 - Ajíes.
 - Palto.

El porcentaje del fertilizante añadido que es realmente utilizado por las plantas es la “EFICIENCIA DE FERTILIZACIÓN”. Aunque el uso por el cultivo de la adición inicial, puede ser del 30 al 70% para el N, del 20 al 30% para el P y del 50 al 80% para el K, la eficiencia de aplicaciones divididas, pueden depender de muchos factores.

La profundidad radicular, la extensión del sistema radicular, el tipo del fertilizante, el clima, el suelo y otras numerosas condiciones pueden alterar la eficiencia.

Porcentajes de utilización para los diferentes nutrientes principales

Fuentes de N,P,K	Porcentaje obtenido por el cultivo durante su ciclo vegetativo		
	N	P	K
(F1) Suelo (del disponible presente)	40	10 - 40	40
(F2) Fertilizante orgánico (estiércol del total presente)	30	30	50
(F3) Fertilizante mineral (del disponible presente)	30 - 70	20 - 30	50 - 80

Análisis de suelos.- Con los análisis de suelos se pretende conocer:

Un lado, sus características físico-químicas y los defectos principales que de ellas se deriven, y de otro, determinar del modo más aproximado posible, la capacidad del suelo para suministrar a los diferentes cultivos los distintos elementos fertilizantes; es decir, su estado de fertilidad.

Se han desarrollado numerosos métodos de análisis para cada uno de los elementos nutritivos adaptados a las diferentes condiciones de suelo y clima.

Estos métodos consisten, en términos generales, en extraer del suelo, mediante el contacto de éstos con una determinada solución química en unas condiciones establecidas, una cantidad de elemento fertilizante que esté en correspondencia aproximada con el que podría absorber el cultivo a lo largo de su desarrollo. Esto es, tratar de determinar la cantidad del elemento fertilizante disponible o asimilable para los cultivos. Para ello, es necesario calibrar el método por medio de numerosas experiencias con cada cultivo, de modo que pueden clasificarse los valores obtenidos del análisis, de acuerdo con la respuesta del cultivo.

La mayoría de los laboratorios que efectúan análisis de suelos, clasifican el nivel de fertilidad de los suelos como: muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto, basados en los resultados de los análisis químicos; sin embargo, algunos dan los resultados en términos de Kg/ha de P o K. En general, la clasificación desde muy bajo a muy alto parece ser algo más fácilmente comprendido por los agricultores, pero los cultivos varían en su requerimiento y lo que es bajo para las papas, puede que sea alto para pequeños granos; lo que es bajo para un suelo arcilloso, puede ser alto para un terreno arenoso. En cualquier caso, es importante que el agricultor conozca la media de los resultados dados.

Las respuestas de la producción por las proporciones de los nutrientes aplicados pueden entonces ser relacionados a la cantidad de nutrientes en el suelo. Como ya se ha establecido, la fertilidad del suelo es tan sólo, uno de los factores que influyen el crecimiento de las plantas, pero en general, habrá una mayor probabilidad de obtener una respuesta por un elemento dado, si el suelo es pobre en este elemento. El concepto se presenta diagramáticamente a continuación:

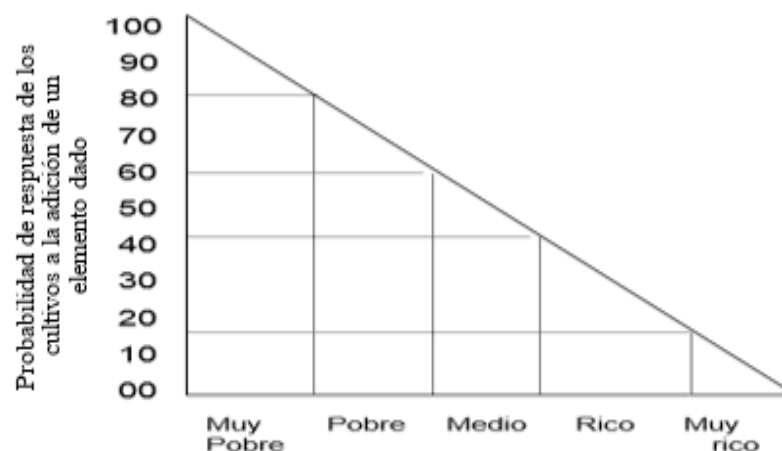


Figura 33. Probabilidad de respuesta de los cultivos a la adición de un elemento dado.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Fertilización. Entre los objetivos que se pueden obtener por medio de la fertilización, cabe destacar los siguientes:

- Máxima producción por unidad de superficie.
- Máxima calidad del producto.
- Reducción al mínimo de los costos de producción.
- Obtención del máximo beneficio por unidad de fertilizante utilizado.
- Máximo beneficio económico de la explotación en su conjunto.
- Máxima precocidad del cultivo.

Así pues, la eficiencia de la fertilización dependerá en primer lugar, del objetivo que se persiga; es decir, del criterio que utilicemos para medir dicha eficacia. La fertilización será distinta, si se persigue la máxima producción, difiere si se persigue el máximo beneficio de la explotación por unidad de superficie, que es el objetivo común a la hora de plantearse el problema del abonado.

El problema de la fertilización. Una vez establecido un determinado objetivo, es necesario plantearse el problema del abonado, de modo que sea ésta eficaz con la consecución de dicho objetivo.

La respuesta al problema de la fertilización debe contemplar los siguientes puntos:

- a) Dosis de abono, expresada en unidades de fertilizante por unidad de superficie.
- b) Tipos de abono a utilizar.
- c) Aplicación de los mismos; es decir, dónde, cuándo y cómo.

Las recomendaciones de fertilizantes, son los resultados de la interpretación meditada de los análisis y de otros factores que caracterizan a cada suelo en particular y refieren en cuanto a las dosis de fertilizantes comerciales que se deben usar, en la práctica agrícola.

En realidad, una combinación del análisis de suelos y plantas con los calibrados en base a experimentos de campo, es el mejor método para valorizar la fertilización del suelo.

Procedimiento de prescripción. Se conocen varios procedimientos para hacer conclusiones de los análisis e informar a los agricultores, las cantidades de fertilizantes que deben aplicar a sus cultivos.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



A continuación se propone un procedimiento que se basa en el hecho, de que las plantas puedan obtener determinados porcentajes de N, P y K del suelo, de los fertilizantes inorgánicos, del estiércol u otro abono orgánico, cuando estos se aplican al suelo. Matemáticamente, la dosis a recomendar se determina por la relación siguiente:

$$Q = (E - S f_1 - M f_2) / f_3$$

Donde:

- Q= Dosis del nutriente en Kg/ha.
- E = Extracción del nutriente del suelo por el cultivo en Kg/ha.
- S = Aporte de nutriente por el suelo en Kg/ha.
- M = Aporte de nutriente por el estiércol en Kg/ha.
- f_1 = Porcentaje de uso de los nutrientes del suelo por la planta.
- f_2 = Porcentaje de utilización de los nutrientes del estiércol (abono orgánico).
- f_3 = Porcentaje de uso de nutriente del fertilizante inorgánico (capacidad de uso).

Para establecer la prescripción de los fertilizantes se tiene que considerar, lo siguiente:

- a) El contenido de nutrientes asimilables en el suelo, que son los datos de los análisis.
- b) La riqueza de los fertilizantes a utilizar.
- c) Las demandas nutricionales propias del cultivo, de acuerdo a la cantidad de cosecha que se pida y se desea obtener (extracción de nutrientes del suelo), teniendo en cuenta desde luego los antecedentes del campo.
- d) Porcentajes de utilización de los principales nutrientes:
 - Del suelo.
 - Del fertilizante mineral u orgánico.
 - Los coeficientes de destrucción de la materia orgánica o mineralización.

El procedimiento para el cálculo de la dosis de fertilizante se establece como sigue:

- a) Los datos del análisis de suelos: % N total, ppm P y K; se anotan en tres columnas según el número progresivo de las muestras de suelo obtenido de los diferentes campos en la zona de abastecimiento.
- b) En tres (3) columnas siguientes, previo cálculo, se escriben las cantidades correspondientes a N asimilable a P y K, siguiendo el mismo orden.
- c) Las cifras de las tres (3) columnas, se clasifican según sus niveles de fertilidad, de acuerdo con las escalas nutrimentales establecidas. Este es el primer paso, para formar un juicio sobre las dosis de fertilizantes a recomendar.

- d) Los grupos de datos con el mismo nivel de fertilidad establecido o referido a cada nutriente, se suman por separado y se saca el promedio aritmético en cada caso.
- e) Se determina luego, la cantidad de nutrientes por hectárea en la capa arable. Tales cantidades representan el contenido medio nutrimental del suelo por unidad de superficie en los campos que forman cada grupo en la zona de abastecimiento, según su nivel de fertilidad.

Pueden usarse los siguientes factores de conversión:

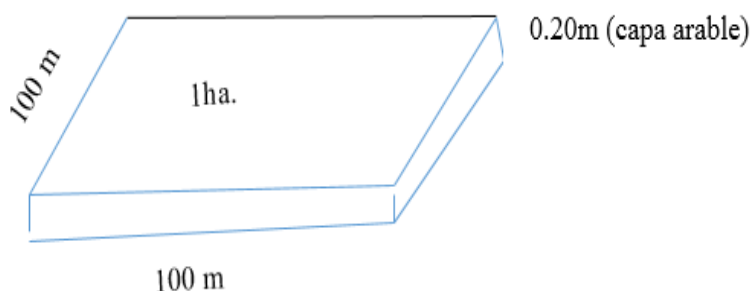
$$\text{ppm K} = \text{meq K}/100\text{g} \times 390.$$

$$\text{ppm Ca} = \text{meq Ca} /100 \text{ g} \times 200.$$

$$\text{ppm Mg} = \text{meq Mg}/100\text{g} \times 122.$$

$$\text{para convertir los nutrientes en Kg/} = \text{ppm} \times 2.$$

Donde: El factor 2 se usa cuando el peso del suelo de la capa arable de una hectárea es de 2×10^6 Kg.



$$\text{Volumen de 1ha.} = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0.20\text{m} = 2000 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

$$\text{Peso de 1 ha.} = 2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 1000 \text{ kg/ m}^3 = 2000000 \text{ kg /ha} = 2 \times 10^6 \text{ kg/ha}.$$

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ kg} / 1000000 \text{ kg} \times 2000000$$

Se usará otros factores, cuando cambia el peso de la capa arable, textura y densidad aparente, según al cuadro siguiente:

Peso de capa arable	Textura	Densidad aparente	Factor
2.21×10^6 Kg/ha	Limo o marga arcillosa	1.30 g.cc^{-1}	2.21
2.72×10^6 Kg/ha	Arenoso	1.60 g.cc^{-1}	2.72
0.54×10^6 Kg/ha	Turbas - estiércol	0.32 g.cc^{-1}	0.54

- f) Los datos anteriores se relacionan con la información de campo (Kg/ha, de papas, trigo, maíz, etc.), para juzgar la eficiencia de la absorción de los nutrientes del suelo y para establecer una correlación con los análisis.
- De acuerdo con los antecedentes de capacidad productiva, se fija el límite de rendimiento que es posible obtener.
- g) Con la información precedente, se permite visualizar y determinar la dosis de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos o potásicos y es el punto crítico de la recomendación.
- h) La dosis establecida y considerada necesaria sobre cada nutriente, se expresa en términos de unidades de fertilizantes y se anotan los tratamientos en tres columnas siguientes del cuadro original.
- i) Luego se procede a calcular la cantidad de fertilizantes en base al porcentaje de riqueza de cada uno de ellos. Se pueda utilizar los siguientes factores para pasar la ley de los nutrientes a fertilizantes comerciales:

Nitrogenados:

- Kg. De urea = Kg. N x 2.17
- Kg. de NH_4NO_3 = Kg. N x 2.98
- Kg. de Fosfato diamónico = Kg. N x 5.56.
- Kg. de Sulfato de amonio = Kg. N x 4.88

Fosfatados:

- Kg. de fosfato di-amónico = Kg. P_2O_5 x 2.17
- Kg. de superfosfato simple = Kg. P_2O_5 x 5.00
- Kg. de superfosfato triple = Kg. P_2O_5 x 2.17

Potásicos:

- Kg. de cloruro de potasio = Kg. K_2O x 1.67
- Kg. de sulfato de potasio = Kg. K_2O x 2.

Informe de resultados.- Todo programa sobre análisis de suelos quedaría incompleto si no se hiciera el informe de divulgación donde se dé a saber a los interesados, las conclusiones resultantes de la interpretación.

La explicación de las recomendaciones se expresa en términos claros y precisos para que se puedan entender y se lleven a la práctica.

En forma concreta, se indican las condiciones físicas de los suelos y sus relaciones con la frecuencia de riegos y posible lixiviación de nutrientes, se hace referencia al color del suelo y contenido de materia orgánica, se explican diferentes hechos significativos sobre la reacción del suelo y el nivel de fertilidad, así como la conveniencia de usar fertilizantes, enmiendas, así como su manejo.

Cálculo de la dosis de fertilización de palto a partir del análisis del suelo

Determinar la fórmula de fertilización para el palto Fuerte y Hass incorporando 2 t de estiércol de vacuno, para un terreno en un valle interandino de Huanta -Ayacucho, cuyo análisis de suelo es el siguiente:

a) Resultados del análisis de suelo

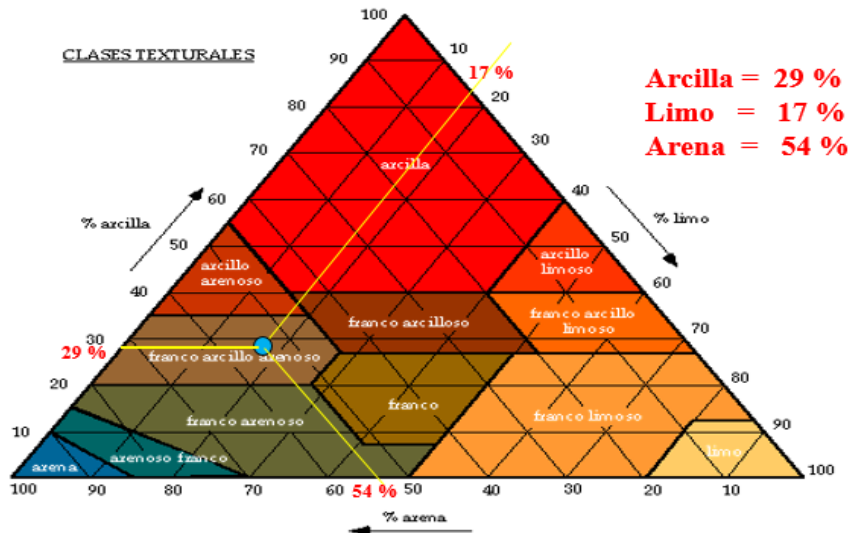
pH	CE (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	MO (%)	N total (%)	P disp. (ppm)	K disp. (ppm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
8.23	0.17	8.15	1.47	0.07	6.07	141	54	17	29

b) Interpretación agronómica:

pH	CE (dS/m)	CO ₃ Ca (%)	MO (%)	N total (%)	P disp. (ppm)	K disp. (ppm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
8.23	0.17	8.15	1.47	0.07	6.07	141	54	17	29

Básico	Normal	Exceso	Pobre	Pobre	Bajo	Medio	FrArA=Franco areno arcilloso
--------	--------	--------	-------	-------	------	-------	------------------------------

c) Análisis textural del suelo



Riqueza de los abonos orgánicos

Estiércol	N	P	K
Guano de isla	11.03	9.82	1.86
Gallinaza	15.0	10.0	4.0
Gallinaza	5.71	5.2	2.9
Oveja	8.2	2.1	8.4
Caballo	6.7	2.3	7.2
Cerdo	4.5	2.0	6.0
Vaca	3.4	1.3	3.5
Cuy	1.79	1.63	4.2

d) Información del lugar

- Lugar : Izcutacoq-Huanta.
- Altitud : 2520 m.s.n.m.
- Cultivo anterior : Chirimoyo.
- Abonamiento : Sin fertilización.
- Extensión : 1.0 ha.
- Clima, precipitación : 450 mm/año.

e) Resultados del análisis de fertilidad del suelo:

- Textura : 29 % arcilla, 17 % limo y 29 % arena.
- Clase textural : Franco arcillo arenoso.
- pH (H₂O) : 8.23
- % materia orgánica : 1.47
- % nitrógeno total : 0.07
- P-disponible : 9.0 ppm (Bray-Kurtz I).
- K-cambiable : 0.36 meq/100 g de suelo.

f) Análisis del estiércol de establo:

- | | Húmeda | Seca |
|--------------------------------------|--------|------|
| - % de humedad | 70 | 30 |
| - % de N-total | 0,4 | 1.33 |
| - % de P ₂ O ₅ | 0.2 | 0.67 |
| - % de K ₂ O | 0.4 | 1.33 |
| - Reacción | ácida | |

g) Transformar el N, P, K a elementos disponibles por hectárea.

Cálculo

$$\%N \text{ total} = 0.07$$

$$\frac{0.07 \times 2 \times 10^6}{100} = 1400 \text{ kg N/ha.}$$

$$100$$

- En un suelo franco arcillo arenoso de clima templado y pH alcalino, se estima un 0.015 ó 1.5% de coeficiente de mineralización según Henin.

Coefficientes de mineralización del humus

Climas y tipos de suelos	Valor aproximado
a) Regiones templadas:	
- Suelos franco arcillosos y arcillosos	0.01 – 0.02
- Suelos franco arcilloso arenosos y limosos	0.015 – 0.025
- Suelos franco arenosos y arenosos	0.020 – 0.030
b) Regiones cálidas y áridas con mayor o menor cubierta vegetal	0.04 - 0.10

$$1,400 \text{ Kg. N}_{\text{total}} / \text{ha} \times 0.015 = 21 \text{ Kg N-NO}_3 / \text{ha/año.}$$

- Considerando un ciclo de 6 meses (1/2 año) para la producción de palto:
 $21/2 = 10.50 \text{ Kg.N-NO}_3 / \text{ha}$ por ciclo (bajo).
- Fósforo disponible = 9.00 ppm (bajo).
- Potasio cambiante = 0.36 meq/100 g (Medio).

Se considera que entre el 10 y 50% del K-cambiante, es disponible, por lo que tomando el máximo, se tiene:

$$0.36 \times 0.50 = 0.18 \text{ meq/100 g disponible.}$$

$$0.18 \times 390 = 70.20 \text{ ppm de K (medio).}$$

pH = 8.23 ; Es alcalino para el cultivo de palto, por lo que para bajar el pH en un grado se debe incorporar 90 g de azufre en polvo.

- Si el % materia orgánica = 1.47, se trata de un suelo pobre en materia orgánica y si, el medio es arcilloso, tendrá poca aireación.



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



h) Los suelos son:

- Pobre en N-NO₃
- Bajos en P- disponible.
- Medios en K disponible.

Lo que nos indica que en la formulación, habrá que abonar más con N y P.

i) Se determinan luego los nutrientes en Kg/ha de la capa arable:

- N-NO₃ = 10.50 Kg/ha
- P₂O₅ = 6.07 x 2.29 = 13.90 ppm P₂O₅
Como: Kg/ha.= ppm x 2
13.90 x 2= 27.80 kg/ha P₂O₅
- K₂O 70.20 x 1.2 = 84.24 ppm K₂O
84.24 x 2 = 168.48 kg/ha K₂O

j) Formulación con incorporación de estiércol de vacuno fermentado:

- % materia seca = 100 - 70 = 30%
- Kg. de estiércol seco = 2,000 x 30/100 = 600 Kg.
Kg N = 600 x 1.33/100 = 7.98 kg.
Kg P₂O₅ = 600 x 0.67/100 = 4.02 kg.
Kg K₂O = 600 x 1.33/100 = 7.98 kg.

Requerimientos nutricionales para 10 t/ha de palto

Variedad/Elemento	N	P	K
Fuerte	32	12	42
Hass	70	17	191

Porcentajes de utilización para los diferentes nutrientes principales

Fuentes de N,P,K	Porcentaje obtenido por el cultivo durante su ciclo vegetativo		
	N	P	K
(F1) Suelo (del disponible presente)	40	10 - 40	40
(F2) Fertilizante orgánico (estiércol del total presente)	30	30	50
(F3) Fertilizante mineral (del disponible presente)	30 - 70	20 - 30	50 - 80



Formulación para el palto Fuerte

$$QN = (32.00 - 10.50 \times 0.40 - 7.98 \times 0.30) / 0.50 = 50.812$$

$$QP_2O_5 = (12.00 - 27.80 \times 0.30 - 4.02 \times 0.30) / 0.25 = 9.816$$

$$QK_2O = (42.00 - 168.48 \times 0.40 - 7.98 \times 0.50) / 0.65 = -45.203$$

* Como resultado el K negativo (-45.203), quiere decir que hay suficiente cantidad de K en el suelo, pero siempre se debe considerar por lo menos 10 kg.

Formulación para palto Hass

$$QN = (70.00 - 10.50 \times 0.40 - 7.98 \times 0.30) / 0.50 = 126.812$$

$$QP_2O_5 = (17.00 - 27.80 \times 0.30 - 4.02 \times 0.30) / 0.25 = 29.816$$

$$QK_2O = (191.00 - 168.48 \times 0.40 - 7.98 \times 0.50) / 0.65 = 184.028$$

Fórmula de abonamiento calculada para 1 ha

VARIEDAD	N(kg)	P(kg)	K(kg)
FUERTE	50	10	0
HASS	130	30	185

Nota: Se redondean las cantidades a una cantidad próxima mayor.

Aplicación de los fertilizantes

Los fertilizantes se deben aplicar cuando el suelo se encuentra húmedo; de acuerdo al presente análisis de suelo, aplicar 90 g /planta de azufre en polvo para bajar en un grado el pH alcalino y una dosis de 50-10-00 kg de N,P₂O₅ y K₂O /ha para el palto Fuerte y de 130-30-185 kg de N,P₂O₅ y K₂O /ha para el palto Hass con incorporación de 2 t/ha de estiércol, como abono orgánico.

Como el número de plantas/ha en tresbolillo 5 x5 m. = 465 plantas/ha. y la dosis recomendada para:

Fuerte 50 - 10 - 10 + 2 t estiércol/ha.

Hass 130 - 30 - 185 + 2 t estiércol/ha.



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



Cálculo de la cantidad de fertilizantes químicos a utilizar:

Riqueza de los fertilizantes

Fertilizante	N (%)	P (%)	K (%)
Nitrato de amonio (NA)	31	0	0
Fosfato Di amónico(FDA)	18	46	0
Sulfato de potasio (SO ₄ K)	0	0	50

Cantidad de fertilizante / ha para palto Fuerte

Fertilizante	Cantidad (kg)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
NA	140	43.40	0.00	0.00
FDA	25	4.50	11.50	0.00
SO ₄ K	20	0.00	0.00	10.00
TOTAL		47.90	11.50	10.00

Cantidad de fertilizante por planta de palto Fuerte

Fertilizante	Cantidad (g)
NA	301
FDA	54
SO ₄ K	43
Estiércol	4300

Cantidad de fertilizantes/ha para palto Hass

	Cantidad (kg)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
NA	380	117.80	0.00	0.00
FDA	67	12.06	30.82	0.00
SO ₄ K	370	0.00	0.00	185.00
TOTAL		129.86	30.82	185.00



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Cantidad de fertilizante por planta para palto Hass

Fertilizante	Cantidad (g)
NA	817
FDA	144
SO ₄ K	796
Estiércol	4300

Para aplicar al suelo, la cantidad de fertilizantes calculada para cada planta se debe fraccionar de la siguiente manera:

- 1/3 de la dosis de N al inicio de la floración (después de la poda).
- 1/3 de la dosis de N a la floración.
- 1/3 de la dosis de N al cuajado de fruto.
- Todo el P al inicio de la floración (después de la poda).
- 1/3 de la dosis de K al inicio de la floración (después de la poda).
- 1/3 de la dosis de K a la floración.
- 1/3 de la dosis de K al cuajado de fruto.

Asimismo, se recomienda aplicar los micro elementos vía foliar antes de la floración.



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego



Referencias bibliográficas

- Ankerman, D. y Large, R. (s/f). "Soil and Plant Analysis" A&L Agricultural Laboratories. Memphis. Tennessee, EUA.
- Arias, J. (1978) "Evaluación del fósforo disponible en algunos suelos agrícolas de las provincias de La Mar, Huanta, Cangallo y Huamanga del departamento de Ayacucho" (Tesis). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Domínguez, A. (1978). "Abonos Minerales". Publicaciones de extensión agraria. 5ta edición. Madrid. España.
- Donahue, R., Miller, R. y Shickluna, C. (1981). "Introducción a los suelos y al crecimiento de la planta". Ed. Prentice-Hall-Internacional. Colombia.
- Hauser, F. (1980). "Interpretación de los análisis al formular recomendaciones sobre fertilizantes". Ediciones de la FAO. Roma.
- Ibáñez, R. (1982). "Fertilización de la papa. Curso sobre Producción de alimentos básicos y Recursos Nativos". INIPA-CIPA XIII. Ayacucho, Perú.
- Sánchez, P. (1981). "Suelos de trópico, características y manejo". IICA. San José, Costa Rica.
- Tineo, A. (1999). *Manual de interpretación agronómica de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes*. FCA-UNSC. Ayacucho, Perú. 33 p.
- Tineo, J. (2017). *Manejo del cultivo de palto en valles interandinos de Perú*. EEA Canaán, INIA. Ayacucho, Perú. 30 p.