

NUTRICIÓN VEGETAL INTEGRADA

Una alternativa a la demanda de alimentos



Ing. Erick Molieri Fonseca
 Servicio Agropecuario "SAN JACINTO"
 "La tecnología en manos del agricultor"
 Km. 38.2 Carretera norte, San Benito
 ESAGRI
 e-mail: edmolieri@yahoo.es
 Tel. 833 3185 - 644 4391.

El crecimiento poblacional y una mejoría de la economía nicaragüense, además del importante aporte de las remesas familiares, está aumentando la demanda de alimentos. Sin embargo, el sector agropecuario tiene más de una década de no recibir apoyo del estado, por lo que la producción de alimentos de consumo interno (maíz, arroz, frijoles, hortalizas, frutas) son insuficientes y si a eso añadimos la exportación a países vecinos, el problema se agudiza cada año.

Nuestra agricultura actual tiene un atraso tecnológico de

aproximadamente tres décadas (en la mayoría de los cultivos), es por eso que los rendimientos por manzana son bajos, a excepción de maní, arroz de riego y tabaco, que se consideran competitivos en el mercado internacional.

El problema se vuelve más complejo con la globalización, que trae una integración de los mercados, es decir la apertura de las fronteras a otras economías, y además el incremento del precio del petróleo en un 100 % en un lapso de tres años. Este panorama solo nos deja una única salida: aumentar significativamente





la productividad por manzana de nuestra agricultura, es decir, si nuestro rendimiento de maíz tradicional es de 25 qq/mz, se debe aumentar a por lo menos 60 qq/mz.

NUTRICIÓN VEGETAL

Una nueva dimensión para aumentar la productividad de los cultivos.

LAS PLANTAS NECESITAN:

Agua, luz, dióxido de carbono (CO₂) y nutrientes para poder crecer, desarrollarse y producir. Si bien es cierto que en la gran cantidad de plantas que el hombre cultiva para su provecho, hay gran diversidad en cuanto a exigencias de luz: desde plantas sedientas de luz, hasta las que sólo toleran la sombra; pero el caso es que ninguna planta puede subsistir sin luz. La luz posibilita y regula una larga serie de procesos fisiológicos.

LA FOTOSÍNTESIS

Proceso bioquímico íntimamente ligado a la productividad

Este proceso consiste en la captación de la luz solar por las hojas, las cuales contienen unos pequeños órganos llamados clorofila, que es activada por la luz y con el auxilio del agua, el CO₂, y los nutrientes, permite sintetizar sustancias orgánicas (como la glucosa)

liberando oxígeno. Gracias a este proceso las plantas pueden elaborar, partiendo de simples sustancias naturales inorgánicas, otras sustancias orgánicas vinculadas de forma inseparable a los procesos vitales de la naturaleza.

FACTORES LIMITANTES:

Si queremos aumentar los rendimientos de una manera sistemática, debemos influir los factores limitantes de la fotosíntesis en el campo. Enseguida analizaremos los factores más importantes:

1. La limitante externa más importante para la productividad es la disponibilidad de agua y del CO₂ que están íntimamente relacionados. La disponibilidad del CO₂ reducido depende:
 - Del suministro externo del mismo (0.03% CO₂ en ambiente), lo cual no podemos cambiar, mas que regulando la densidad de plantas/mz.
 - De la permeabilidad de los poros de los estomas (lo cual está sujeto a una regulación interna, en la cual interviene un nutriente, el K⁺).
 - De la eficiencia de las reacciones de fijación del CO₂ durante el proceso de la fotosíntesis, pero gracias a los últimos adelantos de la fisiología vegetal, se conoce más sobre este proceso y hoy contamos con una nueva sustancia en el mercado, que aumenta la fijación del CO₂, es decir aumenta la eficiencia de la fotosíntesis.

2. Otra limitante es la nutrición adecuada de nitrógeno y minerales: el nitrógeno es el nutriente más importante en el desarrollo de la planta y en la productividad y como depende para su fabricación como fertilizante de energía fósil (petróleo) se encarece cada vez más. Por lo tanto, hoy se hace mucho énfasis en la disponibilidad natural del suelo,

que lo contiene en la materia orgánica y de la fijación biológica de cultivos pertenecientes a las leguminosas. Esta fijación biológica en las leguminosas, depende de la fotosíntesis.

Otro aspecto de la nutrición nitrogenada es la asimilación del nitrógeno por la planta; hoy se conoce la bioquímica de la asimilación del nitrógeno y aquí juega un papel muy importante un micronutriente, el molibdeno (Mo), el cual su disponibilidad en el suelo, cuando lo contiene, está muy limitada por el pH del mismo.

PLAN NUTRICIONAL

La base de la productividad agrícola

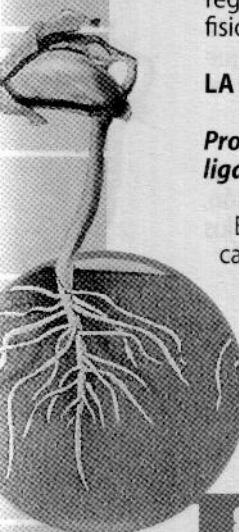
En base a lo antes escrito podemos afirmar que la nutrición vegetal estudia los procesos biológicos, químicos y bioquímicos asociados a la dinámica y uso de los nutrientes minerales que la planta necesita para la construcción de sus tejidos vegetales y la realización de sus funciones metabólicas.

La nutrición vegetal propone las cantidades, tipo, combinación y distribución de los nutrientes durante el ciclo vegetal para lograr el rendimiento propuesto, calidad y mantener la fertilidad del suelo. Se diferencia con fertilización, en que ésta propone las materias primas (fertilizantes) que contienen los nutrientes que las plantas requieren.

Es importante señalar que el agricultor o el técnico debe comprender debidamente la función y el comportamiento de los nutrientes en la planta y en el suelo; sólo así podrán tomar las medidas apropiadas que requiere la Nutrición Vegetal Integrada.

¿QUÉ ES LA NUTRICIÓN VEGETAL INTEGRADA?

Es hacer uso, tanto de los nutrientes provenientes de la Materia Orgánica, de la fijación biológica (por las bacterias de los



nódulos de las leguminosas) y de los fertilizantes minerales de forma que se puede conservar o mejorar la fertilidad del suelo.

Cuando se comprueba lo importante que es la Materia Orgánica para la estructura del suelo, la retención de humedad y la provisión de una reserva de nitrógeno mineralizable, se vuelve cada vez más claro que el uso de fertilizantes orgánicos y minerales producen los mejores resultados.

Entonces tenemos que pensar y cuidar del suelo, pues es la base de la producción agropecuaria nicaragüense. En él, las plantas se sostienen, extraen los nutrientes que se almacenan ahí, toman el agua, el aire y encuentran las condiciones físicas y químicas como textura, permeabilidad, temperatura, pH, CIC que necesitan para crecer y producir.

La importancia de mantener en el suelo un equilibrio químico (cantidad y proporción adecuada de nutrientes), físico (porosidad, capacidad de retención de agua, drenaje, temperatura, y respiración) y biológicos (todos los organismos visibles y no visibles del suelo), ha sido subestimada por la agricultura convencional y su efecto ha traído como resultado suelos que han perdido su fertilidad y no son capaces de sostener buenas cosechas.

La continua extracción de nutrientes por las cosechas, la quema de rastrojos, pastoreo y producción de pacas para forraje, la dependencia de los fertilizantes químicos y la erosión hídrica y eólica de los últimos años han reducido los niveles de materia orgánica del suelo y han conducido a un deterioro de la estructura del suelo.

¿CUÁLES SON LOS OBJETIVOS DE LA NUTRICIÓN VEGETAL INTEGRADA?

Realizar una mejor evaluación de los nutrientes vegetales disponibles en el suelo, los residuos de cultivo y los fertilizantes orgánicos.

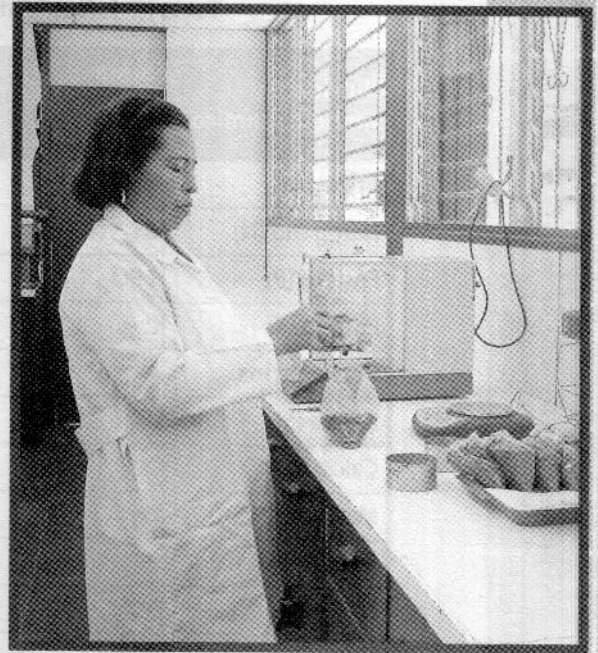
Para ello, tenemos a mano herramientas como el análisis químico de suelo, agua y el análisis foliar.

NUTRIENTES DE LAS PLANTAS

Las plantas utilizan seis de estos nutrientes en cantidades relativamente grandes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg). Estos se denominan "nutrientes primarios": Son elementos constituyentes de muchos componentes de plantas tales como las proteínas, ácidos nucleicos y clorofila y son imprescindibles para procesos tales como la transferencia de energía, el mantenimiento de la presión interna y la función de las enzimas.

Los otros nutrientes se requieren en cantidades muy pequeñas y se hace referencia a los mismos como "micronutrientes". Estos tienen una diversidad de funciones esenciales en el metabolismo de las plantas. Para los objetivos de este documento no es posible abordar este tema. El aporte de nutrientes a las plantas cultivadas debe ajustarse a sus requerimientos (curvas de absorción). Estos nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas en forma iónica, y es muy importante conocer las formas que los iones tienen para llegar a las raíces para luego ser absorbidos:

1. **Intercepción por las raíces**, se da por el crecimiento de raíces y por la presencia de micorizas. Las raíces ocupan 1% o menos del volumen de suelo, crecen a través de los poros que a veces tienen mas contenido de nutrimentos. Sin embargo, el máximo contacto de las raíces es de 3% de los nutrientes disponibles. La intercepción depende de la disponibilidad del nutriente, volumen de la raíz y del volumen del suelo ocupado por poros (promedio es 50%). El fósforo P, usa esta forma por su baja solubilidad en agua y de ahí que su colocación es muy importante. Este factor se incluye en la eficiencia de los nutrientes (%).



2. **Flujo de masa**, es el movimiento de iones y otros solutos con el agua cuando la planta transpira. El Flujo depende de concentración de nutrientes en la solución del suelo y la cantidad de agua transpirada por la planta. El flujo de masa supe de Ca Mg, y Mo, en muchos suelos y nutrientes móviles como el N y S, si las concentraciones y el pH son adecuados.

3. **Difusión**, es el movimiento de los iones en la vecindad de la superficie radical. Es más importante para P y K.

Estas tres formas dependen principalmente del volumen radicular, es decir, de todos los factores que influyen en el crecimiento de la raíz. Por lo tanto, la raíz es un órgano sumamente importante en mejorar la productividad agrícola.

La tabla N°1 muestra los nutrientes de las plantas, su forma química como la absorbe la raíz y la cantidad extraída del suelo, de una cosecha de grano de maíz de 80 qq/mz y las cantidades que quedan almacenadas en los residuos.



HABLEMOS DEL AGRICULTOR

Tabla N° 1: Nutrientes de las plantas

Nutriente y símbolo químico	Forma química absorbida	Extracción en lb/mz. (grano)	Cantidad en lb/mz (residuos)
Primarios			
Nitrógeno (N)	NH_4^+, NO_3^-	120 N	80 lb N
Fósforo (P)	$H_2PO_4^-$	55 lb P_2O_5	55 lb P_2O_5
Potasio (K)	K^+	38.4 lb K_2O	144 lb K_2O
Secundarios			
Azufre (S)	SO_4^{-2}	24.4 lb SO_4^{-2}	17.8 lb SO_4^{-2}
Calcio (Ca)	Ca^{+2}	1.6 lb CaO	43.5 lb CaO
Magnesio (Mg)	Mg^{+2}	14.7 lb MgO	14.7 lb MgO
Micronutrientes		gr/80 qq	gr en rastrojo
Hierro (Fe)	Fe^{+2}	81	687
Manganeso (Mn)	Mn^{+2}	36.3	275
Zinc (Zn)	Zn_{+2}	81	137
Boro (B)	H_2BO_3, H_3BO_3	16.1	48.5
Cobre (Cu)	Cu^{+2}	12.1	60.5
Molibdeno (Mo)	MoO_4^{-2}	2	1.2

Con la información presentada en la Tabla N° 1 podemos determinar que **las plantas absorben iones, no fertilizantes;** que son materias primas que contienen sales químicas (contienen iones) y otros materiales inertes. Por ejemplo, 100 lbs de sulfato de amonio $[(NH_4)_2SO_4]$ trae el Nitrógeno (N) en la forma iónica NH_4^+ y el azufre (S) la forma iónica SO_4^{-2} y contiene 21 libras de Nitrógeno y 24 libras de azufre por cada 100 lbs del fertilizante.

Por lo antes expuesto, se ve la importancia que tiene al comprar fertilizantes, exigir la fórmula química y la concentración que trae de los nutrientes que nos interesan. Se puede observar en la tabla N° 1, que las cosechas extraen nutrientes del suelo, pero también aportan nutrientes al suelo, si hacemos prácticas de conservación, como es incorporar los residuos después de la cosecha. Ya hay suficiente información

técnica acerca de la extracción de nutrientes por los diferentes cultivos, de ahí la necesidad de obtener asistencia técnica para lograr altos rendimientos.

LA IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS Y AGUA:

Esta es una práctica poco difundida entre nuestros agricultores debido al desconocimiento de su importancia como herramienta útil para identificar los parámetros físicos y químicos del suelo, para poder realizar una agricultura moderna de alto rendimiento. El suelo aporta todos los nutrientes que las plantas necesitan para producir, y el análisis de suelo es la única manera de saber en que cantidades se encuentran y los factores físicos y químicos del suelo que los vuelven disponibles para las plantas. En el país existen laboratorios tanto privados como estatales que prestan este tipo de servicios a los agricultores.

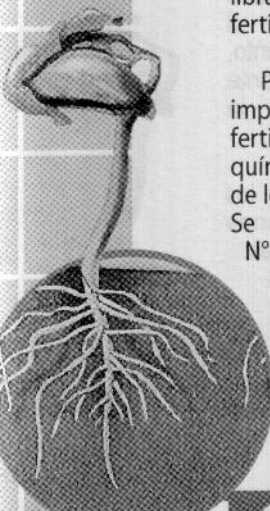


EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS

La fertilidad de suelos corresponde a un grupo de parámetros que se evalúa utilizando guías de interpretación con que definen la condición de fertilidad de los diferentes suelos, con base en los estudios de suelos, hechos previamente.

Estos parámetros se conocen cuando se realiza el análisis de suelo hecho en laboratorio. Este análisis mide cuantitativamente el contenido de cada uno de los nutrientes esenciales presentes en el suelo. La interpretación con base en las guías, indica la disponibilidad para la nutrición de las plantas y la capacidad que tiene el suelo de retener temporalmente y hacer disponibles a mediano y largo plazo los elementos que aportan los fertilizantes.

La interpretación se debe hacer por un agrónomo especialista en nutrición. No se debe considerar al análisis de suelo como un gasto, sino una inversión.



Existen muchas clases de interpretación de análisis de suelo, que se usan en Centroamérica por todas las instituciones que regulan la actividad agrícola de la región. La de la tabla N° 2 es el resultado de mucha investigación realizada por organismos como IICA, CATIE, CIAT, CIMMYT y Universidades de la región, durante varias décadas. Esta puede ser usada para las condiciones nuestras de suelo.

IMPORTANTE:

Para lograr toda la utilidad del análisis del suelo es muy importante medir la densidad aparente, que nos indica el peso de un volumen dado, incluyendo los poros del suelo por donde circula el agua y el aire. Por ejemplo en un suelo que tenga una densidad de 1.25 gr/cc, cada metro cúbico pesará 1,250 kg de suelo y si la profundidad radicular efectiva del cultivo es de 25 cm, el volumen total de una manzana será: 7,026 m² x 0.25 m = 1,756.5 m³ x 1,250 kg = 2,195 652 kg de suelo. Es de este volumen que se medirán todos los parámetros del análisis de suelo.

CÁLCULO DE FÓRMULAS FERTILIZANTES:

El procedimiento para el cálculo de fertilizantes toma en cuenta muchas variables relacionadas con: la profundidad efectiva del suelo - raíz, las cantidades de elementos extraídos por el cultivo, la estimación de pérdidas del fertilizante aplicado por lavado o lixiviación (% de eficiencia) y transformaciones entre elementos puros y sus formas como óxidos, que es la forma en que vienen en los fertilizantes.

Tabla N° 3: Factores de conversión entre la forma elemental y el óxido de un elemento. Los elementos quedan expresados en la forma que viene preparado en el fertilizante.

$P = P_2O_5 \times 0.44$	$P_2O_5 = P \times 2.29$
$K = K_2O \times 0.83$	$K_2O = K \times 1.2$
$Ca = CaO \times 0.71$	$CaO = Ca \times 1.4$
$Mg = MgO \times 0.60$	$MgO = Mg \times 1.66$

Tabla N° 2: Guía para la interpretación de análisis de suelos

Parámetro	Bajo	Medio	Alto
PH*	5	5.5 - 6.5	> 6.5
Aluminio (Al) meq/100gr.**	<0.3	0.3 - 1.5	> 1.5
Potasio (K) meq/100 gr ***	0.2	0.2 - 1.5	> 1.5
Calcio (Ca) meq/100 gr	4.0	4.0 - 20	> 20
Magnesio (Mg) meq/100 gr	1.0	1.0 - 10	> 10
M.O. %	<2.0	2 - 4.5	> 4.5
N %	<0.2	0.2 - 0.7	> 0.7
Densidad Aparente gr/cc	-----	-----	-----
Fósforo (P) ppm***	<20	21 - 40	> 40
Azufre (S) ppm	<20	21 - 36	> 36
Manganeso (Mn) ppm	5	5.1 - 50	> 50
Hierro (Fe) ppm	10	10 - 50	> 50
Zinc (Zn) ppm	3	3.1 - 15	> 15
Boro (B) ppm	0.6	0.6 - 1.0	> 1.0
Cobre (Cu) ppm	1	1- 20	> 20
Molibdeno (Mo) ppm	<0.1	0.11 - 0.5	> 0.5
Relaciones entre cationes	Desbalance	Balance	Desbalance
Ca/Mg	2	2.0 - 5.0	> 5.0
Mg/K	2.5	2.5 - 15	> 15
Ca/K	5	5 - 25	> 25
Ca + Mg/K	10	10 - 40	> 40

* PH determinado en agua, relación 1:25, suelo : agua
 ** Al, Ca, y Mg extraídos con KCl normal, relación 1:10
 *** K, P, Mn, Cu, Fe extraídos con Olsen modificado, relación 1:10

El nitrógeno no tiene factor de conversión, los fertilizantes lo contienen en la forma química elemental.

La cantidad de fertilizante que se debe aplicar a un cultivo por área cultivada, depende de cuatro factores:

1. Contenido del nutriente en el suelo.
2. Extracción del nutriente por el cultivo (curva de absorción)
3. Potencial de producción del cultivo (rendimiento esperado)
4. Eficiencia de los fertilizantes (nutrientes)

El cálculo de los fertilizantes está orientado para cubrir las necesidades nutricionales de los cultivos. Por sus condiciones genéticas las plantas difieren en sus requerimientos básicos de nutrición.

El potencial de producción está regulado por la fertilidad natural del suelo, por la fertilización y por la eficiencia fotosintética.

Las nuevas variedades e híbridos tienen mayor potencial de rendimiento, más calidad del producto final y a veces mayor crecimiento (biomasa total), lo cual requiere mayor demanda de nutrientes.

La eficiencia de la fertilización se ocupa de



las pérdidas de los fertilizantes aplicados al suelo, es decir, se refiere a que solo una parte del nutriente aplicado al suelo es aprovechado por la planta. Pueden perderse por volatilización, lixiviación (lavado) arrastrado por lluvia o riego, porque reacciona con otros materiales presentes en el suelo y precipitan (efecto PH), puede ser bloqueado por parte de otros elementos (antagonismos) como es el caso del ión Cl del fertilizante muriato de potasio (KCl) 0-0-60, que bloquea la absorción de otros iones como SO_4 , H_2PO_4 , etc. También pueden ser bloqueados parcialmente por los microorganismos del suelo que los necesita para su metabolismo.



LAS EFICIENCIAS MAS USADAS SON LAS SIGUIENTES:

Para nitrógeno	(N)	60 %
Para fósforo	(P)	30 %
Para potasio	(K)	60 %
Para calcio	(Ca)	60 %
Para magnesio	(Mg)	60 %

EJEMPLO:

Para un cultivo de maíz con un rendimiento esperado de 80 qq/mz, se tiene el siguiente análisis de suelo:

Materia Orgánica: 1.86 %

Carbono Orgánico (CO):

MO % = 1.08
1.7426

Relación C/N: 4 (< 10) factor de conversión 225

Nitrógeno(N): 0.28 % x 225 = 63 ppm N disponible

Fósforo: 16.5 ppm

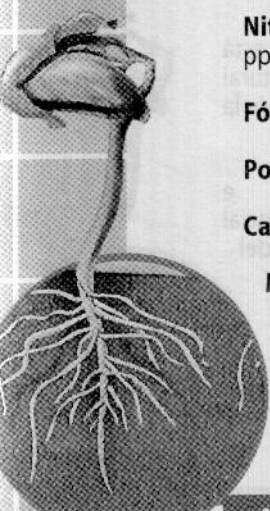
Potasio : 0.53 meq/100 gr

Calcio : 5.76 meq/100 gr

Magnesio :
2.50 meq/100 gr

PH: 5.90

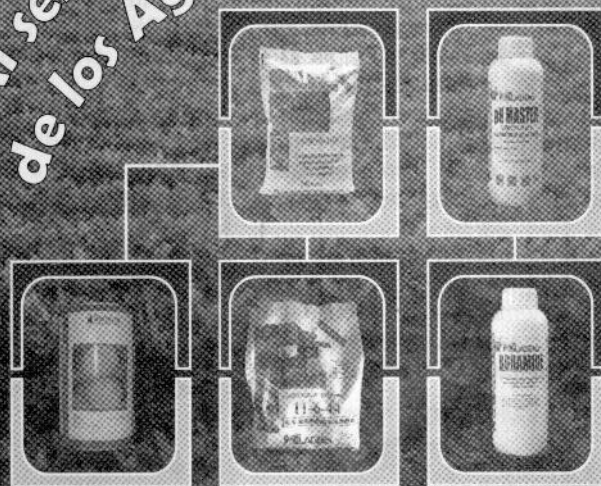
Densidad aparente: 1.15 gr/cc



Insumos

Agrícolas del Campo

Al servicio de los Agricultores



Del Palí 275 vrs. al norte, Chinandega
Teléfono: 341-0481
Sucursal: Salida a Carretera El Viejo - Chinandega
Parada El Picacho. El Viejo - Chinandega

Se calculan los elementos en ppm y en meq/100 gr de suelo a lb/mz, considerando la densidad aparente y profundidad de suelo efectiva (muestreo) 25 cm.

Volumen de suelo: $7,026 \times 0.25 = 1,756.5 \text{ m}^3 \times 1150 \text{ kg} = 2,019,975 \text{ kg/mz}$

$K = 0.53 \times 789.8 = 418.6 \text{ kg/mz} \times 1.2 = 502.3 \text{ kg K}_2\text{O/mz} \times 2.2 = 1105 \text{ lb K}_2\text{O/mz}$

$N = 63 \times 2.019 = 127.2 \text{ kg/mz} \times 1 = 127.2 \text{ kg N/Mz} \times 2.2 = 279.8 \text{ lb/mz}$

$Ca = 5.76 \times 404.8 = 2331.6 \text{ kg/mz} \times 1.4 = 3,264.2 \text{ kg CaO/mz} \times 2.2 = 7181.2 \text{ lb CaO/mz}$

$P = 16.5 \times 2.019 = 33.3 \text{ kg/mz} \times 2.29 = 76.2 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{mz} \times 2.2 = 167.6 \text{ lb de P}_2\text{O}_5/\text{mz}$

$Mg = 2.50 \times 242.4 = 606 \text{ kg/mz} \times 1.66 = 1006 \text{ kg MgO/mz} \times 2.2 = 2213.2 \text{ lb MgO/mz}$

Para el cálculo del fertilizante que se tiene que aplicar al suelo se debe restar lo que aporta el suelo de la cantidad que extrae el cultivo, se repone una parte de lo que extrae el rastrojo y se divide entre la eficiencia del nutrientes.

Libras / Manzana

Extracción	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
1- Total (grano + residuo)	200	91.3	182.4	45.1	57.4
2- Grano	120	55	38.4	1.6	14.7
3- Residuo	80	36.3	144	43.5	42.7
4- 30 % reposición residuo	24	10.9	43.2	13.05	12.8
5- 2 + 4	144	66	81.6	14.6	27.5
6- %eficiencia nutriente	60	40	60	60	60
7- Cant. nutr (5+6)	240	165	136	24.3	45.8
8- Cantidad nutr. Grano (2+6)	200	137.50	64	2.7	24.5
9- Extracción total (1+6)	333	228	304	75	95.6

Si analizamos los cálculos, podemos observar 3 situaciones diferentes:

La fila 7: calcula las cantidades de nutrientes para un manejo de suelo que busca mantener la fertilidad, porque incorpora los residuos y repone un 30 % de lo que extraen en nutrientes, es decir, realiza prácticas de conservación de suelos.

La fila 8: si no incorpora residuos por el pastoreo y quema, el suelo va perdiendo su fertilidad.

La fila 9: si no incorpora por que pastorea y quema mantiene la reserva de nutrientes del suelo, pero su contenido de materia

orgánica va disminuyendo y al final la fertilidad del suelo también se ve afectada por los beneficios que aporta esta. Si incorpora los rastrojos, aumenta la fertilidad del suelo, aunque aumenten los costos innecesariamente.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que la nutrición vegetal integrada es una herramienta para mejorar el estado general de la fertilidad del suelo. Se debe hacer énfasis en que el análisis de suelo se utiliza no solamente para hacer recomendaciones de fertilización para un cultivo en particular, en un año particular, sino también para monitorear la fertilidad del suelo.

Al utilizar niveles superiores de manejo de los cultivos (tecnología), los rendimientos se incrementan y de igual forma se incrementa la posibilidad de una

respuesta a la aplicación de fertilizantes a cualquier nivel de fertilidad del suelo.

Este es el caso de la técnica de producción conocida como fertirrigación, que se logra incrementos en rendimientos de hasta cuatro veces, tanto con el suelo como en sustratos inertes, confirmando que la nutrición vegetal es el eje central de la productividad agrícola.

