

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÓNOMA



Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el Valle
Santa Catalina

TESIS:
Para optar el título de:
INGENIERO AGRONOMO

WILSON DAVID LEÓN ALCÁNTARA

TRUJILLO, PERU
2016

El presente trabajo de investigación ha sido aprobado por el siguiente jurado:

Ing. PhD. MILTON HUANES MARIÑOS
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. ALICIA ROCHA VALENCIA
SECRETARIA

Ing. GUILLERMO MORALES SKRABONJA
VOCAL

Dr. ÁLVARO PEREDA PAREDES
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, porque sin él nada soy.
Gracias por estar conmigo en los
momentos más difíciles y
mantenerme en mi lugar con
disciplina y amor.

A mis queridos padres Wilson y Amparo
por su cariño, dedicación y esfuerzo que
me condujeron por los caminos rectos y
que contribuyen a mi formación
profesional.

A mis hermanos: Karla,
Ana, Fernando y Claudia
por su gran apoyo y
confianza.

Wilson David

AGRADECIMIENTO

En forma muy especial al Dr. Álvaro Pereda Paredes, mi asesor, por apoyarme a la realización del presente trabajo.

Al Jurado, por su desinteresada colaboración en las correcciones y sugerencias del presente.

A la Universidad Privada Antenor Orrego, mi alma mater.

Wilson David

INDICE GENERAL

	PAG.
CARATULA	i
APROBACION POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE CUADRO	vi
INDICE ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	6
2.1 CENTRO DE ORIGEN	6
2.2 CLASIFICACIÓN TAXONOMICA DEL MAÍZ	6
2.3 RELACIONES BOTANICAS	6
2.4 FACTORES ECOLOGICOS REQUERIDOS POR EL MAÍZ	7
2.5 CARACTERISTICAS EDÁFICAS PARA EL CULTIVO DE MAÍZ.....	9
2.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EL CULTIVO DE MAIZ.....	10
2.6.1 MACRONUTRIENTES O ELEMENTOS MAYORES	17
NITRÓGENO	17
FÓSFORO	21
POTASIO	24
MAGNESIO	26
CALCIO.....	26
AZUFRE.....	27

2.6.2 MICRONUTRIENTES O ELEMENTOS MENORES	28
ZINC.....	28
MOLIBDENO.....	29
BORO.....	29
COBRE	30
HIERRO	30
MANGANESO	31
FUENTES DE NUTRIENTES MÁS USADOS.....	31
FORMAS DE APLICACIÓN	33
CANTIDAD DE FERTILIZANTES.....	33
2.7 EXPERIENCIAS DE PRÁCTICAS DE MANEJO DE LA NUTRICION	
DE MAIZ EN LA COSTA (VALLE SANTA CATALINA)	34
2.7.1 ANTIGUAS PRÁCTICAS DE MANEJO DE LA NUTRICION	
DE MAIZ EN EL VALLE SANTA CATALINA.....	35
SIEMBRA	35
FERTILIZACIÓN.	35
OTRAS PRÁCTICAS CULTURALES.....	36
2.7.2 ACTUALES PRÁCTICAS DE MANEJO DE LA NUTRICION	
DE MAIZ EN EL VALLE SANTA CATALINA.....	36
DESINFECCION DE SEMILLA	36
SIEMBRA	37
CONTROL DE MALEZAS	37
MANEJO DE LA NUTRICION	37
OTRAS PRÁCTICAS CULTURALES.....	39
2.7.3 COMPARATIVO DE MANEJO DE FACTORES	
QUE INTERVIENEN EN ALCANZAR UN BUEN RENDIMIENTO	
EN MAIZ AMARILLO DURO	39

III. CONCLUSIONES	41
IV. RECOMENDACIONES	42
V. BIBLIOGRAFIA	43
VI. ANEXOS	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fertilizantes simples	32
---------------------------------------	----

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. DEFICIENCIA DE NITROGENO	49
ANEXO 2. DEFICIENCIA DE FOSFORO	50
ANEXO 3. DEFICIENCIA DE POTASIO.....	51
ANEXO 4. DEFICIENCIA DE MANGANESO	52
ANEXO 5. DEFICIENCIA DE COBRE	53
ANEXO 6. DEFICIENCIA DE HIERRO.....	54
ANEXO 7. DEFICIENCIA DE ZINC	55

RESUMEN

Esta investigación bibliográfica se realizó en la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, con el objetivo de determinar los factores que intervienen en el manejo de la fertilidad del maíz, para recomendar mejoras y prácticas adecuadas y eficientes. El agricultor de maíz en la costa peruana se enfrenta, generalmente, a dos problemas: bajos rendimientos en sus cosechas y precios bajos en el mercado. Las condiciones preponderantes en el manejo del cultivo del maíz implica el uso de semillas mejoradas, manejo agua, densidad, sanidad y, sobre todo, el manejo de los fertilizantes, por cuanto, es una planta exigente en nutrientes, que requiere altas dosis de nitrógeno, fósforo y potasio para obtener buenos resultados.

En la fertilización del maíz se debe considerar, como punto de partida: el análisis del suelo, los precios de los fertilizantes, el mercado y la cantidad de cosecha que se espera tener. Estos factores son muy importantes, porque inciden significativamente en la dosis de fertilizantes.

Ante la falta de información sobre la producción de maíz, se afirma que la producción nacional no abastece el consumo interno y, por esto, se recurre a la importación, en parte; y también a la escases de recursos hídricos, falta de créditos, asistencia técnica casi inexistente y falta de tecnología adecuada. Además, el sistema de fertilización para este cultivo siempre ha sido objeto de estudio de acuerdo con las condiciones en las que se desarrolla; de ahí que es imperativo impulsar y mejorar su tecnología, para conseguir niveles óptimos de producción y calidad, mediante el uso racional de

recomendables recursos agrícolas y adecuados a la realidad socioeconómica de los agricultores.

ABSTRACT

This bibliographical study was carried out in the province of Trujillo, department La Libertad, with the aim of determining involving factors in maize (*Zea mays*) fertility of the maize, to recommend improvements and efficient practices. Maize farmer of Peruvian coast faces often two problems: low yields in his crops and low prices in the market. The main conditions about the management of the maize cultivation are related to: use of improved seeds, water management, density, sanity, and, above all, fertilization management, due to maize is a nutrient demanding plant, that requires high doses of nitrogen, phosphorus, and potassium, to give good results.

For maize fertilization, it must consider, as starting point: soil analysis, fertilizer prices, market, and amount of expected crop. These factors are very important, because they affect significantly on fertilizer doses. Due to the lack of information about maize production, it is said that the national production does not satisfy the internal demanding, and, therefore, it is resorted the importation, in part; and also due to shortage of water resources, lack of credits, almost inexistent technical help, and lack of adequate technology. In addition, fertilization system of maize has always been a topic of study, according to the ecological conditions, in which, it is developed. Hence, it is imperative to promote and improve its technology to achieve the highest levels of production and quality, by the rational use of recommended agriculture resources, and suitable for socioeconomic reality of farmers.

I. INTRODUCCION

El maíz junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, por la gran amplitud de su cultivo.

En el Perú su importancia agrícola e industrial es grande, se siembra en las tres regiones naturales, en un área de 551,329 ha (2001). Dos tipos de maíz predominan en el país: el maíz amarillo duro en la costa y selva, y el maíz amiláceo en la sierra. El rendimiento promedio de maíz amarillo duro en la costa y selva es de 6 t/ha, y 2.0 t/ha, respectivamente. El rendimiento promedio de los departamentos de la costa central (Lima e Ica), es de 6.4 t/ha, debido a que se aplica una mayor tecnología. De otro lado, el rendimiento promedio de maíz amiláceo en la sierra es de 1.0 t/ha.

Es una de las bases sobre la cual descansa la alimentación de gran parte del pueblo; así como también la alimentación animal, específicamente la avicultura. El maíz amarillo duro constituye así el principal enlace de la cadena agroalimentaria de nuestro país, lo que se inicia con el cultivo del maíz y culmina con el consumidor de carnes de aves. Dentro de su problemática la comercialización nacional es el principal problema, donde se muestra un sistema tradicional y una inadecuada interrelación entre productores y empresas demandantes, en las que el agricultor, termina siendo el más perjudicado de toda la cadena, recibiendo la tercera parte del precio pagado en granja a los comercializadores, limitando así la incursión de otros productores en este déficit, las empresas avícolas nacionales tienen que importar este insumo desde 1994 destinando más de cien millones de dólares anuales en este rubro, lo cual genera un gasto importante de divisas en su adquisición. (Ministerio de Agricultura, 2006)

En nuestro país, es uno de los cereales más antiguos y día a día abarca mayores extensiones en su cultivo. A pesar de ello en estos últimos años el incremento del área de su cultivo ha originado una baja del precio de este producto hasta el punto de que en muchos casos las utilidades

obtenidas son muy bajas. Por lo cual una de las maneras para obtener utilidades mayores es aumentar los rendimientos unitarios de este grano, ya que uno de los problemas principales que afronta este cultivo es el bajo rendimiento. Los mismos se explican porqué en muchos de nuestros valles de la Costa y Sierra, se cultivan variedades de polinización abierta propias de cada lugar, las cuales son de poco valor comercial, siendo también otras causas las deficiencias prácticas agronómicas realizadas durante el cultivo, así como también a una degeneración de las variedades ocasionadas por los múltiples e indeseables cruzamientos que producen principalmente por acción del viento, razón por la cual ha surgido la necesidad de sustituirlas con unas nuevas variedades de híbridos que reúnan mas y mejores condiciones tanto alimenticias como industriales.(Arbaiza, 2002)

Desde el punto de vista industrial presenta gran importancia por los derivados que se obtienen, como aceite, alcohol, almidón, etc.; y desde el punto de vista científico ha servido de base para numerosos estudios genéticos, siguiéndole en importancia a la misma *Drosophila melanogaster*. Es, en este punto donde cabe resaltar el desarrollo de los agros combustibles que son obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola, como el caso del etanol; también conocido como alcohol etílico que posee un alto octanaje y una mayor solubilidad que el metanol y la gasolina.(Bravo, 2007)

El etanol, también conocido como alcohol etílico es obtenido a partir de tres tipos de materias primas: los productos ricos en sacarosa como la caña de azúcar; las fuentes ricas en almidón como los cereales (maíz, soya, etc.) y los tubérculos. Se estima que en los Estados unidos son producidos y consumidos anualmente 2,052000 galones de etanol destilado a partir de granos de maíz, cuya cantidad utilizada en las destilerías de etanol se triplico en los últimos cinco años aumentando el consumo de este grano de 18 millones de toneladas en el 2001 a 55 millones de toneladas en el año 2006. Es así que el maíz ha cobrado

últimamente gran importancia en la obtención de los biocombustibles y a la vez ha puesto en riesgo la disponibilidad de este grano como parte de la cadena alimenticia en muchos países. (Orr, 2006)

Con respecto a las exportaciones e importaciones de maíz amarillo duro tenemos; que en el 2006 importamos 1,479 t por un valor de US\$ 212 millones a un precio promedio de US\$ 0,144 dólares kilo. En el 2007 importamos 1,510 t por un valor de US\$ 317 millones, con un precio promedio de US\$ 0,210 dólares Kilo con un incremento de precios de 46 % respecto al año anterior. En el 2008 se importó maíz amarilló por US\$ 394,6 millones, a un precio promedio de US\$ 0,265 kilo. El precio internacional del maíz amarillo evoluciona al alza mes a mes. El precio promedio del 2007 llego a los US\$ 0,21 por kilo con un incremento de 49 %. En el 2008 el incremento de precios promedio llego a los US\$ 0,28 kilo con un alza de 25 %. En el 2008 se importa de Argentina US\$ 307 millones (78% del total), de USA se ha importado US\$ 57 millones (15%), de Brasil US\$ 18 millones (5 %) y de Paraguay se importó (3%. En el 2008 la empresa San Fernando importa US\$ 98 millones (25% del total), Contilatin importa US\$ 52,8 millones (13%), Cargill Américas US\$ 51 millones (13%) y ADM-SAO) con US\$ 33,7 millones (9%) e ingresa Gráneles del Perú con 31 millones (8%). (Agrodata, 2009)

Durante el año 2007 el Perú produjo 1,116 millones de toneladas de maíz amarillo duro cosechado en 281,773 hectáreas. El 84,7% de la producción nacional de maíz amarillo se concentró en los departamentos de: Piura (5,7%), Lambayeque (8,3%), La Libertad (21%), Cajamarca (6,6%), Ancash (7,4%, Lima (18,6%), Ica (5,7%) y San Martin (11,4%). El rendimiento promedio nacional llegó a 3,9 t.ha⁻¹, aunque en algunas regiones se registraron niveles significativamente mas altos que demuestran su alta competitividad en términos agronómicos: Lima (8,6 t.ha⁻¹), Ica (8,0 t.ha⁻¹), La Libertad (7,9 t.ha⁻¹). A pesar de estas cifras, el estancamiento de la producción nacional en los últimos seis años ha sido acompañado de un incremento sostenido de las importaciones de maíz

amarillo, desde 1991 el volumen de producción no abastece la demanda interna, en el 2007 se han importado 1 560, 848,3 toneladas a un precio FOB de \$ 248, 868,4 (miles US\$) para cubrir la demanda, siendo la producción nacional el 71,5% de la demanda nacional. Esta baja producción puede ser atribuida al inadecuado manejo del sistema de producción y al desconocimiento de la influencia del clima en la producción y productividad del cultivo. (Ministerio de Agricultura, 2007)

La necesidad cada vez mayor de estudiar el medio ambiente y sus posibilidades de manejo a fin de perfeccionar e incrementar la producción agropecuaria, llevó al hombre a un desarrollo muy amplio de diversos campos de la ciencia, y entre ellos, el de la climatología, especialmente si influencia en la fenología de los cultivos. Todo ello hace necesario que obtengamos un conocimiento técnico de cada una de las ciencias ligadas a la agricultura que junto con la aplicación de las técnicas del mejoramiento de los cultivos permite lograr el máximo aprovechamiento de las condiciones que nos brinda la naturaleza y así conseguir tanto el aumento como el desarrollo de la producción agrícola en función a la tecnología que se emplee. (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología, 2006)

En la fenología del cultivo de maíz, la escala más utilizada para describir el desarrollo del cultivo de maíz es la de Ritchie y Hanway (1982), que utiliza caracteres morfológicos externos o macroscópicos. En ellos se pueden distinguir dos grandes periodos: el vegetativo y el reproductivo, el número total de fases en el periodo vegetativo varía con el genotipo y el ambiente el cual está en función al número final de hojas. Conjuntamente con los cambios externos se producen modificaciones no visibles en el meristema apical, futura panoja y en las yemas axilares, futuros elotes. (Soplin, 2007)

El aumento de la productividad es fundamental para lograr la rentabilidad de este cultivo, pero este incremento de los rendimientos unitarios no se logra solamente con las buenas prácticas agronómicas sino también

empleando semilla seleccionada tanto por su alto potencial de rendimiento como por su pureza varietal, labor que vienen realizando entidades oficiales y particulares dedicadas al mejoramiento de dicho cereal. En vista de esto el Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz de la universidad Nacional Agraria La Molina en coordinación con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología se encarga de conducir una red nacional de experimentos comparativos de híbridos y variedades comerciales de maíz en diferentes valles a lo largo y ancho de nuestro territorio. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología 2006)

En el Valle Santa Catalina, las condiciones preponderantes en el manejo del cultivo del maíz, implican el uso de semillas mejoradas, manejo de agua, la densidad y población, la sanidad, la cosecha y sobre todo los nutrientes. Tomando en cuenta las condiciones de los precios para el cálculo de la rentabilidad, estos criterios varían según, se siembra para grano, choclo, forraje o maíz morado. Como la mayor área sembrada es de maíz grano, el manejo básico considera la selección del cultivar o híbrido a sembrar, según la época de siembra, la zona, la densidad y el manejo fitosanitario, dando mayor atención a las malezas, insectos y principalmente a las necesidades mínimas de fertilizantes, fuentes, dosis, forma y momento de aplicación. Todos estos factores conducidos adecuadamente con una tecnología media deben producir un promedio de 7.0 t/ha de maíz grano. En el valle Santa Catalina los factores más críticos son la siembra, el manejo del agua y el manejo de la nutrición lo cual trataremos con más amplitud en el presente trabajo.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1 CENTRO DE ORIGEN

El maíz es una de las de mayor importancia económica originaria de América. La historia documentada del maíz se limita a los años que siguieron al descubrimiento de América. Evidentemente la primera referencia documentada de la planta, data del 6 de noviembre de 1492, día en que los españoles enviados por Colón a explorar el interior de la Isla de Cuba regresaron hablando de una clase de grano que llamaban maíz, de buen sabor tanto cocido como crudo o molido. Cuando Colón descubrió América ya se cultivaban en el continente el maíz ordinario o dentado, el amiláceo, el dulce, el cristalino y el reventón. (Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, 1974)

2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MAÍZ (Strasburger, 1986)

Reino	: Plantae
División	: Angiospermas
Clase	: Monocotiledoneas
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Género	: <i>Zea</i>
Especie	: <i>Zea mays</i> L.

2.3 RELACIONES BOTÁNICAS

Según el Congreso Nacional de Biología del Gobierno de México (2008), en base a Jenkins (1837), Mangelsdorf (1947) y Weatherwax (1944), quienes se ocuparon de las selecciones botánicas del maíz se determinó que éste cereal es una graminácea y pertenece a la

grande e importante familia de las Gramineae y dentro de ella a la tribu Maydeae, formada por ocho géneros, cinco de los cuales son orientales y tienen relativamente poca importancia.

Estos últimos son: Coix, Sclerachne, Polytoca, Chionachne y Trilobachne. Todos estos maíces crecen en una región que se extiende desde la India hasta Birmania, atravesando las Indias Orientales y llegando a Australia. El Coix es un género más conocido del grupo. Los tres géneros americanos son: Zea, ($n=10, 2n=20$) que es el más importante, Tripsacum ($n=18, 2n=36$; $n=36, 2n=20$) con cierto valor forrajero pero ninguno como grano y Euchlaena ($n=10, 2n=20$) que parece ser el pariente silvestre más cercano del maíz. El género Zea está representado por la única especie *Zea mays* que es el grano indio o maíz. Los grupos agrícolas son el dentado, el reventón, el cristalino, el dulce y el céreo. El Tripsacum o maicillo, se encuentra en todas las Indias Occidentales desde México al Brasil y desde el Este al Oeste de los Estados Unidos. Probablemente los indios no utilizaron nunca la planta como alimento, pero tiene cierto valor como cultivo forrajero.

El Euchlaena o Teosinte se da al Sur de México y en Guatemala. La forma anual tiene 10 pares de cromosomas como el maíz, es el tipo más común y es utilizada como planta forrajera. El teosinte perenne tiene 20 pares de cromosomas y solo se da en una zona limitada de México. (Congreso Nacional de Biología del Gobierno de México, 2008).

2.4 FACTORES ECOLOGICOS REQUERIDOS POR EL MAÍZ

Manrique (1988) menciona que los principales factores en la productividad del cultivo de maíz son el manejo del cultivo, el clima (temperatura, radiación y precipitación) la planta (variedad, densidad, periodo vegetativo, enfermedades, insectos, malezas) y el suelo

(propiedades físicas, textura, estructura, densidad, propiedades químicas, materia orgánica, actividad microbiana, erosión).

Morales (1970) menciona que el maíz es el cereal que se encuentra más ampliamente distribuido en nuestro país debido a que tiene una extraordinaria adaptabilidad a todas las condiciones climáticas, cultivándose en las tres regiones naturales del país desde el nivel del mar hasta los 4,000 m.s.n.m. Además señala que la temperatura mínima de germinación del maíz está entre los 9 y 32 °C, y que temperaturas mayores de 42 °C ocasionan trastornos que afectan este proceso.

Chapman y Carter (1976) indican que el maíz, es una planta adaptada a una amplia diversidad de suelos, donde puede producir buenas cosechas empleando variedades mejoradas y utilizando técnicas de cultivo apropiadas; sin embargo los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media o francos, fértiles, profundos, bien aireados.

El Programa Cooperativo de Investigación en Maíz (1972) indica que los cultivares e híbrido más importantes se adaptan mejor a climas templados o cálidos con suficiente humedad desde la misma siembra hasta el final de la floración. La temperatura para el desarrollo del cultivo está entre 13 y 30 °C.

Jugenheimer (1981) informa que la fertilidad del suelo, temperatura y humedad es un factor importante en la producción de maíz sobre todo para los maíces híbridos en que solamente puede alcanzar su máxima expresión cuando la planta presenta condiciones favorables.

Aldrich (1974) nos indica que a una temperatura de 15.6 la germinación de maíz se muestra rápida, y que las temperaturas óptimas están comprendidas entre los 23.9 – 29.4 °C.

Así mismo el consumo de agua es lento en la primera fase del período vegetativo y va aumentando gradualmente hasta la floración, para luego disminuir a medida que se acerca a la maduración. También el mismo autor, reporta que durante la fase de crecimiento, el maíz aprovecha un 2-3 % de energía luminosa que incide sobre el cultivo; y que cuando las temperaturas y la radiación son altas y la humedad relativa baja produce una mayor evaporación de agua desde la superficie del suelo y desde las hojas.

2.5 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS PARA EL CULTIVO DE MAÍZ

El Programa Cooperativo de Investigación en Maíz (1974) informa que el maíz se adapta a una gama amplia de suelos, prefiriendo suelos de textura media, profundos, bien drenados y buena aireación.

Con relación al pH, el maíz prefiere los suelos ligeramente ácidos o neutros (pH 5.5 – 7.0).

El maíz es relativamente sensible a la salinidad (nivel crítico 8 dS/m) y en suelos alcalinos desarrolla bien con tal que no se observe deficiencia de microelementos.

Manrique (1987) señala que desde el período de germinación al aporque, el ritmo de acumulación de elementos minerales en los diferentes tejidos de la planta no es muy alto, correspondiendo a las hojas la mayor proporción de biomasa formada, con un 85 % de materia seca y solamente un 15 % al tallo. En el período comprendido entre el aporque y la floración se presenta el ritmo más

acelerado de absorción y acumulación de elementos minerales N, P, K, Ca, Mg y los demás elementos que intervienen en la formación y acumulación de fotosintatos, llegándose a formar la mayor cantidad de biomasa en las hojas, correspondiendo el 50 % de materia seca, el 44 % al tallo y el 6 % a la panoja. En este periodo el ritmo de absorción de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio del suelo es muy rápido y sus deficiencias van a incidir directamente en el rendimiento. El período comprendido entre la floración y madurez, corresponde a la época en la cual la absorción de los elementos minerales del suelo ha bajado sustancialmente y más bien se inicia la translocación de los fotosintatos acumulados en las hojas hacia los granos de la mazorca donde son acumulados en forma de compuestos más complejos como almidones, aceites, proteínas, vitaminas.

Zubillaga (1999) mencionan que la eficiencia de la fertilización varía según el tipo de suelos, la solubilidad del fertilizante, dosis y tecnología de aplicación.

2.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EL CULTIVO DEL CULTIVO DEL MAÍZ

García (2003) menciona que el rendimiento de maíz ésta determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual está en función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el maíz debe lograr un óptimo estado fenológico en floración: cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. La adecuada disponibilidad de nutrientes, son requeridos en (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), aseguran un buen

crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de radiación interceptada.

Fertilizar (2003) indica que los elevados requerimientos de N que tiene el cultivo del maíz y el impacto que dicho nutriente tiene sobre el rendimiento, hacen necesarios un adecuado diagnóstico de su disponibilidad en el suelo. La decisión de la cantidad y momento de aplicación del fertilizante, debe apuntar a la mayor eficiencia (kg de grano producido por unidad de nutriente aplicado) y mayor beneficio económico, principalmente en momentos como los actuales que exigen la mayor inversión intelectual, en especial en tecnologías de bajo costo como un simple análisis de suelos.

Andrade (2003) refiere que la acumulación de nitrógeno por la planta de maíz, alcanza tasas elevadas sostenidas de alrededor de 3,7 Kg/ha/día a partir de los 25 días desde la emergencia. Por lo tanto, debe garantizarse la provisión de este nutriente desde estos momentos. Una buena disponibilidad nutricional, especialmente desde momentos en que los nutrientes son requeridos en elevadas cantidades, asegura alcanzar rápidamente y mantener la cobertura total del suelo y una alta tasa de fotosíntesis. Esto garantiza un óptimo estado fisiológico del cultivo en la floración, momento decisivo para la determinación del rendimiento.

Bartoni (1990) menciona que como en otras plantas cultivadas, es posible detectar mediante los modernos métodos analíticos una gran cantidad de elementos químicos. Sin embargo, la presencia de unos elementos en la planta no significa que sea necesario para el cultivo. Solamente alguno de esos elementos químicos resultan indispensables para obtener una cosecha rentable.

Entre los elementos que componen las moléculas de la materia viva vegetal, unos como Hidrógeno y el Oxígeno, los toma la planta del agua existente en el suelo y de la atmósfera (esta última en vapor de agua). El Carbono es asimilado a partir del anhídrido carbónico (CO_2) del aire por las células dotadas de clorofila con la ayuda de la energía solar.

La fuente de estos tres elementos básicos (C, H, O) y necesarios para la construcción de las moléculas orgánicas vegetativas son, por lo tanto el agua y el aire, que constituyen una reserva prácticamente inagotables al alcance de las plantas, contando con el riego en los climas secos.

El resto de los elementos que la célula vegetal emplea para fabricar su molécula están en el suelo en cantidades y formas variables. Estos elementos deben encontrarse disueltos en el agua contenida en la capa de tierra explorada por las raíces para que puedan ser absorbidos y aprovechados por las plantas.

En general, para todos los vegetales cultivados pueden considerarse como elementos mayores: el nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y azufre.

Como elementos menores se cuentan, entre otros, el zinc, boro, hierro, cobre, manganeso y molibdeno. Estos micronutrientes pueden desempeñar papeles en la vida vegetal muy importantes aun en dosis pequeñas.

Díaz (1978) considera que los híbridos de maíz requieren un manejo adecuado en cuanto a la fertilidad del suelo, pues necesitan de una buena cantidad de nitrógeno para alcanzar su máximo rendimiento.

Chávez (1984) recomienda que la densidad de semillas está relacionada con la fertilidad natural del suelo, recomendado para suelos de alta fertilidad un densidad de 74 mil plantas por hectárea (0.45 x 0.90 x 3); para suelos de mediana fertilidad 55 mil plantas por hectárea (0.60 x 0.90 x 3); para suelos de baja fertilidad 44 mil plantas por hectárea (0.75 x 0.90 x 3). Señala además que la época de siembra grande en la costa es de otoño – invierno (abril – agosto) cuyo desarrollo vegetativo se realiza en un periodo de clima frío y húmedo, caracterizándose por presentar plantas tardías, vigorosas, bajas y prolíficas, obteniéndose los mas lato rendimientos. La otra época corresponde a la primavera – verano, realizada en los valles cuyo riego se efectúa con el agua de los ríos de temporada (setiembre- marzo); los cultivos son mas precoces, con plantas altas, delgadas y menos prolíficas.

Sánchez (1976) asegura que la fertilización es importante especialmente cuando se emplea híbrido o cultivares mejorados para aprovechar al máximo su alta capacidad de rendimiento.

Sinfuente (1976) dice que aplicando una dosis de abonamiento de 300kg de N/ha. y 180 de P₂O₅/ha. a los maíces híbrido PM-203, PM-204, PM-205 y PM-210 en la localidad de supe, se obtuvo el mayor rendimiento de 8, 551 kg/ha con el híbrido PM-204.

Zirena y de la Peña (1977) demuestran que la deficiencia de Nitrógeno ejerce un marcado de crecimiento en el rendimiento del maíz, permaneciendo péquelas y cloróticas, por la disminución de la clorofila. La planta sufre la inhibición de su capacidad de asimilación y formación de carbohidratos y proteínas, lo cual conduce a una deficiencia y prematura formación floral y fructificación.

Bear (1969) indica que el maíz requiere de un elevado consumo de Nitrógeno y Fósforo en especial, pues de una apropiada cantidad de ellos depende la formación y llenado de los granos y la pronta maduración de la mazorca.

Oblitas (1967) en un estudio de abonamiento del maíz blando Urubamba, empleando 4 fuentes nitrogenadas (Nitrato de Amonio, Sulfato de Amonio, Urea y Guano de la isla), no encontró ninguna diferencia significativa entre los cuatro tratamientos; sin embargo, aún sin haber conseguido significación estadística, pudo apreciar un efecto favorable para la aplicación de 160Kg de N/ha en forma de Sulfato de Amonio.

El Programa Cooperativo de Investigación del Maíz (1972) recomienda que el abonamiento en maíz debe realizarse en forma fraccionada, es decir aplicando la dosis total en dos o más partes.

El primer abonamiento se debe hacer, bien sea a la preparación del terreno, a la siembra o a la emergencia y el segundo abonamiento antes del aporque. Fraccionar el abonamiento nitrogenado tiene la ventaja de evitar pérdidas, lográndose una mayor disponibilidad de este nutriente en los períodos críticos de utilización. EL nitrógeno es la base del abonamiento en maíz en especial para las condiciones de la costa.

Jacob y Von Uexkull (1973) reportan que el maíz agota en forma considerable. Su rápido desarrollo origina que esta planta presente ya en sus primeras fases de crecimiento una elevada demanda de nutrientes fácilmente aprovechables.

Ustimenko – Bakumovski (1982) indica que el sistema de fertilización del maíz en todas las regiones de cultivo incluye el abonamiento principal, la fertilización junto con la siembra y los suplementos en el período de vegetación. En las zonas de clima templado y en algunas regiones subtropicales como abono principal se emplea fertilizantes orgánicos y minerales, aplicados en la labranza antes de la siembra. Las dosis más recomendadas para los distintos tipo de suelo son: 10 – 40 t de estiércol, 30- 90 kg de P_2O_5 y 60 -120 kg de K_2O por hectárea. El efecto positivo del estiércol aumenta en suelos pobres.

Chávez (1984) comenta que los suelos tanto de la costa como de la sierra generalmente son deficientes en fertilizantes nitrogenados, los cuales son muy necesarios para el maíz. Recomienda además que en suelos de fertilidad baja se obtenga una mejor respuesta con la aplicación de la formula 160-180-0 con una densidad de 55 mil plantas por hectárea-

Bowen (1993) señala que los rendimientos máximos de los cultivos dependen en su mayor parte de mantener en el suelo, un nivel óptimo de fertilidad. Es decir, cada uno de los dieciséis elementos esenciales debe estar disponible para las plantas en cantidades suficientes durante el ciclo del cultivo. Señala también que los síntomas de deficiencia de Fósforo en el maíz son la presencia de bordes morados en las hojas, especialmente en las plantas jóvenes; perjudica la polinización y la formación de los granos de maíz. Las mazorcas a menudo se deforman y muestran granos mal desarrollados.

Gavidia (1963) menciona que el maíz es una planta que necesita abundante materia orgánica y a la cual lo excesos de Nitrógeno no le ocasionen el abundante desarrollo foliar que a otros cereales, es decir no se envicia y que para su perfecto desarrollo necesita de suelos ricos. Además considera que una cosecha de 3500kg de grano por ha extrae del suelo 95 kg de N, 44 kg de P y 112 kg de K.

Parsons (1981) indica que un cultivo de maíz que produzca cuatro toneladas de grano por ha, requiere de 110 kg de N, 40 kg de P, 80 kg de K, 7 kg de Ca, 6 kg de Mg y 6 kg de Azufre. Además el Fósforo que es necesario para el crecimiento de las plantas muestra su deficiencia desde la germinación hasta que la planta alcanza aproximadamente 75 cm de altura. También requiere de una cantidad de Potasio relativamente alta sobre todo tres semanas antes de la floración.

Jugenheimer (1981) informa que la fertilidad del suelo es un factor importante en la producción de maíz sobre todo para los maíces híbridos, y que solamente pueden alcanzar su máxima expresión cuando las plantas se siembran en suelos provistos con cantidades balanceadas de nutrientes.

Guerrero (1987) menciona que la extracción media que se calcula de elementos nutritivos de N, P, K en maíz por tonelada es de 25 kg de N, 11 kg de P_2O_5 y 23 kg de K_2O . Es decir por cada 1000 kg de cosecha de grano se puede dar un abonamiento de 30kg de N, 15 kg de P_2O_5 y 25 kg de K_2O .

Fertiberia (2003) menciona que el maíz es un cultivo muy exigente que extrae la mayoría de los nutrientes durante un periodo muy corto, de unas 5 semanas, empezando unos 10 días antes 30 días después.

La absorción del nitrógeno al principio del cultivo resulta lenta, pero se acelera con el 75 % de sus necesidades durante el mes siguiente, fase de formación de la espiga, que puede verse gravemente comprometida por una deficiencia de nitrógeno, ocasionando deformaciones y reducción de tamaño.

La planta de maíz, durante la misma época, asimila el 70 % de sus necesidades de fósforo. Este elemento tiene poca influencia antes de la floración masculina, pero después su papel es muy importante hasta la madurez.

2.6.1 Macronutrientes o elementos mayores

Nitrógeno

Viarural (2003) menciona que el nitrógeno es indispensable para el normal desarrollo del maíz pues interviene en la formación de la clorofila, en las proteínas, vitaminas y fuentes de energía. Se estima que por cada quintal de grano producido, el maíz requiere 2 a 2,5 kg de N por ha.

Biblioteca de Agricultura (1997) sostiene que el nitrógeno es absorbido por la planta de maíz justo antes de la floración hasta 25 o 30 días después de la misma. Es entonces cuando las necesidades de este macroelemento son máximas.

Además, cuando la planta sufre una carencia de nitrógeno, las puntas de las hojas se tornan amarillas, extendiéndose esta coloración a lo largo de la nervadura central y en forma de "V". Entonces el aspecto global de la planta mediocre, disminuye su vigor, las hojas son pequeñas y las mazorcas tienen las puntas vacías de grano. Una carencia de fósforo suele afectar a la fecundación de las mazorcas, las cuales sufren malformaciones y presentan granos rudimentarios.

Berger (2003) enfatiza que la deficiencia de nitrógeno no es fácil de detectar en las etapas tempranas de crecimiento y los síntomas severos rara vez aparecen antes que la planta haya llegado a la altura de la rodilla. Sin embargo, existe escasez de nitrógeno si las plantas jóvenes tienen una apariencia verde amarillenta, en contraste con el verde intenso de las plantas saludables. Esto generalmente se puede corregir por medio de la aplicación de fertilizantes en cobertura.

En el momento que el maíz llega a la altura de la rodilla necesita aproximadamente 3.4 kg de nitrógeno por hectárea por día. Es en esta etapa que muchos campos de maíz se quedan sin nitrógeno. El síntoma se inicia con un amarillamiento en las puntas de las hojas bajas que gradualmente se expande entre las nervaduras y que luego continúa en las hojas más altas en la planta. Cuando el maíz ha alcanzado este tamaño es ya muy tarde para la aplicación de fertilizante en cobertura, pero conociendo el problema, la fertilización del cultivo en el próximo ciclo puede planificarse adecuadamente.

Llanos (1984) indica que el maíz absorbe la mayor parte del Nitrógeno en forma nítrica (NO_3^-), si bien cuando la planta es joven las raíces pueden tomar del suelo más rápidamente las formas

amoniacales del Nitrógeno (NH_4^+) que las nítricas. Al final del ciclo la proporción de nitrógeno absorbido en forma nítrica llega a ser un 90 % del total extraído del suelo. La absorción se hace a distinta velocidad según el estado vegetativo de la planta. Durante el estado juvenil la absorción crece rápidamente y al llegar a formar los “pelos” o estilos de las flores femeninas la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo.

Se distinguen tres fases de absorción de nitrógeno:

Primera fase:

- Germinación hasta un mes antes de la aparición de las barbas o estilos de las flores femeninas.
- La absorción es muy lenta. La planta extrae solo el 8 % de sus necesidades totales.

Segunda Fase:

- Se desarrolla durante el mes anterior a la aparición de la barbas.
- Llega a un valor de 3.5 kg N/día con un máximo durante el periodo de floración.
- El nitrógeno se halla fundamentalmente en las hojas, cuyo contenido alcanza el valor máximo al aparecer la inflorescencia masculina.
- Se llega al final de esta fase habiéndose extraído casi el 60 % de las necesidades totales del Nitrógeno.

Tercera Fase:

- Corresponde hasta el momento de la madurez fisiológica.
- Existe un descenso de la velocidad de extracción a menor de la mitad del valor señalado para la segunda fase.

- Esto es debido a la emigración del Nitrógeno de los órganos vegetativos hacia el grano.

Noriega (1996) menciona que los híbridos de alto rendimiento en grano necesitan unos 30 kg de nitrógeno por cada tonelada de grano producido.

Un exceso de nitrógeno en el suelo puede ser perjudicial trayendo como consecuencia tejidos blandos y delicados, escasos en fibra provocando el tumbado, por otro lado las plagas y enfermedades abaten con más facilidad el cultivo. Otro sistema frecuente del exceso de nitrógeno es que en plena madurez las barbas permanecen verdes.

Los síntomas de deficiencia más comunes son amarillamiento de las hojas empezando por las puntas de las hojas bajas; después de la palidez se extiende el resto de las hojas medias y altas. Otro de los síntomas es que se producirán mazorcas pequeñas que las puntas no terminaran de llenar el grano completamente.

Sprague y Larson (1972) consideran que el nitrógeno es indispensable para estimular el crecimiento temprano y lo necesita la planta durante toda la época del crecimiento. La necesidad de este elemento es mayor desde dos semanas antes de la espigación, hasta unas tres semanas después de la misma.

FÓSFORO

Zubiliaga (2003) indica que el fósforo absorbido no necesita ser reducido para su asimilación, integrándose rápidamente a compuestos orgánicos. EL fósforo se acumula en partes vegetativas hasta la floración, para luego ser remobilizado hacia los granos en crecimiento.

En floración, el fósforo en biomasa aérea es aproximadamente el 50 % del acumulado hasta la cosecha. La eficiencia de remobilización varía entre 36 y 44 %, significando entre 18 a 36 kg/ha de P para rendimientos de 6000 a 12000 kg/ha. El índice de cosecha del P de aproximadamente 75 %.

En suelos de bajo contenido de fósforo disponible, lo más aconsejable es la fertilización localizada por debajo y al costado de la línea de siembra, especialmente en siembras tempranas. En condiciones de suelo bien provisto de fósforo o con aplicaciones de altas dosis de fertilización las diferencias entre aplicaciones o voleo o en línea se reduce. En cuanto a la fuente fosfatada utilizada, tanto en siembra directa como bajo labranza convencional, resultados de varios ensayos muestran similar nivel de respuesta según se utilice superfosfato o fosfato amónico siempre que las necesidades de nitrógeno del cultivo también sean cubiertas por la fertilización.

Bartoni (1990) reporta que la cantidad de fósforo presente en la planta es la décima parte de la del nitrógeno, las mayores concentraciones se presentan en los tejidos vegetales jóvenes; las necesidades de fósforo en estas partes de la planta en crecimiento se cubren por la movilización de fósforo inorgánico acumulado en los tejidos menos jóvenes.

En los primeros estados de crecimiento vegetativo es de gran importancia que las plantas encuentren en el suelo cantidades suficientes de fósforo en forma fácilmente asimilable para el potencial de rendimiento. Además, las pequeñas raíces todavía no pueden llegar a las reservas del fósforo del suelo, y compiten con desventajas con los microorganismos en su aprovechamiento.

La absorción es mucho más lenta que la del nitrógeno y sigue paralelo a la acumulación de la materia seca durante el periodo de desarrollo vegetativo.

Aldrich y Leng (1974) menciona que el fósforo es importante en la formación durante la primera fase de desarrollo vegetativo puede producir efectos irreversibles que se dejaron sentir después por una deficiencia formación de los órganos reproductores.

La cantidad de fósforo extraído por las plantas en condiciones normales de cultivo se acerca a los 10 kilos por tonelada de grano cosechado.

La velocidad de absorción de fósforo por la planta se mantiene bastante estable a lo largo de todo su ciclo.

Sprague y Larson (1972) consideran que el fósforo está presente en todas las células vivas y es indispensable para todas las transformaciones energéticas como la división celular, la fotosíntesis, el crecimiento y la reproducción. La concentración de fósforo es mayor en plantas jóvenes y en las plantas que crecen más activamente.

Manrique (1988) indica que la carencia de fósforo suele presentarse al comienzo del desarrollo vegetativo. Lo primero que se aprecia unas manchas de color purpureo- amoratado a lo largo de los bordes de las hojas. Después los tallos se vuelven delgados y ahilados y las hojas y tallos se vuelven de color purpura; la planta tiene crecimiento lento y queda de un porte achaparrado. La escasez de fósforo induce un desarrollo incompleto de las estigmas, lo que da a lugar a una mala polinización; las mazorcas granan mal y tardan, o incluso no se forman.

Montecinos (2003) menciona que el fósforo a menudo aparece como un nutriente limitante en los suelos agrícolas, cualquiera sea su forma de manejo. No es posible capturarlo biológicamente desde el aire, como ocurre con el nitrógeno, y su ciclo natural involucra larguísimos períodos, lo que en términos de manejo agrícola equivale a decir que no podemos defender del ciclo del Fósforo, sino de la posibilidad de generar determinados flujos y subciclos de el al interior de los sistemas suelo – agua – órganos vivos.

Viarural (2003) considera que el fósforo es indispensable para el buen crecimiento de la planta, desarrollo de raíces y rendimiento de granos. La planta lo requiere durante toda su vida, pero el período crítico, de máximo requerimiento, se extiende desde su germinación hasta 45 días después.

Los mayores consumos se producen a partir de los 35 a 40 días, hasta los 60 a 65 días. A los 75 días la planta de maíz absorbió el 80 % del N y el 75 % de K que requiere en todo su ciclo.

POTASIO

Fertiberia (2003) indica que la absorción del Potasio se efectúa principalmente durante el período de crecimiento vegetativo. El 70 % de las necesidades se extrae durante el mes precedente a la floración masculina. Los granos, en la madurez, solo contienen y exportan el 25 % del potasio absorbido. El enterrado de los tallos y hojas permite restituir el 75 % de la potasa asimilada. Los excesos de abonado potásico ocasionan deficiencias de magnesio. La carencia de potasio, se manifiesta con desecación de los bordes de las hojas.

Ferrarias (2003) indica que el potasio (K) forma parte principalmente de los tejidos vegetativos de la planta, y por eso acumula en etapas muy tempranas, siendo el nutriente cuya concentración aumenta más rápidamente durante el ciclo de los cultivos. Esto sucede especialmente en las gramíneas como el Trigo y el Maíz, las cuales a la floración ya han absorbido alrededor de un 90 % del total.

Si bien todas las especies necesitan absorber grandes cantidades de potasio, la mayor parte permanece en los rastrojos y es devuelta al suelo luego de cada cosecha.

El Instituto Fósforo Y Potasio (1998) indica que el potasio se intercambia con gran facilidad con otros metales, especialmente con los del grupo de los alcalinos y los alcalinotérreos (sodio, calcio y magnesio principalmente), tanto en los tejidos vegetales, como en la zona de absorción radicular.

Entre las reacciones y fenómenos vitales de la planta que el potasio interviene como regulados, podemos citar:

- Activación de los fenómenos respiratorios y de la fotosíntesis.
- Neutralización de sustancias ácidas producidas como consecuencia del metabolismo vegetal.
- Mantenimiento del estado de hidratación necesario para el funcionamiento más activo de las microestructuras de los coloides celulares.
- Economía en el gasto de agua por transpiración al activar el cierre de los estomas cuando falta la humedad.
- Activa las enzimas y el transporte de sustancias dentro de la planta.

Bartoni (1990) indica que la velocidad de absorción del potasio por la planta es algo superior a la del nitrógeno. Casi todo el potasio que necesita el maíz lo toma en los primeros 80 días.

La extracción de potasio es rápida a partir del momento de la germinación.

Alrededor de unos 20 días antes de la emergencia de los estilos femeninos la velocidad de absorción se eleva rápidamente, manteniéndose constante durante 20 – 25 días.

En este período la absorción diaria puede alcanzar hasta 7.5 kg / ha. El Potasio contribuye también (de forma parecida al fósforo) a la formación de los tejidos fibrosos o de sostén de la planta. Por ello un aporte suficiente de potasio puede ayudar a evitar el encamado de las plantas.

Manrique (1988) menciona que la falta de potasio puede producir los siguientes síntomas:

- Tallos cortos (enanismo), con nudos de color pardo- oscuro fácilmente observable prácticamente un corte longitudinal en el tallo.
- Alargamiento de las hojas, resecado y oscurecimiento de sus bordes seguidos de necrosis (especialmente en las hojas bajas).
- A veces las mazorcas no llenan bien y los granos en el extremo quedan poco, quedan poco apretados y se caen con facilidad.

MAGNESIO

Berger (1977) Dice que el magnesio forma parte de la molécula de clorofila, fundamentalmente para la asimilación del carbono atmosférico. Las necesidades de magnesio para el maíz son parecidas a la del calcio y fósforo. Sin embargo, el magnesio se acumula en las semillas en mayor cantidad que el calcio, las concentraciones del magnesio en las diversas partes de la planta son parecidas a las del fósforo.

Bartoni (1990) menciona que la carencia de magnesio se manifiesta en las hojas más viejas y los síntomas de aparición de manchas en forma de rayas blancuzcas a lo largo de la hoja, en el revés pueden tornarse en un color púrpura.

Los síntomas carenciales de magnesio son frecuentes en suelos de reacción ácida y de textura arenosa.

CALCIO

Bartoni (1990) dice que el calcio se acumula más en las hojas de maíz que en el grano. Es un constituyente esencial del tallo y de las hojas. El calcio tiene un papel importante en el suelo, permite tener y mantener una buena estructura y un pH correcto y actúa en la planta

como antitóxico. Su actividad consiste en contrarrestar por medio de diferentes mecanismos los efectos de otros elementos y compuestos que resultan perjudiciales a determinadas concentraciones, por ejemplo, la presencia del calcio disminuye la permeabilidad celular, lo que sirve para equilibrar la acción de un exceso de potasio que hace muy permeables las membranas celulares, con peligro de intoxicación de la planta por la absorción y difusión en sus tejidos de algunos compuestos.

AZUFRE

Inía (2003) menciona que debido a la estrecha asociación del metabolismo de proteínas, el N Y S tienen normalmente una significativa interacción, aun cuando las necesidades absolutas de S son mucho menores.

Pero la regla general es que cuando mayor sea la cantidad implicada de producción de biomasa, mayor será el requerimiento de S y mayor será las respuestas a la aplicación de este en caso de deficiencia, por eso, situaciones de bajos rendimientos potenciales no representan ni una gran demanda de azufre del suelo, ni garantizan una alta respuesta al agregado de fertilizantes.

Berger (1977) indica que las necesidades del azufre del maíz son pequeñas comparadas con las de otros elementos principales. Se calcula que una cosecha de maíz son pequeñas comparadas con la de otros elementos principales. Se calcula que una cosecha de maíz grano 6500 Kg ha extrae unos 10 Kg de azufre. Hasta ahora, el azufre contenido como impureza en algunos abonos y el que lleva el estiércol han bastado para que la falta de este elemento en las tierras de cultivo no se dé a sentir. La deficiencia de azufre se

muestra con un verde claro amarillento de las hojas superiores y sobre todo por un desarrollo lento de las plantas. A veces las hojas bajas en la parte inferior del tallo presentan una coloración rojiza debido a la misma causa.

2.6.2 Micronutrientes o elementos menores:

Bartoni (1990) menciona que cada planta posee para cada uno de los elementos secundarios su mínimo, su óptimo y su máximo de tolerancia y por lo tanto su disponibilidad puede ser anormal por defecto o por exceso. Los efectos perjudiciales se manifiestan en la planta directamente o indirectamente modificando la sensibilidad de la planta al conjunto de los factores patógenos como ambientales.

Berger (1977) informa que los elementos secundarios que las plantas toman del suelo en cantidades mucho más pequeñas son: Hierro, Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Molibdeno y Cloro. Las deficiencias en el abastecimientos de estos elementos a los cultivos puede deberse a su ausencia o escasez en el suelo o bien si se hallan presentes en él no son inutilizables debido a ciertas condiciones del suelo. Cada uno de estos elementos nutrientes tiene una función definida en el interior de la planta, funciones algunas de las cuales todavía no son bien conocidas.

ZINC

Bartoni (1990) menciona que el contenido de zinc en los tejidos de maíz es muy bajo. Una elevada cosecha de grano y forraje apenas llega a extraer por ha, medio Kg, la falta de zinc produce clorosis en

las hojas, un crecimiento deficiente de las plantas y una reducción importante de la cosecha.

Este elemento juega un papel importante como catalizador y como regulador del metabolismo de la planta.

La carencia de zinc se puede atribuir a una fertilización fosfórica excesiva, se produce un antagonismo entre el fosforo y el zinc, a nivel de las raíces y la formación de fosfatos de zinc.

MOLIBDENO

También Bartoni (1990) indica que las cantidades de molibdeno en la planta son todavía más pequeñas que las del zinc. La semilla de maíz con 0.1 ppm de molibdeno contiene cantidad suficiente para ir transmitiendo a su descendencia durante varias generaciones el molibdeno necesario para que no se observe su deficiencia en las plantas. La deficiencia del molibdeno se demuestra con manchas necróticas en los márgenes, en las puntas y en los espacios entre las venas de las hojas bajas. Las hojas más jóvenes, en la parte alta del tallo ofrecen un aspecto marchito o retorcido antes de aparecer manchas necrosadas sobre bordes; las semillas y el desarrollo de las plantas, pueden mojarse antes de ser sembradas con una solución de molibdato sódico. El efecto se trasmite a la semilla de generaciones sucesivas.

BORO

Inía (2003) indica que el Boro (B) es inmóvil en la planta y las deficiencias aparecen en los brotes terminales. Las deficiencias leves resultan en un pobre llenado de granos y las más severas muestran en un pobre llenado de granos y las más severas muestran un

acertamiento de entrenudos, pobre floración y formación de espigas. El maíz no demanda mucho Boro pero puede presentarse su necesidad en sitios muy cultivados bajo alto nivel de insumos, especialmente en años secos en suelos sobre-encalados.

Berger (2003) menciona que en suelos bien fertilizados, con una alta población de plantas, la presencia de plantas sin mazorcas puede ser indicador de deficiencia de Boro.

Si esta condición aparece se deberá aplicar aproximadamente 12 Kg por hectárea de bórax en la siguiente siembra.

COBRE

Berger (2003) reporta que una severa deficiencia de cobre aparecerá en las plantas jóvenes como secamiento de las plantas de las hojas superiores y torcedura y secamiento de las hojas más nuevas.

Agrositio (2003) menciona que el cultivo del maíz deficiente en cobre muestra hojas nuevas descoloridas y después amarillentas y enrolladas y hojas viejas flácidas y dobladas.

HIERRO

Agrositio (2003) reporta que el cultivo del maíz con deficiencia de fierro muestra clorosis intervernal de hojas jóvenes que al tiempo, pueden quedar blanquecinas.

La influencia de este micro elemento se deja sentir en los vegetales sobre la formación del pigmento verde, la clorofila.

El hierro se acumula en menor cantidad en los nudos superiores del tallo del maíz que en los inferiores. Las concentraciones más elevadas se encuentran en las raíces y la baja de mazorcas.

MANGANESO

Bartoni (1990) indica que las necesidades del maíz en manganeso son relativamente pequeñas si se compara con otro cultivo, la toxicidad por exceso se produce cuando los tejidos de la planta el manganeso sobrepasa las dosis de 400 ppm; un exceso de abonado con cloruro de potasio puede tener un efecto en el mismo sentido, especialmente en los suelos faltos de limo.

FUENTES DE NUTRIENTES MAS USADAS

Beingolea (1993) reporta que existen en el mercado nacional varias fuentes de cada nutriente. Se conocen como fertilizantes simples a los que contienen un nutriente y compuestos a los que tienen más de uno. En general, para el caso del maíz, no hay mayor diferencia entre los efectos de los diferentes fertilizantes simples o compuestos, aplicados a suelos de la costa. Su uso va a depender de su disponibilidad y costo por unidad de nutriente.

Podemos hacer mezclas de ellos, pero tienen que hacerse inmediatamente antes de su uso, especialmente con los fertilizantes que contienen nitrógeno, para evitar reacciones entre ellos que dificulten su manipulación y aplicación al suelo.

Fertilizantes disponibles

Cuadro 1. Fertilizantes simples

Fuentes de Nitrógeno	% de Nutrimento		
• Nitrato de Amonio	30 % de N		
• Urea	45 % de N		
• Sulfato de Amonio	20% de N		
Fuentes de Fósforo	% de Nutrimento		
• Superfos 24	22 % de P ₂ O ₅		
• Superfosfato de calcio triple	46 % de P ₂ O ₅		
Fuentes de Potasio	% de Nutrimento		
• Cloruro de Potasio	60 % de K ₂ O		
• Sulfato de Potasio	50 % K ₂ O		
Fertilizantes Compuestos	% de Nutrimento		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• Guano de Islas	9	11	2
• Fosfato di Amonico	18	46	0
• 12 – 12 - 12	12	12	12
• 11 – 22 - 11	11	22	11
• 7 – 14 - 7	7	14	7

Fuente: Manual del maíz para la Costa, Beingolea. Difusión de tecnología del Proyecto TTA, Lima – Perú 1,993, p. 43

FORMAS DE APLICACIÓN

Noriega (1996) recomienda que los fertilizantes puedan aplicarse al voleo o en forma localizada, normalmente en el maíz se tiene que aplicar en forma localizada, ubicando la mezcla de fertilizantes al pie de la planta cubriendo las fertilizantes porque en el caso del nitrógeno hay riesgo de pérdidas por volatilización.

La aplicación al voleo puede hacerse cuando se va a utilizar una dosis muy alta de nutrientes y tenemos que fraccionar el total de fertilizantes para aumentar su eficiencia de absorción por las plantas.

También se tiene la aplicación de fertilizantes en bandas, forma en que se aplica al aporque. Este sistema se utiliza también en la siembra mecanizada, ejecutando las dos labores al mismo tiempo, es decir, abonamiento y siembra.

La fertilización foliar solo de refuerzo y puede considerarse hay deficiencia en el suelo de otros elementos que no sean Nitrógeno, Hierro, Zinc, Boro Y otros requeridos en poca cantidad por plantas.

CANTIDAD DE FERTILIZANTES

Minag y Cimmyt (1999) consideran que la dosis o cantidad de fertilizante es otro de los factores importantes en un plan de fertilización. Para esto, debemos considerar el análisis del suelo, el cual nos da la información del contenido de nutrientes del suelo, el efecto residual del abonamiento anterior y de los problemas que tenga el suelo, exceso del calcáreo, salinidad.

Además hay que considerar los precios de los fertilizantes y el maíz en el mercado y la cantidad de cosecha que esperamos tener. Esta información permite calcular la dosis de fertilización.

Estos factores son muy importantes, porque van incidir muy significativamente en la dosis a utilizar. En la costa se tiene una muy buena respuesta al nitrógeno (N) y al potasio (K_2O).

Por esta razón se da mayor importancia al abonamiento nitrogenado. Los fertilizantes que normalmente tienen mayor costo por unidad de nutriente son los de mayor concentración; por esto deben usarse de preferencia cuando se encuentran en el mercado.

Como la cantidad de fertilizante a utilizar está relacionado con las otras condiciones ya mencionadas, tenemos una variación en las cantidades a aplicar. En algunos casos utilizaremos dosis bajas, como por ejemplo, en suelos de muy alta fertilidad, en suelos con problemas, cuando se tiene condiciones de manejo del cultivo limitantes, cuando hay escasa disponibilidad de capital y cuando hay seria limitación por precios del maíz o de los fertilizantes en el mercado. En otras situaciones tendremos la posibilidad de utilizar dosis altas de fertilizantes y serán aquellas opuestas a las ya mencionadas.

2.7 EXPERIENCIAS DE PRÁCTICAS DE MANEJO DE LA NUTRICION DE MAIZ EN LA COSTA (VALLE SANTA CATALINA)

Según el Ministerio De Agricultura (2000), el valle Santa Catalina cuenta con varios distritos el cual el principal cultivo en este valle es el maíz amarillo duro conjuntamente con hortalizas.

Después de varios años de transferencia de tecnología se puede notar claramente el cambio significativo en los referentes al manejo de las prácticas de nutrición de maíz amarillo duro en este valle teniendo como resultado final un incremento de la producción y productividad del maíz amarillo duro.

A continuación hacemos un comparativo del manejo de la nutrición de maíz antes de la implementación de la nueva tecnología y posterior a esta implementación.

2.7.1 ANTIGUAS PRÁCTICAS DE MANEJO DE LA NUTRICION DE MAIZ EN EL VALLE SANTA CATALINA

SIEMBRA:

Según experiencia de agricultores (2003) la siembra se realizaba en forma manual a lampa usando semilla no certificada seleccionada por los mismos agricultores utilizaban semilla como marginal 28 T con bajos rendimientos y generalmente en muchos casos no se hacía ninguna desinfección para el ataque de gusanos de tierra.

FERTILIZACIÓN:

Generalmente se realizaba un solo abonamiento con urea conjuntamente con el aporque a razón de seis sacos de urea por ha complementada con guano de corral. Según experiencia de agricultores.

OTRAS PRÁCTICAS CULTURALES

Experiencias tomadas de diferentes agricultores del valle Santa Catalina (2003)

Aporque: se realizaba a caballo conjuntamente con el único abonamiento.

Riegos: los riegos se hacían continuamente y en algunos casos mayores de seis desperdiciando el recurso hídrico deficiente en la región.

Rotación: no se hacía rotación de cultivos sembrando maíz después de maíz, en algunos casos la rotación era casual sin ninguna planificación.

2.7.2 ACTUALES PRÁCTICAS DE MANEJO DE LA NUTRICION DE MAIZ EN EL VALLE SANTA CATALINA

MINISTERIOS DE AGRICULTURA (2000) después de varios años de transferencia de tecnología podemos notar cambios significativos en el manejo de la nutrición del maíz que ayudo a incrementar el rendimiento promedio tradicional de 3 a 8 t/ha.

DESINFECCION DE SEMILLA

Según experiencias del suscrito (2003), se realiza con ortene 100g/25 Kg de semilla, para prevenir el ataque de gusanos de tierra (*Agrotis* sp y *Feltia* sp).

Actualmente se usa semilla mejorada entre ellos los híbridos DK – 821, DK -834, Agrhicol-XB 8010, Carguill 701, cada bolsa de semilla cuesta en promedio \$ 80 de 25 Kg cada uno.

Estos híbridos son muy exigentes en la fertilización deben ser adecuadas y oportunas.

SIEMBRA

Según experiencias del responsable documento (2003) indica que se realiza en forma manual empleando distanciamientos de 0.80 a 0.90 m. entre surcos y 0.30 a 0.40 m. entre golpes con dos plantas por golpe la densidad fluctúa entre 60.000 a 80,000 plantas/ha.

CONTROL DE MALEZAS

También responsables del presente documento (2003) indica se realiza aplicaciones de herbicidas post emergentes (2,4 D) cuando las malezas tienen de 2 a 4 hojas. Con una dosis de 600-800 cc por cilindro.

MANEJO DE LA NUTRICION

Según El PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACIÓN DEL MAIZ (1972) La formula de abonamiento más usada es de 200-90-60 de NP K por ha.

El fertilizante nitrogenado se fracciona en 2 aplicaciones debido a que la textura de los suelos es predominante franco – arenoso y tiene baja retentividad, de allí que se realiza la incorporación de materia orgánica en la preparación del terreno o en forma dirigida.

El primer abonamiento se efectúa cuando el cultivo tiene 4 hojas y consiste en 50% de nitrógeno y el 100% del fosforo y potasio. El segundo abonamiento se realiza cuando el cultivo tiene 8 hojas y se aplica el 50% restante del nitrógeno.

En algunos casos el agricultor incrementa la dosis del fertilizante nitrogenado debido a factores edáficos, climáticos o del manejo del cultivo.

PRIMER ABONAMIENTO

El Programa Cooperativo De Investigación Del Maíz (1972) y experiencias de agricultores, indica que se realiza entre los 15 a 20 días después de la siembra empleando de 5-6 jornales por ha.

La forma de aplicación es a piquete localizado a 5cm de la planta. Se utiliza la siguiente cantidad de fertilizante.

1° abonamiento

- 4 sacos de urea
- 2 Sacos de fosfato di amónico
- 2 sacos de cloruro de potasio

SEGUNDO ABONAMIENTO

También El Programa Cooperativo De Investigación Del Maíz (1972) y experiencias de agricultores manifiesta que el segundo abonamiento se realiza a los 35-45 días utilizando de 3-4 jornales/ha

La forma de aplicación es de piquete localizado utilizando 20g/planta a la vez se realiza el deshierbo, a porque utilizando arados a caballo y tapado del fertilizante.

2° Abonamiento 4 sacos de urea algunos agricultores esporádicamente realizan análisis de suelo pero la mayoría no lo hace.

OTRAS PRÁCTICAS CULTURALES

Según experiencias del responsable del presente documento y agricultores.

APORQUE

El aporque se realiza conjuntamente con el segundo abonamiento y se realiza utilizando arados a caballo o maquinaria agrícola.

RIEGOS

Se aplica de cuatro a cinco riegos, indicándose el primero con el riego de machaco, luego a los 30 días el segundo riego, a los 45 días en plena espigado y finalmente a los 90 días el llenado de grano.

La cantidad de agua utilizada para una hectárea es de 5,000 a 6,000 m³ por hectárea en promedio.

ROTACIÓN

Las rotaciones que se hacen en el valle Santa Catalina son generalmente con cultivos como marigol, maíz chala.

Generalmente después de la cosecha de maíz existe una fertilidad remanente en el suelo que es aprovechado para la siembra de frijol castilla, frijol canario, lenteja cocona o garbanzo, estas leguminosas, tienen la capacidad de fijar al suelo nitrogenado y materia orgánica.

2.7.3 COMPARATIVO DE MANEJO DE FACTORES QUE INTERVIENEN EN ALCANZAR UN BUEN RENDIMIENTO EN MAIZ AMARILLO DURO

De acuerdo del suscrito y agricultores (2003) manifiestan que actualmente en el valle Santa Catalina existe un manejo adecuado del cultivo de maíz amarillo duro, a pesar de haber incorporado nuevas técnicas de manejo aun existe factores que deben ser corregidos para alcanzar altos rendimientos, tales como uso de semilla certificada, nivel de fertilización adecuada y oportuna y sobre todo la época adecuada de siembra de un determinado híbrido.

La mejor época de siembra es el invierno y el híbrido que mayores rendimientos tiene es el Carguill 701, también podemos mencionar que el DK-834 es un híbrido de verano y que solo en esta época tiene excelentes rendimientos.

III. CONCLUSIONES

Las prácticas del manejo tradicional del maíz en la Región resultan deficientes para obtener altos rendimientos y rentabilidad.

La aplicación de la tecnología moderna como (análisis de suelo, uso de semilla mejorada y otros), permite incrementar los rendimientos y por lo tanto las exigencias en fertilizantes también crecen y su dosificación estará acorde con las variedades e híbridos modernos a utilizar.

La Dosificación de fertilizantes debe ser adecuada respecto a elementos mayores y menores.

El Uso racional de pesticidas, uso de maquinaria agrícola para abaratar los costos, etc.) es una necesidad inmediata para obtener buenos resultados.

IV. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio detallado de los niveles de nutrientes en los suelos de costa a fin de poder determinar la estrategia de manejo nutricional más adecuada para el cultivo del maíz en función de los resultados.

Introducir el uso de tecnología moderna para el cultivo de maíz (ejemplo el uso de maquinaria, siembra, deshierba, aporque, cosecha), en combinación con nuevos híbridos con altos índices de rendimiento.

Dosificar la formulación de N, P, K 200-90-60 en el valle Santa Catalina

V. BIBLIOGRAFIA

AGROSITIO, 2003. Síntomas de deficiencia nutricionales en maíz. INPOFOS – Cono Sur. <http://www.agrositio.com>

ANDRADE, F. 2003. Maíz de alta producción. Unidad Integrada INIA Balcarce. Fac. Ciencias Agrarias UNMP

ALDRICH, S & LENG, E. 1974. Producción Moderna del Maíz. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. Pp. 95 – 135

ARBAIZA, A. 2002. Guía práctica y manejo de plagas en 26 cultivos. Edit. Castillo. Lambayeque- Perú. 727 p.

BARTONI, ROBERTO. 1990. El maíz. Agroguías mundi prensa. Edición mundi prensa. Madrid-España. Pp. 95-162

BEAR, E. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Edición Omega. Barcelona-España. 368 pg.

BEINGOLEA, L. 1993. Manual del maíz para la costa. Difusión de tecnología del proyecto TTA, Lima-Perú. Pp. 20-45

BERGER, JOSEPH. 1977. Maíz. su producción y abonamiento. agricultura de las Américas, Missouri, USA. pp. 90-131

BERGER, K.C. 2003. Universidad de Wisconsin. In: POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. Informaciones Agronómicas. <http://www.inpofos.org>

BIBLIOTECA DE AGRICULTURA, 1997. Editorial Alfa & Omega. Barcelona, España. 767 pp.

CHAVEZ, A.M. 1984. El maíz en el Perú. Edigraf. Lima S.A. Lima-Perú-pp. 218-235

DIAZ, A. 1978. Producción vegetal del maíz. Secretaria para la educación pública (SEP) y Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). México Serie TA-101-202.

FERRARIS, G. 2003. ¿Cómo es la dinámica de absorción de nutrientes? INTA EEA Pergamino. Argentina <<http://www.fertilizar.org.ar>

FERTIBERIA, 2003 <[http:// www.fertiberia.com/servicios_on_line/guia de abonado/maíz.html](http://www.fertiberia.com/servicios_on_line/guia_de_abonado/maiz.html)>

FERTILIZAR, 2003. Diagnostico de N en maíz. Equipo del proyecto fertilizar- INTA Pergamino, Argentina. <http://www.fertilizar.org.ar>

GARCIA, F. 2003. Fertilización de maíz en la región Pampeana. INFOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Acassuso Argentina. <<http://www.fertilizar.org.ar>>

GAVIDIA, S.A. 1963. Cultivo de maíz. Universidad Agraria del Norte. 51 p.

GUERRERO, G.A. 1987. Cultivos herbáceos extensivos. maíz. 4ta. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-España. Pp. 161, 165, 166, 176, 177,178 y 196.

INIA, 2003. El azufre, zinc y Boro en maíz. Uruguay.
<http://www.inia.org.uy>

INSTITUTO EN FOSFORO Y POTASIO. 1988 Manual de fertilidad de los suelos. FAR. Georgia, USA. 160 p.

JACOB, A. Y VON UEXKULL, H. 1973. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y sub tropicales. Trad. Por L. López Martínez de Alva. 4ta. Edición. Edit. Euro-Americanas. México. 626 p.

JUGENHEIMER, R.W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial Limusa. 1ª Edición. México. 840 p.

LLANOS, C. MANUEL. 1984. El maíz su cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi Prensa. 1ra. Ed. Madrid, España.

MANRIQUE, CH. ANTONIO. 1988. El maíz en el Perú. Fondo de promoción de la cultura agraria. Banco Agrario del Perú. Lima, Perú.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2006. Perú: Producción Nacional Agraria. O.I.A. 284 p.

MONTECINOS, C. 2003. Manejo biológico del fósforo en el suelo. Revista N° 8/9.

MORALES, M.J. 1970. Comparativo de N, P, K en el cultivo de maíz. Valle Chancay-Lambayeque. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 72 pp.

NORIEGA, N. V. 1996. Siembra y abonamiento del maíz amarillo duro. Folleto N° 34-96 INIA. Lima, Perú.

OBLITAS, R.M. 1967. Efectos de diferentes fuentes nitrogenadas en el cultivo de maíz. Tesis de Grado Universidad Nacional Agraria del Norte. Lambayeque- Perú.

PARSONS, D.B. 1981. Maíz, Manual para educación agropecuaria. Editorial Trillas. 1ª. Edición. México. 56 p.

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACIONES EN MAÍZ. 1974. Manual del maíz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. COMAIZ. Pp. 9, 10, 21,23 y 61.

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACIONES EN MAÍZ. 1972. Manual del maíz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.

REYES, C. 1990. El maíz y su cultivo. 1ª. Edición. México. 460p

SANCHEZ, C.H. 1976. Variedades mejoradas del maíz para el valle de Motupe. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. APROSECEN. 9 p.

SINFUENTES, G. H. 1976. Respuesta de la fertilización nitrogenada y fosforada del maíz híbrido en la localidad de Supe. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 73 p.

SPRAGUE, G y LARSON, W.E. 1972. Producción de Maíz, 1ª edición. Centro regional de ayuda técnica, Departamento de Agricultura E.U.A 40 p.

SOPLIN, H. 2007. Generalidades sobre fitomejoramiento y producción de semillas de maíz. Curso de Producción de semillas, en la especialidad de Mejoramiento Genético de Plantas de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

USTIMENKO-BAKUMOSVSKY, G.V. 1982. El cultivo de plantas tropicales y sub tropicales. Editorial MIR. Moscú. 80 p.

VALLE GRANDE. 1990. Producción de maíz. Instituto Rural Valle Grande. Cañete, Lima-Perú. Pp. 10-23

VIARURAL (2003)

<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/semillashibridas/cargill/manualmaiz/21.htm>

ZIRENA, J y DE LA PEÑA, E. 1977. Fertilidad de los suelos. Universidad Nacional de Cajamarca- Perú. 172 p.

VI. ANEXOS



Anexo 1. Fotografía de hojas de maíz con deficiencia de nitrógeno.

a) Comparativo de las primeras etapas.

b) Etapa final.



Anexo 2. Fotografía de hojas de maíz con deficiencia de fósforo.

a y b) Se muestran cómo se presenta las deficiencias



Anexo 3. Fotografía de hojas de maíz con deficiencia de potasio.



Anexo 4. Fotografía de hojas de maíz con deficiencia de manganeso.



Anexo 5. Fotografía de hojas de maíz con deficiencia de cobre.



Anexo 6. Fotografía de hojas de maíz con deficiencia de hierro.



Anexo 7. Fotografía de hojas de maíz con deficiencia de zinc.