

CAPITULO I

1. Introducción

Uno de los recursos alimenticios más importantes entre los que dispone el pequeño ganadero son los pastos de praderas naturales y forraje obtenido en praderas artificiales permanentes o temporales. El forraje se puede suministrar en verde, ensilado o henificado en diferentes épocas del año. Las especies vegetales de interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en la familia de las gramíneas y leguminosas.

A su vez las gramíneas forrajeras incluyen pastos forrajeros perennes y cereales forrajeros que son especies anuales. La calidad nutricional del forraje, es muy distinta entre las especies forrajeras, influyendo en ella, el contenido de nutrientes químicos del suelo; este contenido es necesario para que la planta pueda hallar en estado asimilable todos aquellos elementos nutritivos esenciales que son necesarios para su metabolismo, que servirán para satisfacer los requerimientos nutricionales del animal y de esta manera influir en su crecimiento y su desarrollo.

1.1. Planteamiento y Justificación del Trabajo Dirigido

El cultivo del maíz es uno de los más diversificados en el mundo y ocupado tanto para la alimentación humana como en la alimentación de animales de todo tipo desde aves hasta vacunos de carne o leche se encuentra a nivel mundial después del trigo y el arroz que cobra gran importancia en la alimentación tanto humana como animal.

La planta de maíz como forraje es muy importante para el consumo del ganado bovino; tomando en cuenta que en la región se fomenta la lechería, se requieren mayores cantidades de forraje utilizando en estado verde, las hojas y los restos llamados chala o en algunos casos la mazorca para incluirla en el forraje, por su alto contenido nutricional, que servirá para la alimentación del ganado bovino lechero.

Las más recientes estimaciones sobre la superficie mundial cosechada la sitúan en 140 millones de hectáreas, con una producción de 577 millones de Toneladas.

En Bolivia, la producción y cultivo de maíz ha adquirido enorme importancia en los últimos años tanto para la alimentación humana como animal proporcionando más alimento en grano, forraje, ensilaje y productos industriales que cualquier otro cultivo en razón a su alto rendimiento y facilidad de conservación.

El cultivo del maíz forrajero, no es exigente al tipo de suelo, pero si a la fertilización, de ahí la necesidad de que el suelo este bien dotado de nutrientes, ya que un suelo biológicamente activo almacena buena cantidad de estos elementos.

En el departamento de Tarija, se cultivan aproximadamente 36.061 ha de maíz, 10.504 ha se cultivan en el Valle Central de Tarija principalmente en las Provincias: Cercado, Méndez, Avilés, O'connor y parte de la provincia arce con maíz tipo harinoso y morocho, constituido principalmente por las variedades de mayor difusión tales como el Chaparrita Pisankalla que son destinados para el consumo en choclo y el tipo morocho para grano. Sin embargo existe una diversidad de germoplasma para los distintos tipos de consumo humano y animal con adaptación a las diferentes condiciones agro ecológicas del Valle Central de Tarija.

La baja fertilidad de los suelos y el desbalance nutricional han hecho que los rendimientos de maíz, principalmente los forrajeros, disminuyan considerablemente en muchas zonas productoras del Valle Central de Tarija.

No obstante, de existir la tendencia generalizada para cultivar maíz forrajero en el valle central de Tarija que cuenta con un medio ecológico favorable para la actividad lechera, es conocido el problema que confrontan los comunarios dedicados a la actividad lechera en la provisión de forraje, especialmente en la época invernal, con rendimientos bajos por numerosos factores que inciden en la producción, como la ausencia de información para el correcto manejo de los fertilizantes químicos y abonos orgánicos, adecuadas densidades de siembra, manejo de semillas mejoradas y la carencia de estudios sobre variedades forrajeras de elevado rendimiento, repercutiendo todos estos factores en una disminución del hato lechero.

La importancia del maíz forrajero radica fundamentalmente en el hecho de ser la especie que ofrece un rendimiento excelente para la nutrición del ganado bovino, para zonas de producción lechera proporcionando cosechas con alto rendimiento de Materia Verde (MV.) como en Materia Seca (M.S.) constituyéndose en fuente de carbohidratos y fibra en un tiempo relativamente corto.

Por las características ecológicas favorables para el cultivo del maíz en la Zona del Valle Central de Tarija, surge la necesidad de contar con variedades forrajeras de maíz, además conservar forraje para épocas de estiaje ,que permita asegurar la alimentación del ganado Bovino en la época invernal.

Al momento, el Valle Centra de Tarija, cuenta con una población ganadera estimada de 7929 vacas con un peso promedio de 370 Kg. /animal, asumiendo que el consumo diario de ensilaje por animal es de 46.25 Kg. de ensilaje/animal/día, lo que nos muestra que para el total de vacas lecheras el requerimiento será de 190.671 TM de ensilaje.

El rendimiento aproximado de maíz forrajero es de 36.8 TM/ha por lo que asumimos que del total de la superficie cultivada con maíz el 30% se destina a la producción de maíz para forraje tendremos una producción aproximada de 115964 TM y tomando en cuenta que el requerimiento es de 190.671 TM de maíz para ensilar se tendrá una demanda insatisfecha de 74.707 TM de maíz, frente a párrafos mencionados anteriormente se pueden presentar dos alternativas para reponer la demanda insatisfecha:

- 1.- ampliar la superficie a cultivar
- 2.-mejorando la tecnología de producción:
 - a) Nuevas variedades, b) fertilizaciones químicas

1.2. Características y objetivos de la institución donde se realizó el trabajo dirigido

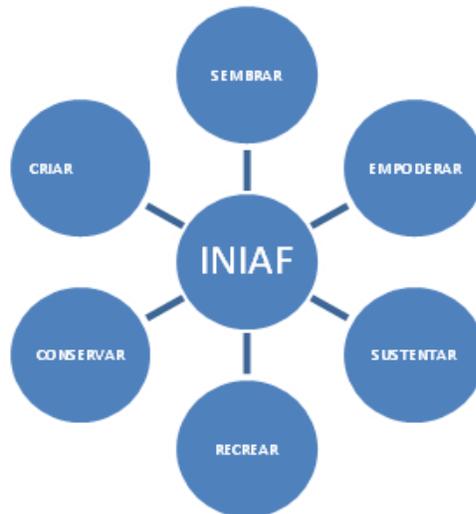
1.2.1. Creación del INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal)

El Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), mediante su plan sectorial, busca implementar el nuevo modelo de desarrollo rural que apoye procesos productivos, diversifique la producción y fortalezca el desarrollo, mediante el encuentro de conocimientos generando innovaciones tecnológicas agropecuarias, forestales y promoviendo su aplicación para mejorar la producción e incrementar la productividad; así como la transformación y comercialización dentro del concepto de seguridad y soberanía alimentaria.

En éste contexto, mediante el Decreto Supremo No 29611 de 25 de junio de 2008 se creó el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), con el mandato de contribuir en la construcción de una sociedad para el “Vivir bien”, con base a la innovación agropecuaria y forestal, en correspondencia armónica con la naturaleza y respetando las formas de organización de cada una de las culturas que componen el Estado Plurinacional.

El INIAF se constituye en un importante instrumento para la implementación de los programas y componentes del PDS, en el marco de desarrollo de la investigación, generación y transferencia de tecnologías para el beneficio del conjunto de los actores rurales priorizando las necesidades de los sectores que históricamente no han tenido acceso a estos beneficios. En el marco de la plataforma de servicios para la Revolución Rural, el INIAF tiene la característica de una instancia Programática Operativa de carácter transversal a los programas de inversión como: EMPODERAR (PAR), CRIAR (PASA), RECREAR (EMAPA), SUSTENTAR (FORESTAL) y (SEMBRAR), cuya complementación y sinergia, permitirá promover y concretar el desarrollo agropecuario, forestal y rural del país.

Complejos productivos integrales



En los últimos 50 años se han desarrollado experiencias de investigación y extensión agrícola, bajo el enfoque de la llamada "Revolución verde", cuya característica principal fue el incremento de la producción de alimentos mediante paquetes tecnológicos destinados fundamentalmente a la producción agropecuaria orientadas al sector agroindustrial del país. Por otro lado, las organizaciones productivas indígena originario campesinas han desarrollado experiencias de producción, transformación e intercambio o comercialización creando bases organizativo-productivas que no fueron suficientemente valoradas por el Estado y que ahora son referentes en la construcción de la nueva matriz productiva del Estado Plurinacional.

Con el propósito de cumplir con el mandato otorgado por el Estado, el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), elaboró el presente Plan Estratégico Institucional (PEI) 2009 – 2016; el cual contiene la misión, visión y objetivos; identifica líneas estratégicas, programas y proyectos; los cuales responden a la diversidad, variabilidad y especificidad que caracteriza el contexto geográfico, social, cultural, histórico, ambiental y productivo del país en coherencia con el proceso de cambio.

1.2.2. Marco institucional

1.2.2.1 Mandato Legal

El Decreto Supremo No. 29611, es el sustento legal de la creación del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF, como principal promotor de la innovación agropecuaria y forestal que permita contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria de la población del Estado Plurinacional.

1.2.2.2. Principios rectores

- El “Vivir Bien”, establece para la población boliviana el acceso y disfrute de los bienes materiales y de la realización efectiva, subjetiva, intelectual y espiritual, en armonía con la naturaleza y en comunidad con los seres humanos.
- Diálogo de saberes y respeto a la interculturalidad.
- Procesos participativos en el desarrollo de la investigación, extensión rural, conservación, manejo y uso de recursos naturales renovables.
- Convergencia y corresponsabilidad de los productores locales y las instituciones públicas y privadas.
- Complementariedad y sinergia en el marco de un trabajo coordinado y responsabilidad compartida para el uso óptimo de recursos.
- Respeto a los derechos intelectuales de carácter individual y colectivo.

1.2.2.3. Misión

Articular el sistema de innovación agropecuaria y forestal para el desarrollo sustentable, contribuyendo a la seguridad y soberanía alimentaria del Estado plurinacional, a través del dialogo de saberes para la generación y difusión de tecnologías, incorporando la base genética animal y vegetal al patrimonio del Estado.

1.2.2.4. Visión

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), se consolida como la Institución de referencia, nacional e internacional, generadora y articuladora de conocimientos e innovación agrícola, pecuaria y forestal apropiadas al desarrollo rural sustentable y a la seguridad y soberanía alimentaria del país, liderando el Sistema de Innovación Agropecuaria y Forestal.

1.2.2.5. Objetivos del INIAF

1.2.2.5.1. Objetivo General

- Promover e incentivar la innovación agropecuaria y forestal, fortaleciendo la producción y productividad sustentable, coordinando acciones y optimizando los recursos y las capacidades institucionales propias y del sistema de innovación en su conjunto, para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria del Estado Plurinacional.

1.2.2.5.2. Objetivos Específicos

- Generar, suscitar y aplicar, con enfoque integral y sustentable, la investigación y desarrollo tecnológico, revalorizando los saberes locales y conocimientos ancestrales, así como la gestión del patrimonio genético agropecuario y forestal para la innovación tecnológica.
- Desarrollar y mejorar las capacidades de gestión productiva, agropecuaria y forestal, a través de procesos participativos, intercambio de conocimientos y difusión de tecnologías amigables con la naturaleza.
- Garantizar que los productores agropecuarios y forestales dispongan de material genético de alta calidad fisiológica, física y sanitaria.
- Fortalecer la capacidad institucional, mediante la formación y la gestión del talento humano para el desarrollo agropecuario y forestal.

1.2.3. Funcionamiento del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

La dinámica del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (SNIAF) considera dos elementos fundamentales, los mismos posibilitan el encuentro de los aspectos técnicos relacionados con las políticas y el marco institucional del país, para actuar en lo local con visión de país; estos elementos son:

- i) Proceso innovativo, que está vinculado a tecnologías, métodos y conocimientos que son desarrollados para satisfacer demandas y resolver problemas priorizados y emergentes, estas respuestas son el producto de la interacción y gestión conjunta con todos los actores en el territorio.
- ii) Proceso político institucional que consiste en la implementación de espacios para el diálogo entre actores involucrados con la innovación agropecuaria y forestal, dando énfasis a la participación y concertación respecto a prioridades y lineamientos para el desarrollo del territorio.

1.2.4. Instancias Institucionales

1.2.4.1. Instancia Directiva

Representa la instancia resolutoria y normativa, que garantiza la concordancia de las acciones del INIAF con respecto a las políticas de Estado y planes de desarrollo; asimismo, define políticas para el cumplimiento de su plan estratégico.

Está conformada por el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) (quien asume la presidencia), Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario, un representante del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, un Representante del Ministerio de Medio Ambiente y Aguas y un representante del Ministerio de Planificación del Desarrollo.

1.2.4.2. Instancia ejecutiva

Está constituido por la Dirección General Ejecutiva, responsable del cumplimiento de las decisiones del Directorio, ejerce la representación legal e institucional del INIAF a nivel nacional e internacional; desarrolla y ejecuta planes, programas y/o proyectos vinculados a los objetivos institucionales; asimismo gestiona financiamiento, dirige, planifica, coordina, supervisa y evalúa las actividades; dirige el funcionamiento de sus centros de Investigación, oficinas departamentales y regionales, en el marco de sus competencias. También es su función promover la funcionalidad del Comité Consultivo Técnico Nacional.

1.2.4.3. Instancia operativa

En el nivel Nacional está constituido por las Direcciones y Unidades de Área y en lo Subnacional está constituido por las Oficinas Departamentales, Oficinas Regionales, Centros de Investigación, cada una de ellas con competencias y atribuciones definidas. Es la responsable de la ejecución de los proyectos.

Asimismo, son los responsables de dinamizar los Consejos Departamentales de Innovación, así como el desarrollo y prospección de demandas mediante los Comités de Gestión Local. El INIAF es el principal promotor de estos espacios, y se constituye en parte de su gestión operativa; en ese sentido, es el encargado de dinamizar el trabajo de los CDI, cumpliendo, convocando y dando seguimiento a los acuerdos y compromisos.

1.2.5. Participación social

Es fundamental para el posicionamiento del INIAF, que la sociedad civil organizada participe en la gestión; fundamentalmente en la búsqueda de la excelencia técnica de sus acciones, que sean pertinentes y estratégicas para el desarrollo del Estado Plurinacional. La participación se promoverá en los espacios de diálogo y concertación establecidos para sus diferentes niveles de organización.

1.2.6. Diálogo, concertación

Considerando que es función del INIAF articular y coordinar el trabajo con todos los actores sociales e institucionales del sector público y privado, a nivel nacional, departamental/regional y local, se consolida espacios de diálogo y concertación, en cada uno de los niveles mencionados, cuyo funcionamiento es responsabilidad del INIAF.

1.2.6.1. Consejo Consultivo Técnico Nacional

Está conformado por organizaciones sociales, económicas de representación nacional y regional tales como la CSUTCB, CIDOB, BARTOLINAS, CONAMAQ, CONFEAGRO, CIOEC, entre otros; así mismo es parte de esta instancia la CEUB como representante máxima de las universidades estatales. Su función permite garantizar la pertinencia técnica del accionar del INIAF, como articulador del SNIAF.

1.2.6.2. Consejos Departamentales de Innovación

Los Consejos Departamentales de Innovación (CDI), son espacios de los actores vinculados con la innovación tecnológica agropecuaria y forestal a nivel departamental, establecido para propiciar el diálogo horizontal y concertación entre los actores que lo conforman, además la búsqueda de integración de personas, instituciones, acciones, tiempo y recursos, dentro de una misma visión estratégica para la innovación; evitando la duplicidad y dispersión de esfuerzos.

Mediante los CDI se logra:

- i) Analizar las demandas y potencialidades para el desarrollo del departamento y sus regiones.
- ii) Concertar las prioridades.
- iii) Proponer lineamientos, programas y proyectos.
- iv) Posibilitar la corresponsabilidad de los actores en los proceso de innovación;
- v) Delegar responsabilidades y compromisos.

vi) Realizar el seguimiento a las actividades acordadas y el cumplimiento de compromisos.

No sólo garantiza la legitimidad del INIAF, como promotor de la innovación, a través de la participación de representantes a nivel departamental, sino que sirve de nexo entre la dirección nacional y las instancias operativas (oficinas departamentales y regionales).

En el marco de los CDI, se conformarán grupos de trabajo por áreas temáticas y mesas de trabajo y/o comisiones de acuerdo a los lineamientos estratégicos del INIAF y las oportunidades y prioridades de cada departamento o región.

1.2.6.3. Comités de gestión local

Es una instancia local (Municipios, OTB, comunidades), que conforman organizaciones sociales y productivas. Se constituye en el mecanismo para la identificación y prospección de demandas y oportunidades, a partir de ello se generan propuestas para su planteamiento en los CDI.

Estos ámbitos permitirán la revalorización de los conocimientos y saberes locales, promoviendo el dialogo de estos con el conocimiento científico.

1.3. Objetivos del Trabajo Dirigido

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento del cultivo del maíz forrajero a diferentes niveles de fertilización química en la comunidad de Sella.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el nivel óptimo de fertilizante químico en Kg/Ha en el cultivo del maíz forrajero.

Precisar a través de un análisis económico los costos que representan los niveles de fertilización química en la producción y rendimiento del cultivo.

CAPITULO II

2. Marco teórico

2.1. Origen e historia del cultivo del maíz

Alrededor del maíz se desarrollaron grandes culturas (la india, la azteca, la chibcha y la maya). Darwin sostiene que el origen de las especies vegetales y animales pueden estar donde se desarrollaron sus antecesores salvajes más cercanos; más tarde Vavilov aseguro que el origen de las plantas cultivadas estaría en los centros de diversificación para el caso del maíz, el autor reconoció que el lugar de origen esta América, en lo que hoy es actual mente es Ecuador, Perú y Bolivia. Otros autores afirman que el origen del maíz está ubicado en Centroamérica al haberse encontrado parientes como el *Tripsacum* y el *Euchlaena* que crecen especialmente muy cerca del maíz. *(MDRyT Compendio Agropecuario2012)*

El maíz era un alimento básico de las culturas indígenas americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran a América. En las civilizaciones maya y azteca jugó un papel fundamental en las creencias religiosas, en sus festividades y en su nutrición. En tiempos precolombinos se cultivaba desde Chile hasta Canadá. En el año 1604 se inició su cultivo en España. Debido a su productividad y a su fácil adaptación al medio, el cultivo del maíz se extendió rápidamente en la dieta popular. Durante el siglo XVIII el cultivo se difundió de forma gradual por el resto de Europa, primero por los lugares de clima más cálido del Mediterráneo y posteriormente por la Europa septentrional. Es el único cereal proveniente del Nuevo Mundo. Actualmente se cultiva en la mayoría de los países del mundo siendo la tercera cosecha más importante después del trigo y el arroz. Hoy en día el maíz se utiliza como fuente fundamental en la nutrición tanto de seres humanos como animales. Es además una materia prima indispensable en la fabricación de productos alimenticios, farmacéuticos y de uso industrial.

Los granos, las hojas, las flores, los tallos, todo es aprovechado para la fabricación de multitud de productos: Almidón, aceite comestible, bebidas alcohólicas, papel, edulcorante alimenticio, pegamentos, cosméticos, forraje, levaduras, jabones, antibióticos, caramelos, plásticos e incluso, desde hace poco, se emplea como combustible alternativo a la gasolina, más económico y menos contaminante. Una de las principales características de las culturas mesoamericanas continúa siendo, hasta nuestros días, el empleo variado y predominante del maíz como nutrimento básico; principalmente, en las comunidades indígenas que organizan su vida comunitaria en torno a la agricultura.

Fuente:(<http://es.scribd.com/doc/11996681/Historia-Del-Maiz>).

2.2. Clasificación taxonómica. (Gandarillas, J.2001.).

Reino : Vegetal.

Sub Reino : Embriophytae.

Phylum : Tracheophytae.

División : Tracheophytae.

Sub División : Anthophyta.

Clase : Angiospermae.

Sub Clase : Monocotyledoneae.

Orden : Glumiflorales.

Familia : Gramíneas.

Subfamilia : Panicoideae.

Tribu : Maydeae.

Género : Zea.

Especie : Mays.

2.3. Botánica del cultivo del maíz

2.3.1. Planta.

El maíz es una gramínea anual de crecimiento rápido y gran capacidad productiva, adaptada a las más diversas condiciones de clima y suelo. Se constituye después del arroz y el trigo, en el cultivo más importante del mundo en la alimentación humana y animal. (*Monar, A. y Agualongo, M. 2003*)

2.3.2. Raíz.

El sistema radicular es fasciculado, constituido por raíces principales, raíces secundarias y terciarias o adventicias que terminan en los pelos absorbentes, encargados de la alimentación de la planta, además estas últimas sirven como anclaje para darle mayor soporte a la planta. (*Guevara, E. F.2010.*).

2.3.3. Tallo.

El maíz es una planta anual, su tallo es una caña formado por nudos y entrenudos macizos, de longitud variable, gruesos en la base y de menos grueso en los entrenudos. El número de nudos es variable en las diferentes variedades, en cada entrenudo hay una depresión como canalito que se extiende a lo largo del entrenudo, 18 cada nudo es el punto de inserción de una hoja. (*Monar, A. y Agualongo, M. 2003*)

2.3.4. Hojas.

Las hojas están constituidas de vaina, cuello y lámina, la vaina es una estructura cilíndrica abierta hasta la base que sale de la parte superior del nudo, el cuello es la parte de transición entre la vaina y la lámina, la lámina es una banda delgada que puede medir hasta 1.5 m. de largo por 10 cm., de ancho y termina en un ápice muy agudo, el nervio central de las hojas está desarrollado en su envés. (*Guevara, E. F.2010.*).

2.3.5. Flor.

Es una planta monoica es decir, con flor masculina y femenina que están en la misma planta, pero separadas, las flores masculinas aparecen en la extremidad del tallo y están agrupadas en panículas, las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas y están agrupadas en una espiga rodeada de largas brácteas. A esta espiga suele llamarse mazorca y presenta, en su extremidad superior, largos estilos en forma de pincel que reciben el nombre de barbas o sedas.

2.3.6. Fruto.

La mazorca o fruto, está formada por una parte central llamada zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varios centenares por cada mazorca. El zuro, o corazón, representa del 15 al 30% del peso de la espiga. La fecundación de las flores femeninas puede suceder mediante el polen de las panojas de la misma planta o de otras plantas, el fruto y la semilla forma un sólo cuerpo que tiene la forma de una carióspside brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente como granos y dentro del fruto que es el ovario maduro se encuentran las semillas (óvulos fecundados y maduros), la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen y pesa aproximadamente 0.3 gramos. (*Monar, A. y Agualongo, M. 2003*).

2.4. Fases de desarrollo del maíz

Según **Araoz, M. (2006)**, pone en manifiesto la gran importancia lo que es la planta de maíz, como uno de los mecanismos más maravillosos que posee la naturaleza para almacenar energía, primero creando una gran fábrica eficiente de energía: La planta con sus raíces, hojas, tallos, y partes florales; luego almacenando grandes cantidades de energía en un producto concentrado: el grano de maíz y es por esto que este investigador divide en las siguientes fases:

- a. Germinación y el enraizamiento de las plántulas.
- b. Desarrollo Vegetativo.
- c. Iniciación de la panoja y de la espiga.
- d. Floración (liberación del polen y emergencia de los estilos).
- e. Desarrollo, maduración y secado del grano.

Al respecto indica que el ciclo vegetativo del maíz puede ser dividido en cinco partes: Nascencia, crecimiento, floración, fructificación, maduración y secado.

2.4.1. El grano o semilla

Manifiesta que la semilla de maíz está constituida por: Pericarpio, el Endospermo y el Embrión.

También nos dice que el rango de valores para los nutrientes encontrados en el grano, se debe a la influencia de varios factores, que son el tipo de semilla utilizada, el tipo de suelo, la calidad de fertilizante y las condiciones climáticas.

También afirma que las proteínas más abundantes en el grano son dos clases:

- a) Prolaminas solubles en alcohol.
- b) Glutelinas solubles en álcali; indica también, que la zeína está totalmente ausente en el grano inmaduro de maíz; sin embargo, se convierte en una de las fracciones más importantes al desarrollarse el grano y llegar la madurez.

El grano de maíz es un fruto rico en nutrientes digestibles totales, considerando como un alimento eminentemente energético al igual que el arroz, trigo, sorgo, centeno, y cebada. El grano de maíz tiene alto contenido de almidón, en promedio (90%), y bajo contenido de proteínas (7%). Las proteínas son de baja calidad, siendo su componente básico la zeína. Una excepción la constituyen con maíces con los genes opaco -2 y harinoso - 2, que condicionan alto contenido de lisina y triptófano.

El mismo autor señala, que el fruto del maíz es una cariósida en la que se distinguen las siguientes partes: corona (parte inferior), dos caras (una superior, de cara del ápice de la espiga y otra inferior, de cara a la base) y el escudete con el embrión.

Seleccionando la cariósida se distingue un involucro externo (pericarpio) bajo el que se encuentra el endosperma, rico en sustancias proteicas en su periferia y formando en su interior por un parénquima amiláceo en parte corneo y traslucido y en parte blanco y harinoso. Por último, el embrión, rico en sustancias grasas. El germen representa del 12 al 14 % de la cariósida, el endospermo harinoso cerca del 25- 30% y el corneo el 45- 50%, el pericarpio del 8- 12% del producto seco, las sustancias grasas oscilan en torno al 3 – 5%; las sustancias nitrogenadas, 8- 15% y las sustancias amiláceas 65- 75%.

La proteína del maíz no tiene un valor biológico muy elevado al carecer de los aminoácidos lisina y triptófano. Es uno de los granos que contiene mayor cantidad de grasa, 4% y porcentajes significativos de elementos mayores: fósforo, potasio, así como los elementos menores: cobre, hierro, zinc, flúor, etc. El valor calórico de la harina de maíz en promedio es de 360% y un valor nutritivo promedio de 11,6%.

El número y tamaño de los granos constituyen en el rendimiento del grano y el número de granos está determinado por la longitud de la mazorca, el número de hileras por mazorca, el número de mazorcas por planta y el número de plantas por unidad de área.

a) Pericarpio

La función de esta delgada membrana, es la de proteger a la semilla, tanto antes como después de la siembra, limitando o impidiendo la entrada de agentes exteriores. El pericarpio, es de difícil digestión y escaso valor nutritivo por estar constituido principalmente por celulosa y hemicelulosa. Si el pericarpio resulta dañado probablemente la germinación se torne más lenta; pues, los patógenos (hongos y bacterias) pueden utilizar las reservas de la semilla, antes del afianzamiento de la plántula. El pericarpio es la pared del ovario desarrollado y maduro, es un conjunto de capas que forman la cubierta del fruto envolviendo la semilla, como transformación de la hoja carpelar o monocotiledonar.

En el maíz, el pericarpio, se presenta como una delgada folicula y por lo mismo, no se puede diferenciar en Epicarpio, Mesocarpio y Endocarpio; constituyendo así una sola estructura.

b) Endosperma

Es la principal reserva energética del grano, está compuesto por un 90% de almidón y un 7% de proteínas, con pequeñas cantidades de aceite, minerales, y otros componentes químicos. La función principal del endosperma, consiste en proporcionar alimento energético a la planta joven hasta que sus raíces estén bien afianzadas y sus hojas puedan elaborar sustancias energéticas (carbohidratos) para satisfacer los requerimientos de la vida y el crecimiento. La función del núcleo secundario con uno de los gametos se forma la célula madre del endospermo, que resulta triploide. El endosperma va a constituir un tejido que acumulara sustancias de reserva; que el embrión utilizara durante la germinación de la semilla.

Las sustancias que acumula el endosperma suele ser muy variadas; almidón, proteínas (aleurona), hemicelulosa, etc. En muchas plantas el endosperma persiste hasta la maduración de la semilla, en tanto que en otras es reabsorbido por el embrión en crecimiento.

Las proteínas más abundantes en el grano son de dos clases:

a) Prolaminas solubles en alcohol

b) Glutelinas solubles en álcali. Ambas están presentes en mayor concentración en el endosperma y las glutelinas constituyen alrededor de 35 - 50% de la proteína del endospermo maduro.

c) Embrión

El embrión del grano está formado por dos partes principales: El eje embrionario o planta nueva, y el escutelo, que constituye una gran reserva de alimentos para la plántula en crecimiento. En el grano maduro, el eje embrionario es una plúmula (parte foliar), esbozo embrionario de cinco a seis hojas y una radícula o porción semejante a una raíz en miniatura. También sustenta que el embrión esta preformada la estructura de la planta maíz en miniatura: Las primeras cinco hojas verdaderas, un tejido que se llama coleoptilo que el “cartucho” que protege a las hojas hasta que logran emerger de la tierra, y las primeras raíces seminales. El embrión o planta tierna del maíz esta incrustado cerca de una cara del endosperma en la base del grano o Cariopse.

2.4.2. Germinación y emergencia

De los involucros del revestimiento de la carióspside se origina primero la radícula y, poco después, la plúmula a continuación destacan numerosas raicillas primarias que aseguran la nutrición de la plántula en los primeros estados de desarrollo. Estas raíces primarias permanecen activas a lo largo de todo el ciclo vital de la planta, aunque su función va disminuyendo progresivamente en importancia.

El mismo autor señala, que mientras se desarrollan las raíces primarias, la plúmula, protegida por el coleoptilo, se alarga en condiciones normales de siembra; el primer nudo se halla siempre próximo a la superficie. La primera fase de desarrollo concluye pasado un mes después de la germinación propiamente dicha con la emisión de la tercera hoja y de las primeras raíces adventicias del nudo basal.

El grano de maíz s siembra en un suelo húmedo y cálido, que permita el rápido comienzo de la germinación, cuando la semilla se pone en contacto con la humedad, absorbe agua a través de la cubierta y el grano comienza a hincharse, los cambios químicos activan el crecimiento en el eje embrionario, también la radícula se alarga y sale de la cubierta en dos o tres días poco después, la plúmula comienza a alargarse y se inicia la formación de nuevas hojas dentro de esta parte de la plántula.

Después de la primera aparecen rápidamente varias raíces seminales o de la semilla, que sirven para afirmar a la planta y para absorber el agua y sustancias nutritivas. El sistema radicular principal surge posteriormente, por encima del primero, originándose en la corona de la planta en crecimiento.

Entre el punto de inserción de la semilla y la corona aparece un trozo tubular de color blanco, semejante a un tallo, que es el mesocotilo. Para que surja la plántula, es muy importante que se produzca el alargamiento de esta estructura, cuando se siembra a una profundidad media de 5 a 8 cm, el mesocotilo se alarga hasta llegar a la mitad de la distancia que lo separa de la superficie.

El alargamiento del coleoptilo, cubre la distancia restante y hace que las partes foliares salgan de la tierra, el coleoptilo es firme y puntiagudo y puede abrirse camino a través de un suelo normal, y este frota entre seis y ocho días después la siembra, tan pronto alcanza la luz, se rompe la parte superior y se despliegan dos hojas verdaderas, en buenas condiciones de crecimiento salen del verticilo algunas otras hojas abriéndose a una velocidad aproximada de una hoja cada tres días, entre 15 y 18 días después de la siembra, la nueva plántula deberá estar bien afianzada, con cinco a seis hojas desplegadas y se habrá desarrollado el sistema radicular primario, de manera que la plántula no dependa más de los alimentos suministrados por el grano.

La germinación es la serie de procesos que incluyen la inhibición (absorción de agua por parte de la semilla), ruptura del pericarpio y el crecimiento de las primeras hojas y raíces seminales. Este proceso es influenciado por factores ambientales y por la calidad de la semilla. Germinación es la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, que provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta.

2.4.3. Desarrollo vegetativo

Una vez afianzada, la planta de maíz inicia la formación del sistema radicular y la estructura foliar, que utilizara para producir la inflorescencia y el grano. La fase de crecimiento se caracteriza por el alargamiento de los entrenudos, la emisión de hojas y la formación de la gran masa de raíces adventicias. Todas las hojas de la planta se forman durante las primeras las cuatro o cinco semanas de su crecimiento y el alargamiento de la caña resulta muy rápido.

Las hojas nuevas se producen en un único punto de crecimiento, situado en el ápice del tallo, este punto de crecimiento está bajo la superficie o cerca de ella, y ha medida que la planta crece, y hasta poco antes del surgimiento de la panoja, aparecen hojas “Nuevas” que se han formado dentro de la planta durante el periodo de crecimiento vegetativo, de cinco hojas embrionarias en la semilla, una planta de maíz normal produce entre 20 a 30 hojas, todas ellas se forman en el punto de crecimiento antes de comenzar el desarrollo de la panoja.

El mismo autor respecto al sistema radicular indica, que se desarrolla rápidamente durante esta etapa de crecimiento, las raíces seminales pierden pronto su importancia y el sistema radical permanente que comienza a formarse desde la corona, sostiene y nutre a la planta joven, la profundidad de siembra tiene solo una ligera influencia sobre la profundidad de salida del sistema radical principal.

Las raíces primarias continúan hundiéndose y ramificándose, mientras que se forman sucesivas raíces adicionales en los nudos del tallo por encima de la corona. Pero, ha medida que la planta aumenta de tamaño, la capa arada comienza a llenarse de numerosas raíces, que se nutren con la fertilidad concentrada en ese suelo productivo.

2.4.4. Etapa de prefloración

Cuando la planta ha completado la diferenciación del número total de hojas, la función del punto de crecimiento sufre un cambio fundamental y repentino. En condiciones normales de crecimiento, en la “zona de maíz” esto ocurre unos 30 días después de la siembra (pocas veces antes de los 25 o después de los 35). En este momento, la altura de la planta alcanza a la rodilla de una persona. El punto de crecimiento se encuentra en el nivel del suelo. Exteriormente se podrán observar de ocho a diez hojas, sin ninguna de ellas se ha muerto o roto.

El mismo autor indica, que el punto de crecimiento, que hasta este momento ha presentado forma circular o hemisférica se alarga hasta formar un cilindro de ápice redondeado. Esta transición, que demora solo dos o tres días, se continúa con la aparición de bultos diminutos a los costados del punto de crecimiento. En pocos días, la panoja embrionaria se ha desarrollado lo suficiente como para ser reconocible. A esta altura, los entrenudos inferiores del tallo comienzan a alargarse con mucha rapidez. La planta comienza una etapa de crecimiento vertical extremadamente veloz que exige al sistema radical una gran actividad radical para suministrar agua y sustancias nutritivas. En este periodo las raíces crecen con rapidez y pronto llenan la mayor parte del espacio disponible en la zona radicular del suelo.

La espiga diminuta comienza a formarse al costado del punto de crecimiento, apenas una semana o diez días después de iniciada la panoja. La espiga principal del maíz se origina en el ápice de una ramificación lateral, situada aproximadamente en el sexto nudo por debajo de la panoja. En realidad, cinco o seis nudos más abajo, el de la espiga forma espigas rudimentarias; a menudo, en bajas densidades de población, una de estas produce mazorca y grano, lo que no suele ocurrir en densidades altas.

Cuando surge la panoja, puede verse el ápice del vástago de la espiga, disminuye la velocidad de crecimiento de la planta y se inicia la preparación para la floración. Aproximadamente una semana antes de la liberación del polen, todos los entrenudos, excepto los dos o tres superiores ya tienen su largo total y la planta ha alcanzado su altura definitiva. En los previos a la liberación del polen y al alargamiento de los estilos, la planta utiliza la mayor parte de su energía en la producción de polen maduro y en la formación de la estructura de la mazorca y de la espiga. Estos dos procesos requieren gran cantidad de proteínas. Si las condiciones de crecimiento han sido desfavorables, especialmente si ha habido deficiencias en el metabolismo del nitrógeno, disminuirá el tamaño de la espiga en formación. Dentro del mecanismo de control de la planta, en esta etapa de formación de la panoja y del polen tendrían prioridad sobre la de la espiga y los estilos; de esta manera, la función de la panoja y la liberación del polen tienen menores probabilidades que la formación de la espiga y el desarrollo de los estilos de verse perjudicadas por condiciones desfavorables, uno a dos días antes de comenzar la liberación del polen los entrenudos superiores se alargan rápidamente y empujan a la panoja fuera de la masa foliar.

2.4.5. Etapa de floración

Se considera como floración el momento en que la panoja se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o lluvias. Cuando los granos de polen caen sobre los estilos, son atrapados por los pequeños pelos y por la superficie húmeda y pegajosa.

El grano de polen germina rápidamente, produce un tubo polínico que crece, desciende por el canal del estilo y se penetra en la flor femenina. El primer tubo que alcanza el saco embrionario femenino casi siempre lo fecunda y comienza a formarse el grano de maíz.

La polinización es una etapa sumamente expuesta en la vida de la planta de maíz. En ella los fracasos o tienen importantes consecuencias sobre el rendimiento, pues un grano que está bien formada y totalmente polinizada no podrá alcanzar un tamaño normal en la madurez.

2.4.5.6. Maduración y secado del grano

La maduración comprende diversas fases las que se denominan como: Madurez láctea, madurez pastosa, madurez completa y madurez de muerte, las cuales son descritas de la siguiente manera:

En los primeros días no se produce cambios visibles en la espiga fecundada, aunque los estilos se marchitan y toman un color acuosa, que son los granos en formación.

Durante las semanas siguientes, los granos crecen muy rápidamente, el embrión toma forma dentro de ellos y la mazorca, se desarrolla hasta alcanzar su longitud y diámetro definitivo. En esta etapa la planta se dedica a llenar la mazorca y a iniciar el almacenamiento de alimento en los granos. Al final de la tercera semana posterior a la polinización, los granos se llenan de una sustancia lechosa, casi fluida, con gran cantidad de azúcares.

Desde este momento hasta cerca del final de la quinta semana, las sustancias contenidas en el grano sufren un cambio profundo. Los azúcares desaparecen pronto y son reemplazados primero por dextrinas gomosas, e inmediatamente por almidón más seco.

La parte superior del grano, o corona, es el primer lugar donde se deposita almidón seco, endurecido. Alrededor de 40 días después de la fecundación, se puede observar, a través del grano, una banda definida que separa la zona amilácea en maduración de la región lechosa inferior, donde se continúan depositando sustancias de reserva: Aumenta la materia seca mientras se registra el descenso de la humedad hacia el final de la séptima semana de formación del grano, el embrión ha alcanzado casi su tamaño final disminuye la velocidad de almacenamiento de alimentos y el grano se aproxima a la madurez.

En condiciones normales, en esta etapa las consecuencias sobre el rendimiento no son tan importantes como en las anteriores. Se ha fijado la cantidad de espigas y de granos por espiga; sin embargo, un serio déficit de humedad, la escasez de nutrientes, las enfermedades u otras condiciones adversas, impedirán que se llene todo el grano y determinarán si llenan o no los granos superiores de la espiga, incluso aunque hayan sido polinizados. En condiciones adversas extremas la planta muere antes que el grano haya alcanzado su tamaño final. Por otra parte, las condiciones de humedad y fertilidad excepcionalmente favorables hacen que el grano se llene de manera óptima, lo que produce un rendimiento de grano más alto que el esperado. Por lo tanto, las condiciones de este periodo delimitan el tamaño del grano, mientras que en etapas anteriores de crecimiento definen el número de espigas y granos.

2.5. Madurez fisiológica

Es la máxima acumulación de materia seca en el grano (o peso seco total máximo), la humedad promedio en esta etapa es de 30 a 35%. Pero, el grano no se encuentra aún listo para ser almacenado en forma segura, para lo cual se requiere de 13 a 15% de humedad.

Casi simultáneamente con la desaparición de la línea de leche en la región placentaria de la semilla, que corresponde al lugar de inserción de esta corona, se hace visible un punto o película de color negro. La desaparición de la línea de leche y la aparición del punto negro son, en definitiva, indicadores de que se ha alcanzado el estado de madurez fisiológica.

Las apariciones de la madurez fisiológica por días varían considerablemente debido a que son afectados en gran medida, por factores como la temperatura, la duración de los días y de la estación de crecimiento, la lluvia, la densidad y la fecha de siembra y la fertilidad del suelo. *Araoz, M. (2006).*

2.6. Genética del maíz

El maíz se ha tomado como un cultivo muy analizado para investigaciones científicas en los estudios de genética. Continuamente se está estudiando su genotipo y por tratarse de una planta monoica aporta gran información ya que posee una parte materna (femenina) y otra paterna (masculina) por lo que se pueden crear varias recombinaciones (cruces) y crear nuevos híbridos para el mercado. Los objetivos de estos cruzamientos van encaminados a la obtención de altos rendimientos en producción.

Por ello, se selecciona en masa aquellas plantas que son más resistentes a virosis, condiciones climáticas, plagas y que desarrollen un buen porte para cruzarse con otras plantas de maíz que aporten unas características determinadas de lo que se quiera conseguir como mejora de cultivo.

También se selecciona según la forma de la mazorca de maíz, aquellas sobre todo que posean un elevado contenido de granos sin deformación.

2.7. Producción del maíz

2.7.1. Producción mundial

El principal país productor de maíz en el mundo es Estados Unidos con el 51% del total, con una producción cercana a los 300 millones de toneladas por año. China y Brasil poseen cada uno el 23% y 7%, respectivamente, de la producción mundial. En el 2004 China produjo casi 131 millones de toneladas en una superficie de 25 000 000 hectáreas, lo cual lo coloca como el segundo productor mundial de este grano, mientras que México produjo en el mismo año 21 millones de toneladas, en una superficie 8 000 000 de hectáreas, lo que lo coloca en el cuarto lugar.

Fuente:(Gobierno del Estado de Veracruz y Coveca, 2011)

Principales países productores de maíz (toneladas)

Cuadro2: Principales países productores de maíz a nivel mundial

Países	2005	2006	2007	2008	2009
Estados unidos	282,310,690	267,501,056	331,175,072	331,175,072	331,175,072
China	139,498,473	151,731,441	152,418,870	166,035,097	163,118,097
Brasil	35,113,312	42,661,667	52,112,200	59,017,716	51,232,447
México	19,338,700	21,893,209	23,512,752	24,320,100	20,202,600
Indonesia	12,523,894	11,609,463	13,287,527	16,323,922	17,629,740
India	14,709,900	15,100,000	18,955,400	19,290,000	17,300,000
Francia	13,687,659	12,901,769	14,357,300	15,818,500	15,299,900
Argentina	20,482,572	14,445,538	21,755,364	22,016,926	13,121,380
Sudáfrica	11,715,948	6,935,056	7,125,000	12,700,000	12,050,000
Ucrania	7,166,600	6,425,600	7,421,100	11,446,800	10,486,300

Fuente: <http://apps.fao.org/faostat>

2.7.2. Producción en Bolivia

El maíz en Bolivia, como en todas las zonas andinas, principalmente en cabeceras de valle y valles en general, se convirtió en el cereal más importante, cultivado principalmente por pequeños productores y agricultores, que estas zonas constituyen el 90% de los productores, siendo el porcentaje más elevado entre los países andinos, ya que desde el altiplano, pasando por los Valles mesotermicos, Subtropico y Llanos Orientales, constituyendo el alimento básico y de importancia primaria en la dieta boliviana.

La alimentación humana absorbe el 35% de la producción nacional aunque existe cierta tendencia a su disminución frente al incremento continuo del porcentaje destinado al consumo animal. En los últimos años, se introdujo diversas variedades e híbridos en maíz con material seleccionado con resultados positivos para el incremento por unidad de superficie. (*Gandarillas, J.2001.*).

2.8. Forrajes

Aceptando la idea de que los forrajes sirven como vehículo para la producción de nutrientes al ganado, lo primero a tomar en cuenta es que los requerimientos nutricionales al ganado no son fijos, sino que cambian de acuerdo a la edad, estado fisiológico y capacidad productiva del animal. Es por ello que un forraje dado, es capaz de proveer una nutrición adecuada para animales herbívoros de una determinada raza, puede ser un alimento muy pobre en calidad nutritiva para otra raza de animales.

Al mencionar los sistemas de producción animal, donde los forrajes son uno de los principales insumos, es importante tomar en cuenta la diferencia entre los sistemas en que se basan el cultivo de pastos cultivares, en terrenos aptos para otros cultivos y los sistemas que operan en las praderas nativas permanentes.

Los forrajes son el material vegetativo con el cual se alimenta el ganado bovino (poligástricos). Este material incluye pasturas, heno, ensilaje y especies forrajeras, que no pueden ser utilizadas en esta forma para la alimentación humana.

Para que los forrajes tengan un valor nutritivo para el hombre, es necesario que los animales los asimilen y transformen en productos como carnes y leche. Sin la esta transformación, el hombre es incapaz de aprovechar eficientemente la calidad nutritiva de los forrajes.

2.9. ¿Qué es el ensilaje?

El ensilaje es una técnica de conservación del forraje por vía húmeda a diferencia de la henificación (fardo o rollo) donde la conservación del material se produce a partir de una deshidratación previa.

Este tipo de reserva permite el desarrollo de un complejo grupo de microorganismos (M.O.) en un ambiente sin oxígeno (anaerobiosis).

El objetivo es conservar el valor nutritivo de la planta verde, de distintos procesos químicos –biológicos que se producen en el material ensilado. En estos se producen pérdidas efluentes de líquidos, destrucción de la proteína verdadera, de los carbohidratos solubles (CHOS), entre otros componentes; por ello y en la medida de estas fases químicas y biológicas se desarrollen en condiciones óptimas de compactación rápida, sellado hermético del ensilaje, etc.) Se puede obtener un material ensilado cuya calidad es ligeramente inferior al cultivo verde antes de ensilar...

Es valioso aclarar que no existe ningún tipo de conservación que mejore la calidad de ahí el forraje verde original, de ahí la importancia de cuidar todo el proceso enzimático –fermentativo con el objetivo de alcanzar un ensilaje de alta calidad.

2.9.1. Proceso de ensilaje

Los cambios en el forraje verde se inician a partir del momento que se corta (fase enzimática), continúan en el silo en dos etapas, primero durante la fase aeróbica (con oxígeno) y finalmente con la fase anaeróbica (sin oxígeno).

2.9.2. Fase enzimática

Desde el mismo momento que el forraje es cortado comienzan a actuar enzimas propias del vegetal, hidrolizando parte de las proteínas verdaderas, del almidón, de los carbohidratos solubles (CHOS) y de la hemicelulosa, causando pérdidas de distintos órdenes y generando azúcares que serán asados en la fermentación láctica.

Generalmente la reducción de la hemicelulosa es baja, mientras que las proteínas pueden sufrir cambios muy trascendentales por la acción de las enzimas proteolíticas. Estas enzimas pueden convertir a parte de las proteínas verdaderas de la planta verde en nitrógeno proteico péptidas y aminoácidos libres (A.A.) y nitrógeno no proteico (N.N.P.). En cambio por, la actividad de los microorganismos estas sustancias proteicas son reducidas en Amonio y Aminas.

Todas estas alteraciones se magnifican en cultivos forrajeros como la alfalfa o las gramíneas, especialmente en otoño- invierno donde cerca del 85% del total de Nitrógeno puede estar como nitrógeno no proteico (N.N.P.).

Además, estas enzimas producen pérdidas en materia seca (M.S.) y el valor energético del ensilaje, al reducir la disponibilidad de Carbohidratos Solubles (C.H.S.). Afortunadamente, las enzimas de las que hablamos, son muy sensibles al descenso brusco del pH. Cuando se acidifica el material. (*Gandarillas, J.2001.*).

2.9.3. Fase Aeróbica

Las plantas obtienen energía por las reacciones luminosas de la fotosíntesis y por la degradación o respiración de productos de la fijación fotosintética de dióxido de carbono. La reacción por respiración se representa generalmente como la oxidación completa de una molécula de glucosa.

El ensilado experimente complejos procesos bioquímicos y microbiológicos desde que se cosecha hasta que se da como alimento al ganado. Un simple punto de vista de la fermentación, es que inicia con la respiración aeróbica inmediatamente después de que la planta es cosechada. Durante esta fase, los carbohidratos hidrosolubles (CHS, azúcares primarios de las plantas) son convertidas a dióxido de carbono, calor y agua por la célula vegetal y microorganismos aeróbicos específicos. Este proceso continuara hasta que se disminuya el oxígeno o los carbohidratos hidrosolubles vegetales se terminen. La fase aeróbica es ineficiente para una perspectiva de la conservación. Sin embargo, esta ofrece beneficios como: 1) incremento de condiciones anaeróbicas y 2) la producción de ciertos antimicóticos, compuestos benéficos que pueden servir para aumentar la estabilidad aeróbica del ensilaje durante la alimentación. La desventaja de una extensa fase aeróbica son: 1) excesiva pérdida de materia seca que podría estar disponible para las bacterias productoras de ácido láctico o para el ganado al consumir el ensilaje y 2) producción de calor excesivo contribuyendo al incremento potencial de daños por calor de las proteínas del forraje.

2.9.4. Fase Anaeróbica

Después de que el oxígeno en el ensilaje ha sido desplazado, inicia la fermentación, caracterizada por el crecimiento de anaerobios, enterobacterias (bacterias productoras de ácido acético) y muchas otras cepas de bacterias ácido lácticas heterofermentativas. Estos organismos son generalmente los primeros pobladores que se establecen inicialmente debido al calor y la tolerancia al acetato. Ellos producen ácido acético, etanol, ácido láctico y dióxido de carbono (la causa de pérdida de materia seca) por la fermentación de hexosas (glucosa y fructuosa) y pentosas (xilosa y ribosa).

Como el pH del ensilaje tiende a bajar más allá de 5, las bacterias heterofermentativas disminuyen en número. Esto es señal del final de la fase aeróbica la cual en lo general se da a las 24 o 72 horas.

Como el pH continua declinando, este es un cambio hacia la población en aumento de reducción eficiente del pH del ensilaje. El declive del pH se inicia cuando esta población llega a ser aproximadamente de 100 millones de bacterias ácido lácticas (BAL) por gramo de forraje. Muchos de los nutrientes (carbohidratos hidrosolubles, péptidos y aminoácidos) son conservados en el ensilaje cuando la fermentación se termina rápidamente.

La cantidad de ácidos grasos volátiles tales como los ácidos propionico, butírico, acético, láctico y varios asoácidos depende de las prácticas de manejo (principalmente de madurez y humedad) y de las poblaciones epifíticas. El ácido láctico es el más fuerte, más efectivo en el ensilaje para reducir rápidamente el pH.

La fase anaeróbica es la fase principal en el proceso de ensilado el cual lleva al pH del forraje lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento potencial de todo organismo. La fermentación natural, acompañada sólo por organismos epifíticos y sin la asistencia de cualquier tipo de aditivos tomara aproximadamente de, 10 a 3 semanas para llegar a su etapa final. Este tiempo depende del tipo de cultivo, capacidad reguladora de pH (CR), humedad y madurez del material a ensilar.

La tasa y la extensión del pH en el forraje ensilado dependen considerablemente de la humedad y tipo de forraje a ensilar. Las leguminosas con un bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles (4-6%) y alta capacidad amortiguadora (480 miliequivalentes de NaOH/Kg de materia seca) generalmente alcanzara un pH de 4,5 aproximadamente.

El ensilaje de maíz con alto contenido de carbohidratos hidrosolubles (6-8%) y baja capacidad amortiguadora (200 miliequivalentes NaOH/Kg de materia seca) termina con un pH cercano a 4. Ensilajes con menor madurez y mayor humedad, tienen una alta capacidad reguladora de pH, la fermentación se prolonga y requiere grandes niveles de carbohidratos hidrosolubles y un pH más bajo para la estabilidad. Cuando se obtiene el pH final, el forraje encuentra en un “Estado de preservación”.

El pH del ensilaje puede ser medido al mezclar el forraje con agua destilada para obtener un extracto al cual se le determina el pH mediante un potenciómetro o tiras indicadoras. Sin embargo, es importante reconocer que el pH del forraje no es el único indicador de la calidad de fermentación. Cuando el pH sea de 3,5 a 4, el ensilaje se mantendrá relativamente “Estable” durante un periodo de almacenamiento.

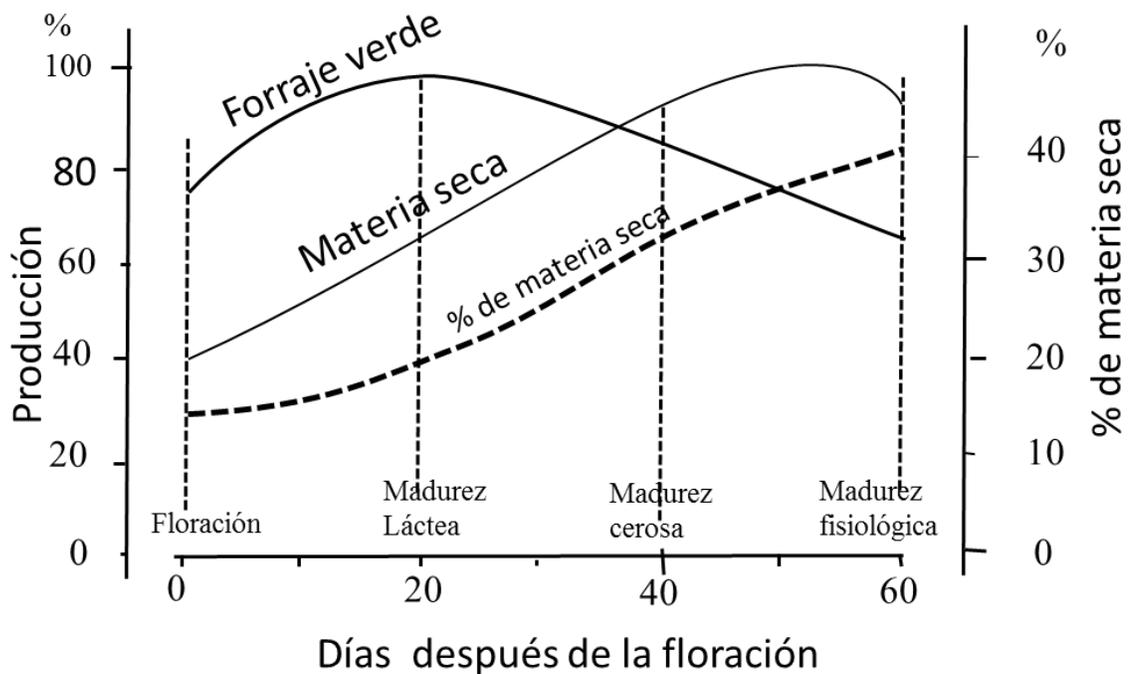
El ensilaje es un estado dinámico que depende de: 1) condiciones anaeróbicas (ej. La cantidad de aire que penetra), 2) mantener los niveles de sustratos fermentables, 3) número y tipos de organismos (aerobios, levaduras o mohos) presentes en el cultivo a ensilar, 4) nivel y tipos de ácidos de la fermentación presentes en el ensilaje durante la descarga del silo, lo que hará variar el pH y con ello su periodo de conservación y calidad. (*Alaniz, O.G.2008*).

2.10. Época de corte del maíz

Desde el momento de la floración hasta la cosecha, se modifica la proporción de los diferentes componentes anatómicos de la planta, aumenta la proporción de grano y tallos, disminuye la de las hojas. Los cambios en la composición química de cada uno de los componentes también varía; en el grano aumenta el contenido de almidón y disminuye el contenido de agua. De los azúcares solubles en agua y de la proteína. En los tallos y en las hojas, aumenta el contenido de pared celular (es decir fibra) y disminuye y disminuye el contenido de agua, proteína y azúcares solubles. (**Bravo, F.2008.**).

El momento ideal para recolectar el forraje de maíz. Se determina fácilmente por medio de la gráfica siguiente:

Gráfica 1: Variación de la producción de materia verde, materia seca y del % de materia seca, en función de la época de recolección del forraje de maíz. (**A. Giardini.**)



De las tres curvas representadas, la de mayor consideración es la que representa a la producción de materia seca, que varía notablemente según el periodo en que se coseche; en el momento de emisión de la espiga, es de apenas un 40% del máximo posible, alcanza el 65% en la madurez láctea del grano y el 90-95% en plena maduración cerosa.

A partir de la maduración cerosa, tiende a disminuir a causa de las pérdidas que se producen en el campo (hojas basales, mazorcas y espigas).

El momento más adecuado de realizar el corte de maíz para forraje, es cuando el grano está bien formado. Para que el ensilado de maíz sea rico en energía, es necesario recolectarlo en un adecuado estado de desarrollo del grano, puesto que posee el doble de energía que los tallos y las hojas juntos.

Para los materiales aquí recomendados, la proporción de elote es menor que la planta, sin embargo aportan buen rendimiento de hojas y tallo.

Los estados de madurez que presenta el grano, antes de llegar a la maduración son los siguientes:

2.11. Estado lechoso, el grano libera una sustancia lechosa cuando es aplastado, la planta todavía está verde, teniendo un porcentaje de materia seca cercana al 20%.

2.11.1. Estado pastoso blando, se aplasta fácilmente, pero sin liberar jugos, siendo posible partirlo con la uña, las hojas por debajo de la espiga, así como envolturas de esta comienzan a amarillear y la planta entera contiene alrededor de un 25% de la materia seca.

2.11.2. Estado pastoso duro, es difícil aplastarlo aunque se puede rayar con la uña, las envolturas del totomoxtle amarillean y las hojas comienzan a secarse en la parte inferior de la planta, que presenta un contenido de materia seca próxima al 30%.

2.11.3. Estado vítreo, el grano es duro y se raya fácilmente, las hojas están secas en toda la planta y el contenido de materia seca de la misma es superior al 35%.

El momento más adecuado para la recolección, será cuando el grano se encuentra en **estado pastoso duro**, donde el contenido de materia seca de la misma es superior al 30%. Otro indicador para el óptimo estado del corte, es cuando se presenta la “**línea de leche**”. Esta línea marca el avance de endurecimiento de la maduración del grano. Dividiendo la zona de almidón líquido del sólido; suele aparecer cuando el grano empieza a aplastarse en la parte apical de la “corona”. El corte puede hacerse cuando el grano presenta la línea de leche en su porción media o tres cuartos, el contenido óptimo de energía y el mayor rendimiento se producen cuando la línea de separación de faces se sitúa entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{2}{3}$ de la longitud del grano.

Cuando se corta el maíz muy tierno en la primera fase (lechoso). El grano tiene demasiada humedad y por ello, durante el ensilado. Se produce una mayor pérdida por escurrimientos. A medida que el grano va madurando. Es decir al pasar del estado lechoso al pastoso y luego al vítreo. Aumenta su consistencia. Ya que va perdiendo agua y acumulando almidón. Por ello en la última fase (grano vítreo). El grano es excesivamente duro y dificulta la fermentación. Además de que también disminuye la eficacia del compactado para la eliminación del aire. (*Bravo, F.2008.*)

2.12. Requerimientos climáticos del cultivo de maíz

El Maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C, así como bastante incidencia de luz solar, para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C, llega a soportar temperaturas mínimas de 8°C y a partir de los 30°C, pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua, para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. Es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día, las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante; en la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere. Se adapta muy bien a todos tipos de suelo, pero suelos con PH de 6 a 7 son a los que mejor se adapta, asimismo requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular. *Fuente:* <http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/agricultura/maizforrajero/>

2.12.1. Requerimientos hídricos del cultivo de maíz

Los rendimientos de la cosecha de maíz, tanto en grano como forraje, presentan una fuerte correlación con las cantidades de agua aportadas por la lluvia o el riego. Las necesidades de agua consideradas normales para el cultivo oscilan sobre los 600 mm.

La velocidad de consumo de agua por las plantas a partir del porcentaje de la reserva útil que exista en cada momento depende de la textura del suelo y de la intensidad de la demanda climática (humedad ambiente, temperatura, insolación, vientos...).

En los primeros estadios de desarrollo, una relativa escasez de agua induce un mayor crecimiento en profundidad de las raíces, lo que después permitirá a las plantas resistir mejor a la posible falta de agua en la época más calurosa.

Desde que emergen las plántulas hasta que alcanzan una altura de 30 a 40 cm, las condiciones atmosféricas (temperatura, insolación y humedad) suelen no ser extremas y la transpiración y evaporación (ETP) son relativamente bajas. En estas condiciones pueden calcularse unas necesidades medias diarias de 2 a 3 mm.

Conforme pasan los días la ETP va aumentando. Mientras dura el desarrollo vegetativo, los cortos periodos de sequía pueden llegar a detener momentáneamente el crecimiento de las plantas. Entonces el metabolismo vegetal se concentra en la elaboración y reserva en sus tejidos de azúcares sencillos.

Los jugos celulares se hacen más densos. En cuanto un aporte de agua permite a la planta recuperar su actividad normal, interrumpida por la escasez de agua, la movilización de las reservas azucaradas acumuladas en los días anteriores sirve para imprimir un mayor dinamismo a los procesos de síntesis de materia seca. La planta se recupera entonces rápidamente y compensa con un crecimiento más activo el periodo estático anterior.

La ETP suele ser máxima durante los estados de botón floral, espigado y polinización. Las necesidades de agua han ido creciendo hasta llegar a los 10mm/día e incluso más.

Sobre esta época las máximas necesidades de agua por la planta suelen coincidir con las reservas mínimas en el suelo y la ausencia o escasez de precipitaciones, así como las temperaturas e insolación más fuertes.

La falta de humedad y el excesivo calor en esta época, propios de algunas de nuestras regiones, pueden provocar el aborto de parte de las flores y el agostamiento de las hojas superiores. La polinización puede verse perjudicada y la cosecha reducida más o menos drásticamente.

El tiempo que precisan las flores femeninas para echar sus estilos (barbas o sedas), en condiciones normales, es de unos diez días. En condiciones de extrema sequía, este periodo puede prolongarse hasta cuatro semanas y más. Al mismo tiempo, las altas temperaturas, frecuentes en la misma época, pueden provocar un acortamiento del tiempo en que tiene lugar la emisión de polen por las flores masculinas. Así, la coincidencia en el momento de la fecundación de altas temperaturas con escasez de agua puede hacer que un alto porcentaje de flores femeninas no reciben el polen de las espigas masculinas, con lo que muchas semillas abortarán y la cosecha quedara muy reducida.

En las cinco semanas siguientes al estado de botón floral las plantas precisan disponer aproximadamente de la mitad del total de agua utilizada durante todo el ciclo de cultivo. Si durante este periodo crítico (apertura de las flores y polinización) las plantas no disponen de agua durante dos o tres días, la cosecha puede verse reducida hasta en un 20 por 100. Si la falta de agua se prolonga seis a ocho días, la cosecha muy posiblemente se quedara en un 50 por 100, o menos incluso, con relacional rendimiento normal.

2.12.2. Requerimientos edáficos del cultivo de maíz

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas a condición de emplear variedades adecuadas y utilizar técnicas de cultivo apropiadas.

Los peores suelos para el maíz son los excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos); los primeros, por su facilidad para inundarse y los arenosos por su propensión a secarse excesivamente.

El clima, en relación con las características del suelo, es también fundamental para evaluar las posibilidades de hacer un cultivo rentable. En regiones de clima frío y con fuertes precipitaciones, los suelos relativamente ligeros son preferibles por su facilidad para drenar y alta capacidad para conservar el calor. En lugares de escasas precipitaciones, los suelos de textura relativamente pesada (arcillosos) dotados de alta capacidad retentiva para el agua, son los más convenientes.

En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua.

En comparación con otros cultivos, el maíz se adapta bastante bien a la acidez alcalinidad del terreno. Puede cultivarse con buenos resultados entre pH 5,5y 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (pH entre 6y 7).

(Llanos, M.1984.).

2.13. Requerimientos nutricionales y exigencias del cultivo

Todas las plantas requieren una serie de nutrientes que los obtienen del medio que las rodea y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, y zinc) todos son importantes y deben mantener un equilibrio para el óptimo desarrollo de los vegetales; se podría decir que el N,P,K son los elementos que más se toma en cuenta ya que estos son absorbidos en mayor cantidad por las plantas y se presentan deficiencias caso contrario de los secundarios y micro nutrientes que es menos probable encontrar deficiencias (*INPOFOS, 1997*).

El maíz, como toda gramínea, es altamente demandante en nitrógeno, por lo que es este nutriente uno de los principales a tener en cuenta en cualquier plan de fertilización dentro de una nutrición balanceada. Esto es, para poder conseguir que la planta de maíz trabaje óptimamente, es necesario un aporte balanceado de nutrientes. Por eso es fundamental conocer la importancia relativa de todos los demás elementos de forma tal de entender cuáles son los caminos a seguir para conseguir un cultivo bien balanceado desde el punto de vista nutricional.

Para conocer la importancia que puede tener aplicar algún otro nutriente de los considerados esenciales, a continuación hacemos una breve descripción de función de los distintos nutrientes en el cultivo del maíz:

2.13.1. Nitrógeno (N): Es el nutriente motor del crecimiento. Cuando la planta lo absorbe, lo acumula como nitrato en las hojas, y es este nitrato el encargado de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento, cuyo exponente principal es el AIA (ácido indol acético). Así mismo, el nitrógeno es el componente principal de la mayoría de los aminoácidos que integran las proteínas.

2.13.2. Fósforo (P): Es la fuente de energía necesaria para que se produzcan todos los procesos metabólicos en la planta. Su deficiencia le imposibilita a la planta completar normalmente dichos procesos. Los dos momentos críticos en los que su presencia es fundamental son: A la germinación, para favorecer el rápido crecimiento radicular; V6, es decir en los momentos en los que comienza una gran actividad metabólica asociada a la fecundación y comienzo del llenado de los granos.

2.13.3. Potasio (K): Su rol más relevante lo cumple en todo proceso de traslado de azúcares fotosintetizando. A medida que la planta va fotosintetizando, va acumulando azúcares en las hojas. Estos azúcares son los que la planta trasloca a los granos en el momento del llenado de los mismos. El potasio es el responsable principal de este traslado. Las gramíneas y oleaginosas son altamente exigentes en este nutriente.

2.13.4. Calcio (Ca): Es uno de los nutrientes más importantes, y tal vez al que menos atención se le presta por considerar a los suelos “supuestamente” bien abastecidos del mismo. Su rol principal está asociado a la síntesis de componentes de estructura de la planta en la forma de pectato de calcio. La demanda de este nutriente es lineal a lo largo de todo el ciclo, puesto que la planta la utiliza durante la etapa de crecimiento radicular, durante la etapa de crecimiento vegetativo, durante la floración y finalmente durante la etapa de crecimiento, manifestándose más claramente durante la etapa del desarrollo inicial de raíces.

Es fundamental en el balance hormonal: el calcio es conocido como el nutriente antiestrés, ante la deficiencia de la planta altera su comportamiento hormonal, acelerándose los procesos de degradación de tejidos. Esto se traduce en menor duración del ciclo de cultivo.

2.13.5. Magnesio (Mg): cumple tres roles importantes en la planta (entre otros). En primer lugar es integrante de la clorofila, potenciando de esta manera la síntesis de azúcares. También interviene en el proceso de traslado de azúcares a los granos en forma similar al potasio aunque en segundo plano de importancia. Y finalmente optimiza el aprovechamiento del fósforo dentro de la planta facilitando el establecimiento del ATP (fuente de fósforo).

2.13.6. Azufre (S): Fundamental para el aprovechamiento del nitrógeno. Una vez que el nitrógeno se acumuló como nitrato en las hojas, debe ser transformado en proteína. En ese proceso interviene una enzima llamada nitrato reductasa, en la el azufre es uno de sus principales componentes. También forma parte de la síntesis de aminoácidos azufrados (cistina, cisteína y metionina), de algunas vitaminas (tiamina, biotina y de la coenzima A, fundamental para la respiración).

Fuente:<http://www.agroestrategias.com/pdf/Cultivos%20-%20Fertilizacion%20de%20Maiz.pdf>

2.14. Micro elementos: Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Boro (B), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu).

Es común pensar que los microelementos al requerirse en cantidades muy pequeñas no limitan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, esto es equivocado ya que si alguno de ellos no se encuentra presente o se satisface de manera correcta el rendimiento del cultivo se ve afectado negativamente.

Cada planta posee su mínimo, óptimo o máximo de tolerancia para cada uno de los elementos citados, hacemos referencia a la frase “Todo es veneno, nada es veneno, depende de la dosis”.

2.14.1. Hierro (Fe): Elemento absorbido principalmente por las raíces como ion ferroso (Fe^{2+}), asume la función de catalizador de los procesos respiratorios y de la formación de la clorofila. Su disponibilidad depende de factores como temperatura, excesos de fósforo, aluminio y algunos metales pesados.

Los síntomas de deficiencia se manifiestan en las hojas jóvenes en forma de una clorosis intervenal pronunciada. La planta de maíz presenta una sensibilidad media a la deficiencia de este elemento.



2.14.2. Manganeso (Mn): Microelemento absorbido por la planta como ion manganeso Mn^{2+} . Es catalizador de la formación de la clorofila y de las reacciones de óxido-reducción en los tejidos. Es un elemento poco móvil, es poco disponible en suelos alcalinos.

Los síntomas de deficiencia se manifiestan tanto en las hojas jóvenes como adultas, en forma de clorosis intervenal y una formación de manchas necróticas. La planta de maíz está dentro del nivel medianamente sensible.



2.14.3. Zinc (Zn): Absorción por raíz y vía foliar como ion divalente (Zn^{2+}), implicado en la síntesis de triptófano, precursor clave de las auxinas (hormona de crecimiento vegetal). Es antagónico de Fe y fósforo; a menudo hace sinergia con el Cu y Mg. Su disponibilidad disminuye en suelos alcalinos. En la planta se muestra un acortamiento de los entrenudos, típico aspecto arrositado y frutos pequeños.



En el caso de la planta de maíz es muy sensible a la deficiencia de este elemento, presenta manchas intervenales verde pálido y amarillas a veces blancas.

2.14.4. Cobre (Cu): Es absorbido como ion divalente (Cu^{2+}), participa en la activación de enzimas. Un exceso de este elemento resultaría tóxico para la planta, las deficiencias se presentan en caso de excesos de fósforo.

Deficiencias moderadas y agudas dan síntomas visibles en las partes apicales de la planta aunque no son tan vistosas, el maíz es medianamente sensible.



2.14.5. Boro (B): Es utilizado en las plantas como ácido bórico H_3BO_3 . En las plantas se encuentra en pequeñas cantidades, pero aun así ejerce un efecto estabilizante en los complejos del Ca, además de influenciar procesos fisiológicos del control hormonal. Su disponibilidad se ve afectada por el exceso de N, aplicaciones recientes de cal y situaciones climáticas.

Elemento poco móvil, los síntomas de deficiencia se pueden manifestar en cualquier momento del ciclo productivo, el maíz es medianamente sensible a este problema. Se manifiesta en las hojas con un engrosamiento, fragilidad y puntos cloróticos.



2.14.6. Molibdeno (Mo): Resulta más asimilable en suelos alcalinos por la planta como (MoO₄), está asociado a la enzima nitrato-reductasa. Los síntomas que muestra en deficiencia son clorosis en las hojas basales más viejas y las hojas jóvenes resultan pálidas y menos desarrolladas.

Las plantas viven en un ambiente iónico muy diluido donde logran nutrirse y por lo tanto sobrevivir, si este no cumple con las características indicadas la planta no tendrá un desarrollo y crecimiento óptimo.

Los micronutrientes aun en cantidades pequeñas son indispensables, una deficiencia o un exceso conlleva a tener consecuencias. Por lo que llevar una verificación de su presencia en la planta es indispensable. Recordemos una planta bien nutrida, es una planta vigorosa y con capacidad productiva. (*Castellanos, Z., J.2013*).



2.15. Labores Culturales

2.15.1 El Raleo.- Este último es frecuente que suela materializarse sé, porque es habitual que fallen algunas semillas. Así al cuando las plantas llevan a cierta altura y se estabilizan conviene suprimir una parte de ellas, a través de un aclareo de las hileras, reduciendo el número de plantas de las mismas, dejando las plantas separadas entre sí al menos 20cm. El material resultante o se puede aprovechar para alimento de los animales especialmente para los herbívoros o bien, tras trocearlo un poco, usarlo como material de cobertura, sobre los mismos surcos.

Fuente: <https://elhuerto20.wordpress.com/tag/aclareo-del-maiz/>

Es una labor de cultivo que se práctica cuando la planta ha alcanzado un tamaño próximo de 25 a 30 cm. y consiste en ir dejando una sola planta por golpe y se van eliminando las restantes.

Fuente: <http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html>

2.15.2. La incorporación de urea

El maíz, como todo cultivo requiere de suelos con profundidad adecuada y buena fertilidad natural para desarrollarse y producir de acuerdo a su potencial genético. Si queremos conocer la fertilidad natural del suelo se requiere que el productor tome una muestra de suelo de su terreno y la remita a un laboratorio para su respectivo análisis físico-químico.

El laboratorio indicara al productor, el tipo de fertilizante comercial, la dosis y épocas de aplicación más adecuadas para las condiciones propias de su terreno.

Para dar una recomendación sobre fertilización en determinada región es necesario basarse en la experiencia de la investigación a nivel de finca, análisis de suelo, pH, tipo de suelo y otros factores ambientales. A continuación se dan algunas recomendaciones que sin ser inflexibles servirán como una guía. Estas recomendaciones podrían variar según la experiencia y conocimiento que sobre las condiciones ambientales y socioeconómicas tengan los consultores individuales y empresas privadas de asistencia técnica, investigadores y productores en cada zona. Estas recomendaciones corresponden a rendimientos óptimos económicos y no a rendimientos máximas agronómicas.

El 50% de Nitrógeno Urea y toda la fórmula debe aplicarse al momento de la siembra luego entre los 20 y 30 días después de nacido el maíz aplicar el resto de Nitrógeno. Sin embargo, la planta de maíz utiliza más eficientemente el Nitrógeno si se aplica en tres fracciones: el 33% al momento de la siembra y los otros dos tercios a los 20 y 40 días, respectivamente.

<http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-maiz.pdf>

La oferta de nitrógeno para cubrir las necesidades nitrogenadas provienen de varios componentes:

1-Nitrógeno de nitratos disponible a la siembra ($N-NO_3^-$ disponibles de 0-60 cm)

2-Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada: la cantidad de nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo varía según temperatura, humedad y tipo de suelo. A modo orientativo, se puede considerar alrededor del 2.5% del Nt (nitrógeno total del suelo determinando en el estrato de 0-30cm.

3-Nitrógeno del fertilizante: en el caso de que el nitrógeno inicial medido por análisis de suelos a la siembra (nitratos) y el nitrógeno mineralizado desde la materia orgánica humificada sean inferiores al requerido por el cultivo se deberá fertilizar la diferencia para mantener el balance en equilibrio (oferta de nitrógeno=demanda de nitrógeno).

El manejo del fertilizante debería contemplar qué pérdidas de nitrógeno se pueden presentar y diseñan la estrategia de fertilización que minimice la incidencia global de las mismas. Las pérdidas de nitrógeno que deben ser consideradas para estimar la dosis de fertilizante a agregar se caracterizan brevemente a continuación:

2.15.3. Volatilización de amoníaco: Esta pérdida se genera en aplicaciones de urea o fertilizantes que contienen urea en su composición o aplicaciones de fertilizantes amoniacales en suelos con pH elevados. Cuando la urea se hidroliza en el suelo, se incrementa el pH alrededor de los gránulos del fertilizante alcanzando pHs de 8.5 desplazando el equilibrio del amonio hacia el amoníaco, que se pierde como gas. La enzima que cataliza la hidrólisis de la urea en el suelo es la ureasa. La concentración de esta enzima es muy superior en los rastrojos que en suelo. Por ello, la aplicación de urea sobre residuos incrementaría la tasa de pérdida de nitrógeno por esta vía, siempre que el ambiente sea predisponente. Los otros factores que predisponen la pérdida por volatilización son la temperatura (mayores a 15-18 °C), dosis de nitrógeno, vientos, pH del suelo, etc. Una vez incorporado el fertilizante (ya sea por un implemento agrícola o por las lluvias y/o riego) la magnitud de la pérdida se reduce significativamente. En aplicaciones de fertilizantes en V6 hay que tener en cuenta las condiciones ambientales mencionadas para decidir la fuente de fertilizante a utilizar y/o la dosis de nutriente a aplicar.

2.15.4. Lixiviación de nitratos: Esta pérdida es el lavado de nitratos por el agua de precolación del suelo por debajo de la zona de aprovechamiento de las raíces. Para que se genere la misma es necesario un flujo vertical de agua en el perfil del suelo saturado provocado por lluvias intensas o el riego. Esta pérdida resulta más importantes en suelos arenosos por la mayor movilidad vertical de los nitratos. Teniendo en cuenta que estamos frente a un ciclo climático húmedo, los pronósticos meteorológicos de corto plazo a nivel local deberían considerarse en las decisiones de fertilización a campo. Existen varios factores que inciden en forma integral en la magnitud de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitratos: tipo de suelo (textura, permeabilidad, etc.), cobertura de residuos o de cultivos; disponibilidad de nitratos en el suelo; intensidad de la lluvia y/o riego; etc.

En términos generales, un excedente o balance positivo de agua en el sistema suelo-planta determina una salida neta de nitratos fuera del sistema suelo-planta. La estrategia de manejo del fertilizante debería procurar aplicar el nitrógeno escapando a los eventos de lluvias intensas o en etapas en donde el cultivo comienza a consumir agua y nutrientes en forma más intensa. En el caso del maíz, a partir de V6-7 comienza una etapa de crecimiento activo y por ende esta etapa fenológica resultaría un buen momento para agregar nitrógeno. En aplicaciones a la siembra o de posemergencia, de presentarse eventos de lluvias intensas (comunes en esta época) podrían reducir el aprovechamiento del nitrógeno fertilizado. En el caso de sistemas bajo riego, la lámina de agua aplicada no debería superar la demanda real de evapotranspiración del cultivo para evitar la migración de los nitratos fuera de la zona de aprovechamiento radical del cultivo.

2.15.5. Desnitrificación: Este proceso es poco relevante en maíz. Se presenta en condiciones de excesos hídricos prolongados en el suelo que generan anaerobiosis que promueven la reducción de los nitratos a óxidos de nitrógeno y en casos extremos a nitrógeno molecular (N_2). Este mecanismo de pérdida se presenta cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo.

Fuente: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>

2.15.6. Control de malezas

El control de malezas es importante y sobretodo necesario para la buena conducción del cultivo. Como se ha indicado, el maíz es mayormente afectado por las malezas durante su periodo crítico, donde precisamente debe aplicarse el control.

Una de las condiciones que contribuyen al normal desarrollo del cultivo de maíz es que se mantenga libre de malezas. En la esta condición no es posible y solo cabe esperar que la presencia de malezas sea mínima y en un nivel que no afecte el rendimiento hasta el final del cultivo.

Antes de iniciar el control de malezas y decidir el método a aplicar deberá considerarse algunos aspectos importantes.

Información procedente sobre la presencia estacional (invierno – verano) de las malezas más importantes.

Se registrara información sobre las malezas predominantes, las más agresivas y persistentes; de hoja ancha o angosta, anuales u otras.

Textura del suelo, por su relación con dosis y efectividad del control químico (herbicida).

Disponibilidad de equipo manual, mecánico y de aspersion.

“Controlar las malezas consiste en limitar y reducir su presencia hasta un nivel que no afecten al rendimiento económico del cultivo”. El control debe realizarse lo más temprano posible para reducir su presencia, limitar su producción de semillas, evitando así su multiplicación.

2.15.7. Periodo critico

El maíz, en su ciclo vegetativo tiene un periodo crítico, desde la emergencia hasta 40-50 días, en que es más sensible al ataque de malezas. Es el periodo en el que más daño se le puede ocasionar sin que esto signifique que las malezas también afecten en otras etapas del cultivo, pero con menor intensidad.

La competencia de las malezas en un campo de maíz es por nutrientes, luz y agua. Con frecuencia sirven también de hospederos de plagas y enfermedades.

En maíz, el control de malezas se puede realizar en cuatro momentos del cultivo: a) Antes de la siembra, esto es, al momento de la preparación del suelo o pre emergencia de las malezas; b) Después de la siembra, en pre emergencia, es decir, antes de la presencia del maíz y antes que aparezcan las malezas; c) Luego del nacimiento de las plántulas en post emergencia, esto es, cuando han aparecido las malezas y d) en pre - más post emergencia.

2.15.8. Métodos de control de malezas

En un campo de maíz, el control de malezas puede hacerse por cualquiera de los dos métodos siguientes, aunque también puede aplicarse más de uno, según las exigencias.

a. control cultural

Se realiza en post emergencia, es decir, cuando están presentes las malezas. Se efectúa mediante prácticas de cultivo, que deben realizarse con mucho cuidado para evitar dañar a las plantas sin herbicidas. Puede ser de tres formas:

a.1. Manual. Se efectúa mediante labranzas superficiales, utilizando la lampa; es efectivo y económico sólo cuando se practica en áreas reducidas ya que consume mucha mano de obra. Se practica sobre la línea de las plantas tanto en el surco como en los espacios entre surcos consume tiempo y dinero si se aplica en grandes extensiones.

a.2. Animal. Es común en la zona y se practica en surcos dispuestos en línea, sobre los espacios interlineas; requiere de un buen adiestramiento de los animales de trabajo y el terreno debe estar bien nivelado. Utiliza cultivadoras pequeñas a tracción animal (bueyes, caballos y asnos). Emplea poca mano de obra y tiempo, y puede repetirse el pase del implemento las veces que fueran necesarias. No puede practicarse en terrenos pedregosos y de mucha pendiente.

a.3. Mecanizado. Utiliza cultivadoras reguladas o graduadas que actúan sobre las interlineas de siembra. No puede efectuarse cuando las plantas tienen mayor desarrollo ya que pueden sufrir daño por el paso de la máquina. Sobrepasar este límite es causa frecuente de pérdida muchas plantas a cosecha.

b. Control químico

Se hace mediante la aplicación de herbicidas. “Son productos químicos que se aplican a las hojas afectando a las malezas establecidas o que se aplican al suelo afectando a las malezas que están germinando”. Son productos selectivos, es decir, no afectan al cultivo pero si a las malezas y pueden usarse en cualquiera de los casos indicados previamente. En presembrado el herbicida se aplica directamente al suelo y se incorpora con un pase de rastra. En maíz pueden utilizarse dos clases de herbicidas.

Sistémicos. Llegan a ser absorbidos por las hojas y raíces de las malezas. Se movilizan desde el punto de aplicación a otras partes de la planta afectando su funcionamiento y determinando su muerte. Corresponden al grupo de las triazinas, pirimetras y simasinas.

Herbicidas

Existen diversos herbicidas para el control de malezas en maíz, los cuales se aplican en forma líquida con pulverizadoras o aspersores tipo mochila y también con aspersores o maquinas pulverizadoras. Para el control en pre emergencia se usa, entre otros, los herbicidas del grupo de las atrazinas (Gesaprim, Atranex, Basutrin, Triazil). Se aplica a razón de 1-2 kg/ha. en 300 lt. de agua, después de la siembra y para lo cual el suelo debe tener suficiente humedad.

Una gota de herbicida que caiga sobre el follaje será suficiente para que el herbicida sea absorbido y trasladado al interior de la planta, afectando su fotosíntesis y provocando el amarillamiento y muerte final de la maleza.

2.15.9. Apoque

El apoque, como operación de cultivo en una siembra en surcos, modifica el perfil de la misma consiste simplemente en el cambio del surco de riego, que se origina por pase del implemento aporcador en la interlinea de siembra o camellón original. En consecuencia, por el aporque se produce la acumulación de tierra alrededor de los tallos y en adelante, el riego será indirecto, es decir, por capilaridad puesto que el agua no llegara directamente a las plantas. Algunas consecuencias se derivan del aporque.

- Posibilita el tapado del segundo abonamiento nitrogenado, con evidente disminución de jornales.
- Proporciona el desarrollo y anclaje de las raíces adventicias en los nudos inferiores, favoreciendo la estabilidad de las plantas, esto es su resistencia a la tumbada debida al viento, al exceso de riego o la altura de la planta.
- Favorece la absorción de nutrientes
- Representa una forma de cultivo (aireación y mullido del suelo) y de deshierbo, mejorando la limpieza del campo.
- Es especialmente importante y aplicable a los suelos sueltos o ligeros, poco profundos, donde los riegos causan la caída de las plantas.
- Contrariamente, el aporque puede originar perdida de plantas por el pase de los implementos, por lo que deberá realizarse con el mayor cuidado posible. Determina que se efectúe luego una nueva contada de plantas.

— **Algunas precauciones son necesarias antes de efectuar el aporque.**

- Tener en cuenta más que la edad del cultivo, la altura de la planta al momento de realizar el aporque de la planta al momento de elaborarlo.
- Asegurar previamente la disponibilidad oportuna del fertilizante nitrogenado para el segundo abonamiento antes del aporque.
- Si el aporque se hace con tracción animal o mecánica, asegurar la disponibilidad de estos medios para cubrir oportunamente el abono.
- Asegurar la dotación (turno) de riego, al cual se efectuara inmediatamente después del aporque.

El aporque no es una decisión arbitraria señalar el momento del aporque. Depende del estado de crecimiento de las plantas (cultivo), de las condiciones del suelo (humedad) y de la coincidencia con alguna aplicación de pesticidas.

El aporque se efectúa cuando las plantas tienen 40-50 cm. De altura (altura hasta la rodilla) y sobre un suelo suelto. Si coincide con una aplicación de pesticidas, esta deberá efectuarse inmediatamente antes del aporque puesto que, regándose el campo después, el recorrido será dificultoso, pudiendo bajar la eficiencia de la aplicación o incrementarse la mano de obra.

Se practican tres modalidades para cumplir el aporque:

2.16. Manual. Con lampa. Aplicable en campos de poca extensión, por la demanda de mano de obra que significaría si se adaptará en áreas mayores. La planta puede tener hasta 50 cm de altura

2.16.1 Animal. Usando el arado especial aporcado, tirado por una acémila. Es común el uso de caballo, en pequeñas extensiones o unidades agrarias.

2.16.2. Mecánico. Se utiliza cajones aporcadores de 2 o más surcos, debidamente regulados, tirados por un tractor. Las plantas deberán tener menor altura que el aporque manual o de tracción animal. Se efectuara cuando las plantas alcancen 40 cm de altura, porque de este modo se evitara el daño que puede causar el paso del tractor. *Sánchez, H. Lima, Perú: IICA-2004.*

2.17. El riego

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión.

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

En el siguiente recuadro se presentan las dosis de riego más convenientes para el cultivo del maíz (en riego localizado).

Fuente: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>

Cuadro 3: Parámetros más convenientes para el cultivo del maíz (en riego localizado).

SEMANA	ESTADO	Nº RIEGOS	m³
1	Siembra	3	42
2	Nascencia	3	42
3	Desarrollo primario	3	52
4		3	88
5	Crecimiento	3	120
6		3	150
7		3	165
8	Floración	3	185
9	Polinización	3	190
10		3	230
11	Fecundación	3	200
12	Fecundación del grano	3	192
13		3	192
14		3	192
15		3	190

2.18. Plagas y enfermedades del cultivo del maíz

2.18.1. Plagas más importantes en el cultivo del maíz

2.18.2. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El cogollero es la plaga más común en los cultivos de maíz. Las larvas en sus primeros estadios raspan la superficie de las hojas, dando la apariencia de manchas blancas dispersas sobre la superficie de las mismas.

Posteriormente las larvas se dirigen hacia el cogollo donde consume el tejido tierno de las hojas, siendo este el daño más importante.

En la mazorca esta plaga se alimenta de los 16 estigmas después del grano; en algunos casos puede causar perforaciones en el tallo. Además, puede actuar como gusano trozador cortando las plántulas a nivel del suelo o, como gusano ejercito causando defoliaciones severas en plantas desarrolladas. (*Arévalo, R.J.2011*).

2.18.3. Gusano cortador, *Agrotis ipsilon* (Hufn) (Lepidóptera: Noctuidae)

Las larvas durante sus primeros estadios se alimentan de las hojas que están cercanas al suelo y cuando están grandes cortan el tallo de las plántulas de maíz a nivel del suelo. Este daño lo realiza durante la noche y durante el día, se esconden en el suelo, cerca del sitio de alimentación. La larva completamente desarrollada llega a medir hasta 50 mm de largo, de color gris-oscuro con tubérculos negros en cada uno de los segmentos. Cuando esta inactiva permanece enroscada en forma de “C”.

El adulto es una mariposa con una expansión alar de 40 a 50 mm, las alas anteriores son grises, con marcas más oscuras y las posteriores blanco perlada. Los huevos son blancos- globulares y puestos individualmente en el suelo o en el follaje.

El ciclo de vida, desde la ovoposición hasta la emergencia del adulto es de 30 a 40 días, correspondiéndole 4 a 5 días al periodo de incubación, 20 a 25 días al periodo larval y 8 a 12 días al periodo pupal.

El gusano cortador es generalmente una plaga esporádica, pero puede ser severa durante periodos secos y en suelos enmalezados. (*Mendoza, J. 1994*).

2.18.4. Gusano de la mazorca (*Heliothis zea*)

La mariposa efectúa la postura en forma individual sobre los pelos o estilos de la mazorca. Los huevos son esféricos con estrías longitudinales, de coloración amarillo-pálido. Después de la eclosión las larvas se alimentan inicialmente de los estilos y posteriormente de los granos situados en la punta de la mazorca; a veces penetran un poco más dejando un túnel lleno de excrementos.

Además, las perforaciones que realizan las larvas favorecen la entrada de microorganismos que ocasionan la pudrición de la mazorca y, en otros casos, permiten la infestación de la mazorca con insectos de granos almacenados, tales como gorgojos y polillas.

Este daño es más frecuente en mazorcas que presentan las puntas abiertas o poco compactas. (Arévalo, R.J.2011).

2.18.5. Gallina ciega (*Phyllophaga* spp). (Coleóptera: Scarabaeidae)

Los adultos son escarabajos con tonalidades que varían desde pardo sin brillo, pardo-rojizo, hasta bicoloreados con brillo; el tamaño oscila entre 9 y 29 mm según la especie.

Las larvas son blancuzcas o cremosas de tipo escarabeiforme (forma de “C” y gordas), con la cabeza de color rojiza, pueden alcanzar hasta 50 mm de largo. Las patas toraxicas son fuertes y bien desarrolladas, como lo son también las mandíbulas. Estos insectos tienen un ciclo de vida que varía de uno a dos años, dependiendo de la especie. Los adultos emergen del suelo al inicio de la época lluviosa y se alimentan del follaje de arbustos, árboles y plantas anuales. Durante el día regresan al suelo donde las hembras ovipositan.

Las larvas eclosionan del huevo blancuzco después de unas dos semanas de la oviposición. Las larvas en sus dos primeros estadios se alimentan de materia orgánica y raíces tiernas y, a partir del tercer estadio ocasionan los mayores daños alimentándose verazmente de las raíces.

La prepupa forma una celda en el suelo a una profundidad de 6 a 20 cm, donde permanece hasta el inicio de las lluvias en que emerge el adulto.

Las plantas cuyas raíces han sido destruidas, muestran síntomas de deficiencia de agua y nutrientes, son susceptibles al acame, no rinden bien y pueden morir. Los ataques de la plaga normalmente son esporádicos, localizados y difíciles de predecir; aunque es más probable en suelos que hayan sido sembrados anteriormente con pastos. (*Mendoza, J. 1994*).

2.18.6. Gusano de alambre.

Viven en el suelo aparecen en suelos arenosos y ricos en materia orgánica. Estos gusanos son coleópteros. Las hembras realizan puestas de 100 a 250 huevos de color blanquecino y forma esférica. Existen del género *Conoderus* y *Melanotus*. Las larvas de los gusanos de alambre son de color dorado y los daños que realizan son al alimentarse de todas las partes vegetales y subterráneas de las plantas jóvenes. Ocasionalmente grave deterioro en la planta e incluso la muerte. Para su lucha se recomienda tratamientos de suelo como Paration y otros, se puede controlar a base de FURADAN 350ST, a una dosis de 2-2,5lt/100kg de semilla. (*Espindola, J.P.2013*).

2.18.7. Barrenador del tallo, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae)

El adulto es una mariposa pequeña (20-25 mm de expansión alar) de color amarillo-pajizo. Los huevos son de coloración amarillenta, de forma ovalada y aplanada, dispuestos en masa de hasta 80 huevos, en forma imbricada. La eclosión de la larva ocurre 4 o 5 días después de la ovoposición. La larva completamente desarrollada mide de 25 a 30 mm, la cabeza y tórax son café claro o bronceado y el resto del cuerpo blanco cremoso, con cuatro manchas negras o bronceadas en la parte dorsal de cada segmento abdominal. El periodo larval dura de 16 a 25 días, pasando por 5 estadios. Al final de este periodo la larva se transforma en pupa, la cual es alargada y café-bronceada. Después de 8 a 14 días emerge el adulto. El ciclo de vida, desde huevo hasta la emergencia del adulto es, de 28 a 44 días, pudiendo ocurrir hasta 3 generaciones de este insecto durante el ciclo vegetativo del cultivo de maíz.

El daño es causado por la larva la cual ataca todas las partes de la planta (hojas, tallo y mazorca), excepto las raíces fibrosas y la nervadura central de las hojas. El tallo es atacado, preferentemente en la parte baja y a la altura de la mazorca.

Las galerías que hacen las larvas en el interior del tallo reducen el vigor de la planta y el tamaño de la mazorca. Además, estos daños permiten la entrada de microorganismos perjudiciales (hongos, bacterias) que ocasionan la pudrición de la planta o la mazorca atacada.

El ataque de *Diatraea* spp. Puede ocurrir desde los 15 días de edad del cultivo hasta la cosecha; siendo más grave en las plantas jóvenes, en las cuales el daño ocasionado por la larva puede causar la muerte de las mismas. (*Mendoza, J. 1994*).

2.19. Enfermedades más comunes en el cultivo del maíz

2.19.1. "Carbón común" Esta enfermedad se caracteriza por causar mazorcas deformes con agallas plomo oscuras que reemplazan a los granos. Su agente causal es el hongo *Sphacelotheca reiliana*. Su presencia era frecuente cuando se usaban para la siembra las variedades "Criollas". Actualmente su presencia es muy esporádica y no incide económicamente en los cultivos.

(*Bravo, A. y Mero, C. 2004*).

2.19.2. Pudrición de la mazorca (*Diplodia maydis* = *Stenocarpella maydis*).

Estas dos especies pueden causar daño de pudrición de mazorca de importancia económica, aunque *S. maydis* también puede llegar a causar pudrición en los tallos. *S. maydis* se encuentra causando pudriciones de tallo más en zonas templadas y subtropicales del mundo, aunque es común encontrarlo causando pudrición de mazorca en zonas tropicales. *S. macrospora* se encuentra más en zonas tropicales húmedas, en donde también se le puede encontrar causando un rayado foliar.

(*Sandoval, J. F. 2004*).

2.19.3. Mancha de asfalto''

Eventualmente ha sido observada en zonas de alta humedad en Manabí, Se caracteriza por pequeñas manchas negras brillantes que aparecen como salpicaduras abultadas en las hojas, Su agente causal es el hongo *Phyllachora maydis*, y su combate se lo realiza sembrando cultivares resistentes a la enfermedad. **(Bravo, A. y Mero, C. 2004).**

2.19.4. Manchas foliares o tizón (*Helminthosporium maydis*)

En las hojas se observan lesiones en forma de romboide y a medida que maduran se van alargando hasta alcanzar de 2 a 3 cm. de largo; estas lesiones pueden fusionarse llegando a producir la quemadura completa de un área foliar considerable.

La enfermedad se presenta principalmente en las hojas bajas e intermedias de la planta joven, sobretodo en un ambiente cálido y muy húmedo (20 a 32° C) durante las lluvias. Se disemina a través de la semilla, por el viento, animales e implementos agrícolas, siendo desfavorable el tiempo seco y soleado entre los períodos de lluvia, no obstante, ambas especies (*H. turcicum* y *H. maydis*) se encuentran a menudo en una misma planta. **(Cruz, O.2013).**

2.19.5. Roya común (*Puccinia sorghi* Schwein.).

La roya común es una enfermedad endémica de la zona maicera núcleo argentina que se presenta anualmente con diferentes niveles de severidad dependiendo del híbrido, de los biotipos del patógeno presentes y de las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo. Los síntomas diagnósticos en cualquier tejido verde de la planta son las pústulas urediniosóricas en el haz y envés de las hojas, alargadas, de color herrumbroso oscuro con restos de tejidos epidérmicos, ubicadas en bandas en el centro de las hojas. Los teliosoros con teliosporas oscuras, casi negras se observan al final del ciclo del cultivo. **(Espindola, J.P.2013).**

2.19.6. Cenicilla (*Peronosclerospora sorghi*)

Pertenece a un grupo de enfermedades de distribución mundial; es causada por el hongo *Peronosclerospora sorghi*. Además del maíz, ataca al sorgo o maicillo, zacate Johnson y otras gramíneas. Se desarrolla en condiciones de humedad alta, temperaturas ambientales entre 12° C y 32o C. Se disemina por esperas en la semilla, rastrojos, viento y suelo infestado; a través de conidias de plantas infectadas y también por medio de micelio en la semilla o en los hospederos. En severas infestaciones las pérdidas alcanzan hasta un 70 % sin embargo, éstas pueden evitarse o prevenirse.

Las plantas infectadas por esta enfermedad presentan en mayor o menor grado clorosis, enanismo, franjeado clorótico, hojas delgadas y proliferación de estructuras florales sin llegar a producir mazorcas. Las medidas de prevención recomendadas comprenden aspectos cuarentenarios, culturales y químicos; pero lo más efectivo es el desarrollo y distribución de variedades resistentes. Químicamente se puede prevenir la enfermedad tratando la semilla antes de sembrarla, utilizando 2 gramos de Ridomil (Metalaxi) 25 WP por kilogramo. **(Cruz, O.2013).**

CAPITULOIII

3. METODOLOGIA

3.1. Características y Alcance Del Trabajo

Los productores del área en estudio se dedican principalmente a la producción de leche considerando al cultivo del maíz forrajero como el principal alimento a través de ensilaje para lo cual se requiere niveles óptimos de fertilizante químico que se encuentran disponibles en el mercado.

El trabajo tiene un alcance para la microcuenca del río Sella que abarca las comunidades de Sella Méndez, Sella Cercado, Sella Quebrada, Sella Candelaria, Monte Mercado y Monte Méndez que pertenecen a los municipios de San Lorenzo y sub. Alcaldía de Cercado respectivamente.

3.1.1. Localización.-El trabajo se realizó en la localidad de Sella Méndez, municipio de San Lorenzo, provincia Méndez del departamento de Tarija

3.1.2. Ubicación geográfica política

La localidad de Sella Méndez se encuentra ubicada en el valle central de Tarija, abarcando aproximadamente 8000ha, con las siguientes características:

Cuadro 4: descripción de la ubicación geográfica de zona de estudio

Ubicación	Sella Méndez
Provincia	Méndez.
Municipio	San Lorenzo.
Cantón	Sella
Comunidad	Sella Méndez
Altitud	2.145 metros.
Latitud	21° 23' 11" de latitud sur.
Longitud	64° 40' 52' Longitud oeste.

Fuente: SENAMHI-2013, Dirección regional N°5 Tarija –Bolivia.

3.2. Descripción Agroecológica

3.2.1. Clima

El clima es templado seco (*Romero et al., 1990*) la precipitación media de 618,8mm/año; tal variación a lo largo de microcuenca puede ser estimada por la relación $p=1460.12x10^{-0.0102(z)}$. Donde p es la precipitación y z es la distancia en Km. al eje occidental del valle central de Tarija. Se diferencia un periodo lluvioso que va desde octubre a abril con, una concentración del 57% del total de la precipitación anual; y un periodo seco de mayo a septiembre. Un balance hídrico de la zona muestra una evapotranspiración superior a precipitación durante casi todo el año a excepción de los meses diciembre, enero y febrero donde se presenta una precipitación igual a la evapotranspiración y solamente una precipitación superior en el mes de enero. La temperatura media anual es de 17.4°C. Las temperaturas máximas extremas se dan en el periodo húmedo alcanzando 39,6°C; en tanto que el periodo seco es común la presencia de heladas, generalmente entre junio y septiembre con temperaturas mínimas extremas de hasta 9.5°C bajo cero.

3.2.2. Suelos

No existe un levantamiento edafológico de la microcuenca; sin embargo, se puede inferir que, lo que actualmente son las terrazas fluvio-lacustres, que correspondió en el pasado a un gran lago, encontrando depósitos de sedimentos superiores a los 100 metros de espesor.

Las arcillas que generalmente se precipitan después de la arena y el limo, cubren la superficie de esta unidad dando a los suelos muy baja velocidad de infiltración y un alto flujo superficial que ha permitido un grado de erosión severa con la formación de cárcavas que ha disectado el paisaje con la formación con características de badLands, en la mayoría de los casos. En el área de montaña y pie de monte los suelos son superficiales, observándose afloramientos rocosos, correspondiendo al orden de los entéseles.

Debido a las pendientes pronunciadas de los suelos de ladera (mayores del 25%), es común la presencia de cárcavas ocasionadas por la concentración del agua de escorrentía principalmente en los terrenos cultivados. Los suelos de la Microcuenca del río de sella, presentan texturas franco y franco-arcillosas a arcillosas.

El pH varía de neutral a alcalino, con la presencia de suelos con abundante contenido de sodio, principalmente en las terrazas altas con suelos a secano, dando características de suelos sódicos, y el consiguiente efecto negativo sobre el desarrollo de las plantas aparejando a la baja permeabilidad y alta escorrentía superficial. Por otro lado, los niveles de fósforo y materia orgánica son bajos, caracterizado por el color claro del suelo superficial siendo importante la incorporación de materia orgánica por lo que se está estudiando el comportamiento de algunas leguminosas. El potasio todavía está presente en cantidades adecuadas a altas, en la mayoría de los suelos.

Cuadro 5: Resumen de las características agroclimáticas de comunidad de Sella Méndez

Características	Sella Méndez
Precipitación promedio anual	618.8mm
Temperatura máxima	25.5°C
Temperatura mínima	9.3°C
Temperatura media anual	17.4°C
Humedad relativa	56%
Velocidad del viento	8.7 km/hr

Fuente: SENAMHI-2013, Dirección regional N°5 Tarija –Bolivia.

3.2.3. Vegetación

En los siguientes cuadros se encuentran las especies existentes en la comunidad donde se realizó el trabajo el cual lo presentamos a continuación:

Cuadro 6: Cuadro de la vegetación existente más representativa en zona.

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia
Estrato arbóreo		
Schinus molle L.	Molle	Anacardiaceae
Acacia caven (Mol.) Mol.	Churqui	Leguminosae
Geoffroea decorticans (Gill. Ex Hook.et Arn.	Chañar	Leguminosae
Erythrina falcata Benth.	Ceibo	Leguminosae
Acacia aroma Gillex ex Hook. Y Arn.	Tusca	Leguminosae
Prosopis alba	Algarrobo Blanco	Leguminosa
Prosopis nigra	Algarrobo negro	Leguminosa
Salix sp.	Sauce criollo	Salicaceae
Eucalyptus sp	Eucalipto	Myrtaceae

Extracto arbustivo		
Ficus sp	Higuerón	Moraceae
Rumex crispus L.	Lengua de vaca	Polygonaceae
Rosa sp	Rosa	Rosaceae

Extracto herbáceo de hoja ancha		
Portulaca sp	Verdolaga	Portulacaceae
Tarxacum officinale Weber	Diente de león	Asteraceae
Malva sp.	Malva	Malvaceae
Brassica sp.	Nabo	Cruciferaeae
Chenopodium ambrosioides L.	Paico	Chenopodiaceae
Ipomea spp.	Camotillo	
Datura sp.	Chamico	Solanaceae
Bidens sp.	Saetilla	Compositae

Extracto herbáceo de hoja angosta		
Cynodon dactylon (L.) Pers.	Gramma	Poaceae
Sorghum halepense L. Pers.	Sorgo de Alepo	Poaceae
Cenchrussp.	Cadillo	Poaceae
Echinochloa cruz-galli	Capín	Poaceae

3.3. Métodos técnicos y materiales a ser implementados

3.3.1. Selección de área de estudio

Para realizar este trabajo la entidad ejecutora **INIAF Tarija (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal)**, a la cual me permito acompañar en el desarrollo de la investigación en calidad de estudiante que realizó el Trabajo dirigido tomó en cuenta la comunidad de Sella Méndez por ser una zona productora de leche y donde el principal alimento es el ensilaje de maíz que se adapta muy bien en esta región.

3.3.2. Metodología

Las parcelas fueron de cuatro surcos por unidad experimental, con 5 tratamientos y 3 repeticiones a una distancia de 0.70 metros entre surcos y 0.25 metros entre plantas, con la variedad de maíz forrajero algarrobal 102.

La siembra se efectuó sembrando 4 plantas por metro lineal, los tratamientos son los niveles de fertilización química 0-0-0, 18-46-00(100kg de fosfato di amónico/ha), 32-23-00(50 kg de urea/ha y 50 kg de fosfato di amonio/ha), 41-46-00(100kg de fosfato di amónico/ha y 50kg de urea/ha), 64-46-00(100kg de fosfato di amónico/ha y 100 kg de urea/ha), donde el nivel 00-00-00 es el testigo absoluto y nivel 18-46-00 es el testigo del agricultor; al momento de la siembra se incorporó el fertilizante 18-46-00 y al aporque se complementó con urea para llegar a la dosis de los tratamientos en estudio.

3.3.3. Materiales y Equipo

Para realizar el trabajo se utilizó los siguientes materiales:

- Material de escritorio (libreta de campo, formularios)
- Equipos menores (máquina fotográfica digital, flexómetro, wincha métrica)
- Manual o texto de consulta de campo
- Insumos para la implementación de la parcela (fertilizante químico fosfato di amónico y urea, semilla de maíz variedad Algarrobal 102, insecticidas).
- Análisis físico y químico de suelos
- Herramientas menores (azadón, pala, hoz, fumigadora manual)
- Equipo de transporte (Vehículo)
- Equipo de campo (arado, rastra, arado egipcio)

Cuadro 7: Descripción de las características de la variedad algarrobal 102.

Características de semilla algarrobal 102			
Caracteres agronómicos		Caracteres morfológicos	
Ciclo vegetativo	Intermedio, alcanza su madurez fisiológica a los 120 días.	Color del grano	Amarillo
Altura de planta	180 – 220cm	Textura del grano	Sedimentado a duro
Forma de consumo	Elaboración de alimentos balanceados, también en la conservación forrajes como el ensilaje y consumo humano.	Longitud de la mazorca	21-19cm
Zonas de cultivo	Zonas de chaco (Tarija)	Tamaño del grano	mediano
Rendimiento	3.5t/ha.		

3.4. Procedimiento o Desarrollo de las Diferentes Etapas:

3.4.1. Primera Etapa

3.4.2. Preparación del Suelo

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra, se realizó las labores del suelo utilizando un pase de arado También se realizó un pase de rastra quince días antes de la siembra tracción mecánica para que el suelo quede bien mullido. Posteriormente se delimito el área experimental, se removió el suelo manualmente y se elaboraron los surcos en cada unidad experimental.

3.4.3. Segunda Etapa

Replanteo de parcelas de acuerdo al Diseño de campo

Bloques completos al azar con 5 tratamientos o niveles de fertilización química siendo los mismos los siguientes: (0-0-0, 18-46-00, 32-23-00, 41-46-00, 64-46-00), y 3 repeticiones.

Cuadro 8: Tratamientos con bloques distribuidos al azar.

1- 0-0-0	2.-18-46-00	3.- 32-23-00	4.- 41-46-00	5.- 64-46-00
----------	-------------	--------------	--------------	--------------

4.-41-46-00	1.- 0-0-0	5.- 64-46-00	3.- 32-23-00	2.- 18-46-00
-------------	-----------	--------------	--------------	--------------

5.- 64-46-00	3.- 32-23-00	2.- 18-46-00	1.- 0-0-0	4.- 41-46-00
--------------	--------------	--------------	-----------	--------------

VARIABLES A CONSIDERAR

Se tomó registros de las siguientes características:

- Días a floración masculina y femenina
- Altura de planta e inserción de mazorca
- Acame de raíz y tallo
- Peso de campo de la masa foliar en Kg./ha
- Análisis estadístico

3.4.4. Tercera Etapa

3.4.4.1. Siembra.

La siembra se realizó de forma manual tomando en cuenta el Diseño de campo y la pendiente del terreno utilizando la variedad Algarrobal 102 con una distancia 0.70 metros entre surcos y 0.25 entre plantas tomando en cuenta la tecnología de la zona.

3.4.4.2. Labores culturales

Las labores recomendadas son: raleo, carpida, fertilización, aporque, desmalezado manual, riegos. Todas estas la labores se realizaron en su oportunidad para su máximo aprovechamiento del fertilizante.

3.4.4.3. Raleo

El raleo se realizó a los 30 días después de la siembra, debido a que en algunos golpes de siembra nacieron 2 plántulas, por lo que se eliminó una, dejando 4 plantas/m lineal.

La densidad fue de 57.143 plantas/ha, dejando 0,70 m. entre surcos, con 4 plantas/m lineal, esta densidad fue seleccionada, debido a las características de la variedad, planta alta, con una raíz profunda y abundante, debido a que una mayor densidad provoca mayor competencia por nutrientes y humedad del suelo, provocando una menor actividad fotosintética.

3.4.4.4. Carpida

La carpida tiene la ventaja de romper la costra superficial que se forma en la tierra como consecuencia del riego o de la lluvia.

En el ensayo se realizó una sola carpida, después de la emergencia de las plantas, con el motivo de eliminar las malezas y romper la costra del suelo, dejando el terreno listo para el aporque.

3.4.4.5. La incorporación de fertilizante:

La fertilización del ensayo se realizó en 2 épocas, la primera fue al momento de la siembra donde se aplicó el fertilizante 18-46-00 (fosfato di amónico), luego la segunda se hizo al momento del aporque, donde se aplicó la urea, de acuerdo a los tratamientos respectivos.

Cuadro 9: Dosis de fertilizante por unidad experimental (17 m²), de acuerdo a cada uno de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Fosfato di amónico (18-46-00, en gr/ue)	Urea (46-00-00, en gr/ue)
00-00-00	0,00	0,00
18-46-00	175,00	0,00
32-23-00	87,5,00	87,5
41-46-00	175,00	87,5
64-46-00	175,00	175,00

3.4.4.6. Control de malezas

El control de malezas se puede realizar de varias formas, pero en este caso se realizó de forma manual, utilizando como herramientas a las hoces de filo, cuando las malezas se encontraban en los estados de 4 a 8 hojas formadas, además se utilizó la azada para los primeros estados de desarrollo.

3.4.4.7. Apoque:

El aporque se realizó en el estado de 4 hojas formadas, previo rayado del ensayo a tracción animal, con arado egipcio y yunta de bueyes, donde se aplicó el fertilizante urea, de acuerdo a los tratamientos en estudio.

3.4.4.8. Riego:

Este ensayo se realizó en época de lluvias, utilizando el agua de riego cuando requería el cultivo, durante el ciclo vegetativo se realizaron 4 riegos, el primero antes del aporque cuando las plantas se encontraban con 3 a 4 hojas formadas, el segundo riego fue en el estado de pre floración, el tercero en el llenado del grano y el último riego se realizó en el estado de choclo.

3.5. Cuarta Etapa

3.5.1. Seguimiento y toma de datos de acuerdo a las variables de respuesta

Los seguimientos se materializaron de forma oportuna donde se consideró la toma de datos de acuerdo a las variables de respuesta indicadas.

3.5.2. Cosecha y evaluación (peso de la biomasa)

Esta etapa se realizó previa verificación del estado reproductivo de la planta (estado pastoso). Para tal efecto se debe tomar en cuenta el número de plantas cosechadas y el peso de la biomasa (Kg/unidad experimental).

3.6. Quinta Etapa

3.6.1. Trabajo de gabinete

Consistió en la tabulación de datos tomando en cuenta el diseño experimental, el análisis de VARIANZA y una prueba de comparación múltiple.

3.6.2. Análisis estadístico

En base a los análisis tabulados en gabinete se procedió a los análisis e interpretación de los resultados a través del ANOVA y una prueba pudiendo optando por, la prueba de MDS para realizar las conclusiones y recomendaciones respectivas.

CAPITULO IV

4. Resultados Y Discusión

4.1. Días de Floración Masculina

Cuadro 10: Planilla con Datos de campo: Días a Floración masculina.

Tratamientos	Bloques			Σ	x
	I	II	III		
00-00-00	93	92	93	278	92.66
18-46-00	93	93	93	279	93
32-23-00	93	92	92	277	92.33
41-46-00	93	92	91	276	92
64-46-00	92	91	91	274	91.33
	464	460	460	1384	
				92.26	

Cuadro 11: Cuadrados Medios del Análisis de Varianza (ANOVA) de Días a floración masculina.

Fr	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	14	8,9333				
Bloque	2	2,1333	1,06665	4,64	4,46	8,65
Tratamientos	4	4,9333	1,2333	5,36	3,84	7,01
Error	8	1,8667	0,23			

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100 = \frac{\sqrt{0,23}}{92,26} \times 100 = 0.52$$

Calculo de MDS:

$$MDS = \sqrt{\frac{2CMe}{N^2r}} \times x = \sqrt{\frac{2 \times 0,23}{3}} \times 2,31 = 0.90$$

Cuadro 12: Interacción de medias de la variable días a floración masculina.

	93	92,66	92,33	92
91,33	1,67/09*	1,36/09*	1/0,9*	0,7/09/NS
92	1/0,9*	0,66/0,9NS	0,33/0,9NS	
92,33	0,67/0,9NS	0,33/0,9NS		
92,66	0,34/0,9NS			

Cuadro13: Promedio de Días a Floración masculina después del Análisis de Varianza.

Tratamientos	Medias
18-46-00	93 a
00-00-00	92,66 ab
32-23-00	92,33 a b c
41-46-00	92 b c
64-46-00	91,33 c

De acuerdo al cuadro n° 12 determinamos que la floración más temprana se presentó en el tratamiento 64-46-00(100kg de fosfato di amónico/ha y 100 kg urea/ha; en 91,33días), seguidamente por el 41-46-00(100kg de fosfato di amónico/ha y 50kg de urea/ha; 92días), en tercer lugar tenemos el tratamiento 32-23-00(50kg de 18-46-00/ha y 50kg de urea/ha; 92,33días), finalmente los tratamientos 18-46-00(100kg de fosfato di amónico 93); 00-00-00 (92,66)fueron los que dieron los más altos índices en floración masculina.

En este aspecto se pudo demostrar en el cuadro anterior, que la incorporación de altas dosis de nitrógeno acelera el desarrollo de la planta, por lo tanto florece más temprano ya que alcanza a completar la fase fenológica en menor número de días.

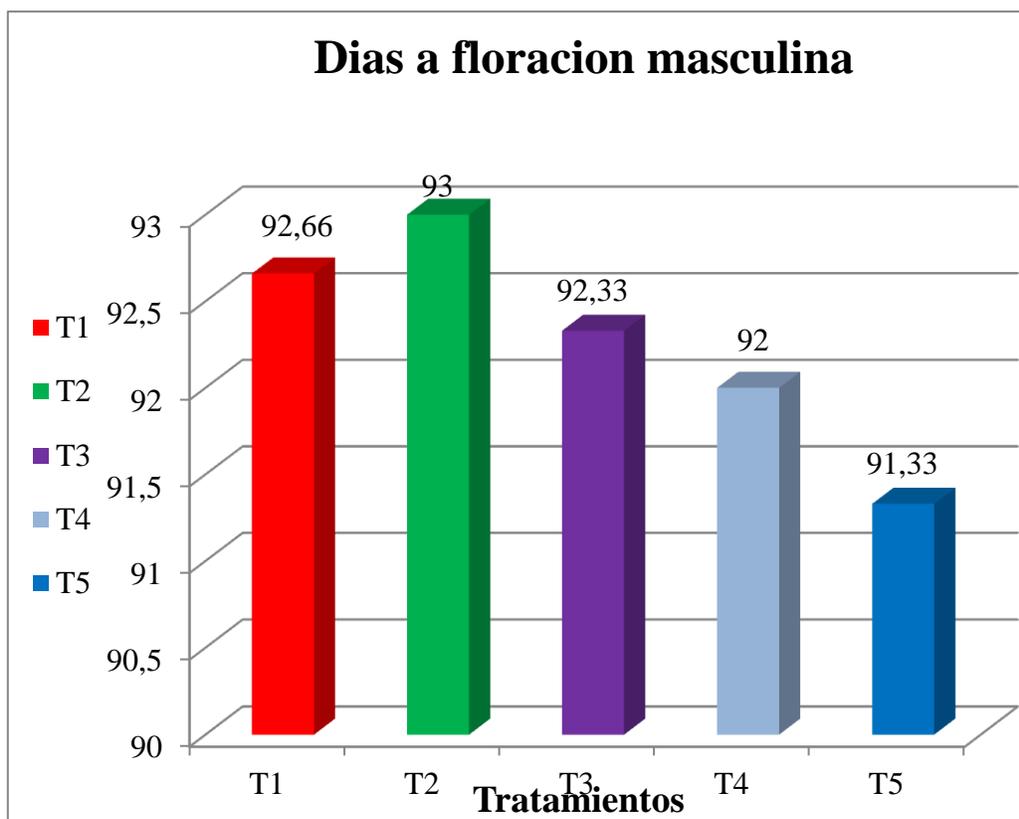
4.2. Días a floración masculina

De acuerdo al análisis estadístico, se puede indicar que en los niveles de fertilización se produjeron efectos diferenciales en los días a la floración masculina, haciendo una comparación entre la Fc y la Ft; existiendo diferencias significativas entre los bloques y en los tratamientos al 5%, en el 1% no existe diferencia significativa ni en los bloques ni en los tratamientos.

Cuadro14: Promedio de Días a Floración masculina.

N°	Tratamientos	Medias
1	00-00-00	92,66
2	18-46-00	93
3	32-23-00	92,33
4	41-46-00	92
5	64-46-00	91,33
	Promedio	X=92,26

Gráfica2: Promedio de Días a Floración masculina



4.3. Días a Floración Femenina

Cuadro15: Planilla con Datos de campo: Días a Floración femenina.

Tratamientos	Bloques			Σ	x
	I	II	III		
00-00-00	99	98	99	296	98,66
18-46-00	97	97	97	291	97
32-23-00	96	96	95	287	95,66
41-46-00	96	96	96	288	96
64-46-00	95	95	95	285	95
	483	482	482	1447	
				96,46	

Cuadro 16: Cuadrados Medios del Análisis de Varianza (ANOVA) de días a floración femenina.

Fr	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
TOTAL	14	25,7333				
BLOQ	2	0,13333	0,06	0,4	4,46	8,65
TRAT	4	24,3999	6,09	40,6	3,84	7,01
ERROR	8	1,2	0,15			

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100 = \frac{\sqrt{0,15}}{96,46} \times 100 = 0.40$$

Calculo de MDS.-

$$MDS = \sqrt{\frac{2 CMe}{N^e r}} \times t = \sqrt{\frac{2 \times 0,15}{3}} \times 2,31 = 0,73$$

Cuadro: 17 Interacción de medias de la variable de días a floración femenina.

	98,66	97	96	95,66
95	3,66/0,73*	2/0,73*	1/0,7*	0,66/0,73 NS
95,66	3/0,73*	1,34/0,73*	0,34/0,73NS	
96	2,66/0,73*	1/0,73*		
97	1,66/0,75*			

Cuadro18: Promedio de días a Floración femenina después del Análisis de Varianza.

Tratamientos	Medias
00-00-00	a 98,66
18-46-00	b 97
41-46-00	c 96
32,46-00	cd 95,66
64-46-00	d 95

Después de realizar la prueba MDS determinamos que, cuando incorporamos altas dosis de fertilización, el desarrollo de la planta se ve favorecida, por eso es que el T5 64-46-00 (100kg de urea/ha y 100kg de fosfato di amónico/ha); presenta un menor número de días de floración femenina con relación a los demás tratamientos, porque llegó a completar su fase fenológica.

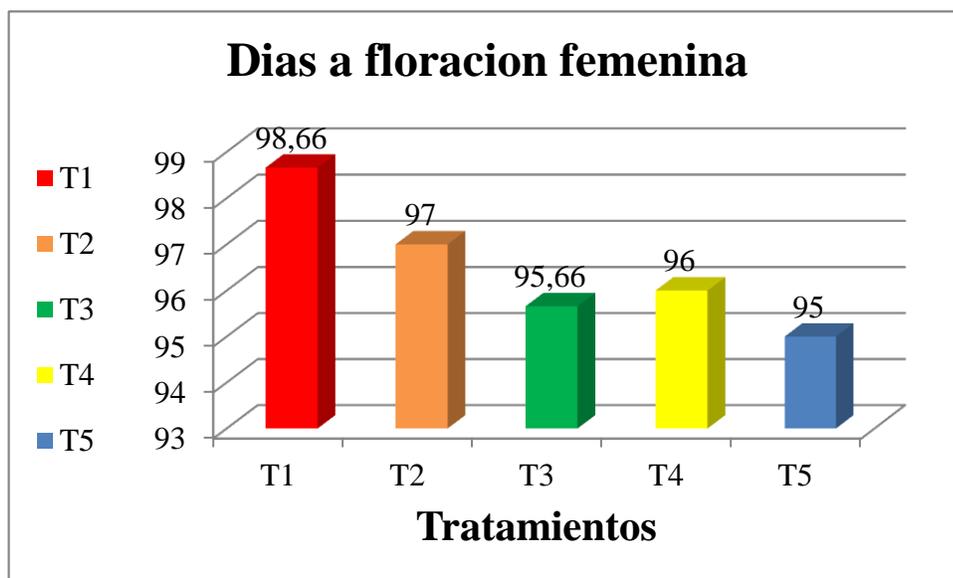
4.4. Días a floración femenina

También dentro de esta variable existieron diferencias por efecto de los niveles de fertilización, por lo que se confirma con el resultado del análisis de varianza que muestra diferencias estadísticamente significativas diferentes en los tratamientos en la comparación de la Fc con la Ft al 5% y al 1% pero no encontramos diferencias en los bloques en lo que significa al 5% y 1%.

Cuadro19: Promedio de Días a floración femenina

N°	Tratamientos	Medias
1	00-00-00	98,66
2	18-46-00	97
3	32-23-00	95,66
4	41-46-00	96
5	64-46-00	95
	Promedio	X=96,46

Gráfica3: Promedio de Días a floración femenina



4.5. Altura de Planta en (Cm)

Cuadro 20: Planilla de Datos de campo: Altura de planta en (cm)

Tratamientos	Bloques			Σ	x
	I	III	III		
00-00-00	113	116	122	351	117
18-46-00	169	162	168	499	166,33
32-23-00	200	205	198	603	201
41-46-00	208	198	206	612	204
64-46-00	214	206	210	630	210
	904	887	904	2695	
				179,66	

Cuadro 21: Planilla con Datos para: Cuadrados Medios del Análisis de Varianza (ANOVA) de datos de altura de planta en (cm).

Fr	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	14	18401.3333				
Bloques	2	38.5333	19.26	1.05	4.46	8.65
Trat.	4	18216.66	4554.165	249.30	3.84	7.01
Error	8	146.14	18.2675			

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100 = \frac{\sqrt{18,2675}}{179,66} \times 100 = 3,04$$

CALCULO MDS

$$MDS = \sqrt{\frac{2 CMe}{N^{\circ}r}} \times t = \sqrt{\frac{2 \times 18.2675}{3}} \times 2.31 = 8.06$$

Cuadro 22: Interacción de medias de la variable altura de planta en (cm).

	210	204	201	166,33
117	93/8,06*	87/8,06*	84/8,06*	49,33/8,06*
166,33	43,67/8,06*	37,67/8,06 *	34,67/8,06*	
201	9/8,06*	3/8,06 NS		
204	6/8,06 NS			

Cuadro 23: Promedio de Altura de planta en (cm) después del Análisis de Varianza.

Tratamientos	Medias
64-46-00	210 a
41-46-00	204 ab
32-23-00	201 b
18-46-00	166,33 c
00-00-00	117 d

Esta variable luego de realizar la prueba MDS, muestra que el mejor tratamiento fue el 64-46-00 con 210 cm de altura, seguido por el 41-46-00 que dio 204 cm de altura, los tratamientos 32-23-00 con 201cm, y 18-46-00 con 166,33cm, el más bajo fue el nivel 00-00-00 con tan solo 117 cm de altura.

Según (Basantes, 2012(tesis,)); en su trabajo de investigación “Efecto de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fosforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo Franco-arcilloso limoso, sector Salgolqui” menciona que utilizando diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fosforo (60kg de N y 50kg de P/ha tuvo un promedio de 148.93cm de altura, con 120 kg de N y 50kg P/ha con 159.67cm de altura , 60kg de N y 100kgde P/ha presento 145.10cm de altura y 120kg de N y 100kg de P/ha mostro 152.50 cm de altura en 133 días de evaluación, los resultados que se obtuvo fueron similares a los 128 días que se utilizó en el presente trabajo.

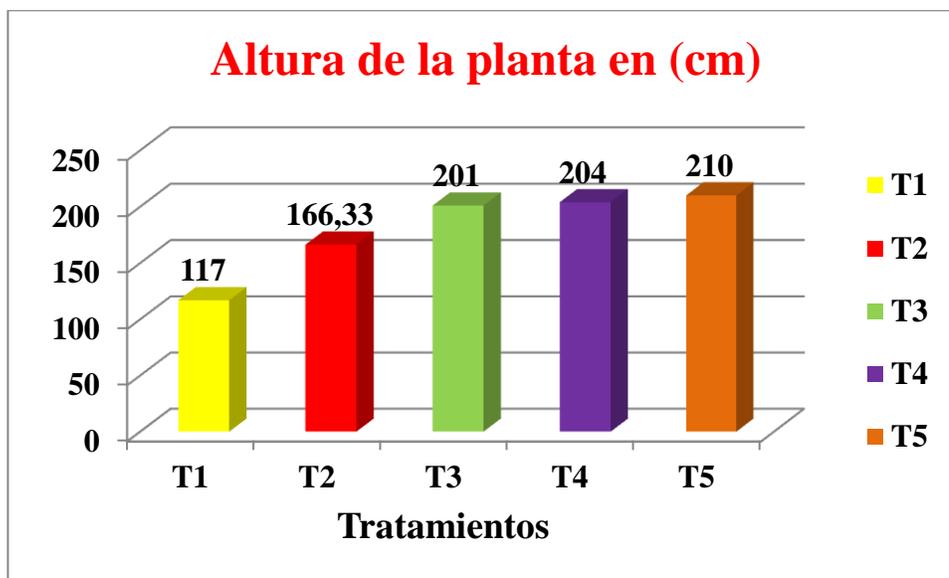
4.6. Altura de la planta en (cm)

Los resultados del análisis estadístico, demuestran que la altura de la planta presentaron diferencias significativas por efecto de los niveles de fertilización química, por lo que se confirma con el resultado del análisis de varianza que muestra diferencias estadísticamente significativas, diferentes a los tratamientos en la comparación de la Fc con la Ft al 5% y al 1%; pero no encontramos diferencias en los bloques en lo que significa al 5% y 1%.

Cuadro24: Promedio de Altura de la planta en (cm)

N°	Tratamientos	Medias
1	00-00-00	117
2	18-46-00	166,33
3	32-23-00	201
4	41-46-00	204
5	64-46-00	210
Promedio		X=179,66

Gráfica4: Promedio de Altura de la planta en (cm)



4.7. Altura e inserción de la Mazorca

Cuadro 25: Planilla con Datos de campo: Altura de la mazorca en (cm).

Tratamientos	Bloques			Σ	x
	I	III	III		
00-00-00	40	38	42	120	40
18-46-00	85	85	82	252	84
32-23-00	95	96	102	293	97,66
41-46-00	91	92	96	279	93
64-46-00	103	105	112	320	106,66
	414	416	434	1264	
				84,26	

Cuadro26: Planilla con Datos para: Cuadrados Medios del Análisis de Varianza (ANOVA) de Altura de la mazorca en (cm).

Fr	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
TOTAL	14	8252,93				
Bloq	2	48,53	24,266	3,68	4,46	7,65
Trat.	4	8151,59	2037,89	308,77	3,84	7,01
Error	8	52,81	6,60			

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100 = \frac{\sqrt{6,60}}{84,26} \times 100 = 3,04$$

Calculo de MDS

$$MDS = \sqrt{\frac{2 CMe}{N^{\circ} r}} \times 2 = \sqrt{\frac{2 \times 6,60}{3}} \times 2,31 = 4,84$$

Cuadro 27: Interacción de medias de la variable altura de la mazorca.

	106,66	97,66	93	84
40	66,66/4,84*	57,66/4,84*	53/4,84*	44/4,84*
84	22,66/4,84*	13,66/4,84*	9/4,84*	
95	13,66/4,84*	4,66/4,84	145	
97,66	9/4,84*			

Cuadro 28: Promedio de Altura de mazorca en (cm) después del Análisis de Varianza.

Tratamientos	Medias
64,46-00	106,66 a
32 – 23 – 00	97,66 b
41 – 46 - 00	93 cd
18 – 46 - 00	84 d
00 – 00 - 00	40 e

Después de realizar los resultados, se muestra que el mejor tratamiento fue el 64-46-00 con 106,66cm de altura , seguido de los tratamientos 32-23-00 con 97,66 cm; y 41-46-00 con 93cm de altura, mostrando los más bajos a los tratamientos 18-46-00 con 84cm de altura y 00-00-00 con 40cm de altura, respectivamente.

Según (Valenzuela, 2013(tesis),) en su trabajo de investigación “respuesta del maíz a un programa de fertilización en base a los resultados químicos del suelo” los niveles utilizados fueron: T1 (140kg de N, 60kg de P, 80kg de K/ha y 2litros /Zn/ha). Demuestra que este tratamiento dio un promedio de 1.34m de altura, el T2 (140kg de N, 40kg de P, 80kg de K/ha y 1litros /Zn/ha). Dio un promedio de 1.35m de altura; el T3 (140kg de N, 40kg de P, 60kg de K/ha y 1litros /Zn/ha). Con 1.33m de altura; y por último el T4 con tan solo70kg/ha de N dio 1.06m de altura, con esto se determina que a más alto nivel de fertilización, habrá más desarrollo de la planta.

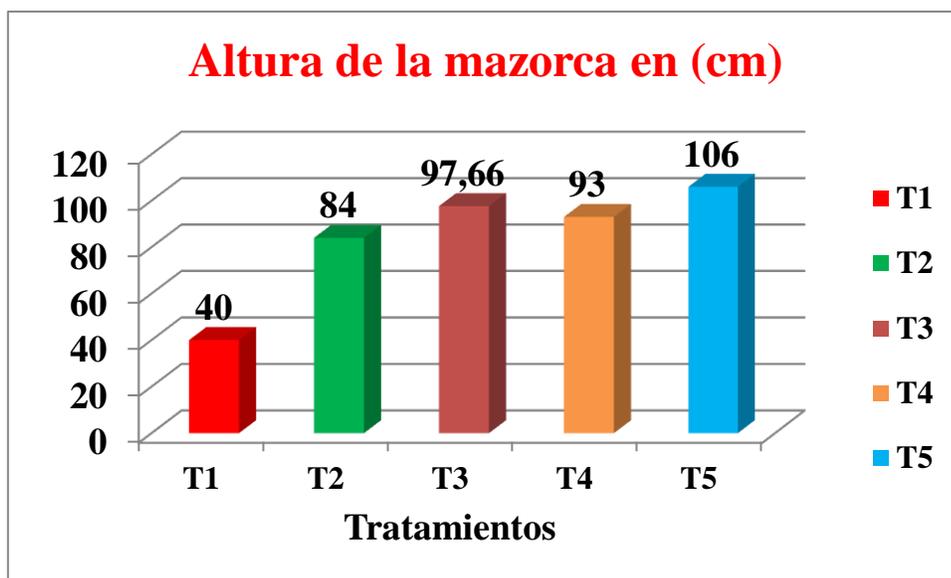
4.8. Altura de la mazorca en (cm)

En esta variable dentro de este carácter fenológico, el análisis de varianza demuestra que existe una significancia entre los efectos de los diferentes niveles de fertilización, debido a un carácter influenciado por el genotipo similar a la anterior variable, confirmando también que existe cifras significativas entre los tratamientos pero no así entre los bloques.

Cuadro29: Promedio de Altura de la mazorca en (cm)

Nº	Tratamientos	Medias
1	00-00-00	40
2	18-46-00	84
3	32-23-00	97,66
4	41-46-00	93
5	64-46-00	106,66
	Promedio	X=84,26

Gráfica 5: Promedio de Altura de la mazorca en (cm)



4.9. Número de Plantas Acamadas de Raíz

Cuadro 30: Planilla con datos de campo: Número de Plantas Acamadas de Raíz

Tratamientos	Bloques			Σ	x
	I	II	III		
00 - 00 - 00	0	0	0	0	0
18 - 46 - 00	2	1	1	4	1,33
32 - 23 - 00	3	2	1	6	2
41 - 46 - 00	2	2	1	5	1,66
64 - 46 - 00	3	0	1	4	1,33
	10	5	4	19	
				19	1.26

Cuadro 31: Planilla con Datos para: Cuadrados Medios del Análisis de Varianza (ANOVA) de Número de plantas acamadas de raíz

Fr	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	14	14,94				
Bloq	2	4,14	2,07	4,31	4,46	8,65
Trat	4	6,94	1,74	3,62	3,84	7,01
Error	8	3,86	0,48			

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100 = \frac{\sqrt{0,48}}{1,26} \times 100 = 54,98$$

Calculo M.D.S

$$MDS = \sqrt{\frac{2 CMe}{N^{\circ} r}} \times 2 = \sqrt{\frac{2 \times 0,48}{3}} \times 2,31 = 1,3$$

Cuadro 32: Interacción de medias de la variable número de plantas acamadas de raíz.

	2	1,66	1,33	1,33
0	2/1,3*	1,66/1,3*	1,33	
1,33	0,67/1,3 NS	0,53/1,3 NS		
1,33	0,67/1,3 NS			
1,66	0,34/1,3 NS			

Cuadro 33: Promedio de Número de plantas acamadas de raíz después del Análisis de Varianza.

Tratamientos	Medias
32 – 23 – 00	2 a
41 – 41 – 00	1,66 b
18 – 46 – 00	1,33 c
64 – 46 – 00	1,33 c
00 – 00 – 00	0 d

Después de realizada la prueba de MDS, podemos indicar que el tratamiento 00-00-00 no presento raíces acamadas, el 64-46-00 presento 1,33 plantas/parcela y el 18-46-00 también con 1,33 plantas por parcela, seguidamente el 41-46.00 con 1,66 plantas/parcela, el nivel 32-23-00 con 2 plantas/parcela en promedio. En este tratamiento 32- 23-00 se utilizó (50kg de Urea y 50kg de fosfato di amónico) por lo que mostro con esta dosis más plantas acamadas de raíz, porque tuvo fosforo, el cual facilita un mayor desarrollo radicular y también por las condiciones del suelo hubo mayor cantidad de fosforo asimilable.

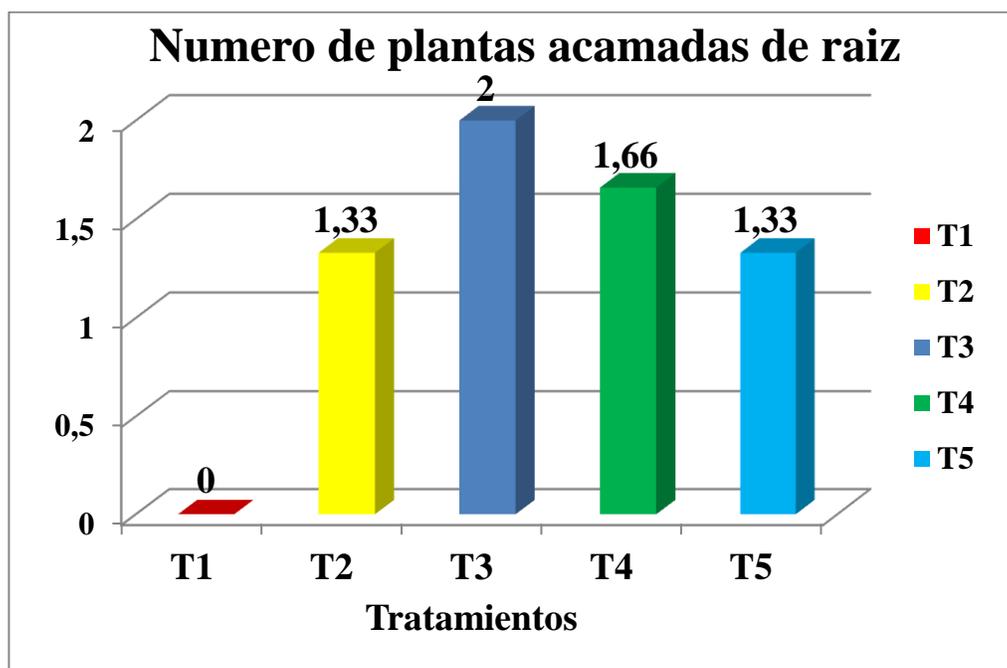
4.10. Número de plantas acamadas de raíz

En esta variable también se pudo evidenciar que hubo diferencias estadísticamente significativas por efecto de los niveles de fertilización química, de la misma manera en la anterior variable no se encontró diferencias significativas entre los bloques y los tratamientos en el 1 y 5% de probabilidad después del análisis de varianza.

Cuadro 34: Promedio del Número de plantas acamadas de raíz

N°	Tratamientos	Medias
1	00-00-00	0
2	18-46-00	1,33
3	32-23-00	2
4	41-46-00	1,66
5	64-46-00	1,33
Promedio		X=1,26

Gráfica 6: Promedio del Número de plantas acamadas de raíz



4.11. Número de Plantas Acamadas de Tallo

Cuadro 35: Planilla con Datos de campo: Número de plantas acamadas de tallo.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	\bar{x}
	I	II	III		
00-00-00	1	1	0	2	0,66
18-46-00	1	0	0	1	0,33
32-23-00	1	1	0	2	0,66
41-46-00	2	1	1	4	1,33
64-46-00	2	1	0	3	1
	7	4	1	12	
				0,8	

Cuadro 36: Planilla con Datos para: Cuadrados Medios (ANOVA) de Número de plantas acamadas de tallo.

FR	GL	SC	CM	FC	Ft	
					5%	1%
TOTAL	14	6,4				
BLOQ	2	3,6	1,8	13,85	4,42	8,65
TRAT	4	1,73	0,43	3,3	3,84	7,01
ERROR	8	1,07	0,13			

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100 = \frac{\sqrt{0,13}}{0,8} \times 100 = 45,06$$

Calculo MDS:

$$MDS = \sqrt{\frac{2 MDS}{M^{\circ} r}} \times 2 = \sqrt{\frac{2 \times 0,13}{3}} \times 2,31 = 0,68$$

Cuadro 37: Interacción de medias de la variable número de plantas acamadas de tallo.

	1,33	1	0,66	0,66
0,33	1/0,68*	0,67/0,68 NS	0,33 /0,68 NS	0,33/0,68NS
0,66	0,67/0,68 NS	0,34/0,68 NS		
0,66	0,67/0,68 NS	0,34/0,68 NS		
1	0,33/0,68 NS			

Cuadro 38: Promedio de Numero de plantas acamadas de tallo después del Análisis de Varianza.

TRATAMIENTOS	MEDIAS
41-46-00	1,33 a
64,46-00	1 b
32-23-00	0,66 c
18-46-00	0,66 c
00-00-00	0,33 d

En esta variable podemos indicar que el tratamiento 00-00-00 no presento tallos acamados, el 18-46-00 con 0,66 plantas/parcela y el 32-23-00 también mostro 0,66 plantas/parcela, el tratamiento 64-46-00 presento 1 planta/parcela y finalmente el 41-46-00 presento más tallos acamados, esto debido a que tuvo más altura en la planta lo cual hace de que se voltee más fácilmente que aquellos tratamientos con menor tamaño o menor altura.

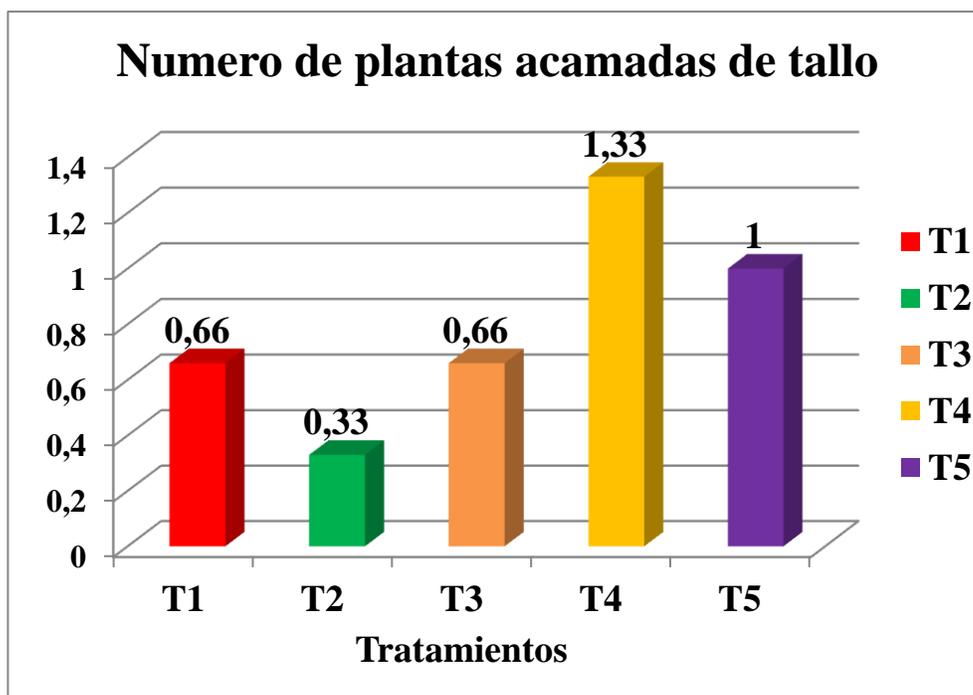
4.12. Número de plantas acamadas de tallo

Dentro de esta variable existieron diferencias relativamente significativas entre niveles, en base a ello se puede indicar de que las mismas habrían causado un efecto diferencial en el promedio de plantas acamadas de tallo, finalmente encontramos diferencias significativas entre los tratamientos del 1 y 5% de probabilidad, pero no se encontró diferencias en los bloques.

Cuadro39: Promedio del Número de plantas acamadas de tallo

N°	Tratamientos	Medias
1	00-00-00	0,66
2	18-46-00	0,33
3	32-23-00	0,66
4	41-46-00	1,33
5	64-46-00	1
Promedio		X=0,8

Gráfica7: Promedio del Número de plantas acamadas de tallo



4.13. Rendimiento Masa Foliar en (TM/ha).

Cuadro 40: Planilla con Datos de campo: Rendimiento de la masa foliar (TM/ha.).

Tratamientos	Bloques			Σ	\bar{x}
	I	II	III		
00-00-00	12,64	11,545	13,436	37,621	12,54
18-46-00	22,593	20,302	21,648	64,543	21,51
32-23-00	34,636	35,383	36,429	106,448	35,48
41-46-00	34,687	34,14	35,833	104,66	34,88
64-46-00	40,707	38,917	39,512	119,136	39,71
	145,263	140,287	146,858	432,408	
				28,83	

Cudaro41: Planilla con Datos para: Cuadrados Medios del Análisis de Varianza (ANOVA) de Rendimiento de la masa foliar en (TM/ha.).

Fr	Gl	SC	CM	Fc	Ft	
					5%	1%
Total	14	1563,93				
Bloq	2	4,698	2,35	4,12	4,46	8,65
Trat	4	1554,69	388,67	681,87	3,94	7,01
Error	8	4,54	0,57			

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{X} \times 100 = \frac{\sqrt{0,57}}{28,83} \times 100 = 2,62$$

Calculo DE MDS:

$$MDS = \sqrt{\frac{2CMe}{N^{\circ}r}} \times t = \sqrt{\frac{2 \times 0,57}{3}} \times 2,31 = 1,42$$

Cuadro 42: Interacción de medias de la variable rendimiento de la masa foliar en (TM/ha.).

	39,71	35,48	34,85	21,51
12,54	27,17/1,4*	22,94/1,4*	22,31/1,4*	8,97/1,4*
21,51	18,2/1,4*	13,91/1,4*	13,34/1,4*	
34,85	4,86/1,4*	0,63/1,4 NS		
35,48	4,23/1,4*			

Cuadro 43: Promedio de Rendimiento de la masa foliar en (TM/ha.), después del Análisis de Varianza

Tratamientos	Medias
64-46-00	39,71 a
32-23-00	35,48 b
41-46-00	34,85 b
18-46-00	21,51 c
00-00-00	12,54 d

Luego de haber realizado la prueba de MDS los resultados obtenidos demuestran que el mejor rendimiento de masa foliar, es el tratamiento 64-46-00 con 39,71 TM/ha y el 32-23-00 con 35,48 TM/ha, luego tenemos al 41-46-00 con 34,85 TM/ha, seguido del tratamiento 18-46-00 con 21,51 TM/ha, y finalmente el tratamiento 00-00-00 con tan solo 12,54 TM/ha.

En el presente ensayo se ha estudiado una variedad en 5 niveles de fertilización para probar respuesta al rendimiento de masa foliar, habiendo obtenido 39.71 TM/ha con el T5 (100kg de urea y 100kg de fosfato di amónico). Según el trabajo de tesis de Mercado, E. et al. 2004. En la Rep. Dominicana han estudiado 3 Var de maíz forrajero, en tres niveles de fertilización nitrogenada con tres densidades de siembra, habiendo obtenido 51.75 TM/ha de materia verde vs 46 TM/ha con el testigo.

Como se puede observar en el primer ensayo la respuesta a superado el 200% al testigo y en el segundo caso se ha obtenido un rendimiento con el mismo comportamiento del primero, proporcionalmente, es decir, un rendimiento que supera el 200%.

Demostrándose que el maíz al igual que otras gramíneas es una planta que responde muy bien a la fertilización nitrogenada y, consiguientemente a la ganancia de peso de la materia verde.

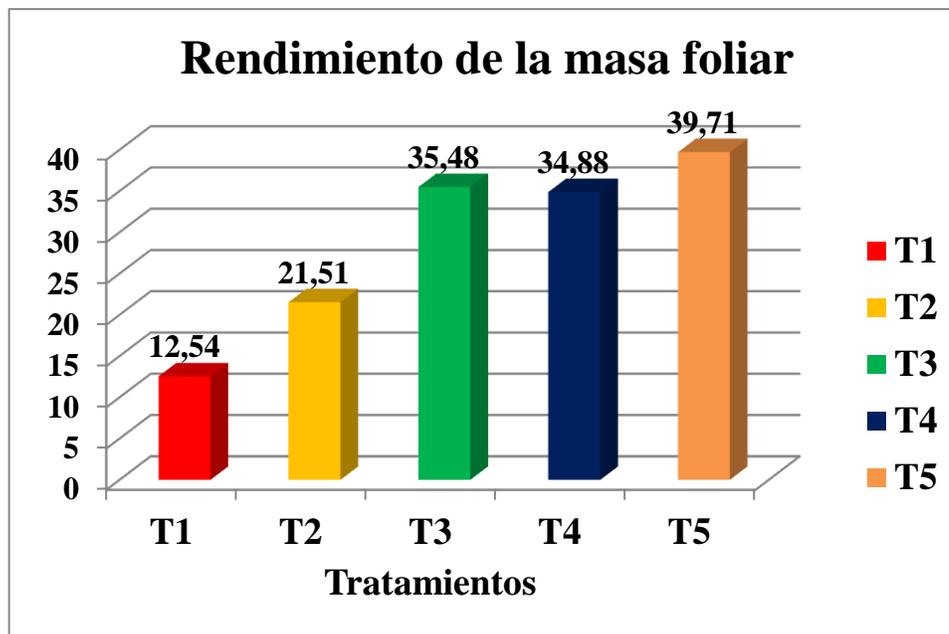
4.14. Rendimiento de la masa foliar.

Los niveles de fertilización permitieron lograr diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de masa foliar, donde el nivel 00-00-00 dio 12,54 TM/ha, el nivel 18-46-00 presento un resultado de 21,51 TM/ ha, el promedio en el nivel 32-23-00 fue 35,48 TM/ha, el nivel 41-46-00 mostro 34,88 TM/ha y el nivel 64-46-00 fue de 39,71 TM/ha, mostrando diferencias significativas entre los tratamientos al 1 y 5% de probabilidad, pero no existe significancia entre los bloques.

Cuadro 44: Promedio del Rendimiento de la masa foliar en (kg/ha.)

N°	Tratamientos	Medias
1	00-00-00	12,54
2	18-46-00	21,51
3	32-23-00	35,48
4	41-46-00	34,88
5	64-46-00	39,71
	Promedio	X28,82

Gráfica8: Promedio del Rendimiento de la masa foliar en (kg/ha.)



Cuadro 45. Planilla con Datos: Análisis económico mediante: Rendimiento de masa foliar (TM/ha), costos variables (C.V.), Costos marginales (C. M.), Beneficio neto (B.N.), Beneficio neto marginal (B.N.M.), Tasa de Retorno Marginal (T.R.M.)

	Tratamientos	R.M.F. (TM/ha).	C.V. (Bs/ha.)	C.M. (Bs/ha.)	B.N. (Bs/ha.)	B.N.M (Bs/ha.)	T.R.M .(%).
Variedad algarrobal 102	00-00-00	12,54	0,00	0,00	4,389		
	32-23-00	35,48	750,00	750,00	12,418	8,029	1,07%
	18-46-00	21,51	800,00	50,00	7,53	Dominado	
	41-46-00	34,88	1070,00	270,00	12,208	Dominado	
	64-46-00	39,71	1340,00	270,00	13,8985	1,48	0,54%

Precio Insumos: Maíz Ensilaje = 0,35 Bs/kg, Abono 18-46-00= 350 Bs/bolsa 50 kg, Urea= 310 Bs/bolsa 50 kg, Jornal= 80 Bs, Aplicación abono= 2 jornales/ha.

El análisis económico, muestra que los mejores tratamientos son los niveles, 64-46-00 y 32-23-00 con un Beneficio Neto de 13.898 Bs/ha, 12.418 Bs/ha., y una Tasa de Retorno Marginal de 0,54% 1,07% respectivamente (Cuadro 45).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Con el uso de fertilizantes químicos se pudo observar que con los niveles altos 64-46-00 (100kg de urea y 100kg de fosfato di amónico/ha) los días a floración masculina y femenina disminuyeron aproximadamente en dos y tres días respectivamente y se pudo observar una sincronización entre los días a floración masculina y femenina lo que permitió una polinización y cuajado de los granos permitiendo un mayor rendimiento por unidad de superficie.
- Las mayores alturas de la planta obtenidas en presente trabajo fueron provenientes de los tratamientos con más altas dosis de urea (100kg/ha) y fosfato di amónico (100kg/ha), indicando que para el mayor crecimiento del cultivo es necesario una buena fertilidad del suelo la cual es compensada con altas dosis de N y P aplicados.
- La presencia de estos nutrientes en el suelo favorecen los procesos de asimilación de estos elementos los cuales dentro de la planta son responsables del incremento vegetativo demostrado en las variables altura de la planta y rendimiento de materia verde durante las diferentes etapas fenológicas, que en el caso del P por ejemplo tiende a desarrollar mejor su sistema radicular, el mismo que favorece la absorción de agua y nutrientes, mientras que el N mejora el sistema foliar de planta, dando a esta más área foliar, la misma que aumenta su actividad fotosintética.

- El más alto rendimiento de materia verde por hectárea resultó mejor con el tratamiento 64-46-00(100kg de Urea y 100kg de fosfato di amónico/ha) el cual ha alcanzado el mayor rendimiento con 39,71 TM/ha, seguido también del tratamiento 32-23-00 (50kg de Urea y 50kg de fosfato di amónico/ha) con un buen rendimiento por hectárea 35.48TM/ha frente al tratamiento 00-00-00 que obtuvo el menor rendimiento 12.54TM/ha.
- Los análisis económicos realizados, muestran que los mejores niveles son el 64-46-00(100kg de urea y 100kg de fosfato di amónico/ha), mostro un beneficio neto más alto de 13,98Bs/ha y la tasa de retorno marginal de 0,54% y el tratamiento 32-23-00(50kg de urea y 50kg de fosfato di amónico/ha), mostrando un beneficio neto de 12,418Bs/h y una tasa de retorno marginal de 1,07%.

5.2. RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta la preferencia de los productores de maíz forrajero, los resultados estadísticos y el análisis económico, se aconseja a los niveles 64-46-00, por su alto rendimiento en masa foliar y calidad del producto, y el nivel 32-23-00 por tener la tasa de retorno marginal más alta.
- Considerando el ciclo de la variedad Algarrobal 102, se sugiere adelantar la siembra en por lo menos unos 20 días, ya que esta variedad es de ciclo largo. O caso contrario trabajar con otras variedades forrajeras de ciclo más corto, por ejemplo Compuesto 20 y Compuesto 10.
- De acuerdo a las variables en estudio, se encomienda para futuros trabajos aumentar las variables de rendimiento en grano, diámetro del tallo y el análisis bromatológico para mejorar la calidad del ensilaje.

- La disponibilidad de semilla de maíz para forraje es escasa debido a que es procedente de otros lugares, por lo que se insinúa la producción de estas variedades en el Valle Central de Tarija.
- Se recomienda que la fertilización química debería ir acompañada con una fertilización orgánica, o después de una siembra de papa o alguna leguminosa; ya que esta mejora la parte física y biológica del suelo.
- Para incrementar los rendimientos, se advierte materializar todas las labores culturales, control de plagas, a su debido tiempo, ya que el maíz es susceptible a la competencia de malezas y al ataque del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- A pesar de los buenos rendimientos y diferencias claras entre tratamientos, se pide continuar con este trabajo de niveles de fertilización química, incluyendo al potasio, como elemento que ayuda en el rendimiento en grano, descomposición del ensilaje y que proporciona mayor cantidad de proteína, este trabajo puede servir para una nueva tesis en el cultivo de maíz forrajero.