

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMIA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION ORGANICA EN SEIS VARIEDADES
DE MAIZ (Zea mays), EN LA COMUNIDAD MICAYANI, PROVINCIA
INQUISIVI DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

José Luís Romero Arana

LA PAZ – BOLIVIA

2007

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMIA

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION ORGANICA EN SEIS VARIEDADES
DE MAIZ (Zea mays), EN LA COMUNIDAD MICAYANI, PROVINCIA
INQUISIVI DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Tesis de Grado presentado como
Requisito parcial para optar el
Título de Ingeniero Agrónomo

José LuíS Romero Arana

Tutor:

Dr. Raul Portillo Prieto

Asesores:

Ing. Msc. Jorge Pascuali Cabrera

Ing. Msc. Marcelo Terrazas Vega

Comité Revisor:

Dra. Magali Garcia Cardenas

Ing. Rene Calatayud Valdez

Ing. Jorge Cusicanqui Giles

Aprobada

Presidente

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Objetivos.....	12
1.1.1. Objetivo general	12
1.1.2. Objetivos específicos	12
1.2. Hipótesis.....	13
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Materia orgánica.....	14
2.2. Importancia de la materia orgánica en el suelo	15
2.3. Presencia de materia orgánica en los suelos.....	16
2.4. Contenido de materia orgánica en los suelos	17
2.5. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo	17
2.6. Propiedades físicas	18
2.6.1. Estructura.....	18
2.6.2. Densidad aparente	18
2.6.3. Densidad real	19
2.6.4. Porosidad	19
2.6.5. Retención de agua en el suelo.....	20
2.7. Propiedades químicas	21
2.8. Propiedades biológicas	21
2.9. Descomposición de la materia orgánica.....	22
2.10. Mineralización de la materia orgánica del suelo.....	23
2.11. Presencia de nitrógeno en la materia orgánica	24
2.12. El carbono y la relación c/n en la materia orgánica	25
2.13. Color, olor y temperatura de la materia orgánica.....	26
2.14. Efecto de la materia orgánica sobre la estabilidad estructural del suelo	27
2.15. Importancia del abonamiento orgánico	27
2.16. Aplicación de abonos orgánicos	30
2.15.1. El estiércol	30
2.15.2. Estiércoles de animales y abonos verdes	31

2.15.3.	Dosis de aplicación.....	31
2.16.	Introducción de variedades	31
2.16.1.	Variedades de maíz	32
2.16.2.	Épocas de siembra.....	33
2.17.	Cultivo del maíz	34
2.17.1.	Origen y caracterización del maíz	34
2.17.2.	Importancia del cultivo del maíz.....	34
2.17.3.	Descripción taxonómica.....	35
2.17.4.	Características botánicas	35
2.18.	Requerimiento del cultivo.....	36
2.18.1.	Clima	36
2.18.2.	Temperatura	36
2.18.3.	Humedad.....	37
2.18.4.	Iluminación	38
2.18.5.	Vientos	38
2.18.6.	Fotoperiodo	38
2.18.7.	Suelo	39
2.18.8.	Componente de rendimiento	40
3.	LOCALIZACIÓN.....	41
3.2.	Descripción ecológica de la localidad en estudio	41
3.2.2.	Suelos.....	41
3.2.3.	Fisiografía de suelos	42
3.2.4.	Vegetación.....	43
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
4.1.	Materiales	44
4.1.1.	Material de campo	44
4.1.2.	Material de laboratorio	44
4.1.3.	Material vegetal.....	44
4.1.4.	Descripción de las variedades.....	45
4.1.4.1.	Choclero 3	45
4.1.4.2.	Tuxpeño por hualtaco.....	45
4.1.4.3.	Variedad compuesto 18.....	45
4.1.4.4.	Variedad amarillo de oro	46
4.1.4.5.	Variedad criolla (blanco harinoso)	46
4.1.4.6.	Variedad criolla (morocho amarillo)	46
4.2.	Métodos.....	46
4.2.1.	Diseño experimental	46
4.2.2.	Descripción de los tratamientos	47

4.2.3.	Factores en estudio.....	47
4.2.4.	Dimensión de las unidades experimentales.....	48
4.2.5.	Procedimiento experimental.....	48
4.2.5.1.	Selección de la parcela experimental.....	48
4.2.5.2.	Preparación del terreno.....	48
4.2.5.3.	Trazado del diseño experimental.....	50
4.2.5.4.	Siembra e incorporación de la materia orgánica.....	50
4.2.6.	Labores culturales.....	51
4.2.6.1.	Raleo.....	51
4.2.6.2.	Control de malezas.....	51
4.2.6.3.	Aporque.....	51
4.2.6.4.	Cosecha.....	51
4.2.7.	Ubicación de la parcela experimental.....	52
4.2.7.1.	Muestreo del suelo.....	52
4.2.7.2.	Cultivos anteriores al ensayo.....	52
4.3.	Variables de respuesta.....	52
4.3.1.	Número de plantas por parcela.....	52
4.3.2.	Días a la floración masculina y femenina.....	52
4.3.3.	Altura de planta y mazorca.....	53
4.3.4.	Rendimiento por variedad y por parcela.....	53
4.3.5.	Variables analizadas en el suelo.....	53
4.5.	Análisis económico.....	54
4.5.1.	Ingreso Bruto.....	55
4.5.2.	Ingreso Neto o Utilidad del cultivo.....	55
4.5.3.	Tasa de retorno marginal.....	55
4.5.4.	Relación Beneficio / Costo.....	55
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
5.1.	Variables agronómicas y del rendimiento en maíz.....	56
5.1.1.	Altura de planta (m).....	56
5.1.2.	Altura de mazorca.....	58
5.1.3.	Días a la floración.....	59
5.1.4.	Número de plantas por parcela.....	60
5.1.5.	Días a la cosecha.....	61
5.1.6.	Rendimiento por parcela.....	63
5.1.7.	Rendimiento en tn/ ha.....	64
5.1.8.	Peso de 1000 granos.....	66
5.1.9.	Análisis económico.....	67
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
7.	BIBLIOGRAFIA.....	71

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Tasa anual de mineralización de diferentes suelos.....	16
Cuadro 2.	Relación C/N y la descomposición de la materia orgánica.....	18
Cuadro 3.	Temperaturas de germinación y crecimiento en el maíz	29
Cuadro 4.	Datos climáticos promedios mensuales de la comunidad de Micayani (Gestión agrícola 2003-004).....	34
Cuadro 5.	Metodología empleada en el trabajo de análisis físico químico del suelo en laboratorio.....	41
Cuadro 6.	Resumen de análisis físico de suelo del lugar del experimento	41
Cuadro 7.	Resumen del análisis químico de suelo del lugar del experimento.....	41
Cuadro 8.	Análisis químico de estiércol ovino.....	42
Cuadro 9.	Análisis de varianza para altura de planta expresada en cm para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	48
Cuadro 10.	Prueba de Duncan de la altura de planta expresada en cm para el factor variedades.....	48
Cuadro 11.	Análisis de varianza para altura de Mazorca medida en cm localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	49
Cuadro 12.	Prueba de Duncan de la altura de mazorca expresada en cm para el factor variedades.....	49
Cuadro 13.	Análisis de varianza del número de plantas por parcelas para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	52
Cuadro 14.	Prueba de Duncan de número de plantas por parcelas para el factor variedades.....	52
Cuadro 15.	Análisis de varianza para el carácter días a la cosecha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	53
Cuadro 16.	Prueba de Duncan de días a la cosecha para el factor variedades.....	54

Cuadro 17.	Análisis de varianza para el carácter rendimiento por parcela para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	55
Cuadro 18.	Prueba de Duncan del rendimiento por parcela para el factor variedades.....	55
Cuadro 19.	Análisis de varianza para el carácter de rendimiento en t/ha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	56
Cuadro 20.	Prueba de Duncan del rendimiento t/ha para el factor variedades.....	57
Cuadro 21.	Análisis de varianza para el carácter peso de 1000 granos para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	57
Cuadro 22.	Prueba de Duncan del peso de 1000 granos para el factor variedades.....	57
Cuadro 23.	Precio de maíz (choclo) registrado en el mercado de la provincia Inquisivi....	59
Cuadro 24.	Comparación de utilidad de las variedades mejoradas respecto al nivel de abonamiento Micayani (Prov. Inquisivi).....	60
Cuadro 25.	Comparación de utilidad de las variedades mejoradas respecto al nivel de abonamiento Micayani (Prov. Inquisivi).....	60
Cuadro 26.	Incremento de utilidad neta de las variedades mejoradas respecto al local sobre el testigo nivel de fertilidad orgánica Micayani (Prov. Inquisivi).....	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Croquis de campo para el diseño parcelas divididas.....	44
Figura 2	Mapa de localizacion de los ensayos en la provincia Inquisivi.....	44
Figura 3	Altura de planta expresada en cm para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	48
Figura 4	Altura de Mazorca medida en cm localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	51
Figura 5	Analisis de varianza del número de plantas por parcelas para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	53
Figura 6	. Analisis de varianza para el carácter días a la cosecha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	54
Figura 7	Analisis de varianza para el carácter rendimiento por parcela para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	56
Figura 8	Analisis de varianza para el carácter de rendimiento en t/ha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	57
Figura 9	Analisis de varianza para el carácter peso de 1000 granos para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi).....	59

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1** Altura de planta expresada en cm para localidad de Micayani
(Provincia Inquisivi)
- Anexo 2** Altura de Mazorca medida en cm localidad de Micayani
(Provincia Inquisivi)
- Anexo 3** Número de plantas por parcela para la comunidad Micayani
(Provincia Inquisivi)
- Anexo 4** Días a la cosecha de los tratamientos para la comunidad Micayani
(Provincia Inquisivi)
- Anexo 5** Rendimiento en Kilogramos para los diferentes tratamientos para la
comunidad Micayani (Provincia Inquisivi)
- Anexo 6** Rendimiento en Tn/Ha de maiz para la comunidad micayani
(Provincia Inquisivi)
- Anexo 7** Peso de 1000 granos de maiz n gramos para la comunidad Micayani
(Provincia Inquisivi)
- Anexo 8** Días a la floracion masculina para la comunidad Micayani
(Provincia Inquisivi)
- Anexo 9** Días a la floracion femenina para la comunidad Micayani
(Provincia Inquisivi)

1. INTRODUCCIÓN

El sector social con más bajos ingresos en el país está constituido por los pequeños productores campesinos pobres que viven, en su mayoría en la zona andina y los valles. Son propietarios de pequeños predios agrícolas y representan más del 35% de la población boliviana.

Los campesinos asentados en cabeceras de los valles sobreviven sobre la base del cultivo de maíz y otros productos, aquel tiene importancia especial, dado que este cereal constituye la base de la alimentación de los Latinoamericanos.

Su origen no se ha establecido con precisión, sin embargo se afirma que fue cultivado ya en la época precolombina.

El maíz ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y arroz. Se cultiva en una superficie total de 106 millones de hectáreas, lo que representa un rendimiento promedio de 2 tn/ha.

Las modernas prácticas han hecho posible el desarrollo de una agricultura avanzada pero paralelamente han destruido la cubierta vegetal que protegía al suelo. Ello ha traído como consecuencia una pérdida de la capacidad de producción y lo que antes fueron suelos fértiles, hoy en día son suelos poco fértiles y en muchos de los casos suelos erosionados debido al excesivo uso de fertilizantes químicos y otros productos tóxicos como: herbicidas, plaguicidas, etc.

El uso de fertilizantes químicos, si bien aumenta el contenido de nutrientes al suelo, elevan el rendimiento del cultivo, pero paralelamente provocan la destrucción de los microorganismos existentes en el suelo, deterioro del medio ambiente; volviendo a los

suelos más compactos, fáciles de ser lixiviados en la capa arable, no retienen la humedad, provocan una disminución de los nutrientes ocasionando que el cultivo tome en una sola campaña agrícola los nutrientes existentes por la fácil transformación a nutrientes disponibles. Por todas las características señaladas el suelo se erosiona. A consecuencia de esto los agricultores de diferentes países, vienen restringiendo el uso de dichos fertilizantes en tierras agrícolas.

En este sentido es que se está volviendo al uso de abonos orgánicos en sus diferentes formas como ser: estiércol, compost, etc., para mejorar y conservar la fertilidad de los suelos en forma natural, debido a que el abonamiento con materia orgánica es una de las prácticas más antiguas de la agricultura.

Bolivia por su heterogeneidad geográfica que se extiende desde el trópico hasta las zonas templadas bajas cálidas y hasta las grandes alturas de nieves perpetuas, es uno de los países que cuenta con gran biodiversidad de climas y diferentes clases de suelos que le permiten una amplia posibilidad productiva en diversos cultivos como: gramíneas, leguminosas, cereales, frutales, tubérculos y otros.

El maíz (*Zea mays* L.), es un cultivo que se constituye en uno de los más importantes de Bolivia debido a su amplio rango de adaptación y a sus rendimientos aceptables, fuente principal de ingreso de muchos agricultores y empresarios del país.

En la región de Inquisivi la producción de maíz se realiza en forma semimecanizada, la que se viene realizando durante muchos años y al ser un cultivo exigente en nutrientes es que la fertilidad de los suelos ha disminuido notablemente, por lo que la aplicación de materia orgánica como enmienda, actuará como mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo.

Considerando que en la región de estudio no se realizan prácticas de conservación del suelo, es que se propone el presente trabajo de investigación de la aplicación de materia orgánica en cultivos, como una alternativa, que permita una producción agrícola a través

del tiempo y traiga consigo condiciones ecológicas, económicas favorables al agricultor de la región de Inquisivi y de otros lugares.

Tomando en cuenta la crisis económica y los resultados ecológicos desfavorables que ha provocado el irracional uso de agroquímicos, existe la necesidad de difundir ampliamente la buena utilización de materia orgánica que no son utilizados para la producción de maíz.

El Centro de Investigaciones Fitogenéticas de Pairumani, resolvió transformar las variedades locales adaptadas con bajos niveles productivos, en variedades más eficientes mediante selección. A la fecha este centro cuenta con variedades seleccionadas de características externas similares a las ya tradicionales del valle. Como no se conoce la respuesta de estas variedades a los suelos con diferentes dosis de materia orgánica, comparados con los locales, el presente trabajo pretende llenar estas necesidades.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Comparar el efecto de la fertilización orgánica, de cuatro niveles en seis variedades de maíz, en la comunidad Micayani, provincia Inquisivi, orientado a lograr mayor productividad de la tierra y niveles sostenibles de rendimiento en el cultivo.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico, de cuatro variedades nuevas de maíz con relación a dos variedades locales, frente al abonamiento orgánico.
- Evaluar el efecto residual de los niveles orgánicos con mayor respuesta sobre algunas propiedades físicas del suelo.
- Realizar un análisis económico de los diferentes tratamientos aplicados en el experimento.

1.2. Hipótesis

- No existe diferencia de comportamiento entre variedades introducidas respecto a las variedades locales.
- No existe efecto residual sobre las propiedades físicas del suelo por el efecto de la fertilización orgánica.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Materia orgánica

Bear (1979), señala que la materia orgánica del suelo esta constituida fundamentalmente por los residuos de las plantas, animales y de la flora microbiana que se alimenta en ellos. Contienen los alimentos minerales que están presentes en las plantas sujetas a las pérdidas que pueden haberse presentado en los procesos de disolución y lixiviado.

También indica que la materia orgánica del suelo esta formada principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (C, H, O, y N), de estos elementos solamente el nitrógeno debe ser tomado en cuenta, al considerar el suministro de nutrientes a las plantas a partir del suelo mismo.

Todos los suelos contienen materia orgánica. Sin ella no serían suelos. Esta materia orgánica tiene valor como fuente de todos los elementos necesarios para las plantas. Su carbono es devuelto a la atmósfera de la que procedía para ser absorbido por la próxima generación de plantas.

Suárez (1982), indica que la materia orgánica formada en los cuerpos de los organismos muertos y vivos depositados dentro y fuera del suelo fueron los primeros depósitos de materia orgánica por cuerpos de materias primitivas de vida microbiana que existe sobre el planeta. Luego crecieron las plantas con sus raíces, hojas, tallos, flores y frutos estos ingresan al suelo en un plazo mas o menos amplio; y que de todos estos residuos, las raíces son la fuente mas importante de materia orgánica ya que por su crecimiento subterráneo hacen posible la acumulación de materia orgánica a diferentes profundidades del suelo. A

parte de la materia orgánica en el suelo favorece la fertilidad, por descomposición microbiana, liberan elementos absorbidos por las plantas en forma mineralizada como los nitritos.

Guerrero (1993), señala que la materia orgánica incorporada en forma adecuada representa una estrategia para darle vida al suelo, y sirve de alimento para todos los organismos responsables de la dinámica de procesos del suelo, beneficiando al crecimiento de las plantas. Por esta razón la materia orgánica se constituye en el centro fundamental para realizar un manejo ecológico del mismo, y que en la actualidad viene adquiriendo para el desarrollo de la agricultura alternativa denominada “Agricultura orgánica o biológica”, donde se realiza la producción de los cultivos sin el empleo de fertilizantes químicos.

Se define a la materia orgánica en general como “El conjunto constituido por todo tipo de residuos vegetal o animal que es incorporado al suelo para ser transformado en humus”.

2.2. Importancia de la materia orgánica en el suelo

Tisdale et al (1991), menciona sobre la importancia de la materia orgánica que esta no puede ser menospreciada, por que mantiene una buena estructura de los suelos especialmente de textura fina, en si mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Según Guerrero (1993) y Suquilanda (1995), afirman que la materia orgánica presentes en los suelos del cultivo cumple un papel importante en el mejoramiento y que esta desempeña funciones importantes en el suelo como:

- Aporte de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas tales como N, P, K, S, B, Cu, Fe, Mg, etc., durante su proceso de descomposición.
- Activa biológicamente al suelo.
- Al favorecer el desarrollo estructural mejora el movimiento del agua y del aire a través del suelo, y favorece al desarrollo de las raíces.

- Incrementa la capacidad de retención de la humedad del suelo.
- Incrementa la temperatura del suelo.
- Contribuye a estabilizar el pH del suelo, evitando los cambios bruscos del mismo.
- Disminuye la compactación del suelo.
- Favorece la labranza.
- Reduce las pérdidas del suelo.

Chilón (1996), señala que la importancia de la materia en el suelo es el establecer el efecto directo sobre formación y estabilización de los agregados, capacidad de retención de humedad, suministro de energía y nutrientes sobre los procesos edafogénicos y la protección a la degradación del suelo por erosión

2.3. Presencia de materia orgánica en los suelos

Varios autores consideran que el contenido de materia orgánica determina el poder nutritivo del suelo. La materia orgánica es como un depósito de nutrientes que son suministrados a las plantas en forma lenta y regular. Un suelo pobre puede producir normalmente durante algún tiempo, pero esta sometido a perder su productividad en un plazo breve.

Chilón (1990), indica que la materia orgánica es un grupo complejo de productos del reino orgánico formado por tejidos vegetales y animales descompuestos hasta productos no descompuestos que han sufrido profundas transformaciones, con la liberación de materiales de vida breve, para llegar a un material estable, amorfo de color pardo a negro en el suelo.

Henin et al. (1972), menciona que la materia orgánica del suelo esta formada por los residuos vegetales o animales mas o menos reconocibles, y de sustancias adheridas a la fracción mineral que le comunican generalmente un color oscuro que va del pardo al negro. En si la materia del suelo esta constituida por diferentes tejidos vegetales como de restos animales, que sufren profundos cambios dando lugar a la formación de compuestos mas o menos complejos y que y que debido a estas transformaciones adquieren un carácter específico y son retenidos en el suelo en forma de humus.

2.4. Contenido de materia orgánica en los suelos

Silva (1987), señala que el contenido de materia orgánica en el suelo es variable como por ejemplo: un suelo de pradera (Mollisol), contiene de 5 – 6 % de materia orgánica en sus primeros 15 cm, mientras que un suelo arenoso contiene 1 % de materia orgánica aproximadamente. Así el contenido de materia orgánica en suelos trabajados o laborables varía de 1 – 3 % de materia orgánica, en un suelo de pradera oscila en un 6 % de materia orgánica y en suelos de turba y pantano e mayor el contenido de materia orgánica.

Fasbender (1975), indica que los contenidos de materia orgánica y nitrógeno en el suelo, están determinados por la vegetación y el clima, así como el relieve, el material paren tal y algunas de sus características físicas, químicas y biológicas.

2.5. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Henin et al (1972), de sus diferentes investigaciones concluyen que la fertilidad de los suelos depende de todo un conjunto de factores de origen físico y otros de naturaleza química y desde el punto de su capacidad de producción señala lo siguiente: “La capacidad de producción de un suelo depende de su perfil cultural, pero no alcanza su máximo a no ser que el nivel de todos los factores nutritivos sea correctamente ajustado, en función de su constitución y de las necesidades del cultivo.

Los mismos autores definen al perfil como el conjunto constituido por la sucesión de capas de tierra individualizadas por la intervención de los instrumentos de cultivo, las raíces de los vegetales y los factores naturales que reaccionan a estas acciones.

Los elementos constitutivos del perfil cultural son: textura, estructura, presencia de materia orgánica, circulación y balance de agua y la temperatura del suelo.

Villarroel (1989), señala que la materia orgánica, contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, y la incorporación al suelo siempre resulta

en un incremento de la actividad biológica, incremento de la disponibilidad de muchos nutrientes para las plantas, a menudo mejora la estructura de los suelos por el efecto de agregación que la descomposición del material tiene sobre las partículas del suelo.

2.6. Propiedades físicas

2.6.1. Estructura

Stotie (1971), indica que la estructura depende del contenido de materia orgánica, cal, Na, arcilla coloidal o arcilla fina y de las condiciones de humedad.

Fuentes (1989), indica que la materia orgánica tiene un efecto positivo sobre la buena estructura del suelo, sin embargo afirma que no basta que un suelo tenga una buena estructura, sino es necesario que la conserve, menciona también que la materia orgánica tiene dos efectos:

- A corto plazo muy intenso, en el que intervienen los productos transitorios, que se producen con mayor intensidad, cuando se entierran materiales verdes que se descomponen con rapidez.
- A largo plazo menos intenso, pero más persistente, en el que interviene sobre todo el estercolado y el enterrado de pajas que dan lugar a una apreciable cantidad de humus.

Chilon (1996), indica que la materia orgánica da cuerpo a los suelos arenosos, manteniendo unidas las partículas de arena y afloja los suelos arcillosos.

2.6.2. Densidad aparente

Thompson et al. (1982), citan a Hafez, quien indica que la materia orgánica aumenta la agregación de las partículas del suelo y reduce la Dap, conforme se añade el abono al suelo en 2.5; 5 y 10 %, la Dap disminuye en 1,43 hasta 1,10 g/cc. La disminución de la Dap con la aplicación de abonos es de mucha importancia para el suelo, aunque estos sean en menor

porcentaje, y que permite condiciones favorables, siendo benéficas para las plantas y mucho en suelos con un contenido bajo de materia orgánica (altiplano).

Dukman y Branddy (1966), manifiestan que la adición de materia orgánica en grandes cantidades tiende a disminuir el peso de los suelos superficiales en términos de g/cc.

Chilon (1996), Señala que la materia orgánica actúa sobre la Dap especialmente en suelos de textura fina, haciéndola decrecer por el esponjamiento que este material ocasiona.

2.6.3. Densidad real

Chilon (1996), manifiesta en lo referente a la densidad real que esta disminuye con el aumento de su contenido de materia orgánica en el suelo, debido a que presenta una densidad muy baja respecto a la de los minerales comunes del suelo.

Buckman y Branddy (1966), indican que se puede observar variaciones considerables en la densidad real, cuya cifra varía entre los límites de 2,60 a 2,75 g/cc, que se debe al cuarzo, feldespatos, silicatos, coloides dentro de estos rangos, son los que constituyen por lo general la mayor porción de los suelos minerales. Como la materia orgánica pesa mucho menos que el volumen de los sólidos minerales y que esta cantidad de ese constituyente afecta en forma marcada a la densidad real.

2.6.4. Porosidad

El espacio poroso de un suelo tiene un papel importante en lo que se refiere al valor productivo de un suelo debido a que influye sobre la retención de agua, sobre el movimiento del aire y en el enraizamiento de las plantas por lo que se hace necesario conocer la porosidad para tener una idea de la máxima capacidad de retención de agua y aire, fácil renovación del CO₂ del suelo.

Buckman y Branddy (1986), señalan que con un alto contenido de materia orgánica, los suelos en el espacio de los poros serán mas elevados por unidad de volumen, es así que en los suelos arenosos incrementan en un 30 – 50 % de porosidad, y en suelos arcillosos o pesados varían de 40 – 60 % y en muchos casos es más.

2.6.5. Retención de agua en el suelo

Thompson et al. (1985), indican que los suelos con elevados porcentajes de arena y bajos en arcilla tiene n generalmente una baja fertilidad y poca capacidad de retención de agua, los suelos arenosos están generalmente bien aireados y absorben agua más fácilmente, pero tienen dos limitantes:

- No retienen bastante agua.
- Poseen poca reserva de elementos nutritivos.

Para mejorar su producción se debe ampliar bastante se reserva de elementos nutritivos y la materia orgánica con frecuencia.

En suelos arcillosos el mismo autor menciona que tienen la capacidad de retener elementos nutritivos en forma asimilable en su superficie, aunque estos puedan ser desplazados por lixiviación, la pérdida es muy pequeña comparada con un suelo rico en arena; por otro lado las arcillas retienen bien el agua y que suelos con un 20 –25 % de arcilla proporciona las cualidades deseadas de aireación y retención de elementos nutritivos.

Chilon (1990), señala que suelos arenosos que carecen de sustancias coloidales y que no tienen capacidad para la absorción de bases, no poseen retención apreciable de agua, sin fáciles de lavar, pierden agua rápidamente debido a su excesiva permeabilidad y se calientan muy pronto. También indica que la materia orgánica al convertirse en humus, mejora todas las cualidades deficientes, aumentando su capacidad de retención de agua, retención de elementos nutritivos y mejora su estructura.

La materia orgánica en suelos arenosos mejora la friabilidad, estructura y porosidad, facilita la penetración de las raíces, la distribución de agua. Se ha comprobado que los suelos con un alto contenido de materia orgánica presentan el doble de permeabilidad al agua que los suelos con un bajo contenido de materia orgánica.

2.7. Propiedades químicas

Russel (1954), menciona que la materia orgánica aumenta el intercambio aniónico de fosfatos y sulfatos, así como aumenta el intercambio catiónico de los suelos y que por el proceso de mineralización, favoreciendo la disponibilidad de: N, P y S y mantiene en forma asimilable al Fe y otros oligoelementos en suelos alcalinos y fosfatos en suelos ácidos que tienen Aluminio activo.

2.8. Propiedades biológicas

Silva (1987), señala que la materia orgánica aumenta la fauna del suelo en cuanto a lombrices, larvas, insectos, etc., y esta fauna tiene efecto sobre la estructura del suelo por que favorecen a la circulación del agua y aire, pero la proliferación de insectos puede causar daños a los cultivos. Pero también indica que la materia orgánica modifica la sensibilidad de las plantas frente a una enfermedad, pero que estos efectos se evitan o reducen cuando la aplicación de materia orgánica (estiércol), se hace con bastante antelación a la siembra.

Henin et al (1972), menciona que las acciones originadas por la materia orgánica, pueden ser intensificados o eliminados por efecto del parasitismo. La materia orgánica puede ser en efecto un soporte para gérmenes patógenos, elemento favorable para el desarrollo de predadores y que las fermentaciones puede ser lo contrario como ocasionar la destrucción o inhibir la actividad de estos por la secreción de antibióticos

2.9. Descomposición de la materia orgánica

Fuentes (1989), manifiesta que los microorganismos que descomponen la materia orgánica, toma su energía de la materia orgánica a la cual descomponen, y que estos microorganismos tienen la necesidad de nitrógeno para formar su propia proteína y que este nitrógeno puede tomarlo de la descomposición de la propia materia orgánica en la cual actúan una infinidad de microorganismos que la transforman en otras materias mediante dos procesos distintos, la mineralización y la humificación (gráfica 1).

El mismo autor manifiesta que los residuos de animales se mineralizan sin pasar por el estado de humus y la materia orgánica se descompone según su composición original. En residuos vegetales el almidón, celulosa y proteínas sencillas se descomponen rápidamente mientras que la lignina, ceras, taninos, resinas y grasas son bastante resistentes al ataque microbiano y su descomposición es lenta, constituyendo la base del humus. En la descomposición de la materia orgánica influyen factores como ser:

- Edad de la planta, para el autor plantas jóvenes contienen una gran cantidad de sustancias hidrosolubles, de fácil descomposición a medida que avanza su ciclo vegetativo, estos compuestos disminuyen y aumentan las sustancias resistentes a la descomposición.
- La temperatura y la descomposición de la materia orgánica es más rápida en climas cálidos, eso se debe a que los microorganismos desintegradores se proliferan con rapidez con temperaturas altas, y en climas fríos la materia orgánica se acumula debido a que su descomposición es más lenta.
- En la humedad, la descomposición ocurre con mayor lentitud en lugares de precipitación intensa que en lugares o regiones áridas, esto se debe a que suelen predominar condiciones de acidez del suelo que resulta poco apta para el desarrollo microbiano.
- Topografía, suelos con pendientes fuertes contienen menor cantidad de materia orgánica que suelos de pendiente reducida.

- Contenido de Nitrógeno, residuos ricos en N, se descomponen con mayor rapidez que los con menor cantidad de N, esto se debe a que los microorganismos necesitan N para sintetizar sus proteínas.

Bellapart (1998), sostiene que en el proceso de descomposición de materia orgánica, se lleva acabo principalmente por microorganismos con desprendimiento de calor, a medida que la materia orgánica, llega al estado final de descomposición (Humus), disminuye la temperatura, disminuye el desprendimiento de gases y disminuye la actividad microbiana y el número de microorganismos, donde aparecen productos simples como: CO_2 , CO_3H_2 , NO_3 , NO_2 , N, NH_3 , NH_4 , SH_2 , S, SO_4 , O_2 , H_2 , CH, K, Mg, Ca, PO_4 , etc.

Chilon (1996), manifiesta que el proceso de descomposición del total de la materia orgánica incorporada al suelo, el 65% se pierde como CO_2 , H_2O , energía, etc., y que solo el 35 % pasa a formar parte de las sustancias orgánicas humificadas y que es utilizada en la síntesis microbial culminando el proceso de mineralización.

Los autores Fuentes (1989), y Chilon (1996), definen la mineralización y humificación como:

- Proceso en el que los residuos orgánicos se descomponen y se transforman en sustancias minerales y nutriente para la planta (H_2O , CO_2 , NO_3 , etc) llamado “mineralización”.
- Proceso donde los residuos orgánicos se transforman en otro material mas descompuesto y de naturales coloidal llamado “Humus”, donde interviene todo tipo de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos, se caracteriza por su baja densidad, presentan una relación $\text{C/N} = 10$, alta CIC, alta capacidad de retención de humedad, color oscuro, es la base de la fertilidad del suelo.

2.10. Mineralización de la materia orgánica del suelo

Cuanto mayor sea la cantidad de materia orgánica y de microorganismos en el suelo más productivo será, es una medida de la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo.

Thompson et al. (1982), señala que la mineralización de un suelo esta afectado por diversos factores como: el agua, oxígeno, pH y temperatura. Los mismos autores enfatizan que la mayoría de los microorganismos son capaces de descomponer la materia orgánica, en consecuencia la amonificación tienen lugar con rapidez cuando existen condiciones que favorecen la actividad microbiana en general, es decir un suelo caliente, húmedo, provisto de nutrientes y materia orgánica y el proceso deviene cuando el suelo se seca o la temperatura desciende hasta el punto de congelación.

Fuentes (1996), señala que el humus se distribuye por acción de los microorganismos y que su descomposición esta condicionada por factores sobre la actividad microbiana (aireación, suelo, pH, clima, Sistemas de cultivo, etc.).

El mismo autor señala, que el suelo ácido sobre todo en climas fríos y lluviosos existe una escasa actividad microbiana lo que traduce a una lenta destrucción del humus. El color oscuro al acumularse el humus, no es signo de fertilidad por que esta depende del contenido de humus en cuanto este mantiene una vida microbiana activa y una destrucción del propio humus.

Cuadro 1. Tasa anual de mineralización de diferentes suelos

Tipo de suelo	Mineralización %
Arenoso Neutro	2.00
Arenoso Acido	1.00
Arenoso Calizo	1.70
Limoso Medio	1.60
Limoso Arcilloso	1.30
Limoso Caliso	0.90
Arcilloso	1.00
Arcillosos Caliso	0.70

Fuente: Fuentes, 1989.

2.11. Presencia de nitrógeno en la materia orgánica

Aldrich (1974), demostró que el carácter proteico de la materia orgánica, indica que si se admite que el nitrógeno del suelo es proteico, no se puede asegurar que su presencia sea

debida a la conservación de las proteínas de los residuos vegetales y que es más lógico admitir que la proteína es proveniente de todos los tejidos microbianos. Todo el N es de origen microbiano que tendrá un 60% de proteína y la materia y la orgánica tendrá 30% en proteínas y la mitad de la materia orgánica sería de tejido microbiano.

Thompson (1965), señala que la materia orgánica del suelo contienen aproximadamente 5% de nitrógeno: investigadores de esta materia demostraron que tiene una buena parte carácter proteico y que el nitrógeno de esta clase alcanza el 50% del total.

2.12. El carbono y la relación c/n en la materia orgánica

Fuentes (1989), señala que cuando se incorpora al suelo un material susceptible de descomponerse, los microorganismos proliferen con rapidez, si ese material no tiene suficiente nitrógeno para cubrir la demanda de los microorganismos estos lo toman del suelo y después el suelo queda empobrecido de este elemento. El carbono procedente de la materia orgánica se pierde en forma de calor, agua, CO₂, mientras que el N liberado queda en el suelo o pasa a formar parte de los microorganismos, a medida que avanza la descomposición, decrece la relación C/N y la velocidad de descomposición.

Dominguez (1978), menciona que la relación C/N de los residuos orgánicos es superior a 30, y los microorganismos no tienen suficiente N y utilizan todo lo que se produce en el suelo para su desarrollo, lo que ocasiona una inmovilización del N y si esta relación esta comprendida entre 15 y 30, los microorganismos poseen aproximadamente la cantidad de N que necesitan, pero tampoco hay liberación, existe liberación de N solo cuando la relación C/N es inferior a 15. De modo general a medida que la materia orgánica esta atacada y descompuesta por los microorganismos va descendiendo la relación C/N hasta acercarse al valor normal del humus que es alrededor de 10.

Buckman y Brady (1966), mencionan la relación que existe entre la materia orgánica y el nitrógeno contenido en los suelos, tomando encuentra que el carbono entra en la materia orgánica. La razón C/N en la relación de un suelo es casi siempre de 8:1 – 15:1, siendo el

término medio de 10:1 – 12:1, las variaciones que existen están relacionadas, con las condiciones climáticas como temperatura, precipitación. Para legumbres y estiércol la relación C/N es variable de 20, 30:1 y 90:1, en ciertos residuos de paja la relación C/N en la materia orgánica del suelo, es un factor importante en:

- La competencia para el N asimilable que aparece cuando los restos tienen una relación C/N alta y son incorporados a los suelos.
- Debido a la constancia de esta relación en los suelos, el mantenimiento de carbono y la materia orgánica depende el nivel de nitrógeno en el suelo.

Cuadro 2. Relación C/N y la descomposición de la materia orgánica

Materia Orgánica	Relación C/N	Velocidad de Descomposición
Gallinaza	8	Rápida y brusca
Residuos del trébol	2 - 3	Media
Estiércol hecho	15 - 20	Media
Estiércol fresco	20 - 25	Media
Abonos verdes	19 - 36	Media
Estiércol pajoso	20 - 40	Lenta
Rastrojo de caña	50	Lenta
Rastrojo de maíz	60	Lenta
Paja de cereales	50 - 80	Lenta

Fuente: Buckman y Brady, 1966.

2.13. Color, olor y temperatura de la materia orgánica

Chilon (1986), según su contenido y grado de descomposición la materia orgánica fresca o parcialmente descompuesta presenta un color pardo y en cambio la materia descompuesta o humus presenta un color pardo oscuro a negro.

Henin et al (1972), manifiesta que la evolución de la materia orgánica y su estado son características del medio, si esta bien aireado no tiene olor y si tiene es un olor ligero a moho.

Chilon (1996), indica que la materia orgánica presente en el suelo, aumenta la temperatura del suelo y que los suelos de color oscuro absorben más calor que los suelos claros, lo que favorece a la germinación y crecimiento de las plantas.

2.14. Efecto de la materia orgánica sobre la estabilidad estructural del suelo

Henin et al. (1972), señala que a través de las labores culturales apropiadas se modifica el estado estructural del suelo, de duración mas o menos limitada en función del tiempo, según las propiedades del suelo o de su perfil cultural. Para evitar degradaciones rápidas la tierra debe poseer una resistencia intrínseca a las acciones de degradación mediante una buena estabilidad.

El mismo autor señala que las características de la estructura evolucionan en función del tiempo y que varía con la constitución del medio, de lo cual deduce la noción de estabilidad estructural.

Russell (1954), indica que la estabilidad de los agregados frente a efectos dispersantes del agua, tiene importancia para el mantenimiento de una estructura porosa en suelos arables.

2.15. Importancia del abonamiento orgánico

Tisdale (1970), indica que la importancia de la materia orgánica no puede ciertamente desestimarse. Es necesario para mantener una buena estructura del suelo, especialmente en suelos de textura finas. Aumenta la capacidad de cambio catiónico, con lo cual se reduce la pérdida por filtración de elementos tales como el potasio, el calcio y el magnesio.

Sirve como reservorio para el nitrógeno del suelo, mejora las relaciones con el agua y su mineralización proporciona a la cosecha un continuo, aunque limitado suministro de nitrógeno, fósforo y azufre.

Según el National Plant Food Institute, (1974), la materia orgánica desempeña dos funciones importantes:

- a) Actúa como almacén para los elementos nutritivos, pues los va liberando lentamente, para que los utilicen mas plantas en desarrollo, especialmente en tiempos cálidos.
- b) Mejora la estructura física, ósea la facilidad del suelo para la labranza, lo cual se traduce en:
 - Más fácil absorción del agua de lluvia
 - Mejora la capacidad para retener el agua
 - Menor formación de costras y terrones
 - Condiciones favorables para la germinación de la semilla.
 - Mejora las condiciones para el desarrollo y crecimiento del maíz.

Suppo (1982), menciona que los fertilizantes orgánicos a demás de aportar un buen nivel de materia orgánica también proporcionan altos niveles de los nutrientes fundamentales como en nitrógeno, fósforo y potasio.

La FAO, (1986), señala que de un estudio realizado para la aplicación de abonos orgánicos, se obtuvo un rendimiento en materia seca de maíz de 1.79 y 3.44 t/ha para el testigo y tratamiento con estiércol de ovino (12 t/ha).

Villarroel (1989), indica que la adición de estiércol en el suelo produce un incremento de las propiedades físicas, químicas y biológicas aunque el estiércol tiene baja concentración de nutrientes, su disponibilidad es alta y existe evidencia de que el estiércol además de suple mentar nutrientes hace más disponibles algunos de los elementos del suelo para las plantas.

Chilón, (1990), indica que la materia orgánica del suelo contiene aproximadamente un 5% de nitrógeno. Los investigadores de esta materia han demostrado que tienen, en buena parte, carácter proteínico y que el nitrógeno alcanza al 50% del total. La materia orgánica

de acuerdo a su influencia en las propiedades del suelo, desempeña funciones de mejoramiento en los diversos tipos de suelo.

Los suelos arenosos, que carecen de sustancias coloidales y que no tienen capacidad para la absorción de bases, no poseen retención apreciable de agua, pierden rápidamente el agua por su excesiva permeabilidad y se calientan muy pronto. La materia orgánica al convertirse en humus, mejora todas estas cualidades deficientes aumentando su capacidad de retención de agua, mejorando su estructura, su capacidad de retener elementos nutritivos.

En suelos arcillosos mejora la friabilidad, estructura y la porosidad, y facilita la penetración de las raíces, así como la distribución del agua y del aire en el suelo.

La materia orgánica por sus propiedades, los suelos se desmenuzan fácilmente las labores se realizan con menos esfuerzo; atenúa la lixiviación y la percolación. Realiza aportes de Nitrógeno, Potasio y Magnesio, etc., y tiende a la formación del complejo orgánico mineral, aumenta la capacidad del suelo para resistir a la erosión, así como a la capilaridad de la parte mineral.

Abdelhalin (1989), menciona los rendimientos promedios en mazorca: primera (15 de octubre) de 29321 unidades por hectárea, segunda (01 de noviembre) con 26646 unidades por hectárea, tercera (15 de noviembre) con 27520 unidades por hectárea.

Aquiles (1993), menciona que para un cultivo de maíz en choclo bajo condiciones de riego tradicional en Punata Cochabamba, obtuvo un rendimiento de 14376.70 kg/ha, esto equivalente a 47507.00 unidades de mazorca de choclo con un porcentaje de humedad del 80%.

2.16. Aplicación de abonos orgánicos

Influencia benéfica de la materia orgánica sobre las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo ha sido comprobada por numerosos investigadores.

Tisdall, Cockruft y Uren (1979), estimaron que el único medio para mejorar la estabilidad de los agregados del suelo, es la adición de la materia orgánica, realizaron un trabajo para determinar cuantitativamente, los efectos de la actividad microbiana, mediante varios experimentos que realizaron.

Browning (1973), en otro ensayo experimental, al incorporar 4 t/ha de humus a un suelo que presentaba un contenido original de 28% de arcilla y un pH de 5, produjo un incremento de los agregados mayores de 0.25 mm de 46 – 72%.

Baver (1980), señala que la formación de agregados grandes, al añadir materia orgánica al suelo, tiende a su vez a incrementar la porosidad total del suelo, en especial la macro porosidad, como consecuencia de ello se mejora la aireación y la permeabilidad del suelo.

Gross (1971), indica que el humus aumenta la capacidad de cambio de los iones del suelo. Conjuntamente la arcilla, constituye la parte fundamental del complejo absorbente regulador de la nutrición de las plantas, el humus es también una fuente y reserva de nutrientes para la planta.

2.15.1. El estiércol

Dentro de los abonos orgánicos el más importante es el estiércol, que en su estado fresco esta compuesto por una mezcla de paja con excrementos sólidos y líquidos de los animales domésticos. Normalmente se utiliza el estiércol maduro (fermentado), por lo que su descomposición se realiza previamente a su adición al suelo.

Las fuentes de variación de la riqueza en nutrientes de los estiércoles dependen de la clase y edad del animal, clase y cantidad del alimento que se suministra, clase y cantidad de cama

que se proporciona al animal, contenido de humedad, forma de explotación del ganado y estado de descomposición (Ignstieff y Page 1962).

2.15.2. Estiércoles de animales y abonos verdes

El estiércol animal bien fermentado es probablemente la forma más valiosa de materia orgánica que pueda ser añadida al suelo. Además el estiércol animal lleva consigo una flora microbiana muy activa que aporta nueva vida al suelo.

La relación C: N de la materia orgánica que permanece en el suelo una vez que los microorganismos del mismo han consumido sus constituyentes hidratos de carbono más asimilables es aproximadamente 10:1. Cualquier carbono que sobre pase esta relación en la materia orgánica, será perdido rápidamente del suelo en forma de anhídrido carbónico (CO₂).

2.15.3. Dosis de aplicación

Pascuali (1983), menciona que se estima que el aumento anual de la producción agrícola en Bolivia es en promedio del 4% anual, en el cual el 8% esta producida por materia orgánica. Los campesinos de los valles de Cochabamba y del Altiplano norte incorporan 0.5 t/ha de estiércol.

Torrez (1991), menciona que se debe aplicar estiércol en zonas áridas y semiáridas que generalmente son pobres en materia orgánica, la dosis mínima requerida es del orden de 10 t/ha, para elevar el contenido de materia orgánica.

2.16. Introducción de variedades

Brawer (1987), menciona que las variedades mejoradas pueden obtenerse por los métodos de introducción, selección e hibridación. El primer método consiste en introducir a una localidad germoplasma que ha sido desarrollado en otras regiones, por otro lado una

variedad mejorada puede ser obtenida a través de selección en masa o selección realizada en otra variedad introducida, si es que tubo como progenitor a una variedad introducida.

Allar (1967), afirma que puede obtenerse variedades comerciales de las especies cultivadas a partir de la introducción, siguiendo tres procesos:

- Variedad introducida en forma comercial
- La selección de líneas convenientes
- El uso de la variedad introducida como progenitor de una causa

Elliot (1967), menciona que las plantas introducidas pueden ser más productivas en áreas ajenas a su origen, razón por lo que los programas de mejoramiento deben incluir las introducciones y selecciones de las mismas, aquellas que tengan buena aptitud para adaptarse a varios ambientes. Lo que se denomina también esa aptitud como habilidad para anular al mínimo la interacción del medio ambiente.

Torrico (1968), afirma que dentro los pasos seguidos en la obtención de nuevos cultivares con características superiores, la introducción del germoplasma exótico constituye un factor muy importante, ya que por un lado existe la posibilidad de obtener la adaptación de cultivares que fueron desarrollados en otros centros experimentales y también se tiene una fuente para seleccionar características deseadas que podrían ser incorporados en las variedades locales o bien como una fuente de variabilidad para futuros programas de mejoramiento.

Allard (1975), indica que la introducción de variedades es una práctica de mejoramiento efectivo que permite identificar las variedades sobresalientes.

2.16.1. Variedades de maíz

Boeger (1974), señala que una variedad a recomendarse en la reproducción comercial debe probarse adecuadamente en la región, demostrando la misma superioridad o por lo menos

resultados similares, en la capacidad de adaptación como en la calidad de grano, de ahí que convenga efectuar ensayos comparativos con sus correspondientes repeticiones y continuarlos durante algunos años recomendándose efectuar las siguientes observaciones:

- Extensión del periodo vegetativo.
- Resistencia al acame.
- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Resistencia al medio, ósea al suelo, clima, altitud, etc.
- Rendimiento.

Davis (1979), afirma que el objetivo del mejorador es obtener variedades que tengan amplia adaptabilidad, lo que se consigue con variedades estables, las mismas que expresan por su alta productividad y resistencia a las enfermedades a través de diferentes ambientes.

Pearson (1987), enfatiza que existen muchas variedades, las divide en variedades criollas y mejoradas y a su vez estas se diferencian en el comportamiento de la planta, en el ciclo vegetativo, rendimiento, resistencia al acame, desgrane y la susceptibilidad a enfermedades.

2.16.2. Épocas de siembra

Según el IICA (1989), las épocas de siembra varían según las regiones, pues cada localidad tiene una distribución de lluvias diferente y depende del ciclo vegetativo y de la variedad que se emplee.

Morales (1982), menciona que los rendimientos de los cultivos de granos básicos se ven afectados al no ser sembrados en la época adecuada de acuerdo a sus necesidades de agua. De ahí se origina la importancia de determinar las épocas de siembra para los granos básicos con el objetivo de maximizar su producción.

Saumell (1975), manifiesta que la época de siembra de un cultivo en una zona nueva debe ser determinado tomando en cuenta las condiciones climáticas de la zona y las exigencias

del cultivar, pero el objetivo principal es lograr a momento de la floración, una planta con mayor crecimiento acorde con sus necesidades.

2.17. Cultivo del maíz

2.17.1. Origen y caracterización del maíz

Jugenheimer (1988), manifiesta que el maíz es una de las pocas plantas de importancia económica originarias de América. Su historia se remarca a años posteriores al descubrimiento de América por los españoles enviados por Colon en una expedición a Cuba, regresaron con el informe de que existía una especie llamado "MAIZ", el 5 de noviembre de 1492. En América se cultivan los maíces dentados, harinosos, dulces, duro y reventado y ahora extendido a todas partes del mundo.

2.17.2. Importancia del cultivo del maíz

El cultivo del maíz en los últimos años ha adquirido singular importancia a nivel nacional por sus características alimenticias ya sea para el consumo humano o para el consumo animal.

Duncan (1983), señala que la importancia radica en su productividad y su amplia adaptabilidad a diferentes condiciones medio ambientales. Se cultiva en regiones con escasa precipitación de 250 mm/año a secano, hasta zonas con 5000 mm/año y desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. en la zona andina.

La técnica actual del cultivo del maíz en nuestro medio se caracteriza por algunas deficiencias como la falta de rotación que redundo en la baja fertilidad de los suelos utilizados al margen de que los agricultores no dan mucha importancia al manejo adecuado de la densidad de siembra y las labores culturales, así como la fertilización.

En ese sentido Wof (1987), aconseja la técnica de rotación y la asociación de cultivos de leguminosas para ayudar a compensar las limitaciones nutricionales del suelo mediante la

fijación simbiótica el N atmosféricas, lo que hace que el agricultor no tenga que depender de fertilizantes químicos importados.

2.17.3. Descripción taxonómica

Reino	Vegetal
Phylum	Telemophytae
División	Traqueofitos
Sub. div.	Angiospermas
Clase	Monocotiledoneas
Orden	Glumiflorales
Familia	Graminae
Sub Familia	Panicoideas
Tribu	Maideas
Genero	Zea
Especie	Mays

2.17.4. Características botánicas

Persons (1991), el cultivo de maíz es de régimen anual, su ciclo vegetativo oscila entre 80 – 200 días, desde la siembra a la cosecha. Existen variedades enanas de 40 – 60cm de altura, hasta los gigantes de 200 – 300cm. El sistema radicular esta compuesto por raíz seminal o principal que se origina del embrión, y que suministran nutrientes en las dos primeras semanas. Raíces adventicia que alcanzan hasta dos metros de profundidad. Raíces de sostén o soporte, que se originan en los nudos de la superficie del suelo favorecen mayor estabilidad de las plantas.

El tallo es conocido como caña, es de sección cilíndrica, se distinguen los nudos y entrenudos ambos son macizos, cada nudo lleva una hoja, y tienen un diámetro cañal que oscila entre 26 – 45 mm.

Presentan hoja lineal envainadora con presencia de lígulas, la lámina mide de 40 – 70 cm y de 4 – 10 cm de ancho y termina en un ápice agudo.

Se conoce que el maíz es una planta monoica donde las flores masculinas están reunidas en una panoja laxa terminal y las flores femeninas se ubican en la parte central de la planta de 1 – 3 espigas auxiliares, el raquis esta engrosado y cubierta por brácteas foliares y con estilos sobre saliente.

En Cuanto al numero de hileras de granos es de 4 – 36, la más común es de 8 – 12 hileras. El fruto es una cariósida abobada, es comprimido y de forma cuña, 5 – 20 mm de longitud y sobre salen las glumas.

2.18. Requerimiento del cultivo

2.18.1. Clima

Según el Proyecto Villa Montes Sachapera (1991), se considera al maíz como cultivo de verano, pero su gran adaptación le permite ser cultivado en primavera para choclo y maíz grano.

2.18.2. Temperatura

Aldrich y Leng (1974), indican que el maíz es un cultivo de crecimiento rápido y rinde más con temperaturas moderadas y suministro abundante de agua, la temperatura ideal es de 23,9 a 29,4°C, el maíz difícilmente crece a temperaturas inferiores de 12,8°C.

Parson (1981), indica que para una buena producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20 a 30°C, la óptima depende del estado de desarrollo; dichas temperaturas son:

Cuadro 3. Temperaturas de germinación y crecimiento en el maíz

	Temperatura Minima	Temperatura Maxima	Temperatura Optima
Germinación	10 °C	40 °C	20 – 25 °C
Crecimiento	15 °C	40 °C	20 – 30 °C
Floración	20 °C	30 °C	21 – 30 °C

Indica además que el maíz germina sin problemas en la oscuridad, para su crecimiento requiere de pleno sol, el maíz es una planta de días cortos; sin embargo los de mayor rendimiento se obtienen con 11 a 14 horas luz/día.

Jugenheimer (1987), señala que la estación adecuada para el crecimiento y las horas luz día influyen considerablemente en la producción de maíz, para zonas de los valles la temperatura entre 25 y 30°C es ideal, temperatura menor a 10°C retardan la germinación.

2.18.3. Humedad

Veizaga (1983), menciona a La Torre e indica que el agua es un elemento químico esencial para las plantas, el mismo que puede ser absorbido directamente por la parte aérea o por la raíz, formando solución con otros elementos químicos del suelo. El agua en el suelo se escurre o permanece en forma de película, la misma está ligada a la textura del suelo. Las plantas pueden marchitarse antes de que el suelo esté completamente seco, esto se debe en parte al aumento de concentración de los materiales en la solución presente en la tierra. El agua proviene de diferentes fuentes, agua de lluvia y del suelo, el de mayor importancia es el de lluvia

Según Bartolini (1990), sobre el comportamiento del maíz con relación a las necesidades de agua y con los distintos periodos, se resume en los siguientes puntos:

- a) Hasta el momento en que el ápice vegetativo del maíz no alcanza los 20 cm sobre el nivel del suelo, o lo que es lo mismo hasta que tenga 11 – 12 hojas, las necesidades de agua son mínimas y el maíz no es sensible a la falta de humedad.

- b) En el periodo que precede a la floración (20 días antes) y en el que le sigue (10 días después), la planta de maíz es muy sensible a las sequías y a la pérdida en el rendimiento por falta de humedad en este periodo, que es más crítico desde el punto de vista hídrico, puede alcanzar a un 60 %. En este periodo de tiempo se concentra el 45 % de las necesidades de agua totales.
- c) El periodo siguiente al anterior, la falta de agua tiene una notable influencia sobre el rendimiento del maíz, pero esta influencia decrece a medida que se aproxima la maduración del grano.

Magalhaes (1991), señala que el maíz se cultiva en regiones donde las precipitaciones alcanzan los 1000 y 1500 mm, siendo la cantidad de agua consumida por una planta de maíz durante su ciclo vegetativo de 600 mm.

2.18.4. Iluminación

Persons (1991), indica que el maíz germina sin problemas en la oscuridad, para su crecimiento requiere pleno sol. En cuanto a la floración el maíz es una planta de días cortos, su floración se retarda durante los días largos. Sin embargo los mayores rendimientos se obtienen con 11 a 14 horas luz/día.

2.18.5. Vientos

Persons (1991), indica que las impurezas de aire pueden causar pérdidas, limitan el crecimiento de las plantas. Los vientos secos pueden provocar la desecación de los cabellos de elote.

2.18.6. Fotoperiodo

Ávila y Bartolini (1990), señala que la variación del foto periodo puede influir positivamente sobre todo carácter fonológico de la planta: floración masculina e intervalos entre floraciones.

Un periodo de iluminación más largo del original (al rededor de 12 horas) induce los siguientes efectos sobre la mayor parte de las variedades estudiadas:

- Un alargamiento generalizado del periodo de emergencia-floración.
- Una dicotomía marcada, correlacionada con la altura y el diámetro del rastrojo.
- La ausencia de correlación de los efectos del fotoperiodo con el ciclo vegetativo de cada una de las variedades estudiadas, con la altitud de la zona originaria.
- El comportamiento de las variedades pertenecientes al complejo valle tienen un resultado específico: algunas variedades como la Hualtaco, harinoso tuvieron repentinamente un sensible incremento en la fecha de floración.

2.18.7. Suelo

Roing y Martínez (1974), mencionan que los suelos demasiado pesados originan el menor desarrollo vegetativo de la planta. El mismo autor señala que los suelos de moderada a buena fertilidad y de textura franca a franca arcillosa son ideales para este cultivo. También señala que la mala distribución de la precipitación afecta el desarrollo normal del ciclo vegetativo del cultivo.

Jugenheimer (1981), indica que el maíz se desarrolla mejor en suelos bien drenados y fértiles, en regiones donde presentan suelos rojizos arcillosos bien aireados y profundos que contengan abundante materia orgánica y el complejo $N - P_2O_5 - K_2O$.

Mamani (1990) menciona a Black, por su parte señala que en la mayoría de los suelos cultivados, la capa arable contiene entre 0.02 y 0.40 % de su peso en nitrógeno. La cantidad presente en cada caso general está determinada por la interferencia general del clima y por el tipo de vegetación existente; estos factores, su vez, son modificados por las características locales de la topografía, el material madre y la actividad del hombre.

2.18.8. Componente de rendimiento

Claure (1993), señala que la producción de maíz en Bolivia alcanza a 325000 t en una superficie de 315000 ha, con un rendimiento promedio de 1.25 t/ha. Como es un cultivo de alta demanda para la dieta familiar en forma de choclo, harina, para la alimentación y crianza de cerdos, aves en forma de alimento balanceado y forraje para el ganado.

Cusicanqui (1990), menciona a Tanaka y Yunaguchi, en el estudio de materia seca, rendimiento de grano de maíz, factor que esta compuesto de:

- Número de plantas por unidad y área sembrada, relacionada con el método de cultivo
- Número de mazorcas por planta, que es una característica varietal relacionada con la distancia de la siembra
- Número de granos por mazorca, producto del número de granos por hilera, el número de hileras es un carácter genético que no es afectado fácilmente por las condiciones del cultivo, mientras que el número de granos por hilera disminuye con un decremento de la distancia de siembra y el nivel de nitrógeno.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en el valle de Inquisivi (comunidad Micayani), en la Primera Sección de la provincia Inquisivi del Departamento de La Paz, a una altura que oscila entre 2500 a 2800 m.s.n.m. y se ubica entre los 67° de longitud oeste y 17° de latitud sur. La distancia de la localidad de Inquisivi a la ciudad de La Paz es de 340 km.

3.2. Descripción ecológica de la localidad en estudio

La región de Inquisivi, es uno de los valles más productivos del Departamento de La Paz, sus características agro ecológicas son típicas de los valles mesotérmicos de las provincias paceñas (CUMAT 1991).

3.2.1. Clima

Inquisivi tiene una temperatura media de 18 – 22°C, con una precipitación media anual de 250-600 mm, donde los meses lluviosos son Diciembre a Febrero y los más secos de Mayo a Agosto. En cuanto a aspectos climáticos negativos se presentan las granizadas (CUMAT 1991).

3.2.2. Suelos

Los suelos de Inquisivi, tienen una humedad limitada con dos épocas muy marcadas, una estación de verano muy húmeda y otra estación de invierno seca. Aproximadamente el suelo está seco a los 90 días consecutivos, pero no está totalmente seco más de la mitad del periodo en que la temperatura del suelo a 50 cm es superior a 5°C lo que caracteriza a un régimen de humedad “USTICO” (CUMAT 1991).

Los suelos de la región de Inquisivi pertenecen a cuatro órdenes de la Soil Taxonomi 1987: Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles y Mollisoles (CUMAT 1991).

3.2.3. Fisiografía de suelos

El entorno a la localidad de Inquisivi, presenta a la cordillera oriental, elevaciones de considerable magnitud, siendo en Takarani la elevación más importante, la región del valle de Inquisivi esta formado sobre materiales de arrastre del tipo glaciario, su llanura central es de naturaleza fluvio - glacial y coluvio - aluvial, conformado con pie de monte y terrazas subcrecientes, CUMAT , (1991).

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

En el cuadro 4 se reportan datos meteorológicos obtenidos durante el ciclo del cultivo en lo que respecta a temperaturas, y precipitaciones, dado que en la zona no existen datos climáticos, se tomaron la estación meteorológica de Chorocona, población cercana al experimento.

Cuadro 4. Datos climáticos promedios mensuales de la comunidad de Micayani (Gestión agrícola 2003-2004)

MESES	T°C MAX.	T°C MIN.	T°C \bar{X}	PP MM
Julio	23.2	9.1	16.15	47.90
Agosto	22.4	9.8	16.10	44.20
Septiembre	25.1	10.8	17.95	36.70
Octubre	27.2	12.6	19.90	66.20
Noviembre	27.4	12.7	20.05	58.20
Diciembre	25.5	14.0	19.75	170.60
Enero	24.2	13.5	18.85	141.20
Febrero	24.2	13.2	18.70	118.20
Marzo	25.0	13.3	19.15	43.90
Abril	24.5	12.7	19.60	40.10
Mayo	22.1	9.90	16.00	51.50
Junio	21.7	9.40	15.55	12.40

FUENTE: SENAMHI

3.2.4. Vegetación

La vegetación que se presenta en la zona es la siguiente: Paja brava (*Stipa ichu*), Chilca (*Baccharis cuadragulare*), Colamagrotis (pasto), Thola (*Parestrephya I.*), Adesmia (espino), todo esto en la parte alta y en la parte baja existe Molle (*Schinus molle*), Eucaliptos (*Eucaliptu spp*), este como especie introducida. En la zona del valle se presentan además especies como ser: retama (*Spartiun junceum*), Aliso (*Alnus jurulleensis*), Sutu colo, algarrobo, Durazno (*Licopersicum spp*), etc.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Material de campo

Los materiales empleados fueron:

- Estacas
- Letreros indicadores
- Termómetros de máxima y mínima
- Bolsas para toma de muestras
- Mochila fumigadora
- Fungicidas
- Libreta de campo
- Equipos cámara fotográfica
- película de diapositivas (slides)
- películas de cartón

4.1.2. Material de laboratorio

- Balanza de precisión
- Probetas graduadas
- pH - chimetro
- Pinzas
- Calibrador
-

4.1.3. Material vegetal

Variedad	Procedencia
Amarillo de oro	Pairumani
Choclero 3	Pairumani
Tuxpeño por hualtaco	Pairumani
Compuesto 18	Pairumani
Testigo (blanco harinoso) Local	Inquisivi
Testigo (morocho amarillo) Local	Inquisivi

4.1.4. Descripción de las variedades

Se utilizó para el presente trabajo, seis variedades de maíz, cuatro provenientes de la Estación Experimental de Pairumani y dos variedades provenientes del agricultor de la zona, cuyas características se describen a continuación.

4.1.4.1. Choclero 3

Variedad tardía que florece aproximadamente a los 95 días, llegando a choclo a los 145 días y a grano a los 180 días.

Las mazorcas tienen como promedio 12 hileras de grano grande y harinoso, se adapta en zonas de valle entre 2000 y 2900 msnm, se aconseja sembrar a partir de la segunda quincena de octubre hasta fines del mes de noviembre.

4.1.4.2. Tuxpeño por hualtaco

Esta variedad florece aproximadamente a los 88 días, llegando a choclo a los 130 días y a grano a los 170 días, tanto en zonas de los valles bajos (donde se adapta bien), como en los valles. La planta es medianamente alta, el tamaño de mazorca y grano que produce es tendiente al tipo choclero. La mejor época de siembra para esta variedad es del 15 al 30 de noviembre, en zonas de valle (alrededor de 2600 msnm.), y entre los meses de mayo y agosto en el subtrópico, donde permite aprovechar el precio alto del choclo.

4.1.4.3. Variedad compuesto 18

Esta variedad florece a los 88 días, llegando a choclo a los 130 días y a grano a los 170 días, tanto en zonas tropicales (donde se adapta bien), como en los valles. La planta es medianamente alta, el tamaño de mazorca y grano que produce es tendiente al tipo choclero. La mejor época de siembra para esta variedad es del 15 al 30 de noviembre, en

zonas de valle (alrededor de 2600 msnm.) y entre los meses de mayo y agosto en el trópico, donde se obtienen buenos rendimientos.

4.1.4.4. Variedad amarillo de oro

Esta variedad es semiprecoz, con un promedio de 84 días a la floración femenina, llegando a choclo a los 120 días y a granos a los 165 días aproximadamente. Presenta granos grandes, semiduros, tienen buen rendimiento y su cultivo es recomendable para zonas sin riego, puede utilizarse para mote, maíz pelado e inclusive para pasankhalla. La época de siembra más adecuada para esta variedad es entre los meses septiembre y noviembre. Se adapta bien en zonas de valle entre 2000 y 2900 msnm.

4.1.4.5. Variedad criolla (blanco harinoso)

De grano blanco y diámetro grande, se utiliza como mote, maíz pelado y en harinas. Es una variedad totalmente adaptada al lugar.

4.1.4.6. Variedad criolla (morocho amarillo)

De grano amarillo y diámetro grande, puede utilizarse para mote, maíz pelado e inclusive para harinas. La época más adecuada para la siembra es en el mes de noviembre, es una variedad totalmente adaptado al lugar.

4.2. Métodos

4.2.1. Diseño experimental

El presente trabajo se basa en un arreglo factorial en parcelas divididas, bajo el siguiente modelo propuesto por Little (1978) y Calzada (1982)

4.2.2. Descripción de los tratamientos

Tomando como punto de partida, se propuso la aplicación de diferentes niveles de materia orgánica más un testigo (sin materia orgánica), lo cual llega a constituir un factor que permite estudiar el comportamiento del abonamiento orgánico en el rendimiento del maíz y al mismo tiempo comparar entre los niveles de materia orgánica apropiados. Los tratamientos resultaron de la combinación de los dos factores.

4.2.3. Factores en estudio

Factor A: Niveles de materia orgánica

- N 0 = Sin materia orgánica
- N 1 = 10 toneladas por hectárea
- N 2 = 15 toneladas por hectárea
- N 3 = 20 toneladas por hectárea

Factor B: Variedades

V1= Mejorada	Amarillo de oro
V2 = Mejorada	Choclero 3
V3 = Mejorada	Tuxpeño por hualtaco
V4 = Mejorada	Compuesto 18
V5 = Mejorada	Blanco harinoso
V6 = Mejorada	Morocho amarillo

4.2.4. Dimensión de las unidades experimentales

N° de repeticiones	3
N° de surcos	7
Ancho de surco	0.60 m
Distancia entre plantas	0.40 m
N° de unidades experimentales	162
Área por unidad experimental	14m ²
Largo del bloque	62m ²
Ancho del bloque	5m ²
Pasillos entre bloques	1.5m
Pasillos entre sub. Parcelas	0.50 m
Pasillos entre parcelas	0.70 m
N° de semilla por golpe	3
N° de plantas por parcela	294
Área total experimental	2356.0 m ²
Área total del terreno	2772.0 m ²

4.2.5. Procedimiento experimental

4.2.5.1. Selección de la parcela experimental

Para la selección de la parcela experimental se ubico un terreno de tamaño regular, el cual estuvo en un periodo de descanso de dos años, con pendiente reducida.

4.2.5.2. Preparación del terreno

Antes de la siembra se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 20 cm., utilizando el método de zig – zag, para luego ser enviadas al laboratorio del IBTEN para su respectivo análisis.

La parcela elegida fue preparada con la ayuda de una yunta y luego se procedió a una nivelación del suelo.

Cuadro 5. Metodología empleada en el trabajo de análisis físico químico del suelo en laboratorio

Determinación	Método
Propiedades físicas: texturas	Hidrómetro descrito por Bouyoucos
Propiedades químicas	Walkley black modificado
Materia Orgánica (%)	
Fósforo (ppm)	Peach
Nitrógeno (%)	Potenciómetro de Beckman y comparadores
pH	Colorimétricos
CE (mhod/cm a 25°C)	Puente de conductividad de weastone
Cationes de cambio	Flamometría
Al y H (meq/100g)	Versenato EDTA
K y Na (meq/100g)	
Ca y Mg (meq/100g)	
TBI (meq/100g)	
CIC (meq/100g)	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6. Resumen de análisis físico de suelo del lugar del experimento

Localidad	Muestra		% Sat.	% Arena	% Limo	% AR	% Grava	Clase
Inquisivi	1°	0 - 20	99.3	43	27	30	51.67	

FY Franco arcillosos

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7. Resumen de análisis químico de suelo del lugar del experimento

Localidad	Inquisivi
Profundidad (cm)	0 - 20
pH (1:5 agua)	6.270
(1:5 KCl)	6.240
CE (mhod/cm en agua)	0.027
Cationes de cambio	
Al+H (meq/100g)	0.078
Na+ (meq/100g)	0.120
K+ (meq/100g)	0.320
Ca (meq/100g)	8.310
Mg (meq/100g)	3.080
TBI (meq/100g)	11.830
CIC (meq/100g)	11.910
Carbonatos libres	A
Materia orgánica %	2.960
Nitrógeno total %	0.210
Fósforo asimilable ppm	27.480

Fuente: Elaboración propia

4.2.5.3. Trazado del diseño experimental

Con la superficie completamente limpia y nivelada, se inicio la demarcación total de toda la unidad experimental. Se colocaron las estacas correspondientes a cada parcela y sub parcela en sentido contrario a la pendiente.

Con todas estas operaciones en terreno quedo listo para la siembra. El croquis de campo del experimento se puede observar en la **gráfica 5.**

4.2.5.4. Siembra e incorporación de la materia orgánica

Para la siembra se procedió a la apertura de surcos, con una distancia entre surcos de de 0.50 m para el maíz. Después de abierto el surco se procedió a la incorporación de la materia orgánica que corresponde a cada parcela, pesando la cantidad para cada tratamiento a razón de 10 t/ha, 15 t/ha y 20 tn/ha de materia orgánica.

La siembra para el cultivo de maíz se realizo en su primera época el 30 de noviembre de 1999, mediante el sistema de golpe depositando tres semillas de maíz por golpe. Se procedió luego al tapado de los surcos, la distancia entre plantas de maíz es de 0.40 m.

De la misma forma se procedió para la segunda época, realizando la siembra de maíz el 11 de enero de 2000, al igual que la primera época y su posterior tapado de los surcos.

Cuadro 8. Analisis quimico de estiércol ovino

Localidad	Micayani
Humedad	42.210 %
Materia seca	53.790 %
Nitrógeno total	2.000 %
Fósforo total	0.570 %
Potasio total	2.970 %
Materia seca	38.910 %

FUENTE: Elaboración propia

4.2.6. Labores culturales

4.2.6.1. Raleo

Consistió sacar las plantas menos desarrolladas y atacadas por plagas y enfermedades dejando una sola planta por sitio a las tres semanas de siembra, 30 cm de alto.

4.2.6.2. Control de malezas

Se realizó con carpidos manuales, en el primer periodo de crecimiento, que se realiza a partir de los 30 días de la emergencia de las plántulas, con el propósito de evitar la competencia con las malezas principalmente en las primeras etapas del desarrollo, con los agricultores de la zona, mano de obra asalariada.

4.2.6.3. Aporque

El primer aporque se realizó en forma manual con azadón, amontonando la tierra, al rededor de las raíces. El segundo aporque se lo realizo para el cultivo de maíz a los 63 días.

4.2.6.4. Cosecha

La cosecha de las diferentes variedades de maíz se realizo, cuando el follaje presentaba un color pardo, se considero la madurez fisiológica del grano con un 14% de humedad de cada parcela en forma manual. Se recogieron las mazorcas en bolsas de yute con su respectiva identificación.

El rendimiento se tabulo en kg por unidad experimental que posteriormente fueron ajustados a kg/ha, se cosecharon cinco surcos dejando dos surcos para evitar los efectos de bordura.

4.2.7. Ubicación de la parcela experimental

4.2.7.1. Muestreo del suelo

Las muestras del suelo se tomaron el 12 de julio de 2003, a una profundidad de 20 cm utilizando el método de zig – zag y se procedió al cuarteo para obtener una muestra de suelo de 1kg aproximadamente, las cuales fueron llevadas al laboratorio del IBTEN Viacha. Los resultados se reportan en los cuadros 4 y 5.

4.2.7.2. Cultivos anteriores al ensayo

Anteriormente se cultivaron haba, papa y maíz, posteriormente estuvo en descanso durante una gestión agrícola.

4.3. Variables de respuesta

4.3.1. Número de plantas por parcela

Se determino el número de plantas por parcela: se registran los datos durante todo el ciclo vegetativo del cultivo.

4.3.2. Días a la floración masculina y femenina

Se registró el número de días transcurridos después de la emergencia de la plántula hasta cuando el 50% de las plantas de cada unidad experimental emitían polen y estigmas respectivamente.

4.3.3. Altura de planta y mazorca

Este carácter se midió desde la base de la planta hasta la lígula de la vaina de la hoja bandera. Asimismo se midió la altura de inserción de la mazorca, desde la base de la planta al nudo que porta la primera mazorca.

4.3.4. Rendimiento por variedad y por parcela

Se cosecharon los dos surcos centrales de cada parcela, registrándose el peso de campo de las mazorcas en grano en kg, para convertir el peso de campo a rendimiento en grano se descontó el peso del marlo, registrándose el porcentaje de humedad inmediatamente después de la cosecha.

4.3.5. Variables analizadas en el suelo

- Dap
- Porosidad
- CIC
- pH
- CE
- N
- P (ppm)

Una vez recolectadas las muestras utilizando el método del zig-zag en cada una de las parcelas que se han incorporado después de la cosecha, nuevamente se llevo al laboratorio del IBTEN.

4.4. Análisis estadístico

Con los datos fenológicos y los rendimientos obtenidos previamente estandarizados se procedió a realizar el análisis estadístico de acuerdo al modelo lineal, las diferencias

estadísticas entre medias representan a un nivel de probabilidad del 5% según la prueba de Duncan.

El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + V_j + \varepsilon_a + N_k + (V*N)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general

β_i = Efecto del i-esimo bloque

V_j = Efecto del j-esimo variedad

ε_a = Error del tipo A

N_k = Efecto del k-esimo nivel

$(N*V)_{ij}$ = Efecto del ij-esimo Nivel por variedad

ε_{ijk} = Error experimental

El análisis de varianza (ANVA), se ajusta al modelo matemático del arreglo factorial en parcelas divididas para las características: altura de planta, altura de mazorca, y rendimiento en peso.

$$CV = \frac{CME}{m} \times 100$$

Se realizaron comparaciones múltiples entre la media de los tratamientos siguiendo la metodología de DUNCAN a un nivel de probabilidad del 5%.

4.5. Análisis económico

El análisis económico se realizó de acuerdo al manual metodológico de evaluación económica del CYMMIT (Persón et al 1979). Para su cálculo se acude a los rendimientos promedios obtenidos de las repeticiones del experimento del cual nos resultan los beneficios netos y con los cuales realizamos el análisis del retorno marginal.

4.5.1. Ingreso Bruto

$$IB = R \times P$$

Donde:

IB = Ingreso Bruto

R = Rendimiento

P = Precio

4.5.2. Ingreso Neto o Utilidad del cultivo

$$IN = IB - C$$

Donde:

IB = Ingreso Bruto

C = Costo total de producción

4.5.3. Tasa de retorno marginal

$$TRM = BMg/CMg \times 100$$

Donde:

TRM = Tasa de retorno marginal

BMg = Beneficio marginal

CMg = Costo marginal de producción

La diferencia marginal viene a ser la diferencia existente entre los beneficios de las diferentes aplicaciones tecnológicas.

4.5.4. Relación Beneficio / Costo

$$B/C$$

Donde:

B = Beneficios

C = Costo de producción

Cuando:

Valor >1 Aceptable

Valor =1 Dudoso

Valor < 1 Rechazado

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables agronómicas y del rendimiento en maíz

5.1.1. Altura de planta (m)

Esta variable fue evaluada a los 100 días, después de la siembra donde se registro la altura de planta, midiéndose desde la superficie del suelo hasta la base de la panoja. Los muestreos para la altura de planta se realizaron al azar en cada unidad experimental, los resultados se muestran en el cuadro 9 y la grafica 1.

Cuadro 9. Analisis de varianza para altura de planta expresada en cm para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	4704.607	2352.303	5.23	0.027 *
Variedad	5	879.736	175.947	0.39	0.844 ns
Error A	10	4501.312	450.131		
Fertilidad	3	7232.3144	2410.771	4.96	0.005 **
Variedad*Fertilidad	15	6019.507	401.300	0.82	0.645 ns
Error	36	17512.153	486.448		
Total	71	40849.631			
Coeficiente variación		10.65%			

(*) Diferencias estadísticas significativas

(**) Diferencia estadística altamente significativa

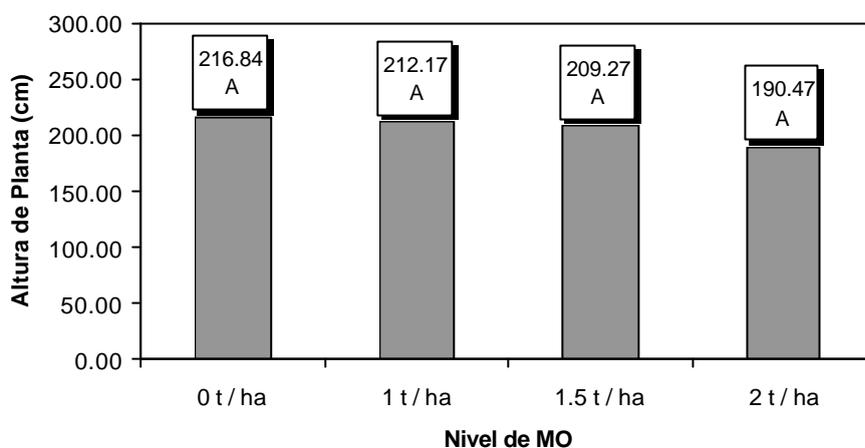
Cuadro 10. Prueba de Duncan de la altura de planta expresada en cm para el factor variedades

Variedad	Media	Duncan
3	212.25	A
2	210.37	A
5	207.18	A
6	206.38	A
1	205.65	A
4	201.31	A

Analizando este resultado se observa que los tratamientos registrados para el tratamiento de maíz no reportan diferencias significativas, entre tratamientos aunque se observan diferencias numéricas entre los tratamientos de maíz sin aplicación de materia orgánica 0.0

t/ha, con una altura de 2.10 m a diferencia de los tratamientos con aplicación de materia orgánica donde el valor menor lo registra el tratamiento con aplicación de 20 t/ ha de materia orgánica, registrándose un valor de 2.05 m.

Figura 3 Altura de planta expresada en cm para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)



Esta sola diferencia de respuesta en lo referente a la altura de planta, fue debida a factores como la toma de muestras que se realizo en forma aleatoria de las plantas representativas, también puede deberse a la temperatura del suelo en la que se ha desarrollado, a la disponibilidad de humedad, que existe en cada unidad experimental y como también al proceso lento de la mineralización de la materia orgánica, lo que nos lleva a deducir que los nutrientes no son fácilmente absorbidos por la planta.

Al respecto Guareca (1993), menciona que con la aplicación de materia orgánica en dosis altas se obtienen alturas menores, lo que coincide con el trabajo de investigación en lo que se refiere al cultivo de maíz en mono cultivo.

5.1.2. Altura de mazorca

En el cuadro número 10, se presenta el análisis de varianza para altura de mazorca en la localidad de Micayani, provincia Inquisivi, tomada desde la base del suelo al punto de inserción de la primera mazorca.

Cuadro 11. Analisis de varianza para altura de Mazorca medida en cm localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	1656.336	828.168	0.91	0.433 ns
Variedad	5	964.622	192.924	0.21	0.949 ns
Error A	10	9090.309	909.030		
Fertilidad	3	4510.224	1503.408	5.19	0.004 **
Variedad*Fertilidad	15	7388.935	492.595	1.70	0.095 ns
Error	36	10438.166	289.949		
Total	71	34048.596			
Coeficiente variación		16.90%			

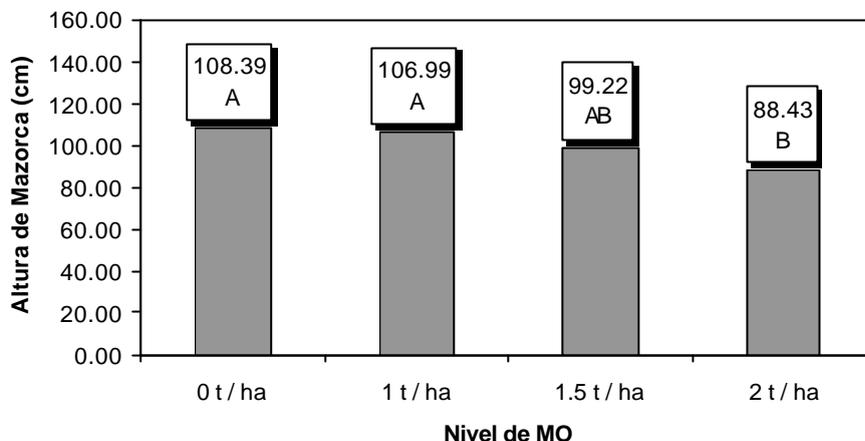
Cuadro 12. Prueba de Duncan de la altura de mazorca expresada en cm para el factor variedades

Variedad	Media	Duncan
6	105.64	A
3	104.49	A
1	101.58	A
2	99.55	A
4	98.30	A
5	94.89	A

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al 5 %.

El análisis de varianza para altura de mazorca o altura de choclo, basada en datos presentados en el cuadro número 2 del anexo, muestran que la diferencia entre variedades estadísticamente no es significativa al 5 %, pero numéricamente se puede ver claramente la diferencia entre variedades. La variedad con mayor altura de mazorca es la variedad 6, amarillo Criollo, esto se debe a que esta variedad esta mejor adaptada a la zona, lo que demuestra que hubo diferencia entre variedades.

Figura 4 Altura de Mazorca medida en cm localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)



Por otra parte existe efecto altamente significativo entre los niveles de fertilización orgánica sobre la altura de mazorcas.

Al respecto Jurado (2000), pudo comprobar que la altura de mazorca se atribuye a las características propias de cada variedad y las condiciones ambientales, estando esta característica directamente relacionado con la variable altura de planta; por lo tanto a mayor altura de planta, mayor sera la altura de mazorca (choclo), lo que quiere decir que los factores que influyen en la variable altura de planta, también influyen en la altura de mazorca

En cuanto a los coeficientes de variación muestran un margen de variabilidad aceptable

5.1.3. Días a la floración

En el cuadro número 11, se presenta el análisis estadístico para el carácter días a la floración, tomado desde el día de la siembra hasta que las unidades experimentales presenten mayor al 50% de la floración masculina y femenina.

Este análisis se basa en los datos registrados en el cuadro número tres del anexo.

5.1.4. Número de plantas por parcela

En el cuadro número 12, se presenta el análisis estadístico para en carácter Número de plantas por parcela, tomado desde el día de la siembra hasta el día de la cosecha en cada unidad experimental. Este análisis se basa en los datos registrados en el cuadro número cinco del anexo.

Cuadro 13. Analisis de varianza del número de plantas por parcelas para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	10.333	5.166	0.95	0.417 ns
Variedad	5	47.625	9.525	1.76	0.209 ns
Error A	10	54.166	5.416		
Fertilidad	3	3.819	1.273	0.22	0.882 ns
Variedad*Fertilidad	15	85.097	5.673	0.98	0.496 ns
Error	36	208.833	5.800		
Total	71	409.875			
Coefficiente variación	12.13%				

Cuadro 14. Prueba de Duncan de número de plantas por parcelas para el factor variedades

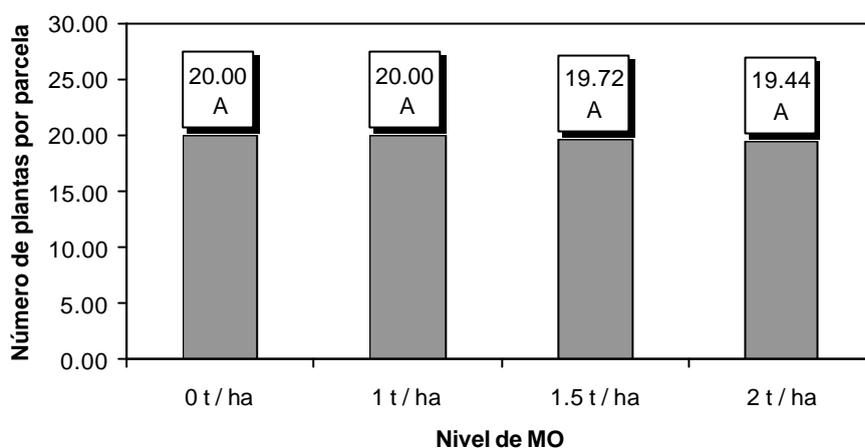
Variedad	Media	Duncan
5	21.083	A
1	20.583	A
4	19.833	A
2	19.416	A
3	18.216	A
6	18.916	A

Medidas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan al 5%.

El análisis de varianza para el carácter número de plantas, basada en los datos presentados en el cuadro número 5 de anexo, muestran que las diferencias entre las variedades no es significativa, lo que demuestra que no hubo diferencias entre variedades estadísticamente. Por otra parte se puede comprobar que existe diferencias numéricas, siendo la variedad 5 (Waltacu) que posee el mayor número de plantas por parcela, esto quiere decir que ha germinado en mayor porcentaje la variedad criolla. Dentro de las variedades introducidas

la que mejor a respondido en cuanto a este carácter es la variedad 1 (amarillo de oro). Esta diferencia se debe a que la variedad criolla esta mejor adaptada al medio ambiente en cuanto a temperatura, humedad, etc.

Figura 5 Analisis de varianza del número de plantas por parcelas para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)



5.1.5. Días a la cosecha

En el cuadro número 13, se presenta el análisis estadístico para en carácter días a la cosecha tomado desde día de la cosecha en cada unidad experimental. Este análisis de basa en los datos registrados en el cuadro número seis del anexo.

Cuadro 15. Analisis de varianza para el carácter días a la cosecha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	22.333	11.166	0.39	0.685 ns
Variedad	5	2933.166	586.633	20.58	0.000 **
Error A	10	285.000	28.500		
Fertilidad	3	4.166	1.388	1.00	0.404 ns
Variedad*Fertilidad	15	20.833	1.388	1.00	0.476 ns
Error	36	50.000	1.388		
Total	71	3315.500			
Coeficiente variación		23.63%			

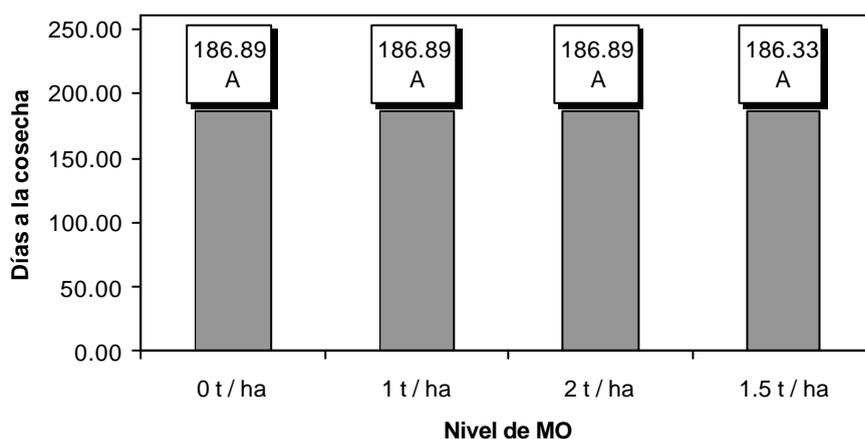
Cuadro 16. Prueba de Duncan de días a la cosecha para el factor variedades

Variedad	Media	Duncan
2	196.000	A
5	195.167	A
4	185.000	B
3	182.000	B
1	181.333	B
6	181.00	B

El análisis de varianza para el carácter días a la cosecha, basada en los datos presentados en el cuadro número 6 del anexo, muestran que la diferencia entre variedades es altamente significativo al 5% de probabilidad ($F= 20.58 \%$), lo que demuestra que hubo diferencia entre variedades.

Según la prueba de Duncan al 5%, se puede establecer que las variedades 2 (Choclero 3) y la variedad 5 (Waltacu), tienen los ciclos más largos es decir que estas dos variedades son de ciclo más largo, mientras que las cuatro restantes variedades poseen un menor ciclo vegetativo.

Figura 6 . Analisis de varianza para el carácter días a la cosecha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)



5.1.6. Rendimiento por parcela

En el cuadro número 14, se presenta el análisis estadístico para en carácter rendimiento por parcela, tomado desde el día de la cosecha en cada unidad experimental. Evaluando dos surcos centrales, tomada o medida los pesos. Este análisis se basa en los datos registrados en el cuadro número siete del anexo.

Cuadro 17. Analisis de varianza para el carácter rendimiento por parcela para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)

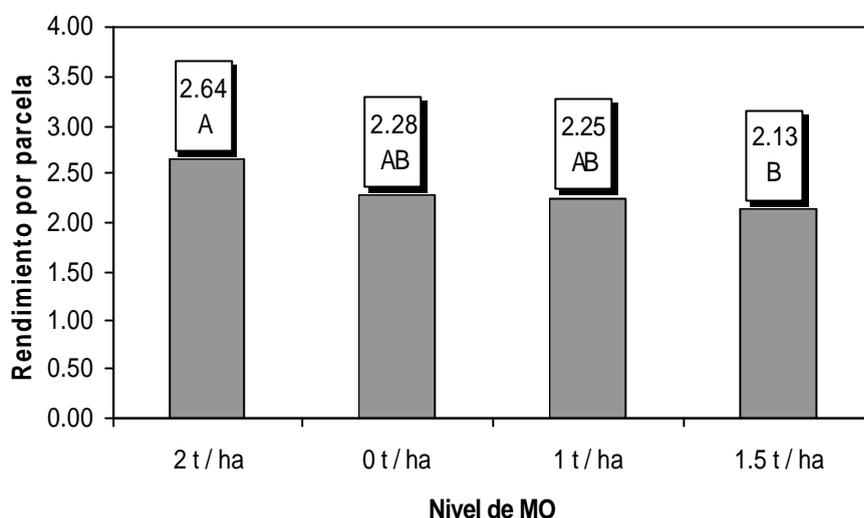
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	10.116	5.058	5.05	0.030 *
Variedad	5	5.630	1.126	1.12	0.404 ns
Error A	10	10.024	1.002		
Fertilidad	3	2.639	0.879	2.13	0.113 ns
Variedad*Fertilidad	15	5.503	0.366	0.89	0.890 ns
Error	36	14.845	0.412		
Total	71	46.759			
Coefficiente variación		27.60%			

Cuadro 18. Prueba de Duncan del rendimiento por parcela para el factor variedades

Variedad	Media	Duncan
5	2.850	A
1	2.433	A
3	2.333	A
4	2.258	A
2	2.133	A
6	1.950	A

El cuadro número 14, con el análisis de varianza para el carácter rendimiento, muestra que existe diferencia significativa entre bloques, entre los niveles de fertilización y por otra parte el efecto de variedades también es no significativa y no significativa al 5%.

Figura 7 Análisis de varianza para el carácter rendimiento por parcela para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)



5.1.7. Rendimiento en tn/ ha

En el cuadro número 15, se presenta el análisis estadístico para en carácter rendimiento por parcela, tomado desde el día de la cosecha en cada unidad experimental. Este análisis se basa en los datos registrados en el cuadro número ocho del anexo.

Cuadro 19. Análisis de varianza para el carácter de rendimiento en t/ha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	8.411	4.205	7.64	0.009 **
Variedad	5	1.163	0.232	0.42	0.822 ns
Error A	10	5.503	0.550		
Fertilidad	3	1.170	0.390	1.98	0.134 ns
Variedad*Fertilidad	15	1.566	0.104	0.53	0.906 ns
Error	36	7.098	0.197		
Total	71	24.913			
Coefficiente variación		22.10%			

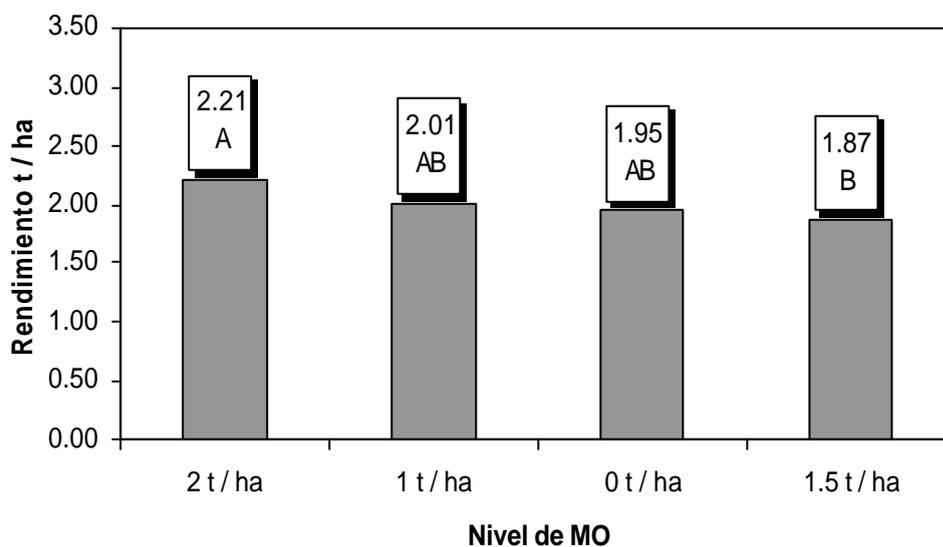
Cuadro 20. Prueba de Duncan del rendimiento t/ha para el factor variedades

Variedad	Media	Duncan
4	2.128	A
1	2.112	A
5	2.084	A
2	2.067	A
3	1.831	A
6	1.831	A

En el cuadro 15 se observa que: el mayor incremento de rendimiento promedio de niveles de fertilización respecto al testigo lo presenta la variedad 4 (Compuesto 18).

En lo que respecta a variedades el mayor incremento se dio en la variedad compuesto 18, seguida de la variedad Amarillo de oro, respecto al testigo

Figura 8 Análisis de varianza para el carácter de rendimiento en t/ha para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)



5.1.8. Peso de 1000 granos

En el cuadro número 16, se presenta el análisis estadístico para en carácter peso de 1000 granos por parcela, tomado desde el día de la cosecha en cada unidad experimental. Este análisis se basa en los datos registrados en el cuadro número nueve del anexo.

Cuadro 21. Analisis de varianza para el carácter peso de 1000 granos para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Bloque	2	26806.361	13403.185	5.59	0.023 *
Variedad	5	37017.236	7403.447	3.09	0.060 ns
Error A	10	23956.972	2395.697		
Fertilidad	3	3956.930	1318.976	0.84	0.478 ns
Variedad*Fertilidad	15	13018.152	867.876	0.56	0.56 ns
Error	36	56240.666	1562.240		
Total	71	160996.319			
Coeficiente variación	13.52%				

Cuadro 22. Prueba de Duncan del peso de 1000 granos para el factor variedades

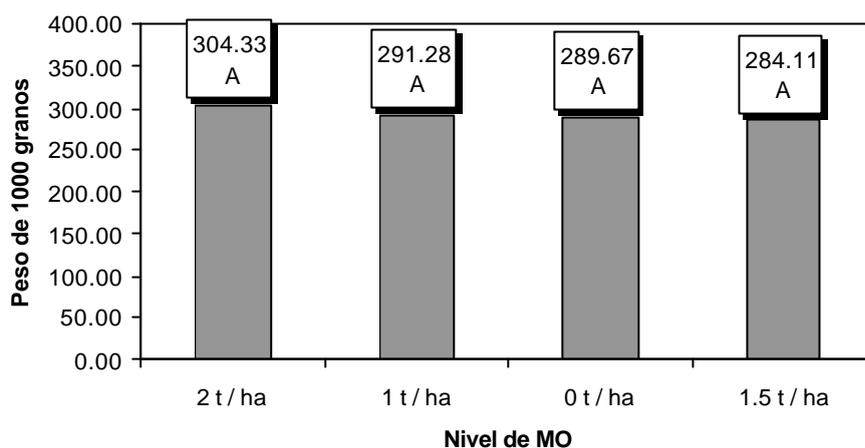
Variedad	Media	Duncan
5	329.67	A
1	299.92	AB
2	298.92	AB
4	296.42	AB
6	268.67	B
3	260.50	B

El análisis de varianza para el carácter días a la cosecha, basada en los datos presentados en el cuadro número 9 del anexo, muestran que la diferencia entre bloques es altamente significativo al 5% de probabilidad ($F= 20.58$ %), lo que demuestra que hubo diferencia entre bloques

Según la prueba de Duncan al 5%, se puede establecer que las variedades 6 (waltacu) y la variedad 1 (amarillo de oro), tienen los pesos mas altos de 1000 granos de semillas, es decir que estas dos variedades son de granos mas grandes que el resto de las otras

variedades, mientras que las cuatro restantes variedades poseen un menor tamaño y por lo tanto un menor peso de grano de maíz respecto a los dos primeros.

Figura 9 Análisis de varianza para el carácter peso de 1000 granos para localidad de Micayani (Prov. Inquisivi)



5.1.9. Análisis económico

Para el análisis económico, se considero el precio promedio de tres meses de (100 unidades de choclo), en el mercado de dicha zona de estudio (Prov. Inquisivi). Los precios se reportan en el cuadro siguiente:

Cuadro 23. Precio de maíz (choclo) registrado en el mercado de la provincia Inquisivi

Producto	Enero	Febrero	Marzo	Promedio
Maiz choclo 100 Unid.Bs	66	55.2	46	55.73

Para el costo de fertilización o abonamiento por hectárea, se consideró los precios vigentes en el mercado, estos precios se presentan el cuadro 18

En el cuadro 20, se presentan los cuadros de producción para una hectárea de maíz choclo por hectárea, por los niveles de fertilización o abonamiento orgánico, en estos costos no se incluye el valor del terreno, vivienda, herramientas, etc.

Cuadro 24. Comparacion de utilidad de las variedades mejoradas respecto al nivel de abonamiento Micayani (Prov. Inquisivi)

Abonamiento estiércol ovino	Variedad Local	Variedad Mejorada	Diferencia al local
Bajo	12181.10	16603.40	4422.00
Medio	11491.75	16106.65	4614.90
Alto	14627.92	18417.37	3789.45
Promedio	12854.50	16315.88	3461.37

Cuadro 25. Comparacion de utilidad de las variedades mejoradas respecto al nivel de abonamiento Micayani (Prov. Inquisivi)

Abonamiento estiércol ovino	Variedad Local	Variedad Mejorada	Diferencia al local
Bajo	10966.67	16478.13	5511.45
Medio	12283.23	14573.13	2289.90
Alto	13319.74	18344.14	5024.40
Promedio	12421.72	15882.94	3461.22

En el cuadro 22 nos muestra que en los niveles de fertilización orgánica, el beneficio costo para variedades mejoradas fue el que dio mejores ingresos económicos respecto a la variedad local, de (4614,90) y (4422,00) Bs/ha.

En el cuadro 23, los niveles de abonamiento orgánico que mostraron mayor beneficio neto fueron los niveles altos (2 Tn/ha) y el de baja (1 Tn/ha) de las variedades mejoradas respecto de la variedad local.

El cuadro 24 nos muestra un incremento de niveles de fertilización orgánica respecto al testigo de 28,03 % de la variedad Ancho selección Pairumani, seguido de la variedad choclero-2 con 27,40%, y con respecto a los niveles de abonamiento el incremento se dio para la variedades Ancho selección pairumani y choclero-2 de 23,98% y 23,00 % sobre el testigo

Cuadro 26. Incremento de utilidad neta de las variedades mejoradas respecto al local sobre el testigo nivel de fertilidad orgánica Micayani (Prov. Inquisivi)

Variedad	Testigo	Nivel abonamiento	% incremento
Amarillo de oro	13070.00		
Choclero 3	15086.59		
Tuxpeño*hualtaco	14252.60		
Compuesto 18	13117.25		
Blanco harinoso	13881.61		
Morocho amarillo			
Promedio			

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez obtenido los resultados, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La introducción de variedades mejoradas a la localidad de Micayani ubicado en la provincia Inquisivi del departamento de La Paz y a las demás comunidades que se encuentran a su alrededor; en sustitución a las variedades locales utilizadas como testigos, se justifica para el caso de las variedades Compuesto 18 y la variedad Amarillo de oro, los cuales mostraron mayor rendimiento que las variedades locales, en todos los niveles de fertilización orgánica, aunque el incremento no fue el que se esperaba.

2. La introducción de la variedad Tuxpeño por Hualtacu, no es recomendable para este valle de comunidad Micayani provincia Inquisivi, ya que no mostró ninguna respuesta a la fertilización orgánica, tampoco al testigo en comparación a la variedad local; sin embargo se debe confirmar con este análisis.

3. Las variedades criollas o locales fueron las que mejor se comportaron al nivel cero (testigo) es decir sin abonamiento y fertilización, con respecto a las variedades mejoradas, esto se debe mas que todo a que las variedades locales están mejor adaptadas al medio, al aspecto climático, y a los suelos pobres como son los de esta zona del valle de Inquisivi, además tienen mejor eficiencia de uso de nutrientes

4. La variedad Amarillo de oro, pese a haberse mostrado mas productiva que las demás, no despertó el interés de los agricultores de la zona debido a que tiene un ciclo reproductivo muy largo, son variedades tardías, y tienen numerosas brácteas lo cual le da un aspecto grande a las mazorcas, su cultivo requiere grandes cantidades de agua, lo cual no ofrece la zona, especialmente donde se llevo el experimento.

7. BIBLIOGRAFIA

ABDELHALIN A. MARTIN, 1989, Evaluación del maíz tuxpeño 02 cosechado en choclo y maíz en cinco épocas de siembra, TESIS, Santa Cruz – Bolivia, pag 52.

ALAMO, V. DOMINGUEZ, 1981, Abonos y guía práctica de la fertilización, Editorial Mundi- prensa Madrid España pag. 559.

ALDRICH, R. SAMUEL Y EARL R. LENG, 1974, Producción moderna de maíz, Editorial Hemisferio sur, Buenos Aires Argentina pag. 260

AVILA, G. Y BRANDOLINI A. G., 1990, Maíz en Bolivia, Documento para la cooperación al desarrollo, Instituto Agronómico, Florencia Italia, Pag. 100.

- BELLAPORT, V. C. 1988, Fertilización natural, la agricultura del futuro, Editorial AEDUS S.A. Primera edición, Barcelona España, pag. 280.

- CUMAT, 1991, Estudio sem.-detallado de suelos, capacidad de uso

- BOLIVIA, Anuario estadístico del sector rural, 1974, AGRODATA.

BUCKMAN Y BRANDY, 1966, Naturalez y propiedades de los suelos. Traducido por BARCALO, Mexico, Editorial Hispano Americano, Pag 590

CORDENE, M., ET-AL, 1985 Genética vegetal y fitomejoramiento. Editorial científicos técnicos, la Habana – Cuba pag. 269.

- CUSICANQUI J. A., 1982, Tesis adaptación de 14 cultivares de maíz en 4 localidades de la Prov. Gran chaco, Tarija – Bolivia, pag. 6-8.

CYMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición, México D. F., pag. 10.

CHILON, E., 1991, Cálculos de las dosis de fertilización y abonamiento orgánico para los cultivos, Facultad de Agronomía, UMSA.

- FAO, 1990 Organización de la naciones unidas para la agricultura y la alimentación, primer seminario nacional sobre fertilidad en Bolivia, CIAT - IBTA, Santa Cruz _ Bolivia.

JUGENHEIMER R. W., 1987, Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas, Editorial LIMUSA, México, Pag 87.

LLANOS C. M. 1984, El maíz su cultivo y aprovechamiento, Edición Mundi prensa, primera edición, Madrid – España, pag. 460.

MAGALHAES P. C., 1991, Fisiología da producao in seminario sobre mejoramiento y fisiología del maíz CNPMS / EMBRAPA Sete Lagos, Brasil.

MAMANI R. F., Niveles de fertilización en la producción de tubérculo- semilla en cultivo de para, TESIS Cochabamba, pag. 88.

PERSONS, B. DAVID, 1981, Manuales para educación agropecuaria en el maíz, Editorial Trillas, México pag 56.

PROCIANDINO, 1989, IX Seminario manejo de enfermedades y plagas del maíz, B Roma Krishna, Palmira – Colombia, pag 120.

PROYECTO VILLAMONTES – SACHAPERÁ, 1991, Estudio de factibilidad, pag. 120.

RAMEL, L., 1948, el maíz en la Argentina, Editorial sudamericana, Buenos Aires Argentina pag. 9-10.

- ROING Y MARTINEZ 1974, agricultura práctica, Editorial Ramón Sopena, Barcelona - España, pag. 105.

SUPPO, R. FLORENCIO, 1982, Fertilizantes y nutrición vegetal, Editorial, Elites S. A. México. Pag. 157.

THOMPSON, L. M ., 1965, El suelo y su fertilidad, Traducido por RICARDO CLARA, 3era Edicion New cork, Editorial Reverte S. A. pp 29-164-190-

TISDALE S. Y NELSON 1970, Fertilidad de los suelos y fertilizantes, Barcelona – España, pag. 760.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, 1974, manual del maíz, Lima Perú, pag 24-25.

UÑO, A. LIBORIO, 1990, Estudio socioeconómico de los valles inter-andinos, ACRA, La Paz – Bolivia, pag 163.

VEIZAGA A. R., 1983, Tesis respuesta de 10 variedades de maíz a tres niveles de fertilización en el valle alto de Cochabamba, Bolivia, pag. 104.

VILLARROEL A. JORGE 1989, Agroecología, serie técnica N° 14, Cochabamba Bolivia, pag. 35.

