

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy en día el cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí.

Este cereal se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, razón por la cual es cultivado en casi todo el mundo, siendo las principales zonas de cultivo: Estados Unidos, América Central, Argentina, Brasil, Europa sur oriental, China, África del sur, e Indonesia.

Las razones que hacen del maíz un cultivo popular, son las siguientes: su alto rendimiento, su contenido de nutrientes en forma concentrada, su fácil transporte, es fácil de cosechar, existen diversidad de variedades, y se presta al uso tanto en la alimentación humana, animal como en la industria.

El maíz es el principal cultivo agrícola en muchos países; junto con el arroz y el trigo, pertenecen al grupo de cereales que proporcionan aproximadamente el 65 por ciento de los hidratos de carbono y el 50 por ciento de las proteínas que necesita el hombre. Se utiliza directamente como alimento, como forraje para los animales y como materia prima para numerosos productos industriales, siendo una mercancía muy importante en el comercio internacional.

Hoy en día el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar, siendo de gran importancia a nivel mundial.

La semilla representa una partida de costo reducido en la producción de maíz, pero tiene un efecto fundamental en el rendimiento. La producción de semilla de maíz es una tarea de gran responsabilidad y especialización; esto es especialmente cierto en la producción de semillas de variedades de maíz híbrido. La producción de semilla especialmente de variedades de maíz híbrido exige una organización excepcional en todas las etapas de producción, tratamiento y comercialización; sólo en tales condiciones puede resultar un negocio rentable la producción de semilla de maíz.

El maíz en Bolivia se cultiva en cuatro macro-eco regiones, estas son: a) las zonas tropicales bajas entre los 200 y 900 metros de altitud, b) las sub-tropicales, entre los 1000 y 1600 metros de altura, c) la zona chaqueña sub-andina entre 200 y 1500 metros de altura; d) en las laderas y valles interandinos, entre los 1700 y 3000 metros de altura, excepcionalmente puede alcanzar los 3800 metros de altura en las orillas aledañas al lago Titicaca.

El cultivo del maíz en Bolivia se encuentra difundido en todo el país, con una superficie aproximadamente de 285.000 has, con una producción de 570.000 TM., y un rendimiento promedio de 2.000 Kg. /Ha

En el país hasta hace unos 25 años la productividad era cerca de 1300 kilogramos por hectárea; en los últimos años, la productividad está en constante incremento.

El incremento de la productividad se debe principalmente al uso creciente de variedades mejoradas y de híbridos en la zona tropical con desarrollo empresarial cercana a la ciudad de Santa Cruz (zona de expansión y zona integrada), al uso de variedades mejoradas de tipo semidentado y semivitreo en el chaco sub-andino de los departamentos de Santa Cruz, Tarija y Chuquisaca y zonas subtropicales del departamento de Santa Cruz y al uso de variedades mejoradas en los valles interandinos con riego.

En nuestro departamento el maíz está localizado en tres zonas bien diferenciadas: el valle central, región sub-andina (provincia O'Connor) y la región chaqueña que abarca el 50% de producción departamental.

La superficie cultivada en el departamento es de 35.175 Ha, con una producción de 53.425 TM. y un rendimiento promedio de 1.580 Kg. /Ha

La gran riqueza alimentaria del grano con 9.5% de proteína, 72% de hidratos de carbono, y 83% de sustancia seca, convierten al maíz en la base de la alimentación de muchos animales domésticos, que con la adición de un complemento de proteínas, resulta un alimento completo.

En la actualidad se conoce que algunas variedades de maíz criollo son ricas en colorantes y antioxidantes naturales. Las propiedades nutricionales de estos compuestos hacen del maíz criollo un producto con amplia demanda en el mercado internacional. En nuestro país se ignora el conocimiento del grado de erosión genética que pone en peligro la extinción de las razas autóctonas de maíz, especialmente las de color.

Por estos motivos se debe fomentar investigaciones dirigidas al rescate de los materiales criollos de maíz, mejoramiento del maíz criollo, descripción varietal, etc. con la finalidad de desarrollar material genético con valor diferenciado para las industrias alimenticias, farmacéuticas, cosméticas, y químicas.

## **1.1 Objetivos.**

De acuerdo a todo lo anteriormente expuesto, el presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

### **1.1.1 Objetivo general:**

- Probar dos métodos de mejoramiento para recuperar el potencial genético, mejorando la calidad culinaria y alimenticia del maíz variedad kulli.

### **1.1.2 Objetivos Específicos:**

- Evaluar de manera comparativa los métodos de fitomejoramiento (polinización cruzada y autofecundación) por selección masal aplicados a la variedad de maíz “kulli”.
- Realizar la fijación de caracteres homocigóticos en individuos obtenidos por autofecundación.

## CAPITULO II

### REVISION BIBLIOGRAFICA

#### **2.1. Historia y Origen del maíz**

Según la historia, el maíz era el principal alimento de los indígenas cuando se descubrió el Continente Americano; al parecer, los indígenas lo habían cultivado muchos siglos antes del arribo del hombre blanco a América.

En el nuevo mundo es considerado el principal cereal domesticado y fue la base alimenticia de las civilizaciones maya, azteca e inca. Las teorías genéticas sobre el origen del maíz son muy diversas, pero parece bastante claro que se originó como planta cultivada en algún lugar de América. Se mencionan dos lugares como originarios de este cereal, ellos son los valles altos del Perú, Ecuador y Bolivia y en la región del sur de México y América Central. En ambas áreas se han encontrado gran cantidad de tipos de maíces.(Jugenheimer, 1985).

Desde su centro de origen el maíz se difundió por casi toda América y tras el descubrimiento de ésta, por el resto del mundo; actualmente es uno de los cereales más cultivados, siendo las principales zonas de cultivo Estados Unidos, América Central, Argentina, Brasil, Europa Sur Oriental, China, África del Sur e Indonesia. (Poehlman, 1980).

En base a los estudios realizados por Vavilov (1926), quien observó que en los centros de domesticación y origen de las especies vegetales se concentraba la mayor diversidad genética, Mangeldorf y Reeves (1939), afirmaron que la mayor diversidad genética del maíz se presenta en la región andina central, entre el Ecuador, Perú, y Bolivia y la región fronteriza entre Paraguay, Bolivia, Argentina y consiguientemente podrían ser el centro de diversificación primaria, mientras que el centro de diversificación secundaria estaría entre México y Guatemala.(Avila, 2008).

Por otra parte, Grobman y Bonavia (1978), realizaron hallazgos en las cuevas de Huarney, en la costa del Perú, con una antigüedad de 4800 años, fechadas mediante el

método de termoluminiscencia, los autores afirman que los caracteres morfológicos de estos maíces encontrados en horizontes precerámicos corresponden a los tipos andinos de zona alta.(Avila 2008).

Sobre la antigüedad del maíz en el territorio boliviano, no existe ninguna constancia que permita asignarle su verdadera antigüedad, la documentación más antigua que se conoce son los restos arqueológicos pertenecientes a la cultura Saucos de Cochabamba, y consisten en algunos bordes de vasijas u ollas de cerámica adornados con la impresión de una mazorca desgranada.

El maíz está clasificado dentro de una sola especie botánica, *Zea mays*, L. y tiene dos parientes cercanos que son el *tripsacum* y el teocinte. Ambos con crecimiento en estado silvestre en las regiones este y sur este de los Estados Unidos y las Américas Central y Sur (Evans, 1983).

Los procesos de mutación selección natural y en masa de los indígenas americanos, transformaron progresivamente ciertas variedades salvajes de maíz en plantas cultivadas. Es así que a partir de la década de los 30 (durante el siglo XX), el desarrollo del proceso de hibridación del maíz ha dado un incremento espectacular de la producción de este cereal(Evans, 1983).

## **2.2. Características Botánicas**

El maíz es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según las variedades; las condiciones climáticas y edáficas influyen de modo importante en el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz. El cumplimiento normal del ciclo de reproducción exige una combinación favorable de todos los factores ambientales, existen variedades precoces con alrededor de 80 días, variedades medias, semitardías, y tardías, con alrededor de 200 días desde la siembra hasta la cosecha. En general las variedades de mayor rendimiento son las de 100 hasta los 140 días. (Fao, 1984).

**El tallo** del maíz es herbáceo y se subdivide en entrenudos, cada uno sostiene una hoja y con frecuencia una yema o rama. El número de entrenudos (y hojas) varía de 6 a 20, la altura del tallo varía de 1.5 a 3 metros.

**La hoja** plenamente desarrollada consiste en un limbo conectado con la vaina mediante una lígula en forma de collar. El limbo es delgado, plano, extendido y tiene un nervio central bien definido, la hoja es principal órgano fotosintético de la planta de maíz, la cara superior de la hoja absorbe la energía luminosa del sol y la cara inferior sirve para la absorción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y la respiración.

**El sistema radical** de la planta de maíz es fibroso, extendiéndose en todas direcciones, pero su mayor parte se desarrolla hacia abajo desde el momento de la germinación de la semilla. La extensión del sistema radical depende del genotipo y de las condiciones físicas, químicas, y biológicas del suelo. Unos suelos bien aireados, moderadamente húmedos y fértiles permiten un buen desarrollo de las raíces. En los entrenudos basales pueden desarrollarse raíces de sostén o soporte las cuales favorecen una mayor estabilidad y disminuyen los problemas de acame.

La planta de maíz es monoica, es decir las flores son unisexuales y las inflorescencias masculinas y femeninas están separadas dentro de la misma planta. Este mecanismo garantiza alrededor de un 90% de polinización cruzada, la espiga es la inflorescencia masculina que sale de las hojas que la envuelven en la parte superior del tallo. La estructura floral femenina (mazorca) es un órgano único situado en una rama lateral que sale de una axila de cualquiera de las hojas intermedias. (Fao, 1984).

**El fruto**, según Sánchez (1979), es un cariósipide que se forma a partir del ovario y del ovulo fertilizado, los granos de acuerdo a la variedad difieren de color, estructura, y composición química. El color del grano depende de la naturaleza del tegumento y de la capa de aleurona, siendo el más común el amarillo y el blanco.

### 2.2.1. Clasificación taxonómica

**CUADRO N° 1**

**Clasificación Taxonómica para el maíz**

REINO	Vegetal
PHYLLUM	Teleomorphytae
DIVISION	Traqueophytae
SUBDIVISION	Angiospermas
CLASE	Monocotiledóneas
ORDEN	Glumiflorales
FAMILIA	Gramíneas
SUB FAMILIA	Panicoideas
TRIBU	Maideas
GENERO	<i>Zea</i>
ESPECIE	mays

Fuente: Herbario Universitario

### 2.2.2. Condiciones ecológicas y edáficas del cultivo

Poehlman (1980), afirma que el maíz es un ejemplo excelente de cómo se adapta una planta a las condiciones del suelo. Los suelos ideales son profundos, de estructura fina, bien aireados, bien drenados, con una elevada capacidad de retención de humedad del campo y con abundante materia orgánica. Esto permitirá un buen desarrollo del sistema radicular y una buena absorción de nutrientes.

El maíz puede dar buenos rendimientos en casi todos los tipos de suelos con valores de pH de 6 a 7. Los suelos demasiado ácidos o demasiado alcalinos (valores de pH inferiores a 4.5 y superiores a 8.5) y los suelos salinos no son convenientes para el desarrollo del maíz. (Fao, 1984).

El maíz está adaptado al clima semiárido, la semilla germina a temperaturas superiores a los 10 °C. La germinación y especialmente la nacencia es más rápida y más uniforme con las siguientes temperaturas:

## CUADRO N° 2

### Temperaturas óptimas que requiere el maíz

<b>ESTADO</b>	<b>Mínima</b>	<b>Optima</b>	<b>Máxima</b>
<b>Germinación</b>	<b>10 °C</b>	<b>20-25 °C</b>	<b>40 °C</b>
<b>Crec. Vegetativo</b>	<b>15 °C</b>	<b>20-30 °C</b>	<b>40 °C</b>
<b>Floración</b>	<b>20 °C</b>	<b>21-30 °C</b>	<b>30 °C</b>

Fuente: Herbas, 1997.

La luz es la fuente fundamental de energía para el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz, la hoja verde utiliza la luz solar, el dióxido de carbono del aire y el agua del suelo, para producir mediante la fotosíntesis los compuestos orgánicos necesarios para el desarrollo de la planta y para su acumulación en la mazorca y el grano. En cuanto a la floración el maíz es una planta de días cortos, su floración se retarda durante los días largos del año.

Al respecto ( Wallace, Bressman ), citados por Robles (1979), señalan que a una temperatura de 15.5 a 18.5 °C, usualmente el maíz emerge en un término de 8 -10 días, mientras que de 10 – 12,8 °C emerge de 18 -20 días . Si el suelo tiene buena humedad y una buena temperatura de 21 °C la emergencia se da de 5 -6 días.

El maíz es sensible tanto a la escasez como al exceso del agua, la cantidad de agua durante el estado de crecimiento no debe ser menor de 300 mm la cantidad óptima de lluvia es de 550 mm, la máxima de 850 m. el cultivo exige el máximo de humedad durante el periodo de aparición de los estigmas y espigado, el coeficiente de

transpiración es de 280 a 300 gr.de agua (para la síntesis de 1gr. de materia seca el maíz transpira de 280 a 350 gr. de agua).

## **2.3. Prácticas de cultivo y explotación**

### **2.3.1 Siembra**

La siembra del maíz se la puede realizar con maquinaria o manualmente utilizando azada, o con yunta de bueyes. Por lo general, al utilizar cualquier método de siembra se lo debe realizar cuidadosamente ya que tiene mucha significación en los rendimientos futuros. A continuación explicamos las características de cada uno de los dos sistemas de siembra.

#### **Siembra manual**

Este tipo de siembra se realiza generalmente en chaqueado con el uso de un punzón o sembradora manual en Santa Cruz, en el Chaco se hace con bueyes y con azadas; en cualquier caso se utiliza 20 – 25 Kg. de semilla por ha, con distancia de 80 cm. entre surcos y 50 cm. entre plantas. Si la semilla es de buena calidad esta densidad está calculada para una población aproximada de 50000 plantas / ha. CIAT (1989).

#### **Siembra mecanizada**

Antes de la siembra se recomienda regular la sembradora a una distancia de 80cm entre surcos y se debe realizar una siembra uniforme para garantizar la existencia de 4-5- plantas por metro lineal con la cual se obtiene entre 44000 y 55000 plantas / ha. Según recomendaciones del IBTA (1989), la utilización de 25y 35 Kg. / ha de semilla y las variedades más importantes para los valles de Bolivia son: Pol 12, Rocamex, UMSS V-107, Compuesto 10 y otros híbridos.

### **2.3.2 Épocas**

La época o momento adecuado de siembra, está íntimamente asociado a la disponibilidad de humedad en el suelo, el desarrollo vegetativo, la temperatura ambiental y el objetivo del cultivo (semilla, forraje, grano, etc.)

En las zonas donde existe riego, las épocas de siembra son más elásticas y generalmente se siembra en forma más adelantada que en las zonas a secano o temporal que depende exclusivamente del periodo lluvioso.(Aldrich, 1979).

### 2.3.3 Valor nutritivo

El maíz es, desde un punto de vista nutricional, superior a muchos otros cereales: siendo más rico en grasa, hierro y contenido de fibra, pero su aspecto nutricional más pobre son las proteínas, indicándonos en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 3**

#### **Composición nutricional del maíz**

<b>CONTENIDO</b>	<b>MAIZ, HARINA MOLIDA</b>
Agua %	12
Calorías	362
Proteínas gr.	5
Grasas gr.	3,4
Carbohidratos gr.	76,5
Almidón, fibra gr.	1
Cenizas gr.	1,1
Calcio mg	7
Hierro mg	1,8
Fósforo mg	178
Tiamina mg	0,3
Riboflavina mg	0,08
Niacina mg	1,9

Fuente: Herbas, 1997.

## 2.4. Fisiología del cultivo

La planta de maíz es uno de los mecanismos más maravillosos que posee la naturaleza para almacenar energía. De una semilla que pesa un poco más de 0,3 gramos, en un periodo de unas nueve semanas nace una planta que alcanza entre dos y tres metros de altura. En los dos meses siguientes esta planta produce entre 600 y 1000 semillas similares a la original.

¿Cómo realiza la planta de maíz este trabajo? Primero, creando una gran fábrica eficiente de energía: la planta con sus raíces, hojas, tallos y partes florales; luego, almacenando grandes cantidades de energía en un producto concentrado: el grano de maíz (Aldrich, 1979).

El conocimiento de la morfología y fisiología del maíz nos permite explicar el porqué es necesario suministrar prácticas agronómicas eficientes, con la finalidad de lograr una expresión satisfactoria del potencial productivo de los materiales que sembramos.

Rojas y Casas (1987) citados por Simons (1993), remarcan seis etapas de desarrollo por las cuales pasa el cultivo del maíz, estas son:

- Germinación y Afianzamiento
- Desarrollo Vegetativo
- Iniciación de la panoja y espiga
- Floración (liberación del polen y emergencia de los estilos)
- Desarrollo y maduración del grano.
- Maduración y secado

## **2.5. Variedades de importancia en nuestro medio**

### **2.5.1 IBTA-Algarrobal 101**

Esta variedad se desarrolló en el centro de mantenimiento de Germoplasma Gran Chaco (Yacuiba), a cargo de Tito Claurey Rene Maita; el trabajo de mejoramiento de esta variedad fue en la gestión agrícola 1990-1991, fecha de inscripción de la variedad septiembre de 1995, en el proceso de mejoramiento para la obtención de la variedad IBTA-Algarrobal 101 se realizó mejoramiento intervarietal (Suwan x IBO - 128), con cinco ciclos de recombinación y selección masalestrificada.

Caracteres morfológicos: posee granos de color amarillo-naranja, su tamaño del grano es mediano, presenta una textura de grano semidura, y la longitud de mazorca de 20-25 cm. con buena cobertura.

Caracteres agronómicos: se cultiva en la región chaqueña (Chuquisaca y Tarija) y zonas subtropicales, es de ciclo vegetativo intermedio alcanza su madurez fisiológica a los 120 días, la altura de planta es de 200-240 cm. Esta variedad está destinada a la elaboración de alimentos balanceados. Además su rendimiento es de 4.0 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.2 IBTA-Algarrobal 102**

La variedad IBTA-Algarrobal 102 se desarrolló en el centro de mantenimiento de Germoplasma Gran Chaco (Yacuiba), técnicos responsables Rene Maita y Hugo Velazco, el trabajo de mejoramiento se inició en la gestión agrícola 1990-1991, inscripción de la variedad septiembre 1995, proceso de mejoramiento intervarietal (IBO - 128 x IPTT - 28), con dos ciclos de recombinación y selección familiar combinada de medios hermanos.

Caracteres morfológicos: esta variedad tiene granos de color amarillo, el tamaño del grano es mediano, la textura del grano es semidentado, duro. Y la longitud de la mazorca es de 19-20 cm.

Caracteres agronómicos: se cultiva en zonas del chaco (Chuquisaca y Tarija) también en zonas subtropicales; su ciclo vegetativo es intermedio, alcanza su madurez fisiológica a los 120 días, la altura de planta es 180-220 cm. Esta variedad es destinada a la elaboración de alimentos balanceados y consumo humano, su rendimiento es 3.5 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.3 IBTA-Algarrobal 103**

La variedad IBTA-Algarrobal 103 se desarrolló en el centro de mantenimiento de germoplasma Gran Chaco (Yacuiba), técnicos responsables del trabajo Tito Claire y Hugo Velasco, el trabajo de mejoramiento de la presente variedad fue en la gestión agrícola 1991-1992, inscripción de la variedad septiembre 1995, el proceso de mejoramiento para la obtención de la misma se realizó interpoblacional por selección de las mejores familias del IPTT – 32 del CIMMYT, con tres ciclos de selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: el grano de esta variedad es de color blanco, su tamaño de grano es mediano, la textura de grano es aperlado, semiduro. Su longitud de mazorca es de 19-21 cm.

Caracteres agronómicos: las zonas de cultivo para esta variedad es el chaco (Chuquisaca y Tarija); también se la cultiva en zonas subtropicales, presenta un ciclo vegetativo intermedio alcanzado su madurez fisiológica a los 120 días, la altura de planta es 190-220 cm. Se lo consume en grano, para la alimentación humana (frangollo y somó). Su rendimiento es de 4.0 t/ha (IBTA, 1997).

#### **2.5.4 IBTA-Algarrobal 105**

El trabajo de obtención de la presente variedad se lo realizó en el centro de mantenimiento de Germoplasma Gran Chaco (Yacuiba), a cargo de los técnicos Rene Maita y Tito Claire; el trabajo de mejoramiento se lo inició en la gestión agrícola 1990-1991, inscripción de la variedad septiembre 1995; para el proceso de mejoramiento se hizo mejoramiento intervarietal (IBO – 128 x CMS - 36), con cinco ciclos de recombinación y selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: esta variedad presenta un grano pequeño, de color amarillo-naranja, la textura del grano es duro, el tamaño de la mazorca es de 18-20 cm.

Caracteres agronómicos: presenta un ciclo vegetativo intermedio, alcanza su madurez fisiológica a los 120 días, la altura de planta alcanza desde 180-200 cm. Las zonas destinadas a producir esta variedad son Chuquisaca y Tarija, también es apta para las zonas subtropicales, la forma de consumo es en la elaboración de alimentos balanceados. Su rendimiento es de 3.8 t/ha (IBTA, 1997).

#### **2.5.4 IBTA-Algarrobal 108**

Lugar de investigación, centro de mantenimiento de Germoplasma Gran Chaco (Yacuiba); técnicos responsables René Maita y Tito Claire; el trabajo de mejoramiento se inició en la gestión agrícola 1993-1994, la variedad se encuentra en proceso de inscripción; para el proceso de mejoramiento se realizó mejoramiento intervarietal (Tuxpeño Opaco – 2, P. Aychasara – 101, Choclero la jota, Timboy Pampa), con dos ciclos de recombinación y selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: el tamaño de grano de esta variedad es grande, su color es amarillo, con la textura semidentado, su longitud de mazorca va desde 20-25 cm.

Caracteres agronómicos: la zona de cultivo para esta variedad es en el chaco (Chuquisaca y Tarija), se adapta bien a las zonas subtropicales, el ciclo vegetativo es semitardío alcanza su madurez en choclo a los 100 días, alcanza una altura de planta

desde 220-250 cm. Es consumido en estado de choclo, grano, y harinas. Su rendimiento es de 2.8 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.5 IBTA- Erquis 1**

Lugar de investigación centro experimental Erquis (Tarija), técnicos responsables del mejoramiento Tito Claire y Jorge Cusicanqui, el trabajo de mejoramiento se inició en la gestión agrícola 1991- 1992, inscripción de la variedad mayo de 1995, en el proceso de mejoramiento se realizó mejoramiento intervarietal (Chaparrita x Ancho S.P.), con cuatro ciclos de recombinación y selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: esta variedad presenta un grano pequeño a mediano, el color del mismo es amarillo tendiente a blanco, la textura de grano es amiláceo, alcanza un tamaño de mazorca entre 16-18 cm.

Caracteres agronómicos: la variedad erquis 1 se cultiva en los valles de Tarija, Chuquisaca y Potosí (zonas con riego), en cuanto a su ciclo vegetativo es precoz, alcanza su madurez fisiológica a los 115 días, la altura de planta alcanza desde 180-210 cm. Es consumido en estado de choclo, su rendimiento es 2.5 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.6 IBTA-Erquis 2**

El trabajo de obtención de la variedad IBTA-Erquis 2 se lo realizo en el centro experimental Erquis (Tarija); técnicos responsables Tito Claire y Jorge Cusicanqui; el trabajo se inició en la gestión agrícola 1991-1992, inscripción de la variedad mayo de 1995, en el proceso de mejoramiento los técnicos realizaron mejoramiento intervarietal (Pisanckalla x Compuesto - 18), con dos ciclos de recombinación y selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: la variedad de Erquis 2 presenta el tamaño de grano mediano, de color blanco, su textura de grano es mediano, la longitud de la mazorca va desde 16-20 cm.

Caracteres agronómicos: las zonas de cultivo para esta variedad son los valles mesotérmicos de Tarija y Chuquisaca (zonas con riego para choclo y a secano para grano), su ciclo vegetativo es intermedio, alcanza su madurez fisiológica a los 130 días, la altura de planta alcanza de 200-240 cm. Se lo consume como choclo y grano, su rendimiento es 3.0 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.7 IBTA-Erquis 3**

Trabajo realizado en el centro experimental Erquis (Tarija), técnicos responsables del mejoramiento Tito Claire y Jaime Carvajal, el trabajo se inició en la gestión agrícola 1992-1993, la variedad se encuentra en proceso de inscripción; en el proceso de mejoramiento, se realizó mejoramiento intervarietal (Kellu Tupiza x P. Compuesto - 18), con dos ciclos de recombinación y selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: esta variedad presenta el tamaño de grano mediano, de color amarillo, su textura de grano es amiláceo, semivítreo, la longitud de mazorca va desde 18-22 cm.

Caracteres agronómicos: las zonas de cultivo para esta variedad son los valles de Tarija, Chuquisaca y Potosí, su ciclo vegetativo es intermedio, alcanza su madurez fisiológica a los 130 días, la altura de planta alcanza desde 200-230 cm. las formas de consumo es en grano (mote, harinas y elaboración de chicha), su rendimiento es de 2.5 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.8 IBTA-Zudañez 1**

Trabajo realizado en el centro experimental Zudañez - ORS (Chuquisaca), técnicos responsables Tito Claire y Jhonny Vera, el trabajo de mejoramiento se inició en la gestión agrícola 1992-1993, la variedad se encuentra en proceso de inscripción; para el mejoramiento se realizó mejoramiento intervarietal (Karapampa x P. Compuesto - 18), con cuatro ciclos de recombinación y selección familiar recombinada de medios hermanos.

Caracteres morfológicos: esta variedad presenta un color de grano amarillo y rojo jaspeado, de tamaño mediano, la textura de grano es semidentado, y la longitud de mazorca de 15-20 cm.

Caracteres agronómicos: las zonas de cultivo para esta variedad son los valles templados de Chuquisaca, Tarija y Potosí, su ciclo vegetativo es intermedio, alcanza su madurez fisiológica a los 130- 140 días, con una altura de planta de 230-250 cm. la forma de consumo es en grano (mote, harinas, sopas y elaboración de chicha), su rendimiento es 2.3 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.9 IBTA-Ibo 201**

El trabajo de mejoramiento de la variedad IBTA-Ibo 201 se realizó en el centro experimental Iboporenda (Chuquisaca), a cargo de los técnicos Tito Claure y Eloy Blanco, inicio del trabajo en la gestión agrícola 1994-1995, la variedad se encuentra en proceso de inscripción, para obtención de la variedad se realizó mejoramiento intervarietal (Cubano Amarillo x IBO - 128), con cinco ciclos de recombinación y selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: la variedad ibo 201 es de tamaño mediano, su color del grano es amarillo, con textura dentada, y la longitud de mazorca es desde 20-25 cm.

Caracteres agronómicos: las zonas apta para este cultivo son Chuquisaca y Tarija también se adapta a zonas subtropicales, el ciclo vegetativo de esta variedad es intermedio, alcanzando su madurez fisiológica a los 130 días, la altura de planta es 260-290 cm. se lo utiliza en consumo humano y elaboración de alimentos balanceados. Su rendimiento es 3.5 t/ha (IBTA, 1997).

### **2.5.10 IBTA-Ibo 202**

Trabajo realizado en el centro experimental Iborenda (Chuquisaca), a cargo del técnico Eloy Blanco, inicio del trabajo de mejoramiento en la gestión agrícola 1992-1993, la variedad se encuentra en proceso de inscripción; para la obtención de la

variedad se realizó mejoramiento intervarietal (ETO x Illinois), con tres ciclos de recombinación y selección masal estratificada.

Caracteres morfológicos: la variedad ibo 202 presenta el tamaño de grano mediano, de color blanco, textura de grano cristalino, y longitud de mazorca de 18-22 cm.

Caracteres agronómicos: esta variedad se cultiva en zonas del chaco (Chuquisaca y Tarija) también en zonas subtropicales, su ciclo vegetativo es intermedio, alcanza su madurez fisiológica a los 135 días, la altura de planta es de 240-275 cm. las formas de consumo es en grano, para alimentación humana (mote, frangollo, somó, humintas, y sopas), su rendimiento es de 3.0 t/ha (IBTA, 1997).

## **2.6. Variedad**

Font Quer (1982), afirma que la variedad en cada grupo se dividen algunas especies y que se distinguen entre sí por ciertos caracteres muy secundarios, aunque permanentes.

### **2.6.1 Variedad agrícola**

La variedad agrícola es un grupo de plantas similares que debido a sus características estructurales y comportamiento, se pueden diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie Cubero (2003).

### **2.6.2 Variedades nativas**

#### **2.6.2.1 Variedad Morocho**

El maíz morocho es otro tipo que se está difundiendo en la zona andina, ha sido desarrollado cruzando tipos de maíces harinosos con maíces duros de zonas altas. Los granos tienen almidón blando en el centro con una capa periférica de almidón duro que lo rodea.

Los maíces de tipo morocho son más tolerantes a los problemas que afectan a los maíces harinosos; estos son maíces que tienen el doble propósito de servir como uso humano y para la industria avícola (Vedia, 1994).

#### **2.6.2.2 Variedad Cubano Dentado**

El cubano dentado, como lo dice su nombre, es muy similar a los amarillos dentados comunes en las islas de las indias occidentales. Probablemente fue introducido a Bolivia como maíz comercial, las mazorcas son de longitud media y cilíndricas, con 12 a 16 hileras de granos amarillos fuertemente redondeados a ligeramente dentados. El pedúnculo de la mazorca es de diámetro mediano, las plantas son de altura media con hojas bastante anchas y de longitud media (Ramírez, 1961).

#### **2.6.2.3 Variedad Pairumani-Aychasara**

Caracteres morfológicos; tiene un color de grano blanco, textura de grano amilácea, con una longitud de mazorca variable de 18-22 cm. Tamaño de grano grande.

Caracteres agronómicos; las condiciones de cultivo son en los valles de Tarija, Chuquisaca (zonas a riego), y las regiones subtropicales, es de ciclo vegetativo tardío, alcanzando la madurez fisiológica a los 160 días, la altura de planta oscila entre los 240 m. el consumo es en choclo, harinas, etc. Hidalgo (1995).

#### **2.6.2.4 Variedad Pisankalla**

Esta variedad de maíz presenta mazorcas delgadas con 16 hileras de granos, blancos y puntudos, algunas mazorcas con granos fuertemente puntudos. El tallo es muy fuerte para el tamaño de la mazorca, eje central de la espiga levantado y arqueado, las ramas de las espigas son arqueadas con puntas anchas, presenta pocos entrenudos proyectados, sus hojas son angostas en la base con aurículas finas y pequeñas, plantas en su mayoría verdes con una altura de 3 a 5 pies, pero con espigas pequeñas para el tamaño de la planta, son plantas de apariencia irregular (Ramírez, 1961).

### **2.6.2.5 Variedad Kulli**

La variedad kulli presenta el color de grano pintado, con mazorcas cortas que tienen la forma de granada de mano, pericarpio cereza y aleurona púrpura; granos más o menos o ligeramente puntudos con endospermo harinoso. El eje central y las ramas primarias de la espiga son subarqueados; las espigas todas proyectadas, las hojas con lados más o menos rectos y lisos. Las plantas de color púrpura oscuro, con tallos delgados (David, 1961).

## **2.7. Clasificación del grano de maíz según su estructura**

El maíz de acuerdo a la estructura de sus granos y al uso que se dan a los mismos, puede agruparse en los siguientes tipos de especial importancia:

### **Maíz cristalino duro (*Zea maysindurata*)**

En general sus granos son duros y de contornos suaves, el endospermo está constituido sobre todo de almidón duro córneo con sólo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano (poco almidón harinoso); el maíz duro germina mejor que otros tipos de maíz, particularmente en suelos húmedos y fríos. Es de madurez temprana y se seca más rápidamente una vez que alcanzó la madurez fisiológica; se usa tanto en la alimentación humana como animal y como materia prima para la obtención de alcohol. Sin embargo, los maíces duros rinden por lo general menos que los maíces dentados.

### **Maíz dentado (*Zea maysindentata*)**

El maíz dentado es el tipo de maíz cultivado más comúnmente para grano y ensilaje. El endospermo del maíz dentado tiene más almidón blando que los tipos duros y el almidón duro está limitado sólo a los lados del grano. Cuando el grano se comienza a secar, el almidón blando en la parte superior del grano se contrae y produce una pequeña depresión, esto da la apariencia de un diente y de aquí su nombre.

El maíz dentado es generalmente de mayor rendimiento que otros tipos de maíces, pero tiende a ser más susceptible a hongos e insectos en el campo y en el almacenamiento.

### **Maíz dulce (*Zea mays* *saccharata*)**

Estos tipos de maíces se cultivan principalmente para consumir las mazorcas aún verdes, o ya sea hervidas; los granos tienen un alto contenido de azúcar y son de gusto dulce, es adecuado para el consumo humano, sus granos en su madurez son arrugados debido al colapso del endospermo que contiene muy poco almidón. Los tipos de maíz de grano dulce son susceptibles a enfermedades y son comparativamente de menor rendimiento que los tipos duros o dentados, por lo que no son comúnmente cultivados en forma comercial en las zonas tropicales.

### **Maíz harinoso (*Zea mays* *amilácea*)**

El endospermo de los maíces harinosos está compuesto casi exclusivamente de un almidón muy blando, que se raya fácilmente con la uña aun cuando el grano no esté maduro y pronto para cosechar, se cultiva principalmente en Colombia, Perú y Bolivia, se lo usa principalmente para consumo humano en choclo y con fines industriales.

Las razas de estos maíces presentan una gran variedad de colores y de algunos de ellos se extraen colorantes. A causa de la naturaleza blanda del almidón del endospermo estos maíces son altamente susceptibles a la pudrición y a los gusanos de las mazorcas y a otros insectos que los atacan tanto en el campo como en el almacenamiento. Por otra parte, también es difícil mantener la buena germinabilidad de las semillas. El potencial de rendimiento es menor que el de los maíces duros y dentados.

**Maíz reventón (*Zea maysverta*)**

Llamando también en nuestro medio maíz pura, los granos son pequeños, con pericarpio grueso y varían en su forma de redondos a oblongos. Cuando se calienta el grano revienta y el endospermo sale, el uso principal del maíz reventón es para bocadillos (rositas o palomitas). Ha sido cultivado en América, principalmente en los Estados Unidos y México; en la actualidad su cultivo se ha propagado a toda América y Europa.

**Maíz tunicado (*Zea maíz tunicata*)**

Este es un tipo especial de maíz ya que cada grano está cubierto por una especie de túnica o envoltura y todos los granos están cubiertos. Se usa como ornamento o como fuente de germoplasma en los programas de fitomejoramiento. Es uno de los maíces inicialmente domésticos. No se cultiva comercialmente, pero es de gran interés en estudios sobre el origen de esta planta.

**Maíz ceroso (*Zea maysceratina*)**

Se encontró primeramente en China y se cultiva principalmente en Asia. El almidón del maíz ceroso es diferente del normal en estructura y en características adherentes. Los pegamentos de algodón de este maíz son translucidos e insaboros mientras que los del almidón ordinario son opacos y de sabor peculiar. En la alimentación, el maíz ceroso tiene valor para productos de consumo humano y para concentrados de animales. En la industria se utiliza para la elaboración de gomas y adhesivos.

En el presente trabajo el grano de maíz estudiado de la variedad kulli está clasificado de acuerdo a su estructura del grano como un grano amiláceo siendo de color negro y tusa de color morado.

## **2.8. Mejoramiento genético de las especies cultivadas**

El mejoramiento genético se define como la selección directa de genotipos con características deseables. Esto se logra empleando distintos métodos que incluyen el estudio de las características hereditarias, el cruzamiento (hibridación) y la selección (Fao, 1984).

En la producción de maíz se han logrado importantes resultados mediante mejoramiento genético. En la mayoría de los países productores de maíz se han desarrollado muchas variedades de polinización abierta e híbridos con un alto potencial productivo y mejor calidad de grano (Fao, 1984).

Allard (1969) al respecto, afirma que el aumento de la productividad agrícola siempre ha sido el fin principal de la mejora de plantas, como consecuencia de la creciente demanda de alimentos de una población en constante crecimiento dentro de un mundo de superficie limitada.

Uno de los elementos intangibles de una buena estrategia del mejoramiento, es un optimismo eterno. El futuro en el mejoramiento genético del cultivo de maíz, pertenece a aquellos que aprovechan la oportunidades, confiando siempre en el éxito (Robles, 1984).

Para esto continúa dicho autor, es requerimiento indispensable que exista variabilidad entre los individuos, pero esta no tiene que ser solamente fenotípica, sino parte de ella tiene que ser genética.

## **2.9. Importancia del fitomejoramiento**

### **2.9.1 La variación en el fitomejoramiento**

En investigaciones que se proyectan para trabajar en genética o en fitomejoramiento, es fundamental conocer o evaluar la variabilidad de la población, con respecto al comportamiento del carácter de los individuos. Por ejemplo, podemos tener dos

poblaciones (cada una de ellas puede tener variedades diferentes) que manifiestan un mismo valor promedio para el carácter en estudio; sin embargo, su variabilidad genética o la fenotípica son diferentes, en cuyo caso el porcentaje de selección, dentro de cada población debe ser diferente; en otras palabras, de acuerdo a la mayor o menor variabilidad genética, se podrá seleccionar mayor o menor número de individuos en muestras iguales (Robles, 1984).

(Poehlman 1980) al respecto, afirma que por estas y otras características se pueden diferenciar y reconocer una planta de maíz comparándola con una de soya o algodón. Pero si comparamos dos plantas de maíz, y se efectúan cuidadosas observaciones y mediciones cuantitativas de partes individuales de la planta, encontraremos que la plantas difieren entre sí individualmente en muchos aspectos.

### **2.9.2 La genética cuantitativa, base del mejoramiento**

La mayor parte de los caracteres con valor económico en plantas y animales, como el rendimiento en grano, la producción de aceite en las oleaginosas, el contenido de azúcar en la caña de azúcar, el incremento de peso y producción de leche en animales, están determinados por un gran número de genes; por tanto, no es posible conocer con facilidad su genotipo en base al fenotipo, debido que este tipo de herencia, es grande la calidad de genes involucrados y al efecto ambiental que generalmente modifica al genotipo (Avila, 2008).

Los estudios sobre los efectos de los genes que determinan las características cuantitativas, generalmente se refiere a la acción genética sin especificar el número de genes. El tipo de acción genética es similar al de las características cualitativas, excepto que son más pequeñas y más afectadas por el ambiente (Robles, 1984).

Falconer (1978), considera que se ha desarrollado una rama de la genética que se ocupa de los caracteres métricos y ha sido llamado variablemente genética de poblaciones, genética Biométrica o Genética cuantitativa, y su importancia,

difícilmente necesita subrayarse, pues la mayor parte de los caracteres económicos en cultivos de plantas y crianza de animales, son caracteres métricos.

Rojas (1985), citado por Márquez (1985) introduce el término de Genotecnia vegetal para englobar a un conjunto de métodos fitotécnicos para mejorar o crear poblaciones mejoradas, con base en los caracteres métricos de importancia económica, y que se fundamenta principalmente en la genética cuantitativa.

La principal diferencia que existe entre los caracteres cualitativos y cuantitativos, se basa en el número de genes que contribuyen a la variabilidad fenotípica y el grado de modificación del fenotipo por factores ambientales (William, 1988).

### **2.9.3 Mejoramiento genético de plantas alógamas**

Los trabajos sobre mejoramiento en alógamas se llevan a cabo fundamentalmente en maíz, existiendo tres causas para ello. Primera; su importancia económica. Segunda; su variada constitución genética en lo que respecta a la manifestación de caracteres tanto cualitativos como cuantitativos, su bajo número cromosómico y la fácil identificación morfológica de sus cromosomas; y tercera, ser una planta monoica con una facilidad insuperable para realizar toda suerte de sistemas de apareamiento y consecuente formación de un variado tipo de grupos familiares y diseños de métodos de mejoramiento (Robles, 1984).

El grupo de las especies autógamias presentan una alta consanguinidad en la estructura genética de sus poblaciones. Las especies alógamas constituyen poblaciones altamente heterogéneas, por lo que es muy improbable que sean genéticamente iguales (Sevilla, 1994).

### **2.10. La selección en maíz**

La planta de maíz, en la actualidad es una de las que más se ha investigado y también en la que se han aplicado más metodologías de fitomejoramiento. Lo que sí se puede asegurar es que en tantos años de domesticación y selección, la planta de maíz ya no

es capaz de sobrevivir y perpetuarse si se la deja en libre competencia en forma silvestre (Robles, 1984).

El maíz es una planta alógama y por tanto posee un alto grado de variabilidad genética. En una variedad de maíz, todas las plantas presentan diferencias, en la altura de planta y de la inserción de la mazorca, forma de la panoja masculina, color de las anteras, número y color de las hojas, tamaño de mazorca, número de hileras por mazorca, etc.

Estas diferencias son muy claras para el ojo entrenado de un fitomejorador de maíz (Avila, 2008).

Las plantas alógamas tienen fecundación cruzada, motivo por el que en una población alógama existe una amplia variabilidad genética; de hecho, en el caso del maíz, woodworth et al. (1952) han realizado selecciones para el contenido de proteína y aceite por más de 50 ciclos y todavía la población respondía a la selección.

Los estudios de mejoramiento por selección en plantas alógamas se han hecho por varias razones obvias : Su economía a nivel internacional , su determinación en el ambiente socio- económico en los países de América Latina en general , (Márquez, 1985).

### **2.10.1 Características reproductivas del maíz**

En cuanto a este aspecto importante, los autores nombran algunas:

El maíz es una planta de reproducción sexual, pues se reproduce por medio de la unión de un gameto masculino y un gameto femenino. (Robles, 1979).

Es una planta monoica con flores unisexuales masculinas y femeninas en la misma planta pero separadas.

Tiene un alto grado de cruzamiento natural , es decir, con un porcentaje del 70 – 80– 100 % de cruzamiento , (Poehlman, 1980) , dependiendo de :

- La variedad o línea de la especie
- Las condiciones del ciclo de crecimiento
- La velocidad y dirección del viento, y
- La población de insectos

Como consecuencia de estas características nombradas en el maíz, ocurre:

- Una recombinación genética.
- Un alto grado de heterocigosis.

### **2.10.2 Ventajas del maíz para la investigación fitogenética**

El maíz es bastante adecuado para la investigación genética. la planta es fácil de cultivar, ya que se adapta a un amplio rango de condiciones ambientales y posee un gran número de variaciones hereditarias diferentes. La endocria o el cruzamiento son simples y rápidos, pudiendo obtenerse cientos de granos en una mazorca a partir de una sola polinización (Jugenheimer, 1985).

El maíz es una planta que se poliniza naturalmente por cruzamiento, es necesario controlar artificialmente la polinización para obtener una mazorca autofertilizada. El método de la bolsa en la espiga terminal es la técnica usual para la autopolinización (Fao, 1984).

En el maíz se han hecho muchos estudios genéticos debido a que:

- Existen muchas características hereditarias de fácil observación.
- Las polinizaciones cruzadas o Autopolinizaciones se pueden realizar con facilidad.
- Se obtienen grandes cantidades de semilla de una sola planta.

- Es una planta producida muy extensamente.
- El maíz contiene muchos caracteres recesivos que se manifiestan con la autofecundación, debido a que es una especie de polinización cruzada (Poehlman, 1980).

### **2.11. Polinización del maíz**

La comparación de los métodos de mejoramiento en el maíz depende del conocimiento de la forma de su polinización. Las flores estaminadas se producen en la espiga y las flores pistiladas en las mazorcas. La polinización se realiza cuando los granos de polen caen sobre los estilos, son atrapados por los pequeños pelos y por la superficie húmeda y pegajosa. El grano de polen germina rápidamente, produciendo un tubo polínico que crece, desciende por el canal del estilo y penetra en la flor femenina. El primer tubo que alcanza el saco embrionario femenino casi siempre lo fecunda y comienza a formarse el grano de maíz (Poehlman, 1980).

La liberación del polen dura varios días (comúnmente entre cinco y ocho) y alcanza su máxima producción alrededor del tercer día de iniciada dicha actividad; la espiga de maíz o estructura floral femenina, es un órgano sin igual en el reino vegetal. Ningún otro cultivo importante produce granos en una ramificación o ramificaciones laterales. La espiga está constituida por un grano cilíndrico de flores femeninas, cada una de ellas es capaz de producir un grano si es polinizada en el momento adecuado. En una espiga bien formada hay entre 750 y 1000 granos potenciales (óvulos) dispuestos alrededor de la mazorca en un número uniforme de hileras (Simons, 1993).

Finalmente, el hecho decisivo en esta etapa sería la gran necesidad de agua, nutrientes, tiempo caluroso y seco, de gran importancia en esta fase. (Aldrich, 1974).

### **2.11.1 Autopolinización y polinización cruzada en plantas cultivadas**

Esencialmente se conocen dos tipos de polinización que se determina por la semejanza genética en las plantas. Se conoce como **Autopolinización** si las anteras y estigmas llevan la misma constitución genética, es decir, contienen cromosomas que llevan genes idénticos y, por otra parte, se conoce como **Polinización Cruzada** cuando dicho fenómeno se realiza entre dos plantas progenitoras con diferente constitución genética, al llevarse a cabo la transferencia del polen de la antera al estigma de otra planta (Cubero, 2003).

La autopolinización es la transferencia de polen de una antera a un estigma dentro de la misma flor, o al estigma de otra flor en la misma planta.

Esto contrasta con la polinización en la planta de maíz, en la cual el polen es transportado por el viento a los estigmas de otras plantas.

La polinización cruzada consiste en la transferencia de polen de una antera al estigma de una flor de una planta distinta (López, 1995).

### **2.11.2 Significancia genética del método de polinización**

Para entender los resultados de la selección dentro de una población heterogénea, es necesario conocer algo acerca de la naturaleza genética de las plantas con la que se está trabajando. Las plantas que normalmente se autofecundan difieren en su composición genética de las plantas que normalmente son de polinización cruzada.

De acuerdo con el grado de expresión del carácter dado por un gene, respecto a su dominancia, esta puede ser completa, intermedia o incompleta. En dominancia completa el gene dominante impide la manifestación del gene recesivo en un genotipo heterocigote; por ejemplo “A” impide al “a” en el heterocigote “Aa”; por esto, se manifestara sólo la expresión del gen dominante “A”. En dominancia intermedia, el valor de la expresión del carácter del gene “A” más el valor del gene “a”, entre dos, dará la expresión total del heterocigote “Aa”.

En dominancia incompleta, el valor total del heterocigote “Aa” será inestable o fluctuante entre el homocigote materno “AA” y el paterno “aa” (Robles, 1970).

Mediante las autofecundaciones, la heterosis disminuye en una mitad en cada autofecundación sucesiva. Después de varias generaciones de autofecundaciones, la proporción de plantas heterocigóticas que permanece en la población es muy reducida (Cubero, 2003).

## 2.12. Selección

Prácticamente, el proceso de selección desde que el hombre colectó frutos y semillas para su alimentación, algunas las seleccionó por su mejor sabor, mayor tamaño, color, morfología y otros caracteres que consideró de importancia en su aprovechamiento; en consecuencia, inconscientemente se inició el fitomejoramiento genético al observar que había variación en el producto de las plantas que se fueron seleccionando en lo que ahora conocemos como especies alógamas, autógamas y asexuales. Por selección natural y artificial (sin conocer bases genéticas), desde lo que se denomina “domesticación” de las especies silvestres hasta transformarlas en cultivadas (Robles, 1970).

Como se dijo anteriormente, la selección es el método más antiguo de mejoramiento y producción de nuevas variedades. Debemos distinguir, de cualquier manera, entre **selección natural**, ejercida por la naturaleza a lo largo del tiempo y **selección artificial**, realizada por el hombre con un objetivo determinado.

Los métodos de selección que el hombre utiliza para la producción de nuevas variedades son variados pero los podemos resumir en dos:

- selección masal.
- selección de líneas puras.

### **2.12.1 Selección masal como método principal en el mejoramiento de especies de polinización cruzada.**

La selección masal, practicada desde la domesticación de las especie fue utilizada por los especialistas por muchos años sólo para el mantenimiento de la pureza varietal y consistía en seleccionar las mejores mazorcas después de la cosecha. Gardner (1961) introdujo modificaciones a este método de selección que permitieron una utilización más eficiente de los conocimientos de la teoría de la selección (Avila, 2008).

En especies alógamas se debe eliminar la posibilidad de cruzamientos con otras variedades, con otras líneas, mestizos, híbridos, sintéticos, etc, para lo cual, el lote de selección debe quedar aislado sea por distancias entre lotes experimentales o comerciales que impidan la llegada de polen extraño a la variedad que se va mejorar, por medio de fechas de siembra para la no coincidencia de la floración o por medio de barreras artificiales como la no selección en cierto número de surcos orilleros que impedirán el acceso de polen extraño (Robles, 1970).

Aun cuando la selección se basa en el fenotipo, su objetivo es obtener mayor frecuencia y aspectos sobresalientes dentro de la población. En el maíz fue posible obtener variedades con diferente precocidad, altura de planta, tamaño de la mazorca, contenido de aceite, proteína y otras características similares por medio de una controlada selección en masa (López, 1995).

### **2.12.2 Métodos genotécnicos basados en el tipo de selección**

Un método genotécnico es el conjunto de técnicas de campo y gabinete basado en la teoría general de uno de los sistemas de selección. Así podemos mencionar los sistemas y métodos en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 4 Métodos genotécnicos basados en la selección**

<b>Sistema de selección</b>	<b>Método genotécnico</b>
Entre individuos	<p>Selección visual general</p> <p>Selección masal</p> <p>Selección individual</p>
Entre familias	<p>Selección de familias de medios hermanos maternos (MH).</p> <p>Selección de familias de hermanos completos (HC).</p> <p>Selección de familias de medios hermanos paternos (MHP).</p> <p>Selección de familias S1 o familias de auto hermanos (AH).</p>
Entre y dentro de familias (combinadas)	<p>Selección de familias de medios hermanos, hermanos completos, y auto hermanos, con polinización libre y/o con polinización controlada.</p>

### 2.12.2.1 Selección intrapoblacional

Tanto la selección Masal, como la selección individual, son los métodos de mejoramiento de plantas más antiguos. Obviamente el hombre escogía aquellos individuos que sobresalían en algunas características ventajosas para su propósito.

Donde la unidad de selección en ambas es la (planta), es también la unidad de recombinación, pero existe una diferencia muy importante.

La selección individual se diferencia de la selección masal en que en la primera hay oportunidad de seleccionar ambos progenitores, mientras en la segunda sólo se selecciona tomando en cuenta el progenitor femenino ya que no hay control del progenitor masculino (Márquez, 1985) .

Por esta razón, en las plantas alógamas, para realizar selección individual, es necesario llevar a cabo cruzamientos artificiales o controlados.

### 2.12.2.2 Selección familiar

En los métodos de selección familiar, al tomarse como unidad de selección a la familia, los valores fenotípicos son los promedios de sus valores individuales; los efectos ambientales tienden a anularse y los valores fenotípicos se acercan a los valores genéticos si las pruebas de las familias se llevan a cabo en un número adecuado de años y localidades (Robles, 1970).

La familias es un grupo de individuos que tienen entre sí el mismo grado de parentesco.

- **La Selección Familiar de Medios Hermanos (SFMH)**, las familias de medios hermanos son los progenitores de mazorcas de polinización libre de una población de maíz que puede ser una variedad o un sintético.

La semilla de cada mazorca se siembra por separado en varias localidades como lo permita la semilla, en una parcela (generalmente un surco de 10

metros) y la producción que rinden las plantas de dicha parcela es el fenotipo de la familia de medios hermanos correspondientemente (Robles, 1970).

- **Selección Familiar de Hermanos Completos (SFHC)**, el método es antiguo y en el caso del maíz consiste en formar hermanos completos cruzando manualmente dos plantas, una que sirva de macho y la otra de hembra. Para obtener mayor cantidad de semillas se puede hacer cruza recíprocas, las mismas genéticamente serán iguales, excepto por el diferente citoplasma que contienen, debido a que el citoplasma es sólo de origen materno. El primer año agrícola se forman las familias, el segundo se evalúan las familias en un ensayo de rendimiento, dejando una parte de la semilla para policruzar las familias seleccionadas en el tercer periodo agrícola. Como se ve, se requieren tres periodos agrícolas para completar un ciclo de selección, por este motivo, es necesario considerar que con este método las respuestas a la selección debieran ser tres veces más altas (Avila, 2008).
- **Selección Familiar de Autohermanos (AH)**, se selecciona una población que tenga buenas posibilidades de poseer genotipos deseables agrónomicamente. Esta población debe tener amplia variación genética y alto número de plantas; así mismo, se forma el mayor número posible de líneas S1 (comúnmente de 200 a 500 autofecundaciones).

Conociendo que la cantidad de semilla que produce cada mazorca autofecundada es muy limitada, se sugiere volver a repolarizar cada autofecundación, para obtener un mayor número de semillas y poder establecer ensayos en varias localidades (Márquez, 1985).

### **2.12.3. Selección individual de plantas alógamas con control de polinización**

El control artificial de la polinización, al llevarla a cabo en cada uno de los individuos seleccionados con la autofecundación artificial, reduce las especies alógamas al caso de las autógamias, siendo la única forma de obtener resultados seguros en estas especies.

Cuando se opta por la fecundación artificial, sin considerar el trabajo adicional que esto representa para la obtención de líneas puras artificiales, líneas autofecundadas, en las especies alógamas se observa desde la S<sub>2</sub>, la aparición de individuos con caracteres letales o nocivos que sólo se manifiestan cuando el individuo es homocigoto para el gene, o los genes que lo causan.

Los efectos de la autofecundación son eminentemente evidentes como ser: la reducción del vigor, reducción de la productividad, menor altura, una demora en la floración, y una susceptibilidad a las pestes. La aparición de estos individuos es el primer indicio del aumento de homocigotos en la población.

De manera paralela se manifiesta, como ya se dijo, la reducción del vigor de las descendencias sucesivas, y en ocasiones el decrecimiento es tan grande que es la principal razón para descartar multitud de líneas en formación.

En estos casos la base para eliminar algunas líneas no puede ser la comparación de la variedad de la cual proceden, sino que se deberá tomarse en consideración el rendimiento medio del conjunto de las líneas con que se cuenta, de esta forma elimina las líneas más débiles y se conservan al final las más vigorosas (López, 1995).

### **2.13. Obtención de maíz rico en proteínas**

La posibilidad de aumentar el contenido de proteínas en el maíz, por métodos genéticos ha quedado demostrado en trabajos realizados en la Estación Experimental de Illinois. En 1898 partiendo de una variedad de polinización libre Burr White, con un 10,92 por ciento, después de 10 generaciones de selección se logró el contenido de

proteínas en un 14,26% y después de 50 generaciones se obtuvo una reducción del contenido de proteínas de 4,91 %. Mediante cruces entre líneas ricas en proteínas y buenas líneas, como la **Hy**, **WF9** y **L317**, se obtuvieron líneas considerablemente más ricas en proteínas que las líneas usuales. También se ha estudiado la herencia del contenido de proteína.

El contenido de proteínas de un híbrido aumenta con el número de líneas ricas en proteínas, y la riqueza final del híbrido es aproximadamente el promedio de la riqueza de las líneas que le han dado origen. Para lograr un alto contenido de proteínas en los híbridos es necesario cultivarlos en suelos con abastecimiento abundante de nitrógeno.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2010-2011, en los meses de noviembre a mayo, en los predios de la Comunidad de Monte Centro, ubicado en la provincia Cercado.

#### 3.2. Características de la zona

La localidad de Monte Centro está ubicada en la provincia Cercado del departamento de Tarija a 10 Km. al Nor-Este de la capital, geográficamente se encuentra en los paralelos 21° 23` 11” de latitud sur y 64° 40` 52” de longitud Oeste, con una altitud de 2145 m.s.n.m. la temperatura promedio es de 18 °C, su precipitación media anual es de 607.7 mm.

La comunidad de Monte Centro posee los suelos con una textura franco arenosa en formación, presentando susceptibilidad a la erosión hídrica de tipo laminar, con pendiente plana apta para la agricultura mecanizada y la implementación de cultivos anuales. Su vegetación característica es rala, de monte bajo, compuesta de especies xerófilas de árboles y arbustos de hoja pequeña, escaso tapiz herbáceo, compuesto de gramíneas de vegetación estival y en menor escala; en los terrenos planos y arcillosos predominan montes de churqui (*Acacia caven*), y finalmente en las orillas de los ríos existe el sauce criollo (*Salixhumboltiana*).

#### 3.3. Actividad económica

En esta zona donde se realizó el presente trabajo la disponibilidad socio económica y geográfica define a la agricultura como un modelo productivo tradicional en las comunidades, que a su vez se constituye en la base de la economía de las familias campesinas que viven en la zona, complementadas con otras actividades productivas

que se aplican en la zona, siendo los principales cultivos el maíz, papa, arveja, cebolla, poroto, trigo, y otros como los frutales (durazno, higo, etc.).

En cuanto al sistema productivo, se debe señalar que es el tradicional, sin mayores progresos debido a la escasez de recursos; el destino de la producción y la reducida utilización de tecnología mejorada, son aspectos que han determinado que los campesinos desarrollen sistemas de producción destinada a la seguridad alimentaria.

En este caso la tecnología empleada, consiste en la utilización de yunta prevaleciendo aún el uso del arado.

### 3.4. Condiciones de temperatura y precipitaciones durante el periodo que duro el ensayo

**Cuadro N° 5**

#### **RESUMEN CLIMATOLOGICO**

Periodo comprendido 2010-2011

<b>Índice</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Total</b>
Temp. Máx. Media	° C	26.6	27.6	25.9	22.6	22.7	
Temp. Min. Media.	° C	11.0	13.8	13.9	13.4	12.4	
Temp. Media.	° C	18.8	20.7	19.9	18.0	17.6	
Precipitación	mm	41.0	67.0	80.0	296.5	81.5	566

Fuente SENAMHI, 2011 (Anexo N° 3)

En resumen, se puede observar que la precipitación comprendida entre los meses de noviembre y marzo, alcanzaron a 566 mm, periodo en que se llevó a cabo el ensayo. Al respecto, Llanos (1984) menciona que los requerimientos hídricos del cultivo de maíz oscilan entre 450-500 mm, indicando que en la estación vegetativa el maíz produce una enorme cantidad de materia orgánica y por ello tiene grandes necesidades de agua. El cultivo exige el máximo de humedad durante el periodo de aparición de los estigmas y espigado. En condiciones de sequía, disminuye el ritmo de crecimiento y se prolonga notablemente el periodo de aparición de los estigmas, mientras se acelera considerablemente la formación y relleno del grano, lo que se traduce en la reducción del rendimiento. La temperatura media presentada en el periodo del ensayo fue de 20.10 °C Pavón (2001), menciona que para una buena producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20-30 °C.

### **3.5. Condiciones del suelo**

Previo al desarrollo del ensayo se efectuó el análisis físico- químico del suelo, en el cual se evidenció los siguientes resultados:

El suelo presenta textura franco arcillo arenosa, con pH de 6.9, la proporción de Nitrógeno es de 0.024 %, Fósforo 3.36 ppm, Potasio 0.488 ppm. Y Materia Orgánica 0.356%, es decir:

Los análisis químicos de los suelos son importantes para conocer los elementos que existen en el mismo; sin embargo, es necesario conocer qué cantidades se encuentran disponibles o aprovechables por las plantas; de ese modo se calculó la cantidad de elementos disponibles, las cuales fueron, según el laboratorio de la U.A.J.M.S, son los siguientes:

13 Kg. de Nitrógeno /Ha

28 Kg. de Fósforo /Ha

858 Kg. de Potasio /Ha

En base a estos resultados se calcularon la cantidad de elementos nutrientes que se deben aplicar al suelo para satisfacer el rendimiento del cultivo.

Según Robles, (1979), la práctica de la fertilización debe realizarse al momento de la siembra, parte del nitrógeno, todo el fósforo y el potasio de la dosis fertilizante; posteriormente, en la segunda labor de cultivo, el resto del nitrógeno por ser este el elemento que menos se fija o se conserva en el terreno y para un mejor aprovechamiento de la planta es recomendable fraccionar su aplicación.

En el presente ensayo se aplicó el nitrógeno en dos oportunidades, la primera al momento de la siembra y la segunda en el aporque.

Alvarado et al (1980 ), afirman que el cultivo del maíz puede desarrollarse en una gama de suelos muy diferentes , siempre que sean profundos y previstos de nutrientes donde la mayor parte de los elementos son extraídos por la planta desde unos 10 días antes , hasta 30 días después de la aparición de la panoja.

### **3.6. Materiales**

#### **3.6.1 Material Genético**

En el trabajo de investigación, como “FASE IV”, se utilizó semilla de maíz de la variedad kulli, procedente de la fase III, que se desarrolló en el CECH, por el tesista Miguel Ángel Morales. (2008).

#### **3.6.2 Descripción de la variedad Kulli.**

Según Alegría, (2005), la variedad kulli se caracteriza por tener mazorcas cilindro cónicas, pericarpio cereza y aleuronas (conjunto de gránulos proteicos presentes en las semillas de diversas plantas). Granos amiláceos de color negro y tusa de color morado, el eje central y las ramas primarias de la espiga son sub arqueadas, espigas todas proyectadas, entrenudos bien desarrollados, las hojas más o menos rectas y lisas. Es una planta de color púrpura oscuro, de ciclo vegetativo semitardío, con rendimientos aceptables.

El maíz kulli, pertenece al grupo que los especialistas llaman complejo racial harinoso del valle al que también pertenecen otras variedades muy populares en nuestro país como el Chuspillo, Chejchi, Hualtaco, Huilcaparu, entre otros; sin embargo, es el único que posee una pigmentación tan marcada. Debido a las capas de aleurona es de color morado, rica en vitaminas; en estas capas se acumulan grandes cantidades de carotenoides o pro-vitamina A y en menor grado las xantofilas. Además, sus semillas son ricas en aminoácidos como la licina, (que transporta los ácidos grasos de las células).

### 3.6.3 Insumos

- Semilla criolla de maíz variedad kulli (Fase III)
- Fertilizantes
  - Fosfato diamonico ( 18 – 46 – 00 )
  - Urea ( 46 – 00 – 00 )
- Insecticida
  -

### **3.6.4 Materiales utilizados**

#### **Material de campo**

- Wincha
- Estacas de madera (60 cm. de longitud)
- Cintas de color
- Bolsas de polietileno
- Sobres de papel manila
- Marcadores
- Cinta aislante

#### **Equipo y herramienta**

- Tractor

#### **Implementos agrícolas**

- Azadón
- Pala
- Picota
- Machete
- Barreta

#### **Material de registro**

- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Planillas

### **Material de laboratorio**

- Balanza de precisión
- Calibrador

### **3.7. Metodología**

#### **3.7.1 Características del material genético (semilla)**

Se utilizó como semilla, grano seleccionado de la cosecha anterior, (mejoramiento del maíz kulli fase III); para conocer sus características o atributos de calidad se llevó a laboratorio de semillas de la U.A.J.M.S. donde se realizaron los análisis de % de pureza, germinación, determinación de peso de 1000 semillas, y determinación del contenido de humedad.

#### **3.8. Método estadístico-bioestadística**

En el presente trabajo se utilizó la Estadística descriptiva para analizar y representar el grupo de datos utilizando métodos numéricos y gráficos que resumen y presentan la información contenida en ellos. La estadística descriptiva. Se puede definir como aquel método que contiene la recolección, organización, presentación y resumen de una serie de datos. El mencionado resumen puede ser tabular, gráfico o numérico. El análisis que se realiza se limita en sí mismo a los datos recolectados y no se puede realizar diferencia alguna o generalizaciones algunas acerca de la población de donde provienen esos datos estadísticos.

Una de las ramas de la estadística más accesible a la mayoría de la población es la descriptiva. Esta se dedica única y exclusivamente al ordenamiento y tratamiento mecánico de la información para su presentación por medio de tablas y de representaciones gráficas.

El proceso que hemos seguido para el estudio de una cierta población consta de los siguientes pasos:

- I. Selección de caracteres dignos de ser estudiados.
- II. Mediante encuesta o medición, obtención de valor de cada individuo en los caracteres seleccionados.
- III. Elaboración de tablas, mediante la adecuada clasificación de los individuos dentro de cada carácter.
- IV. Representación gráfica de los resultados (elaboración de gráficas estadísticas).
- V. Obtención de parámetros estadísticos, números que sintetizan los aspectos más relevantes de una distribución estadística.

Las tablas o cuadros estadísticos, los distintos tipos de gráficos, los índices las proporciones, porcentajes, constituyen diversos modos de resumir o reducir un conjunto de datos a unas pocas cifras, que aisladamente, o dispuestas en forma tabular o gráfica, sirven para transmitir las características principales de la información representada en los datos y contienen elementos descriptivos que hacen innecesario el examen de todos los datos.

Las cifras descriptivas que se obtienen como función de una muestra  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ; es decir, como función de un conjunto de datos ( que representa a un subconjunto de una población ), se llama Estadígrafos o Estadístico, entonces podemos indicar que estadígrafo es una medida resumen que describe las características de una muestra.

Para el presente trabajo se utilizaron estadígrafos de posición -tendencia central como la media, de localización como la moda, estadígrafos de dispersión como la desviación estándar y el coeficiente de variación, y varianza.

### 3.8.1 Características de la parcela

Cuadro N° 6

#### CARACTERISTICAS DE LA PARCELA

<b>Área Total Experimento</b>	<b>400 m</b>
<b>Longitud del surco</b>	<b>20 m</b>
<b>Ancho del surco</b>	<b>0.80 m</b>
<b>Distancias entre golpes</b>	<b>0.50 m</b>
<b>Número de golpes por surco</b>	<b>40</b>
<b>Número de semillas por golpe</b>	<b>3</b>
<b>Número de plantas por sitio</b>	<b>2</b>
<b>Número de plantas en parcela</b>	<b>1000</b>
<b>Número de plantas por Ha</b>	<b>50.000</b>

### 3.9. Desarrollo del ensayo

#### 3.9.1 Preparación del terreno

Las operaciones de preparación de terreno para la siembra del maíz kulli en la comunidad de monte centro incluyeron labores de labranza con yunta de bueyes y con azadas tal como se acostumbra hacer para todas las siembras en la comunidad.

La actividad de preparación del terreno se la realizó en el mes de noviembre aprovechando la humedad existente en el suelo para luego realizar la siembra.

#### 3.9.2 Análisis de suelo

Para realizar el análisis de suelo se extrajeron 12 sub muestras en diferentes puntos de la parcela experimental (zigzag) tomadas a una profundidad de 25 cm. una vez tomadas la muestras se mezclaron uniformemente para obtener una muestra común

representativa siguiendo las respectivas normas, para luego ser enviada al laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S. Para su respectivo análisis, donde se conocerá que elementos nos ofrece el suelo.

### **3.9.3 Demarcación de la parcela**

Una vez preparado el terreno se procedió a la delimitación de parcelas, midiendo el área correspondiente a cada una de ellas, separándolas en dos parcelas con estacas de madera cuyas dimensiones fueron de 10 x 20 m cada una, respetando las distancia de surco a surco de 0.80 m y de planta a planta de 0.50 m.

### **3.10. Siembra**

Una vez delimitado la parcela se realizó la siembra manualmente el día 10 de diciembre del 2010, y se utilizó el sistema de siembra por golpe llamada también siembra al paso, que consiste en:

Sembrar cada cierta distancia un número determinado de semillas, en nuestro caso depositamos tres semillas por golpe a una distancia de 0.50 m entre planta y planta y 0.80 m entre surco.

### **3.11. Labores culturales**

Todas las labores culturales se realizaron de acuerdo a las necesidades del cultivo, en el momento oportuno y las mismas las mencionamos a continuación.

#### **3.11.1 Encostramiento**

Con respecto al encostramiento por causas de las lluvias debemos mencionar que nuestras parcelas experimentales han presentado el problema en menor cantidad, el desencostrado se lo realizó a las plantas que así lo necesitaban con un punzón cuidando de no maltratar la misma, facilitando que emerja de manera normal y evitar de este modo que exista mayores cantidades de fallas en el cultivo.

### **3.11.2 Fertilización**

La fertilización asegura la restitución de los elementos nutritivos que son extraídos del suelo por el cultivo por eso una adecuada y oportuna fertilización garantiza buenos rendimientos. El nivel de fertilización aplicado en la parcela fue de 4.40 kg. de (18 – 46 – 00), y 4 kg. De urea (46 – 00 – 00), cantidad ajustada de acuerdo al análisis de suelo y el requerimiento del cultivo (Maíz blando).

En primera instancia se incorporó el difosfato de amonio al momento de la siembra, es decir el Fósforo requerido (P) y el Nitrógeno en forma fraccionada en un 50 %, el restante 50% se aplicó en el momento del aporque.

### **3.11.3 Control de malezas**

Como control de malezas se realizaron deshierbes manuales en tres oportunidades, la primera al momento del aporque, la segunda a los 40 días después de la siembra, y la tercera a los 20 días después de la segunda. Ya que los yuyos generalmente se controlan con carpidas, teniendo cuidado de no dañar la raíz del maíz.

### **3.11.4 Raleo**

A través de esta labor determinamos la densidad de siembra del cultivo ya que la misma se realizó el 4 de enero, a los 25 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron una altura de 15-20 cm. Esta labor consistió en extraer las plantas que se consideran en exceso, dejando dos plantas por golpe con el objeto de obtener una densidad de siembra de 50.000 plantas por hectárea.

### **3.11.5 Aporque**

El aporque es una práctica muy común en el cultivo del maíz, que consiste en voltear la tierra del lomo o camellón de los surcos sobre la base del tallo del maíz; esta labor se la realizó el 9 de enero (a los 30 días después de la siembra), cuando las plantas tenían una altura aproximadamente entre 35-40 cm. y a la vez se realizó el segundo abonado del 50% restante de urea depositándolo al pie de la planta para

inmediatamente realizar el aporque, con la finalidad de dar mayor anclaje al terreno por el desarrollo de la raíces de las partes inferiores, evitando el vuelvo o tumbado que es causado por la acción del viento o del exceso de agua, además con el aporque existe un mejor control de malezas, porque no se dejan florecer y estas no producen semillas.

### **3.11.6 Control de plagas y enfermedades**

Es muy importante realizar el control del daño que pueden causar los insectos los cuales pueden disminuir el área foliar de las hojas; en el presente trabajo se presentó la competencia que ejercen las malezas con el cultivo, para el cual se hizo control con herramientas manuales; también se presentó un ataque insipiente del gusano cogollero que el mismo fue controlado por la lluvia.

### **3.11.7 Riegos**

Los riegos fueron realizados de acuerdo a los requerimientos del cultivo. En el presente trabajo realizamos tres riegos, el primer riego se dio inmediatamente después de la siembra, el segundo riego fue después del aporque, y el tercer riego se dio 10 días antes del espigado.

Al respecto Aldrich (1974), afirma que en el cultivo de maíz se tiene que tener un cuidado especial para asegurarse que el suelo cuente con suministro de agua suficiente durante el periodo de floración. El periodo más crítico para el maíz comienza 10 días antes del espigado y termina inmediatamente después de la fertilización.

### **3.12. Identificación y etiquetado de las plantas de estudio**

Se sortearon 200 individuos del total de plantas de la parcela de ensayo, siendo el 20% de la población, las mismas se las seleccionaron de acuerdo a sus características fenotípicas, donde 100 de ellas realizaron normalmente la polinización cruzada etiquetadas con cintas de color rojo y enumeradas; las 100 plantas restantes realizaron

el proceso de autofecundación artificial, las mismas también fueron etiquetadas con cinta de color amarillo y enumeradas.

### **3.12.1 Polinización cruzada o natural**

Las 100 plantas que se seleccionaron de acuerdo a sus características que se desean mejorar con cinta de color rojo, se las dejó que sigan su curso normal de polinización abierta o cruzada ya que es una especie alógama, para luego realizar su respectiva evaluación.

Un aspecto muy importante que debemos mencionar y tomar en cuenta, cuando se realizan trabajos con estas especies que sufren cruzamientos de 95-100% de polinización cruzada es que toda parcela semillera debe estar alejada unos 300- 500 metros a la otra parcela sembrada con maíz, ya que de lo contrario se cruzan y se echa a perder la calidad de la semilla.

Si se decide sembrar en una sola parcela más de una variedad de maíz, se debe sembrar con una diferencia de por lo menos 20 días de una variedad a la otra para evitar cruzamientos no deseados.

### **3.12.2 Proceso de autofecundación**

Las restantes 100 plantas que fueron seleccionadas con cintas de color amarillo, se autofecundaron de la siguiente manera:

Las mazorcas de las plantas escogidas para autofecundar se “jilotearon”, previamente al día de la polinización las plantas que van a servir como hembras, y el día de la polinización cubrimos las plantas que servirán como machos; el jiloteo consiste en cubrir con una bolsa de papel transparente al jilote de la planta antes de que emerja cualquier estigma. Esta bolsa permite observar el crecimiento de los estigmas, y cuando emergen estos pelillos realizamos el despunte o corte del jilote más o menos unos dos centímetros con el objeto de estimular la aparición de los

estigmas y que estos sean más uniformes para así realizar una fecundación completa de todos ellos.

Debido a las condiciones adversas en el momento de las autofecundaciones, las polinizaciones se las realizaron por las mañanas y por las tardes, y en una operación rápida se descubrió el jilote vaciando el contenido de la bolsa de la espiga al jilote, el cual se cubre totalmente con aquella sacudiéndola enérgicamente. Esta técnica la realizamos durante varios días seguidos para completar las 100 plantas por este método.

### **3.13. Cosecha**

La cosecha se la realizó cuando las plantas completaron su madurez fisiológica y el cultivo en su totalidad así lo presentaba, se realizó en forma manual e individual de aquellas plantas que han sido identificadas con su respectivo color de cinta en ambas parcelas en total 200 mazorcas. La cosecha se la realizó el 16 de mayo de 2011.

### **3.14. Variables de estudio**

En la toma de datos en el campo se utilizaron los parámetros más importantes de acuerdo al manual de ensayos e informes propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT 1995), también se tomaron en cuenta todos los consejos y observaciones del asesor del presente trabajo.

En el trabajo de investigación se evaluaron las siguientes variables:

**Cuadro N° 7 VARIABLES UTILIZADAS EN EL ENSAYO**

<b>Variables</b>	<b>Unidades de Evaluación</b>
Días de Floración masculina	Días
Días de Floración femenina	Días
Altura de planta	Centímetros
Altura de mazorca	Centímetros
Longitud de mazorca	Centímetros
Diámetro de la mazorca	Centímetros
Número de hileras por mazorca	Número
Número de granos por hilera	Número
Número de semillas en 100 gramos	Número
Peso de la mazorca	Gramos
Peso del grano	Gramos
Porcentaje de Proteína y humedad	%

### **3.14.1 Días a la floración masculina**

Para el registro de los días a la floración masculina, se tomó en cuenta el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en el cual se alcanza el 50% de iniciación de la anthesis de las flores masculinas en toda la parcela de ensayo.

### **3.14.2 Días a la floración femenina**

En el registro a la floración femenina, se tomó en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual 50% de las plantas de la parcela mostraron la aparición de las flores femeninas (estigmas 2-4 cm. de largo).

### **3.14.3 Altura de planta**

Para medir la altura de planta se tomó los datos en cm. tomando la medida desde el cuello de la planta hasta donde comienza a dividirse la espiga (panoja).

#### **3.14.3.1 Altura de inserción de la mazorca**

Para el registro de esta variable se tomaron las medidas en cm. desde el cuello de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca más alta; también se registró la altura de la planta y la altura de la mazorca las cuales fueron medidas antes de la cosecha.

#### **3.14.3.2 Longitud, ancho y área de la lámina foliar**

El registro de esta variable tanto largo y ancho de la lámina foliar se la tomó en cm. para el cálculo de la área se recurrió al factor conversión (0.75), postulado por Montgomery (1911). Donde se toma la hoja inferior principal para el cálculo respectivo.

$$\text{Área} = \text{largo} * \text{ancho} * 0.75$$

### **3.14.4 Datos de la inflorescencia masculina**

#### **3.14.4.1. Longitud de la panoja, del pedúnculo y de la parte ramificada**

La unidad utilizada para medir la longitud de la panoja fue en cm. midiendo desde el punto de origen de la ramificación inferior, hasta el ápice.

La unidad utilizada para medir el pedúnculo también fue en cm. tomando la medida desde el nudo superior del tallo principal hasta el origen de la ramificación inferior, y para tomar los datos de la longitud de la parte ramificada se tomó la medida del espacio entre los nudos de las radicales superior e inferior las mismas fueron tomadas en cm.

### **3.14.5 Datos de la mazorca**

#### **3.14.5.1 Longitud de la mazorca**

Para obtener los datos de la longitud de la mazorca se tomó la medida desde la base hasta el ápice de la mazorca superior, los mismos tomados en cm.

#### **3.14.5.2 Diámetro de la mazorca**

El diámetro de la mazorca se obtuvo midiendo en la parte media de la mazorca superior, la toma de medidas se la realizó con un calibrador, las mismas fueron en cm.

#### **3.14.5.3 Número de hileras por mazorca**

Se registró contando manualmente el número de hileras de todas las mazorcas indicadas anteriormente.

#### **3.14.5.4 Números de granos por hilera**

Contando todos los granos existentes por hilera a lo largo de la mazorca, se registró el número de granos que presentaba cada mazorca en su respectiva hilera.

#### **3.14.5.5 Peso de la mazorca**

Para obtener el peso de las mazorcas se recurrió a la balanza del laboratorio de semillas de la U.A.J.M.S; las mismas fueron pesadas (con marlo), se tomó el peso de las 200 mazorcas seleccionadas, la unidad utilizada para el peso fue en gramos.

#### **3.14.5.6 Peso del grano de la mazorca**

Para tomar este dato primero se tuvo que desgranar manualmente las 200 mazorcas seleccionadas en forma individual, luego se las llevo a la balanza para realizar el pesaje correspondiente y registro, la unidad utilizada también fue en gramos.

### 3.14.6 Datos del grano

#### 3.14.6.1 Número de semillas en 100 gramos

Se registró la cantidad de semillas existentes en 100 gramos de peso, se las realizó en cinco repeticiones tomadas al azar de las 200 mazorcas seleccionadas para luego registrar los datos correspondientes.

#### 3.14.6.2 Longitud, ancho y espesor del grano

Se tomó un promedio de diez granos consecutivos en la misma hilera escogidos en la parte media de la mazorca, se midió con la ayuda de un calibrador y los resultados fueron expresados en milímetros; este mismo procedimiento se realizó con las 200 mazorcas seleccionadas.

#### 3.14.7 Producción de semilla (kg. / Parcela)

El rendimiento por parcela expresado en (Kg. / ha), fue calculado en base a dos parámetros evaluados al momento de la cosecha tomando en cuenta el:

- Peso de los granos
- Porcentaje de humedad

#### Ajuste de humedad

$$R = P_c \times \frac{(100 - \% H)}{(100 - 14)}$$

**Donde:** R = Rendimiento seco por parcela corregida

% H=Porcentaje de humedad a la cosecha

14 % = Porcentaje de humedad de ajuste

**Por último**

$$P = \frac{10 * 0.971 * \%D * R}{A}$$

**Donde:**

**P** = Rendimiento en Kg. / Ha

**A** = Área de la unidad experimental

**0,971**= Coeficiente de contorno

**% D** = Porcentaje de desgrane

**R** = Rendimiento seco por parcela corregida.

### **3.15. Porcentaje de proteína y humedad**

Para la obtención de los resultados de esta variable se tuvo que recurrir al laboratorio Bromatológico de la U.A.J.M.S. donde se envió dos muestras tanto de polinización cruzada, como de autofecundación, para su respectivo análisis (ver anexo N° 4)

### **3.16. Análisis estadístico**

Para el respectiva análisis estadístico se utilizó la estadística descriptiva tomando en cuenta la prueba de t al 0.05 %, que permite evaluar aquellos caracteres como peso de la mazorca, peso del grano y número de semillas en 100 gramos, de que sean significativos diferentes entre sí, para ambos métodos empleados en el ensayo.

Las fórmulas usadas son las siguientes:

➤ **Estadígrafos**

Los estadígrafos que se utilizaron en la prueba de t fueron la media aritmética y la varianza

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \qquad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

➤ **Prueba de t**

El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de t, donde se emplearon las siguientes ecuaciones:

**a.) Estadístico.**

Para obtener la t calculada

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S_{x1} - S_{x2}}$$

**b.) Error estándar de la diferencia entre las medias de poblaciones 1 y 2**

$$S_{x1} - S_{x2} = \sqrt{\left(S^2 p / n_1\right) + \left(S^2 p / n_2\right)}$$

**Donde:**

$$S^2 p = \frac{V_1 S_1^2 + V_2 S_2^2}{V_1 + V_2}$$

$\bar{X}_1$  = media de la población 1

$\bar{X}_2$  = media de la población 2

$S_1^2$  = varianza de la población 1

$S_2^2$  = varianza de la población 2

$V_1$  = grados de libertad de la población 1

$V_2$  = grados de libertad de la población 2

$n_1$  = número de muestras de la población 1

$n_2$  = número de muestras de la población 2

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Análisis de la semilla

##### 4.1.1 Porcentaje de germinación de la semilla

Para determinar el porcentaje de germinación de la semilla, se hizo el respectivo análisis en el laboratorio de la U.A.J.M.S. dando como resultados, en ambos cruzamientos, los siguientes:

**Cuadro N° 8 PORCENTAJE DE GERMINACION DEL MAIZ**

ESPECIE	PORCENTAJE DE GERMINACION
Maíz Kulli ( fase inicial )	93 %
Maíz Kulli ( fase II)	
Polinización cruzada	99 %
Autofecundación	89 %
Maíz Kulli ( fase III )	
Polinización cruzada	95%
Autofecundación	87%
Maíz Kulli ( fase IV )	
Polinización cruzada	98 %
Autofecundación	92 %

En el cuadro N° 8 se exponen los resultados obtenidos del porcentaje de germinación que presenta la semilla criolla variedad kulli siendo óptimo. Ya que la germinación es un atributo fisiológico de la semilla, para producir una planta normal donde la misma se desarrolle completamente. Sabiendo que la planta de maíz es uno de los mecanismos más maravillosos que posee la naturaleza para almacenar energía.

Según (Aldrich 1974), la germinación y la implantación son las primeras etapas críticas en la vida de la planta, es por eso que una buena semilla debe tener al menos un 80% de germinación siendo mucho más conveniente porcentajes mayores.

#### **4.2. Caracteres agronómicos de la población evaluados por ambos métodos de mejoramiento**

##### **4.2.1 Datos generales de la planta**

#### **CUADRO N° 9**

#### **VALORES DE LOS CARACTERES CUANTITATIVOS EN LA PLANTA**

<b>DESCRIPTORES</b>	<b>Media</b>	<b>Moda</b>	<b>D.S.</b>	<b>CV%</b>	<b>Máx.</b>	<b>Min.</b>
Días de floración masculina	72,45	70	4,76	6,57	81	60
Días de floración femenina	75,91	73	4,66	6,14	85	65
Altura de planta	243,9	250	17,23	7,06	275	190
Altura de inserción de maíz.	132,21	140	12,25	9,26	160	100

#### **4.2.2 Días de floración masculina**

Realizando el análisis del cuadro N° 9, en el 30% de las plantas en estudio se pudo observar las primeras flores masculinas a los 60 días después de la siembra y la culminación de la floración se dio a los 81 días, existiendo un rango de 21 días entre el comienzo y el final de la antesis masculina.

La metodología indica que se considera como la fase de floración el momento en que la panoja, formada en el interior del tallo, se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos; entonces cabe señalar como “día de floración” al día en el que el 50% de plantas en estudio hayan florecido, es así que el día de floración masculina fue a los 70 días después de la siembra, obteniendo una desviación Standard de 4,76 y un coeficiente de variación de 6,57 % para dicha variable.

#### **4.2.3 Días de floración femenina**

Se pudo observar que del total de las plantas evaluadas en el ensayo aparecen las primeras flores a los 65 días después de la siembra, concluyendo la floración a los 85 días, existiendo un rango de 20 días entre el inicio y el final de la antesis femenina.

Se señala como día de floración femenina al momento en que el 50% de las plantas presentan un largo de estigma de 2-3 cm, para este caso del ensayo la floración se presentó a los 75 días después de la siembra. Obteniendo una desviación Standard de 4,66 y un coeficiente de variación 6,14 % para dicha variable.

De lo anteriormente expuesto, se puede observar que la etapa de floración dura varios días, pero el día de floración masculina y femenina tiene un lapso de 4 días, al respecto Simons, (1983) afirma que la liberación de polen dura varios días (comúnmente entre cinco y ocho días) y alcanza su máxima producción alrededor del tercer día de iniciada dicha actividad. La espiga de maíz, o estructura floral femenina, es un órgano sin igual en el reino vegetal. Todos los estilos (estigmas), surgirán y estarán listos para la polinización en un periodo de tres a seis días, de manera que haya tiempo suficiente de completar la polinización antes de que la panoja termine la liberación del polen.

Ningún otro cultivo importante produce grano en una ramificación o ramificaciones laterales.

#### **4.2.4 Altura de planta**

Las plantas en el presente trabajo alcanzaron una altura promedio de 243,9 cm una moda de 250cm, con una altura máxima de 275 cm, y una mínima de 190 cm, con una desviación Standard de 17,23 y un coeficiente de variación de 7,06 %. De acuerdo con estos datos la variedad estudiada en el presente ensayo muestra un porte medio, con un coeficiente de variación bastante aceptable.

Sánchez, ( 1980) señala que aproximadamente una semana antes de la liberación del polen, todos los entrenudos excepto los dos o tres superiores ya tienen su largo total; dichos entrenudos alcanzan su longitud definitiva; uno o dos días antes de comenzar la liberación del polen los entrenudos superiores se alargan rápidamente y empujan la panoja fuera de la masa foliar. Es por esto que se midió esta característica al final del periodo de florecimiento.

#### **4.2.5 Altura de inserción de la mazorca**

En el presente trabajo la altura de inserción de la mazorca superior alcanzó una media de 132,21 cm, con una moda de 140 cm, con la altura máxima de la mazorca superior 160 cm, y una altura de mínima de 100 cm, una desviación Standard de 12,25 y un coeficiente de variación de 9,26 %. Habiéndose formado la mazorca a unos dos tercios de la altura de planta.

Fao, (1984) señala que existe una relación directa entre la altura de la planta y la altura de la mazorca superior, ya que son características que dependen de la fertilidad, textura y buena humedad durante el desarrollo vegetativo.

### 4.3. Datos de la inflorescencia masculina

#### 4.3.1 Longitud de la panoja, del pedúnculo y de la parte ramificada de la panoja

Como describen los datos calculados en los anexos, estas características estudiadas expresaron un amplio rango de variabilidad, que son los siguientes: la panoja más grande llegó a medir 72 cm, y la panoja más pequeña llegó a medir 45 cm, y sus pedúnculos van desde 12 a 26 cm, ahora con respecto a la parte ramificada de la panoja varían entre 11 a 27 cm.

### CUADRO N° 10

#### VALORES DESCRIPTORES CUANTITATIVOS PARA LA INFLORESCENCIA MASCULINA

DESCRIPTORES	Media	Moda	Rango	D.E	C.V. %
Longitud del pedúnculo en cm.	16,65	17	12-26	2,20	19,26
Longitud de la panoja en cm.	59,69	60	45-72	4,62	7,74
Longitud de la parte ramificada	16,58	17	11-27	2,68	16,20
N° de ramas secundarias	23,13	30	10-45	5,33	23,06
N° de ramas terciarias	2,89	3	1-7	1,08	37,65

#### **4.3.2 Número de ramas secundarias, terciarias y el ángulo de las ramas**

##### **secundarias de la panoja.**

Para el número de ramas secundarias se pudo observar que la misma es variable con un rango que va desde 10 a 45 cm, una media de 23,13. Con respecto a las ramas terciarias varían entre 1 a 7 por panoja con una media de 2,89.

#### **4.4. Caracteres agronómicos de la mazorca para el método de autofecundación**

Para el siguiente método se evaluaron los siguientes caracteres:

##### **4.4.1 Longitud y diámetro de la mazorca**

En la evaluación para el carácter de longitud de la mazorca de las plantas del ensayo se obtuvo una media de 15.99 cm. Una moda de 16 cm. Con una máxima de 17 cm. Y una mínima de 14.50 cm. La desviación estándar fue de 0.58 y un coeficiente de variación de 3.64 %. Se obtuvo una varianza de 0.33

Con respecto a la evaluación del diámetro de la mazorca se obtuvo una media de 4.24 cm. Con una moda de 4 cm. La máxima fue de 4.60cm. y la mínima de 3.80 cm. La desviación estándar fue de 0.21 y un coeficiente de variación 5.06 % obteniendo una varianza de 0.046 %

**Cuadro N° 11**  
**VALORES DESCRIPTORES DE LA MAZORCA POR EL**  
**METODO DE AUTOFECUNDACION**

<b>DESCRIPTORES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MODA</b>	<b>D.S.</b>	<b>C.V. %</b>	<b>S2 %</b>	<b>MAX.</b>	<b>MIN.</b>
Longitud de la mazorca cm.	15.99	16	0.58	3.64	0.33	17	14.50
Diámetro de la mazorca cm.	4.24	4	0.21	5.06	0.04	4.60	3.80
Número de hileras	11	11	0.95	8.49	0.91	13	10
Número de granos por hilera	30	29	2.28	7.43	5.20	36	28
Peso de la mazorca en Grs.	177.29	N/A	27.15	15.31	737.33	225.76	130.22
Peso del grano en Grs.	140.74	181.23	21.39	15.19	457.62	182.33	93.34

#### **4.4.2 Número de hileras y granos por hilera**

De acuerdo con los datos del cuadro N° 11, la media que se obtuvo para este carácter fue de 11 hilera/mazorca, una moda de 11 hilera/mazorca, llegando a tener como máxima 13 hileras por mazorca, y una mínima de 10 hileras por mazorca. Con una desviación estándar de 0.95 un coeficiente de variación de 8.49 %, y una varianza de 0.91 %.

Con respecto a los datos obtenidos que para el número de granos por hilera presentó una media de 30 granos por hilera, la moda fue de 29 granos por hilera; como máximo se obtuvo 36 y como mínimo 28 granos por hilera, la desviación estándar fue de 2,28. El coeficiente de variación fue de 7.43 %, y la varianza obtenida fue de 5.20 %.

#### **4.4.3 Peso de la mazorca y peso del grano**

En el estudio del peso de la mazorca se presentó una media de 177.29 grs. Como peso máximo obtenido fue de 225.76 grs. Y un peso mínimo de 130.22 grs. La desviación estándar fue de 27.25, el coeficiente de variación fue de 15.31 %, y la varianza obtenida para este carácter fue de 737.33 %.

Una vez desgranadas todas las mazorcas, se obtuvo una media para el peso del grano de 140.74 grs. la moda de 181.23 el peso máximo fue de 182.33 grs. Y como peso mínimo dio 93.34 grs. La desviación estándar fue de 21.39, un coeficiente de variación de 15.19%, y la varianza de 457.62 %.

#### **4.5. Caracteres agronómicos de la mazorca por el método de polinización cruzada**

Para este método también se evaluaron las mismas características del anterior método:

##### **4.5.1 Longitud y diámetro de la mazorca**

Para la longitud de la mazorca obtuvimos una media de 16.98 cm. Con rangos que van desde 15.30 a 18.50 cm. Respectivamente, una moda de 17 cm. Con una desviación estándar de 0.72 y un coeficiente de variación de 4.23 % y la varianza fue de 0.52 %.

Para el diámetro de la mazorca en el método de polinización cruzada obtuvimos una media de 4.23 cm. Con una moda de 4.30 cm. El rango en el presente carácter va desde 3.50 hasta 5.20 cm, la desviación estándar fue de 0.21 y el coeficiente de variación de 4.98 %. Obteniendo una varianza de 0.04 %.

Estas características son altamente influenciadas por el estrés hídrico, además de estar relacionadas estrechamente con el rendimiento del cultivo.

Sánchez, (1980) afirma que por el incremento de 4000 plantas en la densidad de siembra; el diámetro y longitud de mazorca, decrecían linealmente con el aumento de la población de la planta, como también estos caracteres pueden estar influenciados por el método de siembra.

**Cuadro N° 12**

**VALORES DESCRIPTORES CUANTITATIVOS  
DE LA MAZORCA POR POLIZACION CRUZADA**

<b>DESCRIPTORES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MODA</b>	<b>D.S.</b>	<b>C.V. %</b>	<b>S2 %</b>	<b>MAX.</b>	<b>MIN.</b>
Longitud de la mazorca cm.	16.98	17	0.72	4.23	0.52	18.50	15.30
Diámetro de la mazorca cm.	4.23	4.30	0.21	4.98	0.04	5.20	3.50
Número de hileras	12	13	1.05	9.01	1.11	14	10
Número de granos por hilera	31	30	2.91	9.32	8.45	38	25
Peso de la mazorca en Grs.	219.54	N/A	27.52	12.54	757.33	285.86	125.23
Peso del grano en Grs.	167.74	165.33	17.45	10.41	304.63	215.33	125.35

**4.5.2 Número de hileras y número de granos por hilera**

La media para el obtenida para este carácter fue de 12 hileras/mazorca, con una moda de 13 hileras/mazorca, la desviación estándar fue de 1.05, como máximo número de hileras se presentaron 14 y como mínimo 10 hileras por mazorca, el coeficiente de variación fue de 9.01 %, la varianza es de 1.11 %.

Con respecto al número de granos por hilera se registró una media de 31, con una moda de 30 granos, siendo la máxima de 38 granos por hilera y una mínima de 25 granos, con una desviación estándar de 2.91 y un coeficiente de variación de 12.54 %, la varianza obtenida fue de 8.45 %.

#### **4.5.3 Peso de la mazorca y peso del grano**

De acuerdo con el cuadro N ° 12 para el peso de la mazorca se obtuvo una media de 219.54 grs. El peso máximo alcanzado fue de 285.86 grs. Y un peso mínimo de 125.23 grs. Una desviación estándar de 27.52 el coeficiente de variación fue de 12.54 %, y se obtuvo una varianza de 757.33 %

En el estudio para el peso del grano se obtuvo una media de 167.74 grs. Una moda de 165.33 grs. Como peso máximo alcanzado fue de 215.33 grs. Y como peso mínimo fue de 125.35 grs. con una desviación estándar de 17.45 y un coeficiente de variación de 10.41 %, y una varianza de 304.63 %.

### **4.6. Caracteres agronómicos para el grano por el método de autofecundación**

#### **4.6.1 Número de semillas en 100 gramos**

La media obtenida para este dato fue de 246 semillas en 100 gramos, dato que posteriormente se utilizara en la siembra, ya que con este dato se indica la cantidad de semilla a emplear, a mayor número de semillas en 100 gramos, menor será la cantidad de semilla a usar en la siembra.

Bolaños y Edmeades (1993), citados por a. Celiz, D Presello, E. Guevara (2000), argumentaron que una deficiente suplementación de nutrientes antes de la etapa de floración, o en la etapa posterior a la polinización, afectan considerablemente el número de granos.

### Cuadro N° 13

#### VALORES DESCRIPTORES CUANTITATIVOS DEL GRANO POR EL METODO DE AUTOFECUNDACION

DESCRIPTORES	MEDIA	MODA	RANGO	D.E.	C.V %	S2 %
Longitud del grano mm.	10.4	11.5	5.8 - 13.6	0.13	13.03	0.018
Ancho del grano mm.	7.7	7.5	3.5 - 11	0.13	17.72	0.018
Espesor del grano mm.	3.8	4.5	2.4 - 7.2	0.068	17.58	0.004

#### 4.6.2 Longitud, ancho y espesor del grano

De acuerdo con el cuadro N° 13 los datos obtenidos para estas características fueron los siguientes: 10.4 mm. para el largo, 7.7 mm. para el ancho, y 3.8 mm. para el alto. Las dimensiones muestran gran uniformidad del grano, debido a que el rango y el coeficiente de variación son mínimos.

#### 4.7. Caracteres agronómicos del grano por el método de polinización cruzada

##### 4.7.1 Número de semillas en 100 gramos

La media para este dato fue de 186 semillas en 100 gramos, como se mencionó anteriormente es un indicativo para la cantidad de semilla a emplearse en la siembra.

Tomando en cuenta la cantidad obtenida de semilla en 100 gramos por ambos métodos, se utilizará mayor cantidad de semilla para la siembra en el método de polinización cruzada, en comparación con el método de autofecundación ya que en el cual se utilizara menor cantidad de semilla.

**Cuadro N ° 14**

**VALORES DESCRIPTORES CUANTITATIVOS DEL GRANO  
POR EL METODO DE POLINIZACION CRUZADA**

<b>DESCRIPTORES</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MODA</b>	<b>RANGO</b>	<b>D.E.</b>	<b>C.V %</b>	<b>S2 %</b>
Longitud del grano mm.	11.3	11	7 - 15	0.13	11.85	0.018
Ancho del grano mm.	8.4	9	5.8 - 13	0.48	14.76	0.23
Espesor del grano mm.	4	4	2.5 - 6	0.05	13.84	0.003

**4.7.2 Longitud, ancho y espesor del grano**

Las medias para estos caracteres fueron 11.3 mm. para el largo, 8.4 mm. para el ancho, y 4 mm. Para el alto, cuyas dimensiones muestran gran uniformidad del grano.

**4.8. Peso de semilla o grano de la segunda generación (F2) de polinización cruzada y segunda de autofecundación (S2) de la parcela evaluada.**

Los pesos medios obtenidos correspondientes a la semilla o grano para el método de polinización cruzada, segunda generación (F2) fueron de 167.74 grs. Y de la segunda por autofecundación (S2) fue de 140.74 grs.

Cabe mencionar que por efectos de cosecha, dicha semilla debe presentar una humedad por debajo de 15 %.

**Cuadro N° 15****RENDIMIENTO DE SEMILLA EN (Kg. / Ha)**

Métodos de Mejoramiento	Unidad (Kilogramo)
Polinización Cruzada	5.290
Autofecundación	4.272

De acuerdo con los resultados del cuadro N° 15 se observa que el rendimiento de semilla es mayor para el método de polinización cruzada.

Poehlman (1980), que al realizar autofecundaciones artificiales o controladas en una especie de polinización cruzada, produce inmediatamente el aumento de su homocigosis por lo que a partir de la S2, la pérdida de vigor es evidente, como la reducción en el rendimiento en grano, menor altura de planta, etc.

**4.9. Análisis Bromatológico de la semilla**

Debemos mencionar que el análisis del final de la fase III fue 6.10 % de proteína para el método de polinización cruzada, y 7.68 % de proteína para el método de autofecundación, al concluir el trabajo de investigación en el laboratorio Bromatológico de la U.A.J.M.S. tomando como resultados iniciales para ambos métodos de mejoramiento los análisis finales de la fase III (ver anexo N° 4)

#### **4.9.1 Análisis bromatológico de la semilla después de la cosecha por los métodos de polinización cruzada y autofecundación**

Los dos posteriores análisis se los realizo una vez terminado el trabajo, es decir aquella semilla obtenida por los métodos empleados en el presente trabajo. Los mismos fueron analizados en el laboratorio Bromatológico de la universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Los resultados se presentan de la siguiente manera. (Ver anexo N° 4)

#### **CUADRO N° 16**

#### **ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA SEMILLA OBTENIDA POR POLINIZACION CRUZADA**

<b>Análisis realizado de</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Método utilizado</b>
Humedad	%	10.09	Gravimétrico
Proteína total (Nx 6.25)	%	10.02	Volumétrico

#### **CUADRO N° 17**

#### **ANALISIS BROMATOLOGICO DE LA SEMILLA OBTENIDA POR AUTOFECUNDACION**

<b>Análisis realizado de</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Método utilizado</b>
Humedad	%	11.28	Gravimétrico
Proteína total (Nx 6.25)	%	7.89	Volumétrico

De acuerdo con los resultados obtenidos en los dos ensayos finales se puede afirmar que se presenta un aumento en cuanto al porcentaje de proteína de la variedad, siendo estos porcentajes del 3.92 % para el método de polinización cruzada, y 0.21 % para el método de autofecundación.

#### **4.10. Análisis Estadístico**

Se utilizó la prueba de T al 5 % de significancia estableciendo las diferencias significativas entre las medias de los parámetros evaluados.

**4.10.1 Análisis estadístico comparativo para la longitud de la mazorca, diámetro, número de hileras, número de granos por hilera, peso de la mazorca, peso del grano, en los métodos de mejoramiento.**

**CUADRO N° 18  
RESULTADOS DE LA PRUEBA “T” AL 5 % DE SIGNIFICANCIA  
DE LA MAZORCA**

<b>Descriptores</b>	<b>Polinización Cruzada</b>	<b>Autofecundación</b>
<b>Longitud de la mazorca</b>	*	*
<b>Diámetro de la mazorca</b>	*	*
<b>Numero de hileras</b>	N/A	N/A
<b>Numero de granos por hilera</b>	N/A	N/A
<b>Peso de la mazorca</b>	*	*
<b>Peso del grano</b>	*	*

\*Hay una diferencia significativa

\*\*Hay una diferencia altamente significativa

De acuerdo al Cuadro N° 18, se analizó que el maíz criollo de la variedad Kulli, aplicado a dos métodos de mejoramiento, tanto longitud, diámetro número de hileras, número de granos, como peso de la mazorca, y peso del grano, muestran diferencias significativas, entre los dos métodos de mejoramiento.

Poehlman (1980), una selección masal procedente de una especie autofecundada estará comprendida de genotipos más o menos similares para características físicas que pueden observarse fácilmente a simple vista, como presencia o ausencia de barbas, colores o la precocidad. Sin embargo, sus líneas componentes pueden diferir en caracteres cuantitativos, como rendimiento, tamaño o calidad, diámetro de la mazorca, peso del grano, ya que estas diferencias no pueden distinguirse por la simple observación de las plantas.

**4.10.2. Análisis estadístico comparativo para largo, ancho y alto del grano;  
para los dos métodos de mejoramiento**

**CUADRO N° 19  
RESULTADOS DE LA PRUEBA “T” AL 5% DE SIGNIFICANCIA  
PARA EL GRANO**

<b>Descriptor</b>	<b>Polinización Cruzada</b>	<b>Autofecundación</b>
<b>Largo del grano</b>	*	*
<b>Ancho del grano</b>	N/A	N/A
<b>Alto del grano</b>	*	*

\* Hay diferencias significativas

\*\* Hay una diferencia altamente significativa

De acuerdo al Cuadro N° 19, el largo, ancho, y alto del grano, muestran diferencias significativas, entre los dos métodos de mejoramiento.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

Finalizado el estudio y habiendo evaluado los resultados, se llega a las siguientes conclusiones:

- 1.- La obtención de líneas puras homocigóticas, a través de autofecundaciones controladas en las especies alógamas, se observó a partir de la S<sub>2</sub>, caracteres importantes como: la reducción del vigor, de la productividad, una menor altura de la planta, y demora en la floración.
- 2.- La selección masal utilizada en la metodología, se evidenció y demostró que es un método de mejoramiento útil y efectivo para poder apreciar fenotípicamente, y seleccionar individuos que presentaban las características más sobresalientes.
- 3.- Los pesos medios obtenidos correspondientes al peso de la mazorca fue de 219.54 gramos y para el peso del grano fue de 167.74 gramos para el método de Polinización Cruzada. En cambio los pesos medios, para ambos caracteres fue de 177.29 gramos, y 140.74 gramos respectivamente para el método de Autofecundación.
- 4.- La aplicación del método Estadístico y realizada la prueba de T al 0.05%, permitió concluir que existen diferencias significativas para las variables de: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de la mazorca, y peso del grano, en ambos métodos de mejoramiento.

- 5.- Se ha demostrado que la variedad se ha adaptado muy bien para el cultivo en la zona, debido a las condiciones climáticas y edáficas favorables que posee dicha comunidad.
  
- 6.- Los resultados de laboratorio indican que se incremento la calidad de proteína total de 6.10% de la fase III a 10.02 % en esta fase.

**RECOMENDACIONES:**

- 1.- Se debe tomar en cuenta una distancia prudente de unos 500 metros o más, de otras variedades de maíz, y diferir en por lo menos unos 20 días de la fecha de siembra, como ya se indicó esto para evitar las cruzas indeseadas y así mantener la pureza varietal.
- 2.- Si se va a realizar mejoramiento de maíz a través de autofecundaciones controladas, es importante tomar en cuenta aspectos como: el momento oportuno para el despunte o corte del jilote o (mazorca), el día y la hora para que el polén esté viable, para poder llevar con éxito una buena y adecuada autofecundación.
- 3.- Adquirir la mayor información y experiencia en esta clase de ensayos es importante para realizar y diferenciar los tipos de polinizaciones que se usan en el mejoramiento de maíz. Especialmente sobre la madurez del polen, la viabilidad del ovulo y otros.
- 4.- De acuerdo a los resultados del laboratorio bromatológico se recomienda continuar con el mejoramiento de este material ya que se han observado progresos en la calidad de proteína, hasta lograr estabilidad en los parámetros en estudio.
- 5.- Con la finalidad de lograr la eficiencia de variables externas el ensayo debe considerar; fertilización, control de malezas, plagas, y enfermedades adecuadamente.