

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE TRES
VARIETADES DE MAÍZ (*Zea mays*), EN EL MUNICIPIO DE
APOLO – PROVINCIA FRANZ TAMAYO**

Presentado por:

DAVID WALDO OLIVER REYNOLDS

La Paz - Bolivia

2021

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DE TRES
VARIETADES DE MAÍZ (Zea mays), EN EL MUNICIPIO DE
APOLO – PROVINCIA FRANZ TAMAYO**

Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el título de
Ingeniero Agrónomo

DAVID WALDO OLIVER REYNOLDS

ASESOR

Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas

REVISORES

Ing. M.Sc. Fernando Manzaneda Delgado

Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas

Ing. Casto Maldonado Fuentes

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

**La Paz – Bolivia
2021**



DEDICATORIA

Le agradezco a Dios por haberme dado la vida, la salud, la familia y la sabiduría. Gracias a Jesucristo por ser mi Señor y mi Salvador por haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi fe, mi luz y mi camino. Por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad, y su inmenso amor y gracia que me demuestra cada día de mi vida.

A mi padre Ramiro Oliver Gámez, por haberme educado con amor respeto y enseñarme a ser una persona humilde y agradecida, por enseñarme la reciprocidad, ser agradecido y valorar la vida.

A mi madre María Renee Reynolds López, por haberme instruido en el camino de Dios, criado bajo valores, principios y obediencia, por haberme apoyado en cada etapa de mi vida.

A mi hermana Linda Oliver Reynolds por ser un apoyo para toda mi familia, a mis abuelos, mis tíos, mis hermanitos, por ser parte de mi vida, haberme apoyado, impulsado hasta este día y haber creído siempre en mí.

¡Alaben al Señor porque él es bueno, y su gran amor perdura para siempre!
(1 Crónicas 16:34)

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Mayor de San Andrés, mi casa superior de estudios que me abrió las puertas para poder formarme como un profesional y cursar esta carrera que me apasiona.

A la Facultad de Agronomía que nos formó y nos vio crecer en el plano intelectual y espiritual.

A mi Asesor de Tesis Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas por brindarme toda su ayuda y conocimientos para la realización del presente trabajo de investigación.

Agradecer al Ing. Johnny Ticona Aliaga que en vida fue mi primer asesor el cual me brindo de su conocimiento y me guio para realizar este trabajo, hoy lamento su perdida ya que fue un ser humano excepcional, excelente profesional y gran futbolista con el que compartí buenos momentos en clases, viajes y en la cancha.

A los miembros del Tribunal Revisor:

- Ing. M.Sc. Fernando Manzaneda Delgado
- Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas
- Ing. Casto Maldonado Fuentes

por las sugerencias y recomendaciones en la redacción final del documento.

Agradecer a mis docentes que impartieron de su conocimiento y capacidad para poder aprender y aprovechar de la mejor manera la formación académica para el mejor desempeño como profesional.

A mis amigos y compañeros de estudios, con los cuales me instruí, por el apoyo moral que siempre me brindaron.

A todas esas personas las cuales me apoyaron con un consejo, con una palabra de aliento, con ayuda en el trabajo.

Muchísimas gracias.

David Waldo Oliver Reynolds

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1. Cultivo del maíz.....	2
3.2. Origen e historia.....	3
3.3. Clasificación taxonómica.....	5
3.4. Producción del maíz.....	6
3.4.1. Producción mundial.....	6
3.4.2. Producción en Bolivia.....	7
3.4.3. Producción en La Paz.....	8
3.4.4. Producción en Apolo.....	9
3.5. Características botánicas.....	10
3.5.1. Semilla.....	10
3.5.2. Raíz.....	11
3.5.3. Tallo.....	12
3.5.4. Hoja.....	13
3.5.5. Flor.....	14
3.5.6. Fruto.....	15
3.6. Requerimientos edafoclimáticos.....	16
3.6.1. Suelo.....	16
3.6.2. pH.....	17

3.6.3.	Pendiente	17
3.6.4.	Fertilidad del suelo	17
3.6.5.	Agua	18
3.6.6.	Temperatura.....	19
3.6.7.	Fotoperiodo.....	20
3.6.8.	Precipitación	21
3.7.	Plagas y enfermedades	22
3.7.1.	Plagas.....	22
3.7.2.	Enfermedades.....	24
3.8.	Fenología de cultivo	26
a)	Germinación.....	26
b)	Desarrollo de las hojas	26
c)	Crecimiento del tallo	27
d)	Aparición del órgano floral	27
e)	Floración	27
f)	Formación del fruto	28
g)	Maduración del fruto	28
h)	Senescencia.....	28
3.9.	Valor nutricional.....	28
3.10.	Variedades.....	29
3.10.1.	Variedad Hualtaco blanco	29
3.10.2.	Variedad Cubano amarillo.....	30
3.10.3.	Variedad Paru	31
3.10.4.	Variedad Puca Kellu	32
4.	LOCALIZACIÓN.....	33
4.1.	Características climáticas	33
4.2.	Vegetación y pecuaria.....	34
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
5.1.	Materiales	35
5.1.1.	Material biológico	35
5.1.2.	Material de campo	35
5.1.3.	Material de escritorio.....	35
5.2.	Metodología.....	36
5.2.1.	Formulación de tratamientos.....	36

5.2.2. Modelo estadístico.....	36
5.2.3. Croquis del experimento.....	37
5.2.4. Variables de respuesta.....	38
5.2.5. Procedimiento.....	39
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	43
6.1. Altura de planta (m)	43
6.2. Días a la Floración femenina	44
6.3. Diámetro de mazorca (cm)	47
6.4. Longitud de mazorca (cm).....	49
6.5. Número de hileras.....	51
6.6. Número de granos por mazorca	54
6.7. Peso de mazorca (g)	57
6.8. Variables económicas.....	59
7. CONCLUSIONES	60
8. RECOMENDACIONES.....	61
9. BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS.....	65

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de maíz en Bolivia	8
Figura 2. Ubicación geográfica	33
Figura 3. Croquis experimental.....	37
Figura 4. Comportamiento de las variedades en la altura de la planta	44
Figura 5. Comportamiento de las variedades en los días de floración	46
Figura 6. Comportamiento de las variedades en el diámetro de la mazorca ..	48
Figura 7. Comportamiento de las variedades en la longitud de la mazorca ..	51
Figura 8. Comportamiento de las variedades en el número de hileras de la mazorca	53
Figura 9. Comportamiento de las variedades en el número de granos de la mazorca	56
Figura 10. Comportamiento de las variedades en el peso de la mazorca.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía vegetal	5
Cuadro 2. Producción del departamento de La Paz de maíz	9
Cuadro 3. Valor nutricional	29
Cuadro 4. Formulación de tratamientos	36
Cuadro 5. Análisis de varianza de altura de planta (m)	43
Cuadro 6. Análisis de varianza de días de floración (d)	44
Cuadro 7. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable días de floración (d)	45
Cuadro 8. Análisis de varianza del diámetro de la mazorca (cm)	47
Cuadro 9. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable diámetro de mazorca (cm)	47
Cuadro 10. Análisis de varianza de tamaño de la mazorca (cm)	49
Cuadro 11. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable tamaño de mazorca (cm)	49
Cuadro 12. Análisis de varianza del número de hileras (u)	51
Cuadro 13. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable número de hileras (u)	51
Cuadro 14. Análisis de varianza del número de granos (u)	54
Cuadro 15. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable número de granos (u)	54
Cuadro 16. Análisis de varianza del peso de mazorca (g)	57
Cuadro 17. Comparación múltiple de medias Duncan del peso de mazorca	57
Cuadro 18. Relación beneficio/costo (bs)	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotografías.....	65
Anexo 2. Temperaturas (°C)	70
Anexo 3. Costos (Bs)	71
Anexo 4. Análisis de suelo (°S).....	72
Anexo 5. Imágenes de referencia.....	73
Anexos 6. Datos obtenidos en el ensayo.....	80

RESUMEN

El presente estudio de investigación se realizó en el municipio de Apolo, perteneciente a la provincia Franz Tamayo ubicada al norte del departamento La Paz. En toda la zona no ha existido introducción de nuevas variedades, ni estudios específicos acerca del tema, ni tecnología recomendada, por esto la importancia del presente trabajo de investigación.

Se evaluó el comportamiento de tres variedades de maíz más una variedad local como testigo la variedad cubano, la variedad Puca Kellu como T1, la variedad Hualtaco blanco como T2 y la variedad Paru como T3; para identificar las características agronómicas, fenológicas del cultivo y el mayor rendimiento entre las variedades. En la variable de altura, la variedad Cubano tuvo 2.45 m, Puca Kellu 2.32 m, Hualtaco blanco 1.99 m y Paru 1.96. En la variable número de granos la variedad Cubano obtuvo 510 u, Hualtaco blanco 178 u, Puka Kellu 161 y Paru 141 u. La variable peso de mazorca la variedad Cubano obtuvo 228.39 g, Paru 100.06 g, Hualtaco blanco 90.93 g y Puca Kellu con 88.95 g. En la variable de tamaño de mazorca la variedad Cubano tuvo mayor tamaño con 17.53 cm, Paru 11.37 cm, Hualtaco blanco 11.19 cm y Puca Kellu 10.9 cm de altura de mazorca. La variable de diámetro de mazorca nos dio resultados en la variedad Cubano de 5.21 cm, Paru 4.85 cm, Hualtaco blanco 4.71 cm y Puca Kellu 4.41 cm de diámetro. Los resultados en la variable de número de hileras se observó que la variedad Cubano tuvo 15.57 u, Hualtaco blanco 10.23 u, Puca Kellu 8.97 u y Paru 8 u de hileras. Para la variable de floración se observó que la variedad Cubano tuvo una floración a los 61 días, Puca Kellu a 64 días, Hualtaco blanco 67 días y Paru a 91 días de floración. El beneficio/costo el Cubano dio 1.8 Bs, Hualtaco blanco 1.6 Bs, Puca Kellu 1.2 Bs y Paru 1.0 Bs.

Concluyéndose que la variedad cubano (testigo) fue superior a las otras variedades a excepción de la variedad blanco tuvo una mejor adaptación al lugar a comparación de las variedades amarillo y rojo que obtuvieron bajo rendimiento.

ABSTRACT

The present research study was carried out in the municipality of Apolo, belonging to the Franz Tamayo province located north of the La Paz department. In the whole area there has been no introduction of new varieties, or specific studies on the subject, or recommended technology, for this reason the importance of this research work.

The behavior of three varieties of corn plus a local variety as a control was evaluated: the Cuban variety, the Puca Kellu variety as T1, the Hualtaco white variety as T2 and the Paru variety as T3; to identify the agronomic and phenological characteristics of the crop and the highest yield among the varieties. In the height variable, the Cuban variety was 2.45 m, Puca Kellu 2.32 m, Hualtaco white 1.99 m and Paru 1.96. In the variable number of grains, the Cuban variety obtained 510 u, Hualtaco blanco 178 u, Puka Kellu 161 and Paru 141 u. The variable weight of ear of the Cuban variety obtained 228.39 g, Paru 100.06 g, Hualtaco white 90.93 g and Puca Kellu with 88.95 g. In the pod size variable, the Cubano variety had the largest size with 17.53 cm, Paru 11.37 cm, Hualtaco white 11.19 cm and Puca Kellu 10.9 cm of ear height. The variable of ear diameter gave us results in the Cuban variety of 5.21 cm, Paru 4.85 cm, Hualtaco white 4.71 cm and Puca Kellu 4.41 cm in diameter. The results in the variable of number of rows, it was observed that the Cuban variety had 15.57 u, Hualtaco white 10.23 u, Puca Kellu 8.97 u and Paru 8 u of rows. For the flowering variable, it was observed that the Cuban variety had a flowering at 61 days, Puca Kellu at 64 days, Hualtaco white at 67 days and Paru at 91 days of flowering. The benefit / cost of the Cuban gave 1.8 Bs, Hualtaco white 1.6 Bs, Puca Kellu 1.2 Bs and Paru 1.0 Bs.

Concluding that the Cuban variety (control) was superior to the other varieties, except for the white variety, it had a better adaptation to the place compared to the yellow and red varieties that obtained low yield.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo que por su superficie cultivada (343.080,0 ha), producción (894.436,0tn/año) y un rendimiento (2.607,0 kg/ha), se constituye en la base alimenticia de la población y es de crucial importancia para la industria avícola, lechera y la porcicultura ocupando el segundo lugar después de la soya en el contexto nacional (INE, 2008).

La producción de maíz a nivel mundial es más grande que cualquier otro cereal. Anualmente la producción es de 850 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas, con una producción promedio de 5.2 t/ha. (FAO, Cuestiones relacionadas con la pobreza rural, el empleo y la Seguridad Alimentaria. Cumbre Mundial sobre el desarrollo, 2020).

Bolivia presenta tierras agrícolas situadas en las diversas regiones, las cuales son utilizadas por diferentes actividades agrícolas, entre ellas la producción del maíz, el cual se constituye en unos de los cultivos más importantes de nuestro país, a pesar de ello, no logra cubrir los requerimientos del mercado interno, debido a ciertos factores de producción.

Apolo es un municipio esencialmente agropecuario, prácticamente todos los habitantes del área rural de Apolo y muchos del área urbana cuentan con parcelas de producción para el autoconsumo y sustento económico. La producción para el autoconsumo es una generalidad en las comunidades del municipio de Apolo, aunque en los últimos cinco años ya existe comercialización en el propio municipio.

En la región de Apolo la producción de maíz viene realizándose en forma tradicional durante muchos y semi mecanizada recientemente, sin embargo, al ser un cultivo exigente en nutrientes, la fertilidad de los suelos se va reduciendo notablemente, donde el cultivo de maíz ocupa el segundo lugar de producción, por lo que la

introducción de nuevas semillas ayudara al desarrollo y progreso de los agricultores y la región.

Las variedades introducidas de maíz, dentro nuestra presente investigación se las realiza para aumentar los rendimientos dentro del municipio de Apolo, en esta zona solo se cuenta con la variedad Cubano amarillo que presenta bajos rendimientos, el municipio cuenta con granjas de explotación porcina, avícola donde no se abastece la demanda de los productores y provoca la importación de alimento concentrado desde la ciudad de La Paz lo que genera mayor costo de producción, dentro la región no se tiene ninguna experiencia sobre el uso de nuevas variedades.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico en tres variedades de maíz (*Zea mays*), en el municipio de Apolo de la Provincia Franz Tamayo.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la variedad con mayor respuesta en cuanto al rendimiento.
- Realizar un análisis económico de las diferentes variedades introducidas.
- Analizar un costo / beneficio

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultivo del maíz

Hoy día el maíz es el segundo cultivo más importante del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el

primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total (FAO, Cuestiones relacionadas con la pobreza rural, el empleo y la Seguridad Alimentaria. Cumbre Mundial sobre el desarrollo, 2020).

Según Avila (2006), indica que en Bolivia se destina aproximadamente 200 000 toneladas métricas de maíz para el consumo humano directo, de las cuales 140 000 toneladas son producidas en la zona andina y 60 000 toneladas en las zonas bajas del país. El consumo humano representa aproximadamente 240 calorías diarias per cápita en la población nacional, cifra relativamente baja con relación a otros países de América Latina, a diferencia del área rural que es posible imaginar un consumo cercano a las 400 calorías diarias aportadas por el maíz.

3.2. Origen e historia

El maíz (*Zea mays*), era desconocido por los europeos hasta 1492. Según crónicas los hombres de Colón lo descubrieron el 6 de noviembre de 1492, cuando explotaron la isla de Cuba, encontraron un grano que lo llamaban Ma-Hiz (vocablo Taino origen indígena caribeño) que significa literalmente lo que sustenta la vida (Mendieta, 2009).

Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7000 y 10000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más 5000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Mendieta, 2009).

Desde la aparición de civilizaciones americanas, se han establecidos mitos que asocian al maíz con las diferentes culturas, especialmente las establecidas en la región mesoamericana, que demuestran una íntima relación entre estas culturas y el empleo de este cultivo desde sus inicios. Por muchos años, se ha especulado

sobre el centro de origen del cultivo de maíz, sin embargo, en esta última década con ayuda de estudios moleculares y genéticos, se ha podido encontrar un ancestro proveniente de Centroamérica, como principal representante se tiene al país de México, debido a que la mayor cantidad de razas de este cultivo se encuentran en esta zona (Serratos, 2009).

Ha habido introgresión (retro cruzamiento reiterado) entre el teosinte y el maíz y sigue habiéndola hoy en día algunas zonas de México y Guatemala donde el teosinte puede crecer en los cultivos de maíz. En cualquier caso, la mayoría de las variedades modernas del maíz proceden de material obtenido en el sur de los Estados Unidos, México y América Central y del Sur. Las varias teorías relacionadas con el centro de origen del maíz se pueden resumir en la siguiente forma:

- **Origen Mexicano**

Los estudios arqueológicos e históricos demuestran la dinámica del maíz utilizado en la historia humana. La historia de la presencia de maíz en México ha sido mejor comprendida por la gran cantidad de representaciones de la planta encontrados en los medios de comunicación de la época (esculturas, pinturas, mitos, festividades, ceremonias, etc.). Las excavaciones arqueológicas de los primeros asentamientos agrícolas han permitido estructurar una historia evolutiva del maíz, al identificar los materiales botánicos presentes en ellos (Mapes, 2009).

La teoría de teocincla domesticado ha sido la que más éxito ha tenido en el ámbito científico ya que se basa en la existencia de selección natural y de mutaciones en ciertos loci importantes en las formas antiguas del teosinte, bajo el efecto de loci menores que han dado la especie actual, el teocintle anual mexicano (*Zea mays* ssp. *parviglumis*). Se acepta ampliamente que el teosinte es antecesor silvestre del maíz y que ha dado origen al maíz cultivado (Sanchez, 2014).

- **Origen Andino**

Acosta (2009), indica que las diversas formas de consumo del maíz indicando que los indígenas sudamericanos lo preparaban cocido, ingiriéndose a modo de sopa, en forma de arepas o tortillas, pasteles, bollos, tamales, en diversos guisos o tostado. También se utilizaba en la fabricación de bebidas a los Reduca (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 151-171, 2014. ISSN: 1989-3620 162 que los nativos de Perú llamaban chicha y sora. Estas bebidas eran muy antiguas, desde tiempos anteriores a la conquista española, formando parte de ceremonias y de diversos funerales incas que eran efectuados durante todo el año.

3.3. Clasificación taxonómica

El maíz, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, el cual presenta en el cuadro 1.

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Piteropsidae
Clase	Liliopsida (Monocotiledóneas)
Subclase	Commelinidae
Grupo	Glumiflora
Orden	Poales
Familia	Poáceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Maydeae
Género	Zea
Especie	Mays

Cuadro 1. Taxonomía vegetal

Pertenece a la familia de las Poáceae (gramíneas), tribu Maydeae, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género Zea, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género Tripsacum conocidas como arrocillo y maicillo son formas salvajes parientes de Zea mays. Son clasificadas como del nuevo mundo porque su centro de origen está en América.

3.4. Producción del maíz

3.4.1. Producción mundial

Según FAO (2012), indica que la producción mundial de maíz blanco llega a unos 80-90 millones de toneladas, cantidad relativamente pequeña en comparación con la producción anual de 900 millones de toneladas de maíz amarillo, según USDA (2014), estas cifras la encabezan Estados Unidos con 32% del total mundial producido seguido por China 24%, a esos dos países les siguen Brasil, la Unión Europea, Argentina, Ucrania y México.

Según MIFIC (2007), indica que el maíz blanco se cultiva casi exclusivamente para el consumo humano y tiene una enorme trascendencia para la nutrición y seguridad alimentaria en diversos países en desarrollo. El volumen comercializado en el mercado mundial supera los 2 millones de toneladas métricas al año, según la FAO (2006), resulta insignificante en comparación con los embarques de maíz amarillo, que promedian unos 60 millones de toneladas en los últimos años, principalmente destinados a alimentar a los animales.

SINAGAP (2013) indica que la producción mundial de maíz blanco se estima en 90.76 millones de toneladas. Entre el año 2000 al 2012, se registró un crecimiento de 2.84%, siendo Estados Unidos el principal productor mundial de maíz blanco en los últimos años, debido a la gran inversión que destina a las investigaciones de mejoramiento de semillas, variedades, control de plagas y enfermedades.

USDA (2014), indica que el total de la producción de maíz blanco, cerca de 11.6% se exporta y el 88.4% es para el consumo interno.

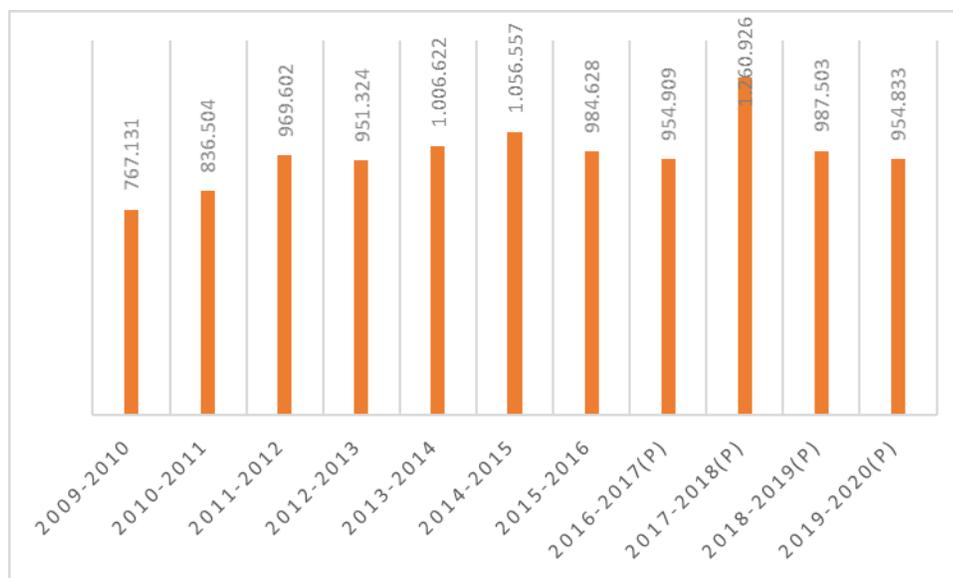
3.4.2. Producción en Bolivia

El maíz se constituye en uno de los principales cultivos de Bolivia y en una fuente de alimentación básica para las poblaciones ubicadas en las zonas de valles y trópico. Además, el cultivo se constituye en la principal fuente de energía para la producción animal, especialmente la producción de aves, ganado porcino y ganado bovino. Esto hace que se considere al maíz como materia prima para el desarrollo pecuario del país, y que su valor estratégico como cultivo no solamente se vea reflejado en su consumo directo o venta directa, sino principalmente en el desarrollo de las actividades pecuarias (Laura, 2013).

Según ANAPO (2013), indica que los principales departamentos productores de maíz son Santa Cruz, Chuquisaca, Tarija y Cochabamba, alcanzando el 92% del total de la producción nacional.

Hubo un importante crecimiento de la cosecha de granos en Bolivia, alcanzando un total de 888.209 hectáreas, para una producción total de 1.935.136 toneladas, ósea de 201 Kg per cápita en el año 2016, siendo esta 43% superior a la producción de cereales cosechada quince años atrás. “Generalmente no implica un mayor consumo de cereales por persona”, sino en productos derivados como carne, huevos y leche (INE, 2018).

El INE (2020), muestra en figura 1 que el rendimiento de maíz blanco en Bolivia disminuyó un 15% aproximadamente en los últimos 2 años, registrándose 2.110 kg/ha en la gestión 2018/2019, y 2.258 kg/ha en la gestión 2019/2020.



Fuente: INE (2020)

Figura 1. Producción por año agrícola de maíz en Bolivia

3.4.3. Producción en La Paz

INE (2020), en gestiones 2019/20, menciona que el departamento de La Paz ocupa el quinto lugar en la producción de maíz blanco en Bolivia, con 7.65%, indicando que en los últimos años hubo un incremento en superficie y no en producción, en comparación de la gestión 2017/18 que ocupaba el quinto lugar con 3.53% con superficie cultivable de 16.652 Ha, teniendo una producción 21.142 Tn; en la gestión 2019/2020 alcanzó una superficie de 17.338 Ha, pero una producción de 20.737 Tn

El INE (2020), muestra en el cuadro 2 los registros de la producción en toneladas métricas, el rendimiento en kilogramos por hectárea y la superficie cultivada en hectáreas del maíz en grano desde la gestión 2010 hasta el 2020.

Cuadro 2. Producción del departamento de La Paz de maíz en grano

Fuente: INE (2020)

Gestión	2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016	2016 - 2017	2017 - 2018	2018 - 2019	2019 - 2020
PRODUCCION (En toneladas métricas)	16.049	16.347	16.501	18.686	20.524	20.932	21.256	21.142	19.989	20.737
RENDIMIENTO (En kilogramos por hectárea)	1.203	1.208	1.211	1.247	1.255	1.266	1.266	1.270	1.057	1.196
SUPERFICIE CULTIVADA (En hectáreas)	13.335	13.537	13.626	14.987	16.354	16.528	16.785	16.652	18.920	17.338

3.4.4. Producción en Apolo

El maíz en la zona de estudio se encuentra dentro los principales cultivos, ocupa el tercer lugar después de la coca y el café, donde el 30% de la producción es destinado al consumo humano, 40% para la alimentación de animales domésticos, (cerdos, pollos de engorde, aves de postura) y 30% para la venta, donde el rendimiento alcanza un promedio de 0.905tn/ha, la superficie cultivada en promedio es 1.0 (ha.) hasta 10 (ha.) por cada familia. La variedad utilizada por la población es Cubano Amarillo donde su semilla se degenera cada vez más porque los agricultores no seleccionan la semilla que se va a utilizar para la próxima siembra, a la vez la falta de variedades al alcance de los productores hace que el cultivo no ocupe el primer lugar de producción dentro del municipio. En los últimos años, debido al crecimiento poblacional, la apertura de granjas avícolas y porcinas junto al buen pago del precio del maíz se ha ampliado significativamente la frontera agrícola para la producción de dicho cultivo (Yapu, 2001).

Los productores de maíz de la región en los últimos años han enfatizado su trabajo agrícola a la producción de maíz, debido a la alta demanda del producto en sus diferentes etapas, el cual les genera ingresos considerables (Yapu, 2001).

La producción del maíz sea establecido como una agricultura intensiva dentro del municipio, porque ahora no solo se la produce para consumo diario, sino que ahora se tiene la responsabilidad de proveer el grano de maíz a las granjas de la región y a los principales mercados de la ciudad de La Paz y El Alto (Yapu, 2001).

3.5. Características botánicas

3.5.1. Semilla

El grano de maíz maduro está compuesto por la cubierta o pericarpio, el endospermo y el embrión o germen, el pericarpio, protege a la semilla, tanto antes como después de la siembra. Su peso es de alrededor de 6% del peso total de grano (Reyes F. , 1986).

El endospermo, es la principal reserva energética del grano. Su función principal es la de proporcionar alimento energético a la planta joven hasta que sus raíces estén afianzadas y puedan mantenerse con lo que elaboran sus hojas. El peso del endospermo es de aproximadamente el 82% del peso total del grano (Reyes F. , 1986).

Un tercio de los cromosomas que están en el endospermo son del progenitor masculino y dos tercios del progenitor femenino; el número de cromosomas es de $3n$. La semilla tiene un peso aproximado de 12% del peso total del grano (Reyes F. , 1986)

3.5.2. Raíz

La principal raíz está representada por una a cuatro raíces seminales, que pronto dejan de funcionar como tales, ya que proceden directamente de la cariósida. El sistema radicular localizado en la corona se ramifica en raíces secundarias, terciarias, etc., hasta rematar en cada uno de los pelos radiculares, es en estos pelos donde se presentará el máximo de absorción del agua y de los nutrientes del suelo. El maíz tiene la particularidad de desarrollar también raíces adventicias, situadas en los primeros nudos del tallo (Robles, 1990).

Reyes (1986), menciona que el maíz tiene un sistema radicular bien definido en tres estadios. Al germinar, emergen las raíces temporales o embrionarias que nacen en el primer nudo, las raíces permanentes que nacen en el segundo nudo de la plántula o nudo superior del mesocotilodon y las raíces adventicias que emergen de los nudos basales de la planta en crecimiento activo.

Parsons (1992), menciona que, en el maíz, se desarrollan tres tipos de raíces:

Raíz seminal, Parsons (1992), indica que este tipo de raíz está representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar. Se originan en el embrión. Suministra nutrientes a las semillas en las primeras dos semanas.

Raíces adventicias, Parsons (1992), indica que el sistema radicular de una planta es casi totalmente de tipo adventicio. Puede alcanzar hasta dos metros de profundidad.

Raíces de anclaje, sostén o soporte; este tipo de raíces se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo. Favorecen una mayor estabilidad y

disminuyen problemas de acame. Las raíces de sostén realizan la fotosíntesis (Parsons, 1992).

3.5.3. Tallo

La planta de maíz presenta un tallo principal, el cual alcanza la superficie del suelo al estado de quinta hoja, a partir de la sexta hoja se inicia un rápido crecimiento del tallo en altura, el que se manifiesta especialmente a través de la elongación de los internudos inferiores. Al estado de ocho hojas es posible apreciar a simple vista, en el extremo apical del tallo, los primeros indicios de la panoja. Los tallos son muy robustos y dependiendo de la precocidad del cultivar pueden alcanzar en 12 y 24 nudos aéreos (Robles, 1990).

La porción del tallo comprendida entre el nivel del suelo y la inserción de la mazorca apical o principal presenta alternadamente un área deprimida a lo largo de cada uno de los internudos, dicha área corresponde a la sección del tallo en que se desarrollan los distintos brotes de mazorca, a partir del nudo que se ubica sobre la inserción de la mazorca apical, el tallo es totalmente cilíndrico (Robles, 1990).

Parsons (1992), indica que la mayoría de las especies Poáceae, el maíz tiene tallo macizo este desde afuera hacia adentro, está conformado por las siguientes estructuras:

Epidermis: capa impermeable y transparente que protege al tallo contra el ataque de insectos y enfermedades.

Pared: capa leñosa, dura y maciza que corresponde a un conjunto de haces vasculares por donde circulan las sustancias alimenticias.

Medula: tejido bando de carácter esponjoso que lleva parte central del tallo, en ella se almacena las reservas alimenticias. Donde los subnodos pueden nacer tallos secundarios o hijuelos, los cuales en general no presentan un gran crecimiento. Cada planta, dependiendo fundamentalmente del cultivar y de la fertilidad del suelo, puede producir desde cero hasta dos hijuelos, su aparición se verifica a partir del estado de quinta o sexta hoja.

3.5.4. Hoja

Una vez desplegada la hoja cotiledonar, asoma, desplegándose rápidamente, la primera hoja verdadera y hasta que la planta completa un total de cuatro, tiene su origen en nudos subterráneos. La hoja cotiledonar, junto a las primeras hojas embrionarias que nacen en los subnodos tres, cuatro, cinco, seis y siete respectivamente. El segundo subnodos corresponde al punto de unión del mesocotilo el coleóptilo, y el primero, a la unión del escutelo con el embrión. Entre los subnodos dos y seis no alcanzan a apreciarse los internodos. El primer internudo que corresponde, al mesocotilo, puede medir entre 1 – 6 cm., el último internudo, en tanto, que se ubica entre los subnodos seis y siete, presenta una elongación de aproximadamente 1 cm (Robles, 1990).

La planta, hasta que el estado de cuatro hojas verdaderas carece prácticamente de tallo, ya que el punto de crecimiento recién alcanza el nivel del suelo durante el estado de la quinta hoja, en ese momento es posible ver al microscopio la iniciación de la panoja en el ápice del tallo. La iniciación de las inflorescencias femeninas, en tanto, se verifica al estado de tercera o cuarta hoja. Las hojas que se desarrollan bajo la mazorca apical contribuyen en mayor proporción al crecimiento de la planta, las hojas que tienen una posición por sobre esta, en cambio, tienen una mayor importancia en el crecimiento de los granos (Robles, 1990).

Al estado de 10 hojas la planta ha desarrollado siete a ocho brotes de mazorca, los cuales pueden visualizarse al desprender las hojas con sus respectivas vainas. Las hojas que crecen sobre la mazorca apical tienen en promedio un mayor tamaño y se desarrollan mucho más rápido que las hojas inferiores. Al estado de 12 a 14 hojas, las plantas ya han fijado el número potencial de granos en cada mazorca y han perdido, al menos, la hoja cotiledonar y la primera hoja verdadera (Robles, 1990).

Según Parsons (1992), el número de hojas, dependiendo del cultivar pueden variar entre 12 a 24, siendo lo común que oscile entre 15 a 22. Las hojas son alternas, alargadas, de bordes ásperos, finamente ciliados y algo ondulados. Las hojas están compuestas por las siguientes estructuras:

Vaina: se origina a partir de un nudo del tallo, envolviendo, prácticamente al internudo superior.

Lamina: se origina a partir de la vaina, comprendiendo la vena central, un conjunto de venas paralelas a esta y el tejido intracelular.

Lígula: corresponde a una lengüeta membranosa y transparente, se sitúa en la parte terminal de la vaina, justamente en el punto en que comienza a desarrollarse la lámina.

3.5.5. Flor

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta, en cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen (Robles, 1990).

En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral. La inflorescencia femenina o mazorca crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas y la inflorescencia masculina o panoja se desarrolla en el punto de crecimiento apical en el extremo superior de la planta. Inicialmente, ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales. Durante el proceso de desarrollo los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y quedan así solo las inflorescencias femeninas. Del mismo modo, los primordios de gineceos en las inflorescencias apical abortan y quedan entonces solo inflorescencias masculinas (Robles, 1990).

3.5.6. Fruto

El grano o fruto del maíz es una carióspside, la pared del ovario o pericarpio esta fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste en las tres partes principales: la pared, el embrión diploide y en el endosperma triploide. La parte más extrema del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa aleurona. La estructura del endosperma del maíz es muy variable y le da al grano distintas apariencias (Robles, 1990).

Los granos de maíz se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, a la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. El peso del grano puede variar mucho, de aproximadamente 19 a 30 g por cada 100 granos. Los granos de maíz están constituidos principalmente de tres partes: la cascarilla, el endospermo y el germen (Robles, 1990).

La cascarilla o pericarpio es la piel externa o cubierta del grano, que sirve como elemento protector, el endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso de grano. Contiene aproximadamente el 90% de almidón y el 9% de proteína y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza. El germen contiene una pequeña planta en miniatura, además de grandes cantidades de energía en forma de aceite, el cual tiene la función de nutrir a la planta cuando comienza el periodo de crecimiento, así como otras muchas sustancias necesarias durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta (Parsons, 1992).

3.6. Requerimientos edafoclimáticos

3.6.1. Suelo

Según Brandolini (1990), la planta de maíz se adapta a distintos tipos de suelo; sin embargo, desarrolla mejor en suelos de textura media, bien drenados, aireados y profundos. La profundidad media del suelo destinado al cultivo de maíz debe ser en lo posible de 0.60 a 1 m, si se quiere obtener buenos rendimientos.

El suelo típico de textura franca a franca arcillosa retiene alrededor de 200 mm de agua por metro de profundidad. De esta aproximadamente 100 a 120 mm se pueden agotar sin afectar el rendimiento (Hurtado, 2010).

El maíz debe rotarse con leguminosas, papa, algodón y otros cultivos que no sean gramíneas, con el objetivo de equilibrar nutrientes del suelo, mejor explotación del suelo en profundidad y de romper el ciclo biológico de plagas y enfermedades (Brandolini, 1990).

3.6.2. pH

El maíz requiere preferentemente suelos neutros, pudiéndose desarrollar en un rango de pH de 5.5 hasta 8.0. Siendo óptimo entre 6.0 – 7.0. Tolera la salinidad hasta 8.0 mmhos/cm (Hurtado, 2010).

3.6.3. Pendiente

Hurtado (2010), indica que para asegurar el mínimo de erosión en las parcelas de maíz se deben construir los surcos con una pendiente menor al 1 % y se deben cuidar los caudales minuciosamente. Para una pendiente de 0.1 % se pueden utilizar caudales de 6.3 litros por segundo. Para pendiente de 0.5 % se permiten caudales de 1.26 litros por segundo por surco, y para pendientes de 1 % solo se debería usar caudales de 0.6 litros por segundo.

3.6.4. Fertilidad del suelo

Sabemos que para crecer las plantas precisan agua y determinados minerales. Los absorben del suelo por medio de sus raíces. Un suelo es fértil cuando tiene los nutrientes necesarios, es decir, las sustancias indispensables para que las plantas se desarrollen bien (Brandolini, 1990).

Las plantas consiguen del aire y del agua algunos elementos que necesitan, como el carbono, el hidrógeno y el oxígeno. Otros nutrientes esenciales están en el suelo: aquellos que los vegetales requieren en grandes cantidades se llaman nutrientes principales. Son el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio. Proceden de las rocas que dieron origen al suelo y de la materia orgánica descompuesta por los microorganismos. Los nutrientes deben estar siempre presentes en las cantidades y proporciones adecuadas (Brandolini, 1990).

Un suelo es fértil cuando:

- Su consistencia y profundidad permiten un buen desarrollo y fijación de las raíces.
- Contiene los nutrientes que la vegetación necesita.
- Es capaz de absorber y retener el agua, conservándola disponible para que las plantas la utilicen.
- Está suficientemente aireado.
- No contiene sustancias tóxicas

FAO (2001), el suelo del maíz debe contener materia orgánica mayor a 2%. El maíz produce 4.0tn/ha de grano y requiere alrededor de 150kg/ha de nitrógeno (N), 180Kg/ha de fósforo (P) y 668Kg/ha de potasio (K) por ciclo de producción,

3.6.5. Agua

Viarural (2011), indica que el total del ciclo, el maíz requiere 500 a 600 mm de agua. El máximo consumo diario se da en el período que va desde la 8va a 9va hoja, que es cuando comienza a formar la espiga y se define el rendimiento potencial máximo de la planta, hasta fines del llenado del grano, donde requiere unos 300 mm. En la zona maicera central esos momentos coinciden, para siembras de principios de septiembre, con los meses de diciembre y enero.

La evapotranspiración total (uso consuntivo) del maíz sembrado varía desde los 500 a 550 mm para la campaña agrícola. El uso diario del maíz varía desde 2 mm/día durante etapas iniciales hasta 6.5 mm/día en los días antes de maduración. Luego baja hasta 3 mm/día en los días antes de maduración completa (Hurtado, 2010).

La planta de maíz influye en el riego según su edad, el riego de las plantas jóvenes debe hacerse a menor profundidad que el riego a las plantas adultas, por tener diferente desarrollo radicular. Se debe regar el maíz en el primer mes

después de la emergencia, humedeciendo el suelo hasta los primeros 30 cm de profundidad. Posteriormente, hay que humedecer el suelo hasta 45 cm de profundidad hasta el inicio de la floración y luego a 60 cm de profundidad después de la floración, por el mayor desarrollo de las raíces de las plantas. (Gallardo, 2005).

Avila (2006), el maíz es una planta con unas necesidades hídricas importantes durante todo su periodo vegetativo, unos 250 litros por cada Kg de materia seca producida, pero hay determinados momentos en los que la falta de humedad condiciona enormemente la producción.

El método de riego por surcos se presta para el riego especialmente de los cultivos como hortalizas, algodón, caña de azúcar, maíz, papa, etc. adaptándose casi a todo tipo de cultivo y suelo. Este sistema de riego consiste en hacer correr el agua en pequeños canales o surcos situados en forma lateral a la línea de plantas. Los caudales empleados normalmente varían de 0,2 a 2 l/s. El área mojada no abarca toda la superficie del suelo, disminuyéndose así la evaporación, por lo tanto, la eficiencia del riego dependerá del movimiento de agua en los surcos (Chipana, 2003).

3.6.6. Temperatura

Las variedades se adaptan mejor a climas templados a cálidos con suficiente humedad desde la siembra hasta el final de la floración. La temperatura para el desarrollo del cultivo está entre 13°C y 30°C, temperaturas que se encuentran en la mayoría de las áreas de cultivo de maíz (Brandolini, 1990).

La temperatura óptima diurna para crecimiento de maíz oscila 21-25 °C y temperatura nocturna no inferior 14°C, en cuanto al requerimiento de agua, son necesarios 400-500mm de precipitación durante el periodo del cultivo, la cual la mayor parte se requiere para la floración (Brandolini, 1990).

3.6.7. Fotoperiodo

FAO (2001), el maíz es una especie de fotoperiodo corto, aun cuando algunos autores lo consideran de fotoperiodo neutro o insensible; esto puede sea explicable si se considera la gran variación genética de la especie.

El ciclo del maíz es una especie de días cortos. Es decir, su ciclo se acorta al acortarse la duración del día. Por ello es importante una siembra temprana del cultivo, para que cada etapa tenga un desarrollo óptimo, contribuyendo a un mayor rendimiento (Ortigoza, 2019).

El maíz es una planta determinada cuantitativa de días cortos. Esto significa que el progreso hacia floración se retrasa progresivamente a medida que el fotoperiodo excede de un valor mínimo. En general, para la mayoría de germoplasma de maíz tropical el fotoperiodo crítico oscila entre 11 y 14 horas y en promedio 13,5 horas. La mayoría de los materiales tropicales tienen mucha sensibilidad al fotoperiodo que puede influir en el retraso en la iniciación de la espiga (Bolaños, 1993).

El fotoperiodo también puede afectar el tiempo requerido por la floración. El maíz es clasificado como una planta cuantitativa de día corto. Después de un período juvenil insensitivo al fotoperiodo, la floración es demorada por fotoperiodos largos de más de 12,5 horas. Hay variabilidad genética para la duración crítica del fotoperiodo por debajo de la cual la fecha de floración no es afectada. La mayoría de los cultivares tropicales son sensibles al fotoperiodo, pero la extensión de esta sensibilidad varía enormemente, de uno a 12 días de atraso en la antesis por cada hora de extensión de la duración del día. Los cultivares para las zonas templadas tienden a ser mas tempranos y también menos sensibles al fotoperiodo, lo cual les permite completar su ciclo en un tiempo relativamente más corto bajo las condiciones de días largos que caracterizan a los veranos de las zonas templadas (Yzarra, 2010).

3.6.8. Precipitación

Acebey (2005), en cuanto al requerimiento de agua, son necesarios 400-500 mm de precipitación durante el periodo del cultivo, la cual la mayor parte se requiere para la floración.

La disponibilidad de agua en cantidades adecuadas al requerimiento de la planta posibilita que el cultivo pueda desarrollarse adecuadamente y que posibilite potenciar rendimiento. La utilización del agua está en función del desarrollo fenológico de la planta y se correlaciona con otras variables muy importantes como lo es la capacidad de campo, evapotranspiración y temperatura. La cantidad de agua accesible al cultivo en un momento dado depende de la profundidad explorada por las raíces, de la cantidad de agua disponible hasta dicha profundidad y de la efectividad con que las raíces pueden extraer la humedad del suelo en los distintos niveles (Yzarra, 2010).

En general, el cultivo del maíz dispone de una fase crítica que demanda la mayor cantidad de agua. Este período ocurre durante la fase de pre y post floración. La limitación de agua en esta fase puede afectar negativamente al rendimiento debido al estrés que provoca en la fisiología de la planta. También la falta de agua en las etapas iniciales posterior a la siembra puede afectar significativamente la población de plantas, lo que causa la muerte de plántulas y por consiguiente pérdida de población que se reflejará en disminución del rendimiento (Alviz, 2015).

El efecto particularmente de la sequía afecta la habilidad de la planta de maíz a producir grano en tres fases críticas del crecimiento vegetativo: a) Al inicio del ciclo de cultivo, en estado de plántula puede matar a estas plantas y reducir la densidad de población; b) En fase de floración y c) en fase de llenado de grano. Se han realizado diferentes estudios en maíces tropicales para simular y cuantificar potencialmente el efecto de la reducción del grano por efecto de sequía. La reducción de agua en el cultivo del maíz durante el período de

prefloración, floración y post-floración provoca pérdidas de 25%, 50% y 21%, respectivamente (Loaisiga, 2005).

El momento crítico de estrés de sequía de maíz se ubica entre los 7 días previos al inicio de la floración y 15 días posterior a esta. En esta etapa la reducción de rendimiento es mayor y puede ser 2 o 3 veces mayor que en otra fase de crecimiento. Se indica también que en esta fase el número de granos puede reducirse hasta en 45%. El umbral mínimo de precipitación desde el cual puede esperarse cosecha de granos es de 150 mm. El maíz necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, aun esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo debido a la poca profundidad de éste o del escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande por las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa (Silvestre, 2015).

3.7. Plagas y enfermedades

3.7.1. Plagas

a) Trips

(*Frankliniella williamsi*): La biología de este insecto consiste en cinco estadios: adulto, huevo, larvas, prepupa y pupa. Los huevos son depositados en el tejido tierno de la planta y la eclosión se presenta en 2 a 14 días dependiendo de la temperatura. Las larvas de primer estadio empiezan a alimentarse pronto después de eclosionar. El ciclo de vida completo desde la oviposición hasta la emergencia del adulto varía desde los 12-44 días (Ruiz, 2010).

b) Gusano cogollero

(*Spodoptera frugiperda*): Los huevecillos están cubiertos con escamas. Las larvas al eclosionar tienen hábitos gregarios, canibalísticos y se establecen en

el cogollo de la planta. Se presentan seis instares larvarios. Su ciclo es de 30 días en primavera y se alarga en invierno hasta 90 días. Pupa en el suelo a una profundidad de 2 a 8 cm. La duración de la vida del adulto es de 10 días (Porco, 2008).

c) Gusano soldado

(*Spodoptera exigua*): La etapa larval pasa por cinco instares de desarrollo. La larva del cuarto instar come el 80 % del follaje total que consumirá en todo su ciclo. La incidencia de estos insectos es muy irregular ya que aparecen de manera esporádica cada 2 – 3 años. Los adultos son de hábitos nocturnos, su primera generación se presenta en mayo y la hembra pone hasta 2,000 huevecillos durante su vida. Las larvas defolian principalmente maíz y sorgo (Porco, 2008).

d) Gusano trozador

(*Agrotis sp.*): Los adultos emergen en primavera y ponen sus huevecillos en la superficie del suelo y tallo de la planta. Las larvas permanecen ocultas durante el día y en la noche se alimentan. Presentan hasta siete instares de fase larval y su ciclo lo desarrolla en 30 días. Pupa en el suelo y dura de 12-15 días (Porco, 2008).

e) Barrenador del tallo

(*Diatraea sp.*): La larva en sus dos primeros instares se alimenta del follaje y en el tercero si la planta es chica penetra el cogollo y causa su muerte. En etapas avanzadas del cultivo penetra al tallo, por lo que la planta reduce su crecimiento. Además, transmite enfermedades debido a esta situación de daño. Las larvas de los últimos instares se transforman en pupa dentro del tallo

de la planta penetrando de dos a tres internudos lo cual provoca la muerte de la planta (Ruiz, 2010).

f) Chapulines

(*Sphenarium sp*, *Melanoplus sp*): Estos insectos devoran las hojas y partes tiernas de la planta. El ataque lo inician en los bordes de las parcelas, ya que las hembras depositan su paquete de huevecillos en las grietas de los terrenos sin laboreo. Presentan cinco estados ninfales. Cuando se tiene el tercer estado ninfal en campo, significa que ha emergido la población total de este ciclo del cultivo y en donde se comienza a realizar las acciones de control. Después del quinto estado ninfal comienza la fase gregaria del insecto y donde consume la mayor cantidad de alimento (Porco, 2008).

g) Gusano de alambre

(*Agriotes sp.*): Son insectos de cuerpo duro, alargado, cilíndrico y negro rojizo; pueden alimentarse de semillas en germinación, raíces y pueden barrenar las partes subterráneas de las plántulas. Las larvas pasan cinco años en el suelo donde se alimentan, mudando dos veces en el año. Suelos en donde se adicionan estiércol son propensos al ataque de este tipo de insectos (Ruiz, 2010).

3.7.2. Enfermedades

a) Carbón de la espiga

(*Sphacelotheca reiliana*): El patógeno se presenta en la etapa de floración de la espiga y formación de mazorca. En infecciones tempranas se reduce el desarrollo de la planta y las espiguillas no se forman, observándose en su lugar una masa negra de esporas. En otros casos se manifiesta una excesiva proliferación en las brácteas de las espiguillas, no detectándose carbón, pero

las espiguillas son estériles. Las mazorcas afectadas se sienten suaves al tacto y al cortarlas se observa una masa pulverulenta de color café oscuro que está cubierta por un tejido blanco (Asturizaga, 2009).

b) Pudrición de la raíz

(*Pythium aphanidermatum*, *Diplodia maydis*, *Fusarium* spp) La infección ocurre desde la fase de semilla, durante la germinación y el desarrollo del cultivo. La pudrición postemergente se caracteriza por contener el inóculo en la raíz de la plántula, presentando un color amarillento, falta de vigor y estrangulamiento a nivel de la base del tallo, ocasionando la muerte prematura de la misma. Las condiciones que favorecen la presencia de estos hongos son suelos pobremente drenados, con excesiva compactación y una temperatura base de 10-13 °C (Porco, 2008).

c) Pudrición del tallo

(*Macrophomina phaseolina*, *Fusarium* spp, *Diplodia maydis*, *Pythium aphanidermatum*): Después de la polinización y al aproximarse la madurez de las plantas, el micelio del hongo se activa e invade sus nudos bajos. Condiciones secas al inicio de la estación y temperaturas de 28-30°C, seguidas de tiempo húmedo, 2-3 semanas después del llenado de grano, favorece la pudrición (Asturizaga, 2009).

d) Roya del maíz

(*Puccinia sorghi*, *P. polyspora*, *Physopella zaeae*): Las variedades de maíz dulce son muy susceptibles al patógeno. Su área de distribución se limita a zonas calientes y húmedas, suelen ser problema si se presentan en estadios jóvenes de la planta y carecen de importancia en los avanzados. Estos hongos se presentan cuando la mazorca está formada, por lo que no son de importancia

económica. Las temperaturas de 16 a 23 °C y humedades al 100 % favorecen el desarrollo de *P. sorghi* (Asturizaga, 2009).

3.8. Fenología de cultivo

El desarrollo del cultivo consiste en una sucesión obligatoria de etapas o fases dadas en un orden riguroso e irreversible, correspondiendo a la iniciación de órganos nuevos, es un fenómeno puramente cualitativo. Llamamos ciclo de desarrollo al conjunto de fases que van desde la germinación de la semilla hasta la floración y formación del fruto. Este ciclo comprende dos etapas bien definidas: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo (Weber, 1990).

Según Weber (1990), presenta un sistema para una codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento y desarrollo para todas las especies en este caso del Maíz (*Zea mays* L) como se demuestra por día a continuación.

a) Germinación

- 00. Semilla seca
- 01. Comienza la imbibición de la semilla
- 03. Imbibición completa de la semilla
- 05. Radícula (raíz embrional), emergida de la semilla
- 07. Coleóptilo, emergido de la semilla
- 09. Emergencia: el coleóptilo atraviesa la superficie del suelo (se abren grietecitas en la superficie)

b) Desarrollo de las hojas

- 10. 1ra hoja, a través del coleóptilo
- 11. 1ra hoja, desplegada
- 12. 2 hojas, desplegadas

- 13. 3 hojas, desplegadas
- 16. Los estadios continúan hasta
- 19. 9 o más hojas, desplegadas

c) Crecimiento del tallo

- 30. Comienzo del alargamiento de la caña
- 31. Primer nudo, detectable
- 32. 2 nudos, detectables
- 33. 3 nudos, detectables
- 35. Los estadios continúan hasta
- 39. 9 o más nudos, detectables

d) Aparición del órgano floral

- 51. Comienzo de la salida del penacho: el penacho es detectable en lo alto de la caña
- 53. Visible el extremo del penacho
- 55. Mitad de la emergencia del penacho: la mitad del penacho empieza a separarse
- 59. Fin de la emergencia del penacho: penacho, completamente fuera y separado

e) Floración

- 61. (M) Estambres de la parte central del penacho, visibles (F) Punta de la mazorca, saliendo de la vaina foliar
- 63. (M) Comienza a desprenderse el polen. (F) Puntas de los estigmas, visibles
- 65. (M) Las partes altas y bajas del penacho, en flor (F) Estigmas, completamente emergidos
- 67. (M) Floración finalizada (F) Los estigmas secándose
- 69. Fin de la floración; estigmas, completamente secos

f) Formación del fruto

- 71. Comienzo del desarrollo del grano: granos, en el estadio de "ampollitas"; alrededor de 16 % de materia seca
- 73. Lechoso temprano
- 75. Granos de la mitad de la mazorca, blanco-amarillentos; contenido lechoso; alrededor de 40 % de materia seca
- 79. Casi todos los granos han alcanzado su tamaño final.

g) Maduración del fruto

- 83. Pastosa temprano: el contenido de los granos, blando; alrededor de 45 % de materia seca
- 85. Estadio pastoso (= Madurez de silaje): los granos amarillentos a amarillo (según la variedad); acerca del 55 % de materia seca.
- 87. Madurez fisiológica: puntos o rayas negras, visibles en la base de los granos, acerca de 60 % de materia seca.
- 89. Madurez completa: granos duros y brillantes; acerca de 65 % de materia seca.

h) Senescencia

- 97. Planta totalmente muerta, tallos se quiebran.
- 99. Partes cosechadas.

3.9. Valor nutricional

El maíz es usado en más formas que cualquier otro cereal, las formas principales en que se utiliza es como alimento humano, ya que sea doméstico o industrial, alimento para animales y fermentado para varios productos industriales. El maíz es, desde un punto de vista nutricional, superior a muchos otros cereales excepto en su contenido de proteínas. El maíz es más rico en grasa, hierro y contenido de

fibra, pero su aspecto nutricional más pobre son las proteínas, con relación a otros cereales como el arroz y el trigo (CIPCA, 2012). En el cuadro 3 se muestra el valor nutricional del maíz.

Contenido	Harina de maíz (100 gr.)
Agua%	12
Calorías	362
Proteína gr.	9
Grasa gr.	3.4
Carbohidratos gr.	74.5
Almidón, fibra gr.	1
Cenizas gr.	1.1
Calcio mg.	6
Hierro mg.	1.8
Fosforo mg.	178
Tiamina mg.	0.3
Riboflavina mg.	0.08
Niacina mg.	1.9

Cuadro 3. Valor nutricional (CIPCA, 2012).

3.10. Variedades

3.10.1. Variedad Hualtaco blanco

Esta variedad es una de las más sobresalientes en la producción boliviana de maíz blanco para el consumo humano; la producción más importante se concentra con exclusividad en los valles del Departamento de Cochabamba. Destaca su buen sabor, su facilidad de cocción, la consistencia harinosa, la suavidad y el tamaño grande de los granos; por estas características suele estar presente en una infinidad de platillos tradicionales de Bolivia, sobre todo de aquellos provenientes del Valle y Altiplano (Avila, 2010).

Se la cultiva entre altitudes de 2.000 a 3.000 msnm. Es de planta alta o mediana, las mazorcas son medianas de forma cilíndrico-cónica con 8 a 12 hileras de granos. Los granos son muy grandes de color blanco y de consistencia harinosa. Su área de distribución se encuentra principalmente en el Valle Alto y Central de Cochabamba. También existe en la provincia Zudáñez de Chuquisaca, con granos de menor tamaño, en La Paz al norte del Lago Titicaca y en la zona de Cotagaita de Potosí (Avila, 2010).

3.10.2. Variedad Cubano amarillo

Esta variedad es muy importante para el país, ya que representa el 70% de la superficie cultivada en el territorio nacional. Su distribución es muy amplia y se encuentra en todas las zonas productoras del país, aunque Santa Cruz es el más representativo, pues concentra más del 70% de la producción total. En este departamento, como en ningún otro, converge la agricultura empresarial a gran escala con la agricultura familiar en las diferentes áreas de producción, sobre todo en el Norte Integrado, Este y Chaco; en estas regiones es común encontrar a productores cultivando más de 10 mil hectáreas y a los que trabajan con menos de 10. Pese a que los agricultores pequeños son la mayoría (el 95% de 16 mil productores), cubren menos de la mitad del terreno cultivado, por las superficies individuales pequeñas que manejan y por los rendimientos menores que reportan su aporte a la producción no excede el 40%; por esto la situación del maíz es similar a la del arroz. Si bien este cereal es un cultivo de pequeños agricultores, la producción no es manejada por ellos y se concentra en los sectores minoritarios (en el 5% de los productores se concentra más del 60% de la oferta productiva); debido a esto, el protagonismo de los grandes productores es fundamental ahora, para garantizar la seguridad alimentaria de la población por los volúmenes significativos que manejan; bastaría que unos cuantos agricultores de este grupo dejen de cultivar para que la oferta nacional se vea afectada (Avila, 2010).

Este tipo de maíz se ha generado a partir de una infinidad de variedades mejoradas e híbridos introducidos al país, en especial por el sector de medianos y grandes productores. Actualmente, estos materiales predominan en la producción e inclusive se los obtiene de forma local incrementando los rendimientos con un buen manejo y condiciones climáticas adecuadas, obteniendo hasta 7 toneladas por hectárea; el problema es su elevado precio y la necesidad de un paquete tecnológico de avanzada, para alcanzar los niveles de rendimiento deseado; por esto, sólo los pequeños productores que tienen posibilidades de cumplir con estos requisitos se animan a trabajar con él (Avila, 2010).

Sobre el tema Avila (2010) acota que “en esta zona se cultiva principalmente híbridos dobles y en menor proporción variedades mejoradas de granos semidentados y semivítreos amarillos o de color naranja, la mayor parte de la semilla utilizada es importada y la otra es producida por varias empresas semilleras existentes en la zona”.

3.10.3. Variedad Paru

Una de las razas más productivas. Domina en grandes áreas principalmente las partes bajas tropicales bajo temporal, así como en las subtropicales bajo riego; se puede ampliar más su siembra utilizando para ello grandes áreas utilizadas como potreros en la actualidad. Predomina la siembra primavera – verano, y en áreas con disposición de riego permiten su cultivo otoño – invierno. Muy importante a nivel nacional y la segunda más utilizada para mejoramiento. Ha aumentado su área de distribución, no está claro cuál es su centro de distribución y de diversidad, es muy difuso (Avila, 2010).

Esta variedad de grano mediano a grande, textura suave y jaspeado, es de alto valor nutritivo. Tiene una excelente tolerancia al palmarado y a las pudriciones

de tallo y mazorca. Puede ser cultivada en zonas de subtrópico y trópico en invierno, para aprovechar el alto precio del choclo durante esa época de baja oferta. En estas zonas, florece a los 75 días, llega a choclo entre los 110 – 115 y a grano a los 150 aproximadamente. Su cultivo puede extenderse a los valles, en los que las enfermedades no permitan el cultivo de otras variedades, en estas condiciones, florece a los 96 días, llega a choclo a los 145 y a grano a los 196 aproximadamente (Avila, 2010).

3.10.4. Variedad Puca Kellu

Esta variedad es utilizada para cubrir demandas de la industria de alimentos de animales, por lo que importan grandes cantidades. La variedad es amarilla y esta difundida en los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba y Potosí con un rango de adaptación desde los 1000 m.s.n.m. hasta los 3000 m.s.n.m., planta de altura media y alta, de mazorcas grandes, medianas a pequeñas, de forma cilíndrica cónica, con 8-12 hileras. Raza más tardía con granos largos y grandes, de color amarillo, de consistencia semivítrea harinosa, esta variedad es la segunda en utilizarse para hacer harina. Las formas más típicas se encuentran en el Valle Alto de Cochabamba (Avila, 2010).

4. LOCALIZACIÓN

En la figura 2, se muestra el Municipio de Apolo, Primera Sección de la provincia Franz Tamayo del departamento de La Paz, se ubica al norte del departamento, se extiende desde las altas estribaciones orientales de los Andes hasta la región amazónica, en una gradiente altitudinal entre los 4.000 m en la frontera con el Perú, hasta los 220 m de altitud en la desembocadura del río Tuichi. Apolo es el segundo municipio más grande del departamento de La Paz, después de Ixiamas, con una extensión de 13.862 Km² que corresponde al 11% de la superficie departamental. Su capital municipal se encuentra a una altitud de 1.460 m (Beccar, 2004).

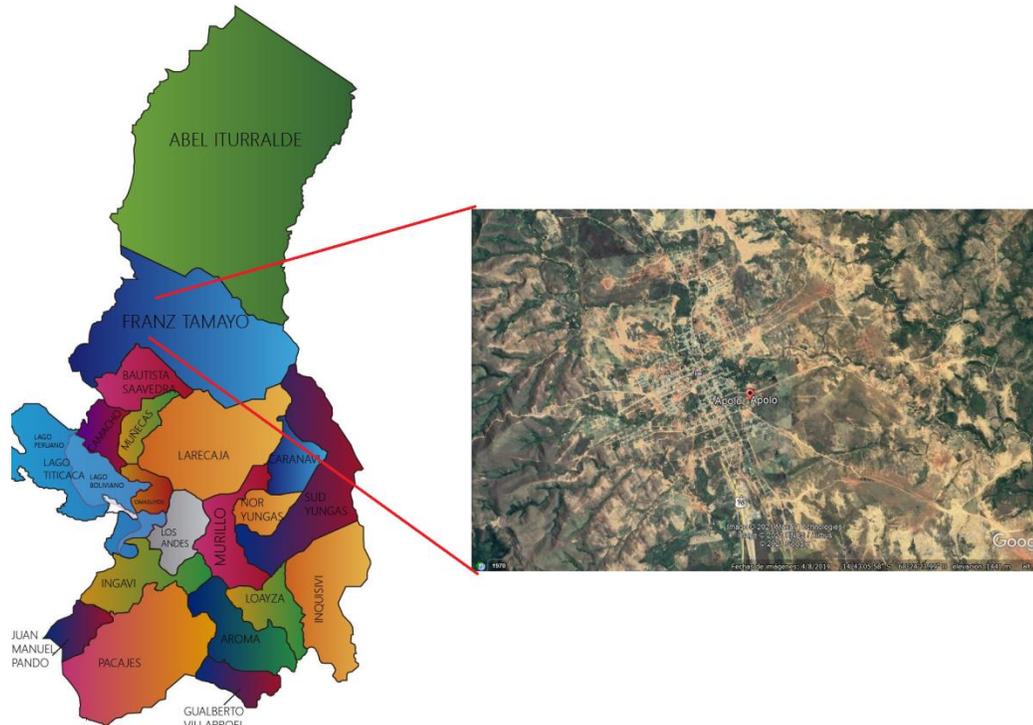


Figura 2. Ubicación geográfica

4.1. Características climáticas

La temperatura en la región de Apolo oscila entre los 19 y 24°C, los valores más altos se registran en octubre con 24°C y los más bajos en julio, con 19,8°C. En el extremo oeste, frontera con la República del Perú, se encuentran las temperaturas

más bajas (15-16°C). Entre las poblaciones de Mamacona, Torewa y el río Tuichi, el promedio de temperatura es 26°C. En la zona central de Apolo (las sabanas), la temperatura promedio oscila entre 20 y 22°C. La mayor precipitación en la región de Apolo se presenta entre los meses de octubre y marzo. Las precipitaciones más bajas se concentran en el extremo Oeste con promedios anuales entre 1.000 y 1.200 mm. Entre las poblaciones de Apolo y Atén asciende a 1.500 y 1.600 mm. Entre Torewa y el río Quiquibey el promedio alcanza entre 1.900 y 2.000 mm. (SENAMHI, 2018)

4.2. Vegetación y pecuaria

Por ganadería y pecuaria extensiva nos referimos a la que se realiza a partir del pastoreo con el uso de bajos insumos, que se practica en forma familiar o comunal en tierras de barbecho, pastizales naturales y algunas veces en pastos introducidos. Generalmente, las familias cuentan con algunos animales (10-30) que juntan a nivel de la comunidad y los dejan pastar en las sábanas, matorrales y monte. En estos sistemas, el ganado está libre y disperso en zonas de pastizales y ramoneando en los matorrales y monte, en este último caso llamados sistemas silvopastoriles. Pocos utilizan potreros. En la generalidad del municipio, la producción pecuaria con bovinos y ovinos es de tipo extensivo y se realiza en toda la zona del valle central de Apolo, donde ésta se combina con la introducción de pastos debido al desgaste de los suelos y eventualmente al sobrepastoreo. La ganadería extensiva también se lleva a cabo en la serranía de Pucasucho y pie de monte de Ubia, San José, Lluscamayu y Chipilusani. En muchas zonas, la ganadería de bovinos se combina con los ovinos, generando mayor presión a los pastos y suelo (Beccar, 2004).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

- Cubano amarillo (testigo - T0)
- Puca Kellu (variedad 1 – T1)
- Hualtaco blanco (variedad 2 – T2)
- Paru (variedad 3 – T3)

5.1.2. Material de campo

- Estacas
- Letreros
- Marbetes
- GPS
- Flexómetro
- Vernier
- Azadones
- Chontilla
- Picota
- Pala
- Hachas
- Machetes
- Sobres
- Bolsas plásticas
- Yute
- Balanza de precisión

5.1.3. Material de escritorio

- Cámara fotográfica
- Cuaderno
- Bolígrafo

- Computadora

5.2. Metodología

5.2.1. Formulación de tratamientos

En el cuadro 4. Muestra la formulación de los tratamientos.

Variedades:

- Cubano (testigo - T0) – Local (Apolo)
- Puca Kellu (variedad 1 – T1) – INIAF (Cbba)
- Hualtaco Blanco (variedad 2 – T2) – INIAF (Cbba)
- Paru (variedad 3 – T3) – INIAF (Cbba)

Cuadro 4. Formulación de tratamientos

Bloques	Variedad	Tratamientos
I	Cubano	T0
I	Puca Kellu	T1
I	Hualtaco Blanco	T2
I	Paru	T3
II	Cubano	T0
II	Puca Kellu	T1
II	Hualtaco Blanco	T2
II	Paru	T3
III	Cubano	T0
III	Puca Kellu	T1
III	Hualtaco Blanco	T2
III	Paru	T3

5.2.2. Modelo estadístico

Cuyo modelo aditivo lineal es un diseño de bloques al azar (DBA), con un factor de estudio de variedades, donde se bloquea la pendiente, proporcionado por (Arteaga, 2003).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental

μ = Media general

T_i = efecto del i-esimo tratamiento (variedad)

B_j = efecto del j-esimo bloque

E_{ij} = Error experimental en la unidad j del tratamiento i

5.2.3. Croquis del experimento

El área experimental dentro del ambiente protegido fue delimitada de acuerdo al diseño de investigación como lo explica la (figura 3).

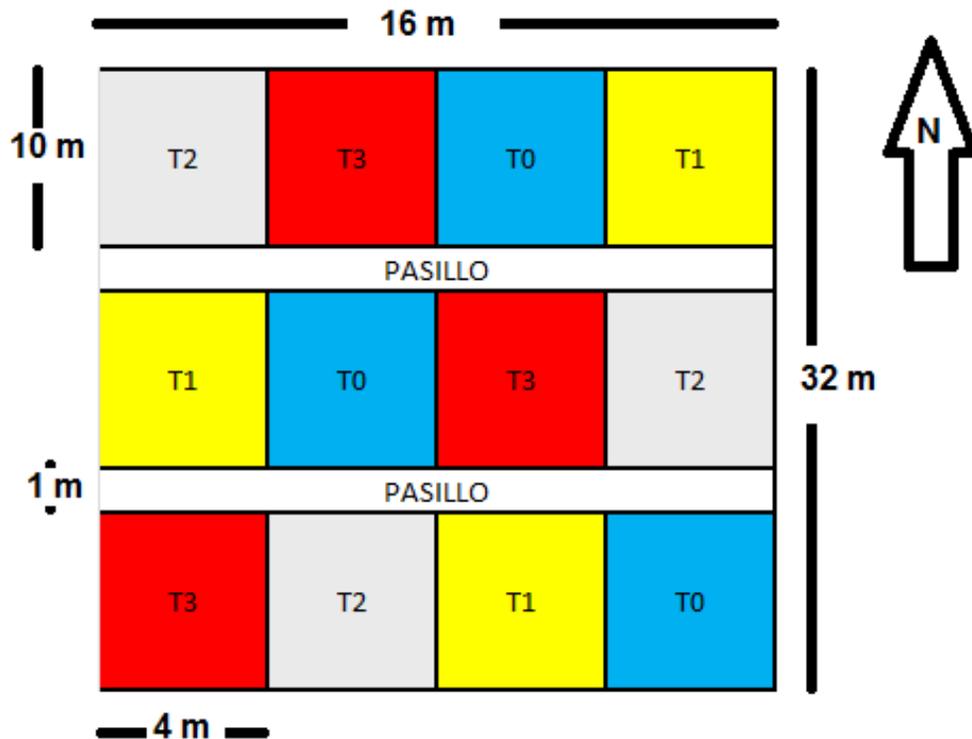


Figura 3. Croquis experimental

- Superficie total del experimento = 512 m². Superficie por parcela = 160 m².
- N.º de plantas totales = 1,200 unidades. N.º de plantas por parcela = 400 uds.
- Distancia entre hileras = 0.8 m. Distancia entre plantas = 0.5 m.
- N.º de semilla/golpe = 3 unidades. Total, semillas = 3600 unidades.

5.2.4. Variables de respuesta

a) Altura de planta (cm)

En la madurez fisiológica se procedió a medir la altura de la planta promedio, en centímetros, desde el cuello de planta hasta la base de la inserción de la espiga, para tal efecto se tomaron 10 plantas al azar de cada unidad experimental de los tres surcos centrales cuando el fruto alcanzo la madurez.

b) Días de floración (N°)

Se registró el número de días transcurridos después de la emergencia de la plántula hasta cuando el 50% de las plantas de cada unidad experimental en la aparición de la floración femenina del maíz.

c) Longitud de mazorca (cm)

Esta variable se obtuvo de la medición de 10 mazorcas tomadas al azar, de cada unidad experimental, la longitud de la mazorca se tomó desde la base de la mazorca a la punta de esta en centímetros, con la ayuda de una regla graduada. Los resultados obtenidos para 10 mazorcas de cada unidad experimental se presentan en el cuadro 11, la longitud de mazorca es importante ya que se piensa a mayor longitud mayor número de granos y mayor rendimiento. Para esta variable el coeficiente de variación es 8.57% valor menor al 30% recomendable, y aceptable para ensayos en campo.

d) Diámetro de mazorca (cm)

Variable medida en centímetros, que expresa el ancho de la mazorca, realizando la medición en la parte media de la misma con un vernier, se registró

el valor de la media, medidas de 10 mazorcas, tomadas como muestras de cada unidad experimental, las mazorcas estaban desprovistas de las brácteas.

e) Número de hileras por mazorca (unidad) (N°)

El número de hileras es una variable muy característica de cada variedad para variable se realizó el registro de la media de número de hilera contadas de 10 mazorcas de cada unidad experimental, para luego obtener una media.

f) Número de granos (unidad) (N°)

Se tomó las mismas muestras de la anterior variable que son 10 muestras por unidad experimental para contar los granos de cada mazorca, registrándose después de forma individual.

g) Beneficio/Costo

La relación beneficio/costo, es la comparación sistemática entre el beneficio costo resultado de una actividad y el costo de realizar esa actividad.

Que la regla básica del beneficio/costo B/C, es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ($B/C > 1$), aceptable si es igual a la unidad ($B/C = 1$) y no es rentable si es menor a la unidad ($B/C < 1$) (PROINPA, 1995).

5.2.5. Procedimiento

a) Remoción

Se preparó la parcela con el ingreso del tractor inicialmente con el arador de discos, donde se removió el suelo a unos 20 – 25 centímetros de profundidad. Luego se cambió el arado de discos por el arado de rastras y con ella se ayudó a mullir los terrones grandes del arado, esta actividad se realizó el 6 de octubre.

b) Abonamiento

Se reunieron 2800 kg en un solo lugar para triturar las bostas del ganado con la ayuda de una pala para remover, un palo golpear las bostas secas, para que el suelo aproveche de la mejor manera el abono orgánico que fue incorporado en las unidades experimentales.

c) Análisis de suelo

El análisis de fertilidad de suelo es una práctica que utiliza un análisis químico de muestras representativas de un terreno particular y datos de calibración derivados de investigaciones previas en diferentes suelos, con el fin de inferir dosis de fertilización adecuadas para un rendimiento dado (Schweizer, 2011).

Se tomaron 20 muestras al azar en el campo de estudio lo cual se realizó el respectivo cuarteo para tener una muestra de suelo la que se llevó a laboratorio para su correspondiente análisis químico y determinen la recomendación técnica apta para el cultivo a establecerse en caso de que no cumpla con los requerimientos del cultivo.

d) Siembra

La siembra fue el 10 de noviembre del 2018, esta operación se lo efectuó en forma manual con la ayuda de un saca hoyos (pala cavadora), se realizó hoyos de una profundidad de 10 cm., con un diámetro de 10 cm., para depositar las semillas a una profundidad de 5 cm, con una densidad de 100 plantas/UE, tomando en cuenta una distancia de 0.80 m., entre surcos y 0.50 m., entre plantas respectivamente, colocando tres semilla por golpe, luego las semillas fueron cubiertas con una capa de tierra y estiércol para evitar la pérdida de humedad y garantizar la emergencia de las plantas.

e) Labores culturales

El manejo fue similar al que la comunidad emplea en el cultivo de maíz, teniendo una participación en la comunidad, se efectuó las siguientes labores culturales:

- **Raleo**

Es una labor de cultivo que se realiza cuando la planta ha alcanzado un tamaño próximo de 25 – 30 cm., y consiste en ir dejando una sola planta por golpe y se van eliminando las restantes. Las plantas eliminadas en el raleo fueron aquellas más débiles y pequeñas o con algún daño físico o mecánico, las plantas eliminadas se retiraron del área de estudio para evitar que estas en su descomposición sean fuentes de enfermedades que atacarían a las plantas más vigorosas en estudio.

- **Control de malezas**

Esta labor por considerarse de mucha importancia para un buen desarrollo se realiza un carpido manual a los 30 días y también dos deshierbes más junto con lo aporques realizados en el cultivo, con el objetivo de reducir la competencia por luz, agua y nutrientes, como también reducir la proliferación de plagas y enfermedades. un deshierbe a los 80 días utilizando machete y Chontilla en todos los tratamientos.

- **Aporque**

Se realizó en dos oportunidades, el primer aporque fue cuando la planta alcanzó los 0.50 metros de altura (altura de la rodilla) a los 35 días cuando el maíz empezó a elongarse y desarrollar hojas. El segundo aporque fue a los 80 días en plena floración.

- **Riego**

El maíz es un cultivo muy exigente en agua y que necesita tener cubiertas estas necesidades en los momentos críticos. El maíz exige unos 5mm., al día, pero en la comunidad no existen problemas de sequía ya que se cuenta con lluvias frecuentes durante los meses de noviembre a febrero, las cuales cubren las necesidades hídricas del maíz que van variando a lo largo del desarrollo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero si mantener una humedad constante.

f) Cosecha

La cosecha se realizó entre el 25 de marzo al 25 de abril, como se tuvo distintas variedades el proceso de cosecha fue desempeñado en este lapso. La cosecha se realizó en forma manual, mediante la observación directa de indicadores, tales como la coloración de la planta y la dureza de los granos a la presión mecánica de las uñas, lo que permite determinar el estado óptimo de madurez del grano.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con los objetivos planteados sobre la adaptación de las variedades de maíz y la evaluación de su comportamiento se obtuvieron los siguientes resultados.

6.1. Altura de planta (m)

En el análisis de varianza en el cuadro 5, se puede observar que los resultados de la altura de la planta de las variedades dieron no significativo.

Cuadro 5. Análisis de varianza de altura de planta (m)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel Significancia
Bloques	0.06	2	0.03	0.52	0.61	N.S.
Variedad	0.52	3	0.17	3.16	0.1	N.S.
Error	0.33	6	0.06			
Total	0.91	11				

** = Altamente significativo * = significativo NS = no significativo

CV = 10.73

El coeficiente de variabilidad indica 10.73 el cual es un parámetro para decir que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

La altura de la planta es influenciada por condiciones ambientales como la luz, temperatura y densidad de siembra; ya que las unidades experimentales se encontraban en las mismas condiciones a una misma densidad de siembra por lo que las alturas de las plantas no tuvieron diferencias significativas.

Al respecto Manrique (1988) y Lopez (1991), indican que el crecimiento y desarrollo del embrión depende de la multiplicación celular en los puntos de crecimiento apical y radicular, este proceso está influenciado por la temperatura y humedad del suelo.

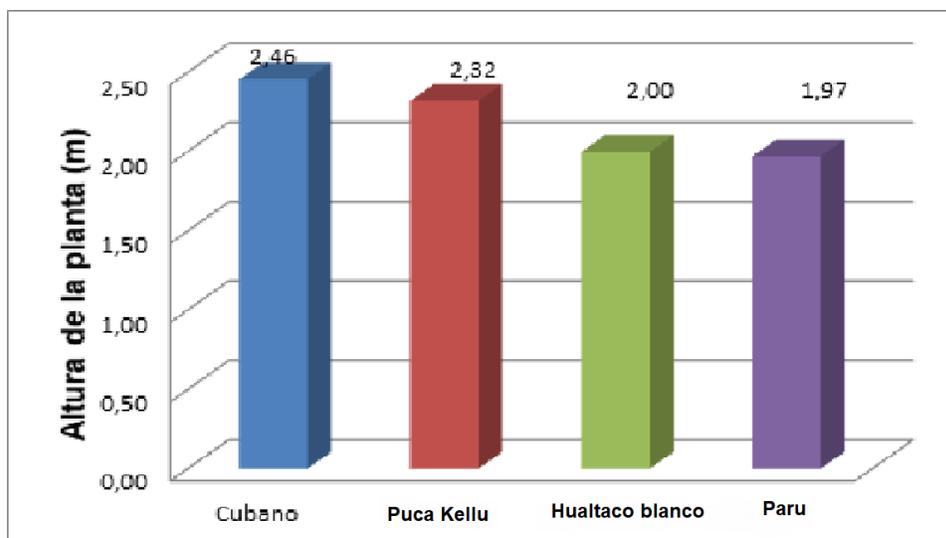


Figura 4. Comportamiento de las variedades en la altura de la planta

La figura 4. muestra el comportamiento que tuvo las variedades de maíz con respecto a la variable de respuesta de la altura de la planta (m).

6.2. Días a la Floración femenina

Durante el ciclo del presente experimento se realizó la observación de la floración del cultivo de maíz. Para tal caso el análisis de varianza se observa en el cuadro 6, para la variable días de floración del cultivo.

Cuadro 6. Análisis de varianza de días de floración (d)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel Significancia
Bloques	2	2	1	9	0.016	N.S.
Variiedad	1721.58	3	573.86	5164.75	0.0001	**
Error	0.67	6	0.11			
Total	1724.25	11				

** = Altamente significativo * = significativo NS = no significativo

CV = 7.44

El coeficiente de variabilidad nos indica 7.44 el cual es un parámetro para decir que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 7. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable días de floración (d)

Variedad	Medias (Días)	n	E.E.	Duncan
Paru	91.67	3	0.19	A
Hualtaco	67.33	3	0.19	B
Kellu	64.67	3	0.19	C
Cubano	61.33	3	0.19	D

El cuadro 7, indica las diferencias de medias que existe entre las cuatro variedades de estudio donde la variedad Cubano tuvo mayor precocidad en el momento de floración a unos 61 días después de la siembra ya que es un cultivo bien acostumbrado al fotoperiodo del municipio de Apolo en cambio la variedad Kellu con 65 días la variedad hualtaco blanco con 67 días y la variedad Paru tardo más en la floración con 91 días estas variedades están acostumbradas a menor fotoperiodo lo cual afecta en la floración.

Los días de floración es importante en la determinación del rendimiento es el periodo de llenado de grano, la floración temprana aumenta el rendimiento a través de un aumento en el número de días disponibles para el llenado del grano (Carriquiry, 1998).

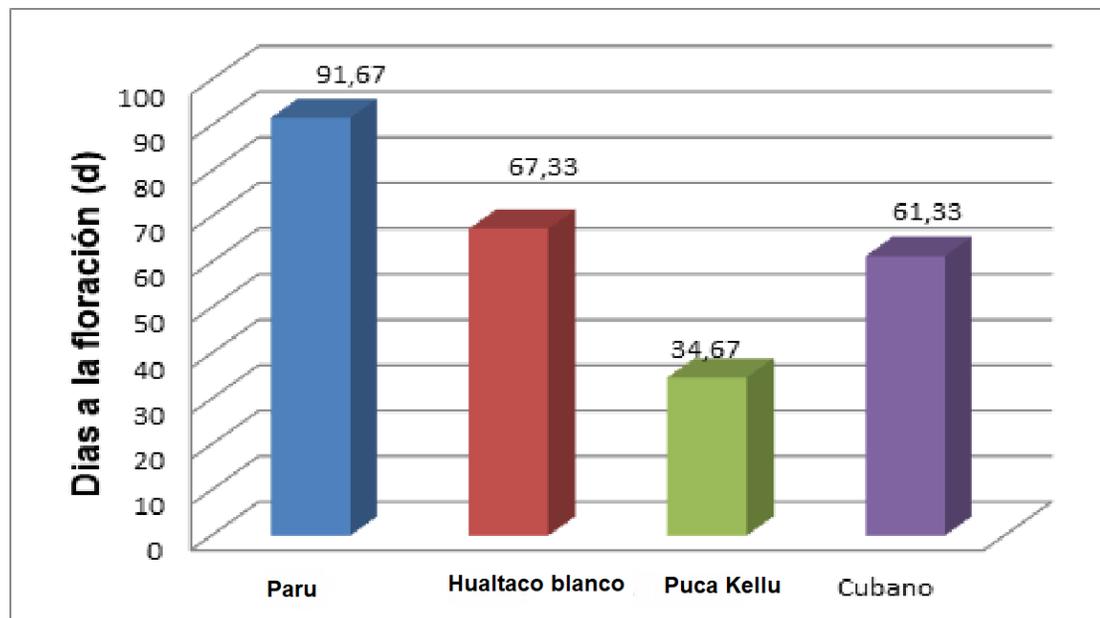


Figura 5. Comportamiento de las variedades en los días de floración

La figura 5. Nos muestra el comportamiento que tuvo las variedades de maíz con respecto a la variable de días de floración (d).

6.3. Diámetro de mazorca (cm)

Durante el ciclo del presente experimento se realizó la cosecha del cultivo de maíz. Para tal caso el análisis de varianza se observa en el cuadro 8, para la variable diámetro de mazorca en relación con el dato obtenido el día de la cosecha del cultivo.

Cuadro 8. Análisis de varianza del diámetro de la mazorca (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel Significancia
Bloques	0.02	2	0.01	1.42	0.3137	N.S.
Variedad	1	3	0.33	43.66	0.0002	**
Error	0.05	6	0.01			
Total	1.07	11				

** = Altamente significativo * = significativo NS = no significativo

CV = 1.83

El coeficiente de variabilidad nos indica 1.83 lo que significa que se tuvo un buen manejo de unidades experimentales.

Cuadro 9. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable diámetro de mazorca (cm)

Variedad	Diámetro (cm)	N	E.E.	Duncan
Cubano	5.21	3	0.05	A
Paru	4.85	3	0.05	B
Hualtaco	4.71	3	0.05	B
Kellu	4.41	3	0.05	C

Las variedades de maíz demuestran que el diámetro mazorca tiene una diferencia significativa, donde se forma tres grupos estadísticamente distintos, la variedad

Cubano tuvo una media mayor a las otras variedades con 5.21 cm de diámetro esto se da de esta forma ya que esta variedad ya está adaptada al medio a comparación de las variedades Paru y Hualtaco las que tuvieron una media menor ya que estas variedades aún no se encuentra adaptadas al ambiente y la variedad amarillo tuvo el menor diámetro con 4.41 cm eso significa que las condiciones fenotípicas tuvo influencia en el diámetro de la mazorca de las variedades que se comparó como indica en el cuadro 9.

El diámetro de la mazorca al igual que su longitud está determinado por factores genéticos y ambientales. Si los factores ambientales son adversos afectará el tamaño de la mazorca en formación, y por consiguiente se obtendrá menores diámetros de mazorca que al final repercute en bajos rendimientos (Saldaña, 1991).

El diámetro de la mazorca es uno de los componentes de mayor importancia en el rendimiento del maíz y está influenciado por las condiciones ambientales (clima y suelo), y disponibilidad de nutrientes (Berguer, 1985).

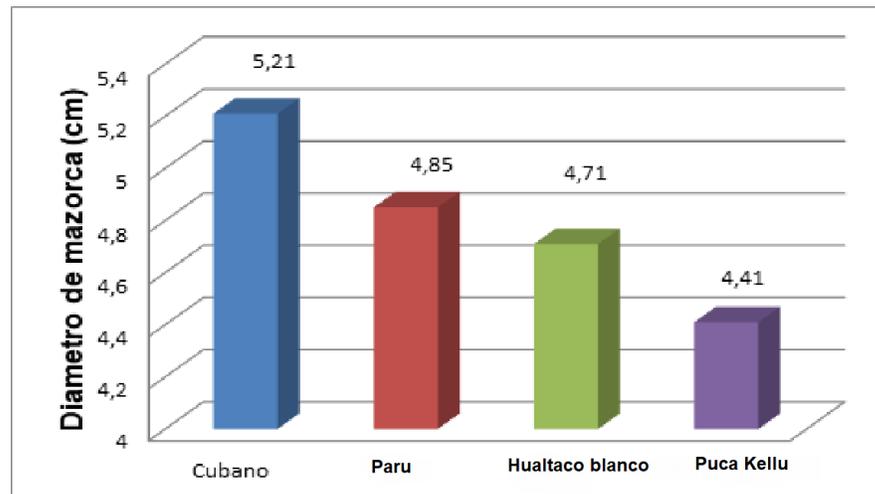


Figura 6. Comportamiento de las variedades en el diámetro de la mazorca

La figura 6. Nos muestra el comportamiento que tuvo las variedades de maíz con respecto a la variable de respuesta del diámetro de mazorca (cm).

6.4. Longitud de mazorca (cm)

En el análisis de variación dio diferencias altamente significativas en tamaño de mazorca entre las variedades de maíz y no así en los bloques como se demuestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis de varianza de longitud de la mazorca (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel Significancia
Bloques	0.17	2	0.08	0.06	0.9438	N.S.
Variedad	91.89	3	30.63	21.4	0.0013	**
Error	8.59	6	1.43			
Total	100.65	11				

** = Altamente significativo * = significativo NS = no significativo

CV = 9.39

El coeficiente de variabilidad nos indica 9.39 el cual es un parámetro para decir que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales

Cuadro 11. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable tamaño de mazorca (cm)

Variedad	Tamaño (cm)	n	E.E.	Duncan
Cubano	17.53	3	0.69	A
Paru	11.37	3	0.69	B
Hualtaco	11.19	3	0.69	B
Kellu	10.9	3	0.69	B

En el cuadro 11, se observa que hubo una diferencia de grupos estadísticamente distinto donde la variedad Cubano tiene una mayor longitud de mazorca con 17.53

cm a comparación de las variedades Paru, Hualtaco Blanco y Kellu que tuvieron menor longitud de la mazorca.

Esta diferencia está muy correlacionada al diámetro de la mazorca donde la variedad cubano tuvo un mejor diámetro de mazorca a diferencia de las otras variedades que tenían menor diámetro, lo que lleva determinar que los factores fenotípicos tuvieron influencia en el desarrollo de la longitud de la mazorca.

Rodriguez (1997), por tanto, se concluye que preliminarmente esta variable es de gran importancia ya que está correlacionada con el diámetro de la mazorca

Duarte (1996), quien indican que la altura de la inserción de la mazorca obtenidas por los híbridos está en dependencia directa de la altura de planta; y es el factor íntimamente relacionado con el crecimiento, ya que los cultivares con mazorcas ubicadas a la altura media de la planta, tendrán los mejores rendimientos.

Los híbridos evaluados pueden producir valores distintos según sea el lugar de producción, es decir, el ecosistema y las características edafoclimáticos pueden determinar el comportamiento distinto de cualquier cultivar (Espinoza, 2002).

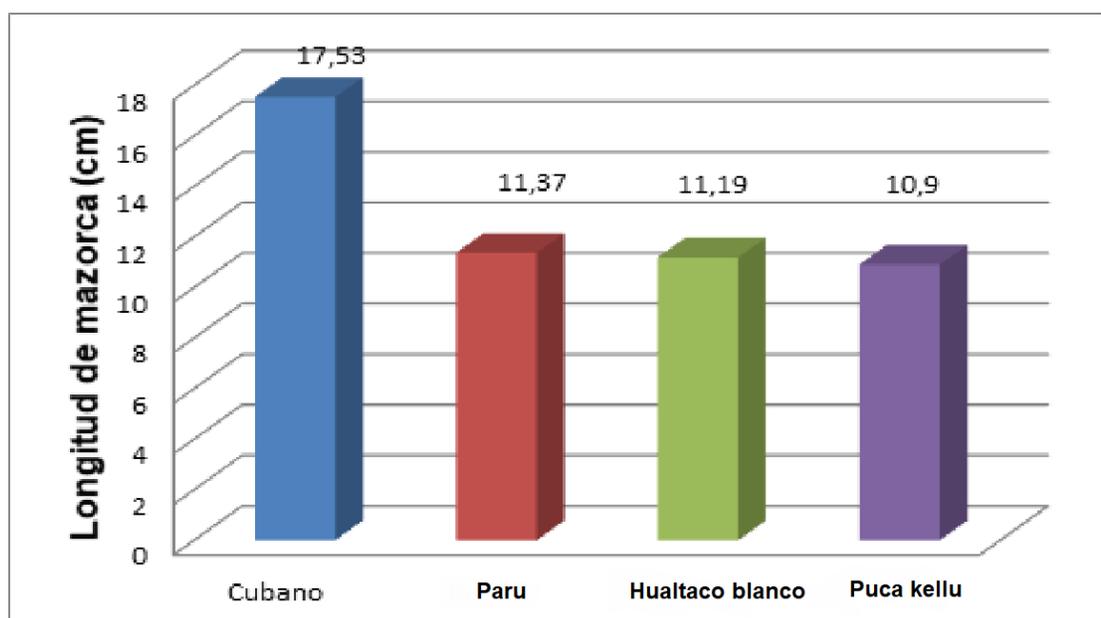


Figura 7. Comportamiento de las variedades en la longitud de la mazorca

La figura 7, nos demuestra el comportamiento de las variedades con respecto a la variable de longitud de la mazorca.

6.5. Número de hileras

Durante el ciclo del presente experimento se realizó la cosecha del cultivo de maíz. Para tal caso el análisis de varianza se observa en el cuadro 12, para la variable número de hileras en relación al dato obtenido el día de la cosecha del cultivo.

Cuadro 12. Análisis de varianza del número de hileras (u)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel Significancia
Bloques	0.19	2	0.09	32.51	0.8658	N.S.
Variedad	102.59	3	34.2	0.15	0.0001	**
Error	3.79	6	0.63	54.09		
Total	106.57	11				

** = Altamente significativo * = significativo NS = no significativo

CV = 7.44

El coeficiente de variabilidad nos indica 7.44 el cual es un parámetro para decir que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 13. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable número de hileras (u)

Variedad	Medias (u)	n	E.E.	Duncan
Cubano	16	3	0.46	A
Hualtaco	10	3	0.46	B
Kellu	9	3	0.46	B C
Paru	8	3	0.46	C

En el cuadro 13, se observa que hubo una diferencia de grupos estadísticamente distinto donde la variedad Cubano tiene mayor número de hileras 16 u a comparación de las variedades Hualtaco Blanco y Puca Kellu que tuvieron 10 y 9 hileras donde la que obtuvo 8 hileras fue la variedad Paru.

Las diferencias entre variedades en el número de hileras se ven reflejada por las condiciones genéticas de cada variedad la que la variedad cubano pudo expresar mejor sus rendimientos ya que esta variedad esta mejor adaptada a las condiciones climáticas del lugar en cambio las otras variedades como el Hualtaco blanco, Kellu y Paru son variedades recién introducidas las que no pudieron expresar su potencial genético.

Esta variable está relacionada con la longitud, diámetro de la mazorca y las variedades del cultivo, así mismo con una buena nutrición en el suelo, aumenta la masa relativa de la mazorca y por ende el número de hileras por mazorca (Pastora, 1996).

El mejoramiento genético de nuevas semillas de maíz para Valles Altos debe enfocarse a mayor tolerancia y plasticidad en respuesta favorable y adaptación a condiciones adversas de Valles Altos, como es escasa humedad en etapas del ciclo de cultivo y acompañar a estas variedades con el desarrollo de mejores prácticas integradas de manejo agronómico por sitio específico como nutrición vegetal con base a la fertilización y sanidad del cultivo para pretender acceder a elevar los rendimientos unitarios por hectárea (Zamudio, 2015)

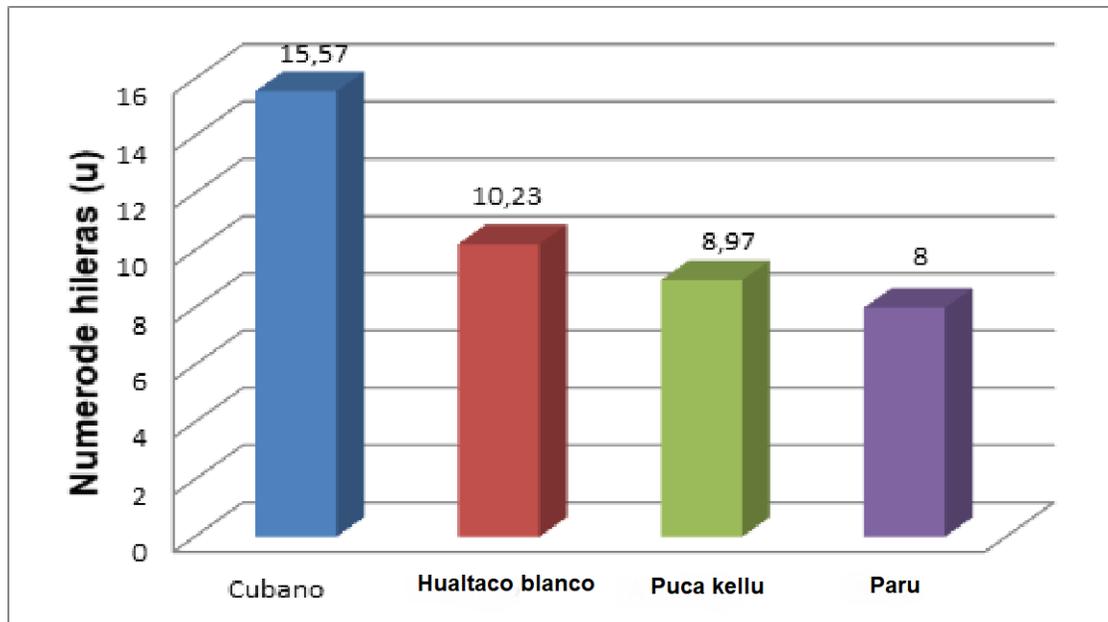


Figura 8. Comportamiento de las variedades en el número de hileras de la mazorca

La figura 8, nos demuestra el comportamiento de las variedades con respecto a la variable de número de hileras de la mazorca.

6.6. Número de granos por mazorca

Durante el ciclo del presente experimento se realizó la cosecha del cultivo de maíz. Para tal caso el análisis de varianza se observa en el cuadro 14, para la variable número de granos en relación al dato obtenido el día de la cosecha del cultivo.

Cuadro 14. Análisis de varianza del número de granos (u)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	Nivel Significancia
Bloques	276.17	2	138.09	0.1	0.9105	N.S.
Variedad	280848.71	3	93616.24	64.54	0.0001	**
Error	8703.57	6	1450.59			
Total	289828.45	11				

** = Altamente significativo * = significativo NS = no significativo

CV = 15.46

El coeficiente de variabilidad nos indica 15.46 el cual es un parámetro para decir que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 15. Comparación de medias para variedades, Duncan para la variable número de granos (u/M)

Variedad	Medias (u/M)	N	E.E.	Duncan
Cubano	510.6	3	21.99	A
Hualtaco	172.47	3	21.99	B
Kellu	161.23	3	21.99	B
Paru	141.07	3	21.99	B

En el cuadro 15, se observa que el análisis de comparación de medias de la prueba Duncan en el que se identificaron dos grupos estadísticamente diferenciados en el que la variedad cubano por ser una variedad ya adaptada a las condiciones climáticas de Apolo y las otras variedades como Hualtaco blanco, Kellu y Paru

tienen una media similar por lo que estas variedades no se adaptaron a las condiciones climáticas del lugar las que no dejaron expresar las características genotípicas de las variedades.

Según Virgen (1991), esta variable se ve afectada por un gran número de factores genéticos; además de ser influenciada por factores ambientales, demuestra la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta es su desarrollo vegetativo, al grano, en la etapa reproductiva.

Esta variable demuestra la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo al grano en la etapa reproductiva, su movilización contribuye al rendimiento de grano, que defiere con las variedades y las condiciones del medio ambiente (Lopez , 1991).

Reyes (1990), considera que las hojas superiores y las del medio son las principales contribuyentes de carbohidratos de la mazorca y llenado de grano, esta variable está fuertemente influenciada por el suministro de nitrógenos al suelo y está determinada por la longitud, numero de hileras por mazorca y numero de granos por hilera y el número y tamaño de los granos contribuyen en el rendimiento de grano.

En la investigación se dio las mismas condiciones a todos los tratamientos, lo cual la implementación de abonos fue similar en ese caso el nitrógeno tuvo la misma influencia en el número de granos por lo tal los caracteres genotípicos fueron influenciados por los factores ambientales.

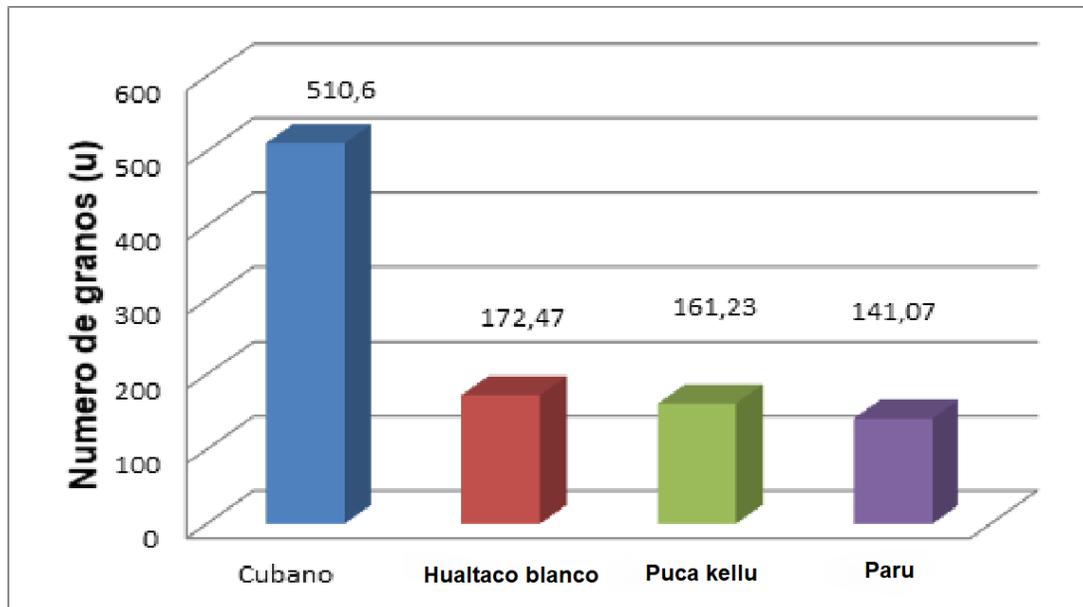


Figura 9. Comportamiento de las variedades en el número de granos de la mazorca

La figura 9, nos demuestra el comportamiento de las variedades con respecto a la variable de número de granos de la mazorca.

6.7. Peso de mazorca (g)

Durante el ciclo del presente experimento se realizó la cosecha del cultivo de maíz. Para tal caso el análisis de varianza se observa en el cuadro 16, para la variable peso de mazorca (g), con relación al dato obtenido el día de la cosecha del cultivo.

Cuadro 16. Análisis de varianza del peso de mazorca (g)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel Significancia
Bloques	3.13	2	1.57	0.01	0.9893	N.S.
Variedad	41264.63	3	13754.88	94.3	0.0001	**
Error	875.17	6	145.86			
Total	42142.93	11				

** = Altamente significativo * = significativo NS = no significativo
CV = 9.50

El coeficiente de variabilidad indica 9.50 el cual es un parámetro para decir que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

Cuadro 17. Comparación múltiple de medias Duncan del peso de mazorca

Variedad	Medias (g)	N	E.E.	Duncan
Cubano	228.39	3	6.97	A
Paru	100.06	3	6.97	B
Hualtaco	90.93	3	6.97	B
Kellu	88.95	3	6.97	B

En el cuadro 17, se observa que el análisis de comparación de medias de la prueba Duncan en el que se identificaron dos grupos estadísticamente diferenciados en el que la variedad cubano con un peso de mazorca de 228.39 g por ser una variedad ya adaptada a las condiciones climáticas de Apolo y las otras variedades como hualtaco blanco con 90.93 g, Kellu con 88.95 g y Paru con 100.06 g tienen

una media similar por lo que estas variedades no se adaptaron a las condiciones climáticas del lugar las que no dejaron expresar las características genotípicas de las variedades.

Se concluye que la variable peso de la mazorca, se ve influenciada por la longitud de mazorca ya que esta influye en el rendimiento de forma directa, sin embargo, existen otras variables que influyen en el peso de la mazorca, esta variable esta correlacionada con el diámetro de la mazorca (Rodriguez, 1997).

La interacción genotipo por ambiente fue significativa para mazorcas por planta (MPP), peso de 100 semillas (P100) y rendimiento (RTO). Interacción PUNTILLA 12MS1, ICA V305, TL2007A1807-23X24 y UDENAR ALBA resultaron ser los cultivares más adaptables. Los tres primeros evidenciaron una estabilidad específica para la Tangua, San Bernardo y Matituy (Lagos, 2015).

Para lograr una productividad optima del cultivo se necesita trabajar en condiciones ecológicas adecuadas para el crecimiento de las especies, disponer de semillas de alto potencial de rendimiento, preparar bien el suelo, establecer y mantener la densidad de población optima, disponer de la humedad adecuada en el suelo, proveer a las plantas los nutrientes que necesitan y protegerlas contra los daños que ocasionan las malezas, insectos y otras plagas que hacen disminuir el rendimiento (Cordon, 1993).

La estabilidad agronómica, al cual se pueden ajustar los resultados obtenidos en el presente trabajo, implica, que un genotipo es considerado estable si rinde relativamente bien respecto al potencial de los ambientes evaluados, mostrando una baja interacción con ambientes específicos.

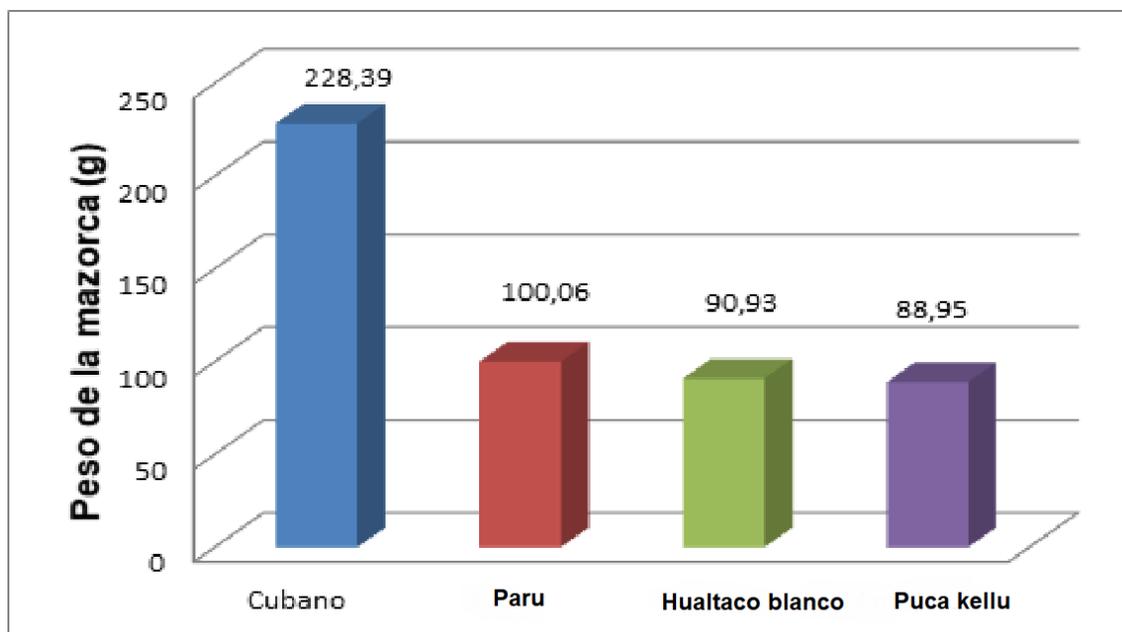


Figura 10. Comportamiento de las variedades en el peso de la mazorca

La figura 10, nos demuestra el comportamiento de las variedades con respecto a la variable del peso de la mazorca.

6.8. Variables económicas

En el cuadro 18, se observa los resultados de beneficio y costos por cada tratamiento estimados para una hectárea de producción.

Cuadro 18. Relación beneficio/costo (bs)

Tratamientos	T0	T1	T2	T3
Costos	4829	4829	4829	4829
Beneficio	8500	5600	7800	4800
B/C	1.8	1.2	1.6	1.0

Como se observa en el cuadro 18, el tratamiento con mayor beneficio/costo fue la variedad cubano que por cada boliviano invertido se gana 1.8 bolivianos y esto se da por su alto rendimiento en el número de granos y adaptación al lugar de estudio, el siguiente es la variedad Hualtaco Blanco con un beneficio/costo de 1.6 bs y es menor a comparación del otro ya que esta variedad tiene menor número de granos,

pero tiene mayor peso de grano lo que favorece en la relación de beneficio/costo. Las variedades Kellu y Paru obtuvieron un beneficio/costo bajo donde solo se recupera la inversión a comparación de las otras variedades y esto se debe a que estas variedades no se adaptaron a las condiciones del lugar por lo tanto no pudieron expresar su potencial genético como en otras regiones.

7. CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los resultados con su respectivo análisis estadístico, pruebas e interpretaciones se llegó a las siguientes conclusiones.

- Se concluye que la variedad Cubano tuvo un mejor comportamiento agronómico y productivo, dicha variedad se encuentra adaptada a la zona de estudio, logrando un diámetro de 5.21 cm, una altura de mazorca de 17.53 cm, con 16 hileras por mazorca las que fueron superiores a la otras variedades.
- La variedad cubano tuvo mayor rendimiento en el número de granos con 510 granos por mazorca y esto se da por que obtuvo mejor expresión en el comportamiento agronómico.
- En la relación beneficio/costo solo las variedades cubano con 1.8 Bs y blanco con 1.6 Bs obtuvieron una relación económica aceptable a comparación de las otras variedades 1.2 y 1.0 Bs que solo pudieron recuperar lo invertido.
- Se concluye que los aspectos climáticos de la época de primavera con un promedio de temperatura de 22° C no permitieron la expresión genotípica de las variedades Hualtaco blanco, Puca Kellu y Paru las cuales fueron afectadas en sus comportamientos agronómicos.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda producir la variedad de maíz cubano en la región de Apolo por muestra mayor adaptabilidad y rendimientos.
- Utilizar como otra alternativa la variedad de maíz hualtaco blanco ya que está en un buen proceso de adaptación a la región de Apolo el cual puede aportar a la producción de la zona.
- No se recomienda la producción de las variedades de maíz Puca Kellu y Paru ya que no se encuentra adaptadas a la región los que no obtendrán buenos rendimientos.
- Se recomienda buscar subespecies o variedades híbridas del maíz Puca Kellu que puedan adaptarse al municipio ya es una variedad de doble propósito de consumo con buen tamaño y peso en grano y en mazorca.
- Se recomienda seguir haciendo estudios con nuevas variedades para el desarrollo del municipio.
- Debido a la diversidad de microclimas en la región apoleña evaluar diferentes épocas de siembra y diferentes altitudes así también las tres variedades existentes, con el propósito de establecer nuevas variedades de maíz en el municipio de Apolo.
- Se deben realizar estudios agronómicos sobre densidades de siembra para las diferentes variedades de maíz en la zona de estudio y otras localidades.
- Finalmente buscar nuevas estrategias de investigación en el cultivo de maíz, como la asociación de fertilización a nivel del suelo con leguminosas (frijol, maní forrajero), plantas de esta familia están asociadas con rhizobium bacteria que se especializa en fijar nitrógeno atmosférico que puede ser aprovechada por las plantas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Acebey, P. (2005). Evaluación de híbridos y variedades comerciales de maíz en dos localidades del municipio de San Buenaventura. La Paz Bolivia: Universidad Mayor de San Andres.
- ANAPO. (2013). Asociacion de productores de oleaginosas y trigo. Santa Cruz Bolivia.
- Arteaga, Y. (2003). Diseños experimentales. La Paz Bolivia.
- Asturizaga, L. (2009). Fitopatologia vegetal. La Paz Bolivia.
- Avila. (2010). Centro de investigacion fitoecogeneticas Pairumani. Cochabamba Bolivia: Simon I Patiño.
- Avila, G. (2006). Maíz en Bolivia, Documento para la cooperación al desarrollo, Instituto Agronómico. Florencia Italia.
- Beccar, A. (2004). Análisis de sistemas agroforestales en la comunidad Santa Catalina del Municipio de Apolo . La Paz Bolivia: Universidad Mayor de San Andres.
- Berguer, J. (1985). Maiz. Su produccion y abonamiento. Habana Cuba: Cientifico tecnico.
- Bolaños, J. (1993). Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland maize. Toronto Canada.
- Brandolini, A. (1990). Maíz en Bolivia, Documento para la cooperación al desarrollo, Instituto Agronómico. Florencia Italia.
- CAO. (2010). Camara agropecuaria del oriente. Santa Cruz Bolivia.
- Carriquiry, A. (1998). Maiz aspectos sobre fenologia. Montevideo Uruguay.
- Chipana, R. (2003). Riegos y drenajes. La Paz Bolivia.
- CIPCA. (2012). Centro de investigacion y promocion agropecuaria. Bolivia.
- Cordon, E. (1993). Efectos de rotacion de cultivos y metodos de control de malezas y rendimiento en los cultivos del maiz. Nicaragua.
- Duarte, R. (1996). Efecto de arreglo topográficos (doble surco) sobre el maíz.
- Espinoza, A. (2002). Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Nicaragua.

- FAO. (2001). . Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación, Cumbre Mundial de Alimentación.
- FAO. (2006). Indicadores de Nutrición para el Desarrollo.
- FAO. (2020). Cuestiones relacionadas con la pobreza rural, el empleo y la Seguridad Alimentaria. Cumbre Mundial sobre el desarrollo. Bolivia.
- Gallardo, L. (2005). Produccion del maiz en altura. Quito ecuador.
- Hurtado, G. (2010). Relacion suelo y agua en la produccion agricola . Lima Peru.
- INE. (2008). Información Estadística. La Paz-Bolivia. La Paz Bolivia.
- Lagos, C. (2015). Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz amarillo *zea mays* L. en la region andina del departamento de Nariño. Nariño Colombia.
- Laura, F. (2013). Análisis socio - económico del sistema de producción del cultivo de maíz (*Zea mays*) en cuatro comunidades de cabecera de valle en el municipio Mocomoco provincia Camacho. La Paz Bolivia: Universidad Mayor de San Andres.
- Lopez, I. (1991). Cultivos herbáceos. Vol. 1 Cereales. Madrid España.
- Manrique, A. (1988). El maíz en el Perú. Fondo de promoción de la cultura agraria. Peru.
- Mendieta, M. (2009). Cultivo y Produccion de maiz. Ripalme.
- MIFIC. (2007). El ministerio de fomento, industria y comercio. Nicaragua.
- Ortigoza, J. (2019). Guia tecnica del cultivo de maiz. San Lorenzo Paraguay.
- Parsons, F. (1992). Caracteristicas y produccion del maiz. Ciudad de Mexico.
- Pastora, R. (1996). Evaluación de arreglos de siembra de Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.),. Managua Nicaragua.
- Porco, F. (2008). Plagas y enfermedades . La Paz Bolivia.
- Reyes, C. (1990). El maiz y su cultivo. Mexico D.F.
- Reyes, F. (1986). Evaluación de extracción de nutrientes del suelo de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays*). Mexico.
- Robles, M. (1990). cultivos del maiz en Colombia. Bogota Colombia.

- Rodriguez, L. (1997). Evaluacion de cuatro tipo de biofertilizante sobre crecimiento y desarrollo y rendimiento en el cultivo del maiz . Managua Nicaragua: Universidad Nacional Agraria .
- Rodriguez, L. (1997). Evaluacion de cuatro tipo de biofertilizantes sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de maiz. Managua Nicaragua: Universidad Nacional Agraria .
- Ruiz, T. (2010). Entomologia vegetal. La Paz Bolivia.
- Saldaña, F. (1991). Efecto de rotacion y control de malezas sobre el maiz. Managua Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Schweizer, S. (2011). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en tecnologia agropecuaria. San Jose Costa Rica.
- SENAMHI. (2018). Servicio nacional de metereologia e hidrologia. La Paz Bolivia.
- Silvestre, E. (2015). Cultivo del maiz . Arequipa Peru.
- SINAGAP. (2013). Sistema de informacion nacional agropecuario. Quito Ecuador .
- USDA. (2014). Departamento de agricultura norteamericano. Estados Unidos.
- Viarural. (2011). Manejo y conservacion de fuentes hidricas. Puno Peru.
- Virgen, V. (1991). Caracteristicas geneticas de maiz y sus utilidades en el mantenimiento varietal. Montecillo Mexico.
- Weber, D. (1990). Manejo y reproduccion del maiz. Mexico.
- Yapu, V. (2001). Caracterización del sub-sistema socioeconómico en los sistemas de producción agrícola, en la comunidad Juan Agua del Municipio de Apolo (La Paz). La Paz Bolivia: Universidad Mayor de San Andres.
- Yzarra, W. (2010). Evaluacion del efecto del clima en la produccion y productividad del maiz amarillo duro en la costa central del Peru. Lima Peru.
- Zamudio, B. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. Mexico.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías



Fotografía 1. Ubicación del terreno



Fotografía 2. Preparación del suelo



Fotografía 3. Quema de todas las malezas



Fotografía 4. Delimitación de las unidades experimentales



Fotografía 5. Etapa de crecimiento del maíz



Fotografía 6. Cosecha del maíz



Fotografía 7. Toma de datos de las mazorcas



Fotografía 8. Variedad Puca Kellu



Fotografía 9. Variedad Hualtaco blanco



Fotografía 10. Variedad Paru



Fotografía 11. Variedad Cubano amarillo

Anexo 2. Temperaturas (°C)

2015	23.7	23.6	23.2	22.7	22.2	21.6	20.5	23.4	24.8	23.6	24.8	23.6	23.1
2016	22.6	22.7	24.5	22.6	21.7	19.8	21.0	22.1	25.2	24.6	24.1	24.7	23.0
2017	23.7	24.4	25.0	22.5	23.2	21.3	20.4	23.5	25.1	25.7	23.4	24.8	23.6
2018	23.8	24.9	****	23.1	22.3	22.4	22.4	23.2	24.4	24.8	24.1	24.4	****

Temperatura máxima °C

2015	16.8	16.9	17.0	16.3	15.8	15.4	14.2	14.5	15.1	15.7	16.8	17.0	16.0
2016	16.7	16.9	17.0	16.3	15.2	13.9	14.3	14.2	16.0	16.0	15.9	16.7	15.8
2017	16.8	17.3	16.8	16.4	16.2	14.8	13.7	14.9	16.2	17.2	16.4	17.4	16.2
2018	17.5	17.2	17.5	16.8	15.8	14.3	14.9	15.4	16.2	17.0	16.5	17.3	16.4

Temperatura mínima °C

2015	20.3	20.2	20.1	19.5	19.0	18.5	17.4	18.9	20.0	19.6	20.8	20.3	19.6
2016	19.7	19.8	20.8	19.5	18.5	16.9	17.6	18.1	20.6	20.3	20.0	20.7	19.4
2017	20.2	20.8	20.9	19.4	19.7	18.0	17.0	19.2	20.6	21.4	19.9	21.1	19.8
2018	20.6	21.1	****	20.0	19.0	18.3	18.7	19.2	20.3	20.9	20.3	20.8	****

Temperatura media °C

Anexo 3. Costos de producción de maíz para una hectárea (Bs)

Actividad	Unidad de medida	Unidad de medida	Valor unitario (Bs)	Costo Total
Insumos				
Semilla	2	q	100	200
Abonos	4	q	200	800
Plaguicidas	5	lt	10	50
Maquinaria				
Tractor	3	Hora-tractor	180	540
Mano de obra				
Preparación	3	Jornales	100	300
Siembra	1	Jornales	100	100
Abonamiento	1	Jornales	100	100
Labores culturales	12	Jornales	100	1200
Cosecha	11	Jornales	100	1100
SubTotal				4390
Imprevistos del 10 %				439
Total 1000 m2				4829
Total, para hectárea				48290

Análisis de costos de producción

Anexo 4. Análisis de suelo (°S)

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S69/17

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO EN SUELO S69/17

Cliete: AGRONOMIA - UMSA
Solicitante: Sr. David Waldo Oliver Reynolds
Dirección del cliete: Landaeta
Procedencia de la muestra: Apolo
Provincia; Franz Tamayo
Departamento: La Paz
Lugar de siembra
Punto de muestreo: Sr. David Waldo Oliver Reynolds
Responsable del muestreo: Sr. David Waldo Oliver Reynolds
Fecha de muestreo: 16 de septiembre de 2017
Hora de muestreo: 16:00
Fecha de recepción de la muestra: 09 de octubre de 2017
Fecha de ejecución del ensayo: Del 9 al 23 de octubre de 2017
Caracterización de la muestra: Suelo
Tipo de muestra: Simple
Envase: Bolsa nylon
Código LCA: 69-1
Código original de muestra: D.W.O.R.

Resultado de Análisis

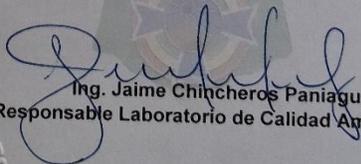
Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	D.W.O.R. 69-1
Fósforo disponible (P)	ISRIC 14-3	P /mg*kg-1	1,5	65
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,0014	0,88
Carbón orgánico	ISRIC 5	%	0,060	4,8
Materia orgánica	ISRIC 5	%	0,10	8,2
Carbonatos	ISRIC 13-61	Cualitativo	-	Ausente

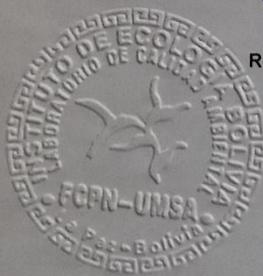
Análisis de Suelos y Plantas tropicales (ASTP)

EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La Paz, Octubre 23 de 2017


Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
JChlca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Anexos 5. Imágenes de referencia

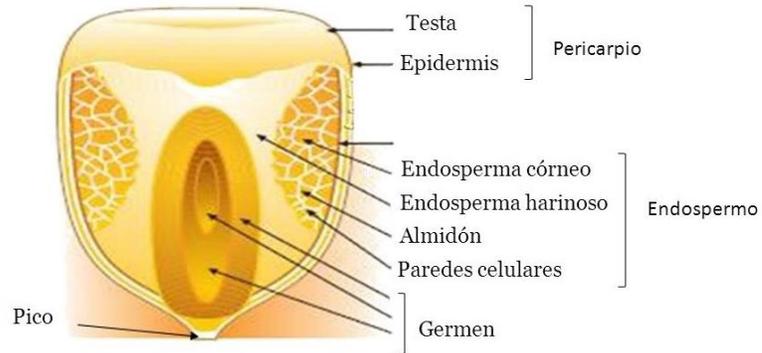


Imagen 1. Estructura del grano de maíz.

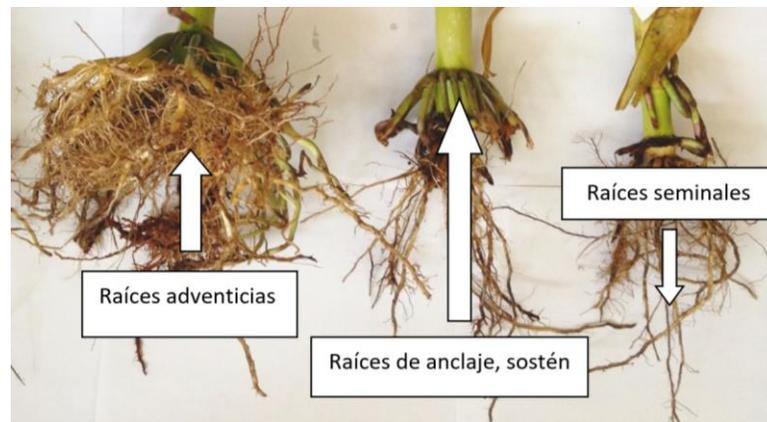


Imagen 2. Estructura de la raíz del maíz.

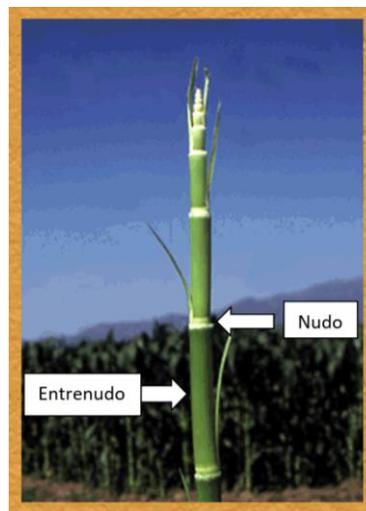


Imagen 3. Estructura externa del tallo del maíz.

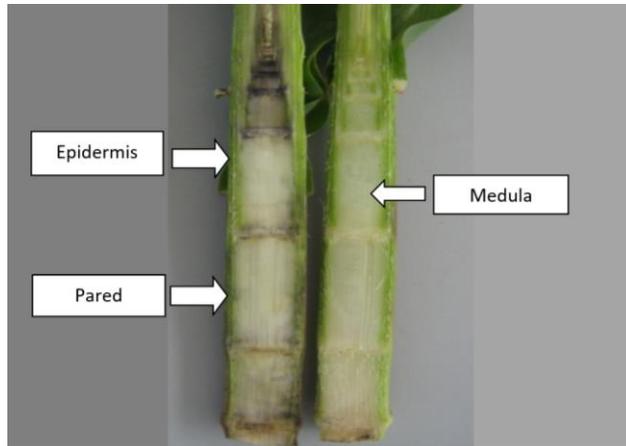


Imagen 4. Estructura interna del tallo del maíz.

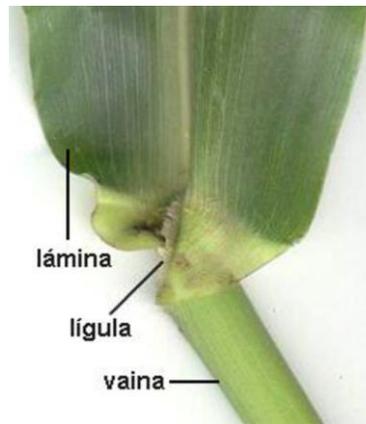


Imagen 5. Estructura de la hoja del maíz.



Imagen 6. Flor femenina y masculina del maíz.



Imagen 7. Frutos del maíz.



Imagen 8. Germinación.



Imagen 9. Desarrollo de las hojas.



Imagen 10. Crecimiento longitudinal del tallo principal.



Imagen 11. Aparición del órgano floral.



Imagen 12. Formación del fruto.



Imagen 13. Maduración de frutos y semillas.



Imagen 14. Senescencia.



Imagen 15. Trips



Imagen 16. Gusano cogollero



Imagen 17. Gusano barredor.



Imagen 18. Chapulines.



Imagen 19. Gusano alambre.



Imagen 20. Carbón de espiga



Imagen 21. Pudrición de raíz



Imagen 22. Pudrición del tallo.



Imagen 23. Roya foliar

Anexos 6. Datos obtenidos en el ensayo

NOMBRE	UNIDAD EXP.	PLANTA	ALTURA/m	DIAMETRO DE MAZORCA/cm	NUMERO DE MAZORCA	TAMAÑO/cm	PESO DE MAZORCA/gr	GRANOS/m	HILERAS
CUBANO	T0R1	1	2.00	5.2	1	19.6	266	624	16
CUBANO	T0R1	2	2.86	5.3	1	16.1	261.8	624	16
CUBANO	T0R1	3	2.24	5.7	1	17.9	275.4	544	16
CUBANO	T0R1	4	2.45	4.6	1	20.5	222.9	444	11
CUBANO	T0R1	5	2.86	5.3	1	18.6	265.0	576	16
CUBANO	T0R1	6	2.49	5.3	1	16.7	225.8	448	16
CUBANO	T0R1	7	2.53	5.1	1	15.2	185.0	420	14
CUBANO	T0R1	8	2.58	4.6	1	18.7	176.2	392	14
CUBANO	T0R1	9	2.59	5.6	1	19.3	233.9	476	14
CUBANO	T0R1	10	2.21	4.6	1	16.8	196.2	406	14
HUALTACO	T2R2	1	2.84	4.5	1	13.0	92.6	176	8
HUALTACO	T2R2	2	2.50	5.2	1	12.6	119.9	176	8
HUALTACO	T2R2	3	2.32	6.3	1	17.5	224.4	312	12
HUALTACO	T2R2	4	2.80	4.3	1	10.6	66.7	104	8
HUALTACO	T2R2	5	2.58	4.3	1	16.6	75.4	252	14
HUALTACO	T2R2	6	2.46	4.4	1	11.2	72.9	136	8
HUALTACO	T2R2	7	2.40	4.9	1	11.0	101.0	112	8
HUALTACO	T2R2	8	1.70	4.4	1	8.2	59.0	100	10
HUALTACO	T2R2	9	2.98	4.6	1	9.9	76.3	88	8
HUALTACO	T2R2	10	2.00	4.4	1	8.5	53.0	110	11
PUCA KELLU	T1R3	1	1.70	4.2	1	10.7	91.1	104	8
PUCA KELLU	T1R3	2	2.39	4.8	1	12.5	81.2	160	8
PUCA KELLU	T1R3	3	2.65	4.5	1	15.4	112.2	208	8
PUCA KELLU	T1R3	4	3.20	4.7	1	11.7	106.9	210	10
PUCA KELLU	T1R3	5	2.00	5.0	1	8.5	81.7	150	10
PUCA KELLU	T1R3	6	1.95	4.1	1	11.6	90.1	128	8
PUCA KELLU	T1R3	7	3.15	4.8	1	11.5	105.1	153	9
PUCA KELLU	T1R3	8	2.54	4.7	1	11.1	102.2	140	10

PUCA KELLU	T1R3	9	2.53	4.3	1	13.0	100.3	192	8
PUCA KELLU	T1R3	10	2.44	4.1	1	12.2	79.5	120	8
PUCA KELLU	T1R1	1	2.66	5.0	1	13.1	117.2	270	10
PUCA KELLU	T1R1	2	2.45	4.4	1	10.1	97.8	220	10
PUCA KELLU	T1R1	3	2.31	4.3	1	12.3	107.9	200	10
PUCA KELLU	T1R1	4	2.53	4.7	1	10.6	87.4	200	10
PUCA KELLU	T1R1	5	2.54	4.5	1	11.0	102.2	150	10
PUCA KELLU	T1R1	6	1.97	4.0	1	10.5	80.6	150	10
PUCA KELLU	T1R1	7	2.07	4.6	1	10.0	87.2	160	10
PUCA KELLU	T1R1	8	2.64	4.1	1	12.2	85.5	190	10
PUCA KELLU	T1R1	9	1.99	4.0	1	12.5	106.4	230	10
PUCA KELLU	T1R1	10	2.21	4.6	1	13.2	114.6	240	10
PARU	T3R2	1	2.47	4.9	1	13.3	115.2	144	8
PARU	T3R2	2	2.13	5.4	1	14.2	145.7	208	8
PARU	T3R2	3	2.05	4.1	1	10.2	60.1	104	8
PARU	T3R2	4	1.80	4.7	1	11.4	93.2	176	8
PARU	T3R2	5	1.92	4.8	1	13.2	130.9	152	8
PARU	T3R2	6	1.89	4.8	1	11.5	104.3	160	8
PARU	T3R2	7	1.90	5.2	1	13.9	175.1	136	8
PARU	T3R2	8	1.96	5.2	1	12.3	108.6	160	8
PARU	T3R2	9	2.01	4.8	1	10.8	86.8	144	8
PARU	T3R2	10	2.00	4.2	1	10.6	62.4	112	8
CUBANO	T0R3	1	2.46	5.9	1	16.7	279.7	416	16
CUBANO	T0R3	2	2.58	5.4	1	19.5	291.9	680	20
CUBANO	T0R3	3	2.79	4.9	1	15.1	175.6	350	14
CUBANO	T0R3	4	2.65	4.8	1	17.0	147.5	312	12
CUBANO	T0R3	5	2.63	4.9	1	16.8	207.5	560	16
CUBANO	T0R3	6	2.51	5.2	1	15.5	179.2	496	16
CUBANO	T0R3	7	2.64	5.2	1	17.5	208.3	448	14
CUBANO	T0R3	8	2.14	5.0	1	14.5	192.5	450	18
CUBANO	T0R3	9	2.03	5.3	1	15.5	235.5	378	14
CUBANO	T0R3	10	2.10	5.5	1	19.6	282.0	592	16

HUALTACO	T2R1	1	1.78	4.0	1	8.5	47.6	144	12
HUALTACO	T2R1	2	1.59	5.5	1	12.3	117.9	176	8
HUALTACO	T2R1	3	1.69	4.2	1	8.6	56.8	112	8
HUALTACO	T2R1	4	1.96	4.2	1	10.7	57.6	200	10
HUALTACO	T2R1	5	1.45	4.6	1	11.2	106.2	240	12
HUALTACO	T2R1	6	1.95	5.3	1	13.6	153.6	200	10
HUALTACO	T2R1	7	1.58	4.6	1	9.2	64.5	180	12
HUALTACO	T2R1	8	1.77	4.3	1	5.8	39.7	100	10
HUALTACO	T2R1	9	1.73	4.0	1	8.7	49.3	168	12
HUALTACO	T2R1	10	1.88	5.2	1	8.7	86.1	168	12
CUBANO	T0R2	1	2.03	4.9	1	16.5	163.2	400	16
CUBANO	T0R2	2	2.30	5.2	1	17.2	178.9	592	16
CUBANO	T0R2	3	2.12	6.8	1	17.5	360.9	720	20
CUBANO	T0R2	4	2.49	5.7	1	16.5	256.3	594	16
CUBANO	T0R2	5	2.56	4.9	1	18.0	226.0	592	16
CUBANO	T0R2	6	2.00	5.3	1	19.8	240.9	592	16
CUBANO	T0R2	7	2.68	4.8	1	19.4	226.9	624	16
CUBANO	T0R2	8	2.75	5.7	1	17.4	303.9	560	16
CUBANO	T0R2	9	2.90	4.8	1	17.9	193.8	560	16
CUBANO	T0R2	10	2.52	4.8	1	18.6	193.1	448	16
PARU	T3R3	1	2.00	5.4	1	11.6	122.2	176	8
PARU	T3R3	2	1.97	5.4	1	11.6	108.5	168	8
PARU	T3R3	3	2.13	4.8	1	13.9	99.4	176	8
PARU	T3R3	4	2.19	5.4	1	11.3	106.2	144	8
PARU	T3R3	5	2.08	4.8	1	8.8	83.5	104	8
PARU	T3R3	6	2.41	4.9	1	14.3	133.3	176	8
PARU	T3R3	7	2.02	4.4	1	9.4	72.8	144	8
PARU	T3R3	8	2.00	4.7	1	11.1	84.0	144	8
PARU	T3R3	9	1.95	4.4	1	8.4	67.2	88	8
PARU	T3R3	10	1.79	4.6	1	8.2	62.1	96	8
PARU	T3R1	1	1.96	5.5	1	11.4	127.4	144	8
PARU	T3R1	2	1.79	5.1	1	8.7	73.8	88	8
PARU	T3R1	3	2.03	5.3	1	13.6	103.7	168	8

PARU	T3R1	4	2.04	4.8	1	11.5	104.3	160	8
PARU	T3R1	5	1.78	5.2	1	13.9	175.1	136	8
PARU	T3R1	6	1.68	4.2	1	10.6	62.4	112	8
PARU	T3R1	7	1.97	5.4	1	11.6	122.2	176	8
PARU	T3R1	8	1.59	4.1	1	10.2	60.1	104	8
PARU	T3R1	9	1.68	4.7	1	11.1	84.0	144	8
PARU	T3R1	10	1.89	4.4	1	8.4	67.2	88	8
PUCA KELLU	T1R2	1	2.31	3.9	1	10.2	67.4	144	8
PUCA KELLU	T1R2	2	2.41	4.9	1	11.6	114.4	190	10
PUCA KELLU	T1R2	3	2.12	4.3	1	10.1	84.6	144	8
PUCA KELLU	T1R2	4	2.15	4.4	1	8.4	70	112	8
PUCA KELLU	T1R2	5	2.64	4.7	1	9.0	96.7	112	8
PUCA KELLU	T1R2	6	2.10	4.4	1	7.8	60.6	88	8
PUCA KELLU	T1R2	7	2.08	3.8	1	9.2	55.3	152	8
PUCA KELLU	T1R2	8	1.89	4.1	1	9.5	55.3	112	8
PUCA KELLU	T1R2	9	1.94	4.1	1	9.0	63.0	112	8
PUCA KELLU	T1R2	10	2.06	4.2	1	8.4	64.2	96	8
HUALTACO	T2R3	1	1.68	4.6	1	11.2	106.2	240	12
HUALTACO	T2R3	2	1.94	5.3	1	13.6	153.6	200	10
HUALTACO	T2R3	3	1.48	4.6	1	9.2	64.5	180	12
HUALTACO	T2R3	4	1.56	4.5	1	13.0	92.6	176	8
HUALTACO	T2R3	5	1.71	5.2	1	12.6	119.9	176	8
HUALTACO	T2R3	6	1.78	6.3	1	17.5	224.4	312	12
HUALTACO	T2R3	7	1.84	4.3	1	10.6	66.7	104	8
HUALTACO	T2R3	8	1.96	4.3	1	16.6	75.4	252	14
HUALTACO	T2R3	9	2.01	4.6	1	9.2	64.5	180	12
HUALTACO	T2R3	10	1.99	4.3	1	5.8	39.7	100	10

MUESTRAS EN GRANO	PUCA KELLU / gr	HUALTACO / gr	PARU / gr	CUBANO / gr
M1	0.8	0.8	0.6	0.4
M2	0.7	0.9	0.7	0.3
M3	0.8	0.6	0.8	0.4
M4	0.5	1.0	0.8	0.3
M5	0.5	0.8	1.0	0.4
M6	1.0	0.8	0.6	0.4
M7	1.0	0.8	1.0	0.3
M8	0.6	0.8	0.8	0.4
M9	0.3	0.9	0.7	0.3
M10	0.8	1.0	0.7	0.4
M11	0.9	1.1	0.8	0.4
M12	0.6	1.0	0.8	0.3
M13	0.8	0.7	0.7	0.4
M14	0.7	0.8	0.9	0.3
M15	0.6	0.8	0.8	0.3
M16	0.6	0.9	0.9	0.4
M17	0.9	0.7	1.0	0.3
M18	0.8	0.8	0.7	0.4
M19	0.7	0.8	0.8	0.3
M20	0.6	0.7	1.1	0.4