

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERIA

Subsede villa corzo

**Comportamiento fisio-agronómico de maíces locales
“Tuxpeño” colectado en dos ambientes agroecológicos
de la Frailesca, Chiapas**

Tesis profesional

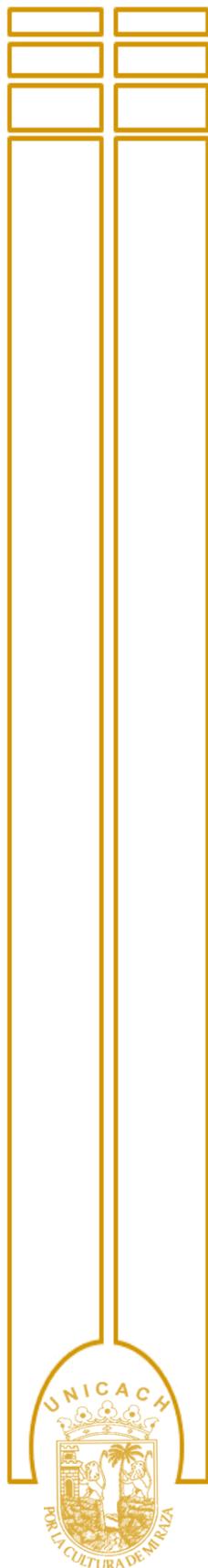
**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

Presentan

Fredy Emanuel Pérez Interiano

Guillermo Dichi Simuta

Villa Corzo, Chiapas. Mayo 2019.





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERIA

Subsede Villa Corzo

**COMPORTAMIENTO FISIO-AGRONÓMICO DE
MAÍCES LOCALES "TUXPEÑO" COLECTADO EN
DOS AMBIENTES AGROECOLÓGICOS DE LA
FRAILESCA, CHIAPAS**

Tesis profesional

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

PRESENTAN

Fredy Emanuel Pérez Interiano

Guillermo Dichi Simuta

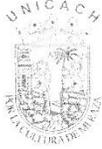
DIRECTOR

MC. Manuel Antonio Hernández Ramos

CODIRECTOR

DR. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi

Villa Corzo, Chiapas. Mayo 2019.



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Villacorzo, Chiapas
16 de Mayo de 2019

C. Guillermo Dichi Simuta

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniero Agroforestal

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Comportamiento fisio-agronómico de maíces locales "Tuxpeño" colectados en dos ambientes agroecológicos de la Frailesca, Chiapas

En la modalidad Tesis Profesional
de:

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas:

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi

Dr. Miguel Angel Salas Marina

Mtro. Manuel Antonio Hernández Ramos



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Villacorzo, Chiapas
16 de Mayo de 2019

C. Fredy Emanuel Pérez Interiano

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniero Agroforestal

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Comportamiento fisio-agronómico de maíces locales "Tuxpeño" colectados en dos ambientes agroecológicos de la Frailesca, Chiapas

En la modalidad Tesis Profesional
de:

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas:

Dr. Luis Alfredo Rodríguez Larramendi

Dr. Miguel Angel Salas Marina

Mtro. Manuel Antonio Hernández Ramos

Ccp. Expediente

**Comportamiento fisio-agronómico de maíces locales
“Tuxpeño” colectado en dos ambientes agroecológicos
de la Frailesca, Chiapas**

Al proyecto Caracterización Socioagronómica de maíces locales con potencial de uso múltiple en la Frailesca, Chiapas. Dicho proyecto es financiado por la Secretaría de Educación Pública y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con clave SEP-CONACYT 000000000258464, cuya vigencia es Agosto 2016-Diciembre 2019 y se encuentra bajo la dirección del Dr. Francisco Guevara Hernández.

DEDICATORIA

A mis padres Sr. Bulmaro Pérez Díaz y Sra. Eloísa Interiano Joce por corregirme y apoyarme en cada momento de mi vida, inculcándome los valores de la humildad y sencillez de portar siempre en el corazón.

A mi segunda madre Lic. Consuelo Pérez Díaz por las inmensas atenciones que me ha brindado llenas de amor y confianza.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, dándome las fuerzas e inteligencia para alcanzar esta meta.

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por haberme formado profesionalmente durante estos años de mi carrera.

Al MC. Manuel Antonio Hernández Ramos y MC. Lissy Rosaba Layan por sus tantos ánimos, compartiéndome de sus excelentes conocimientos para mi formación.

Al personal de RED AC y de MasAgro-CIMMYT, así como productores, estudiantes y investigadores con quienes se ha trabajado y colaborado a través de este trabajo de investigación.

A mi mejor amigo Gustavo Amílcar Serrano Borrego por formar parte de mi vida

Fredy Emanuel Pérez Interiano

DEDICATORIA

A Dios por darme la gran oportunidad de vivir y ver la luz del día

A mis padres por su gran apoyo incondicional en el afán de apoyarme a terminar mis estudios y siempre que lo he necesitado en mi trayectoria de la vida

A mi hermano por apoyarme en todo momento de una u otra manera en los años de mi estudio

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

A mis maestros por el apoyo que me brindaron durante el ciclo escolar

Al MC. Manuel Antonio Hernández Ramos por su apoyo constante en la elaboración de ésta tesis, sus consejos y enseñanzas.

Al personal de RED AC y de MasAgro-CIMMYT, así como productores, estudiantes y investigadores con quienes se ha trabajado y colaborado a través de este trabajo de investigación.

A mis familiares cercanos

A mis amigos por su honestidad

Guillermo Dichi Simuta

| ÍNDICE | PÁGINA |
|--|---------------|
| Resumen..... | 3 |
| I.Comportamiento fisio-agronómico de maíces locales “tuxpeño” colectado en dos ambientes agroecológicos de la frailesca, Chiapas..... | 4 |
| II. Introducción..... | 4 |
| III. Objetivo..... | 6 |
| 3.1 Objetivo general..... | 6 |
| 3.2 Objetivos específicos..... | 6 |
| IV. Marco teórico..... | 7 |
| 4.1 Antecedentes del maíz Tuxpeño..... | 7 |
| 4.2 Características fisiológicas del maíz..... | 9 |
| 4.3 Crecimiento y desarrollo del maíz..... | 13 |
| 4.4 Respuesta adaptativa del maíz..... | 13 |
| 4.4.1 Plasticidad..... | 14 |
| 4.5 Estrés a la temperatura..... | 15 |
| 4.6. Uso y selección del maíz..... | 16 |
| V. Materiales y métodos | 18 |
| 5.1 Localización del área de estudio..... | 18 |
| 5.1.1 Características del área de estudio..... | 18 |
| 5.2 Diseño del muestreo..... | 19 |
| 5.2.1 Selección del material genético..... | 19 |
| 5.3 Identificación de variables y diseño experimental..... | 20 |
| 5.3.1Diseño experimental..... | 20 |

| | |
|---|----|
| 5.3.2 Variables a evaluar..... | 21 |
| 5.4 Características de la mazorca..... | 23 |
| 5.5 Análisis estadístico..... | 24 |
| VI. Resultados..... | 24 |
| 6.1 Fenología..... | 24 |
| 6.2 Comportamiento morfológico..... | 26 |
| 6.2.1 Biomasa de la planta..... | 26 |
| 6.2.2 Biomasa de la raíz..... | 31 |
| 6.2.3 Biomasa de la mazorca..... | 33 |
| 6.3 Características de la mazorca | 35 |
| 6.4 Contenido relativo de agua (CRA)..... | 37 |
| VII. Conclusiones..... | 39 |
| 7.1 Recomendaciones y propuestas | 40 |
| VIII. Revisión bibliográfica..... | 41 |
| IX. Anexos..... | 48 |

Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, principalmente por su potencial productivo, alimentario, comercial y cultural (SIAP 2007). Actualmente se conoce una diversidad de maíces adaptados a diferentes condiciones locales donde se cultivan y que se reflejan tanto en sus aspectos morfológicos como fisiológicos (Sánchez, 2011). Sin embargo, aún existe un vacío en la información conforme al comportamiento fisiológico y agronómico que presentan aquellos “maíz locales” que han sido seleccionados por parte de los agricultores. En el presente trabajo se evaluó el comportamiento fisiológico y agronómico de maíces locales de la raza Tuxpeño. Se utilizó material genético de tres variedades de maíces de la raza Tuxpeño, que se obtuvieron de dos ambientes diferentes (± 500 msnm y ± 1000 msnm), y de testigo se utilizaron dos germoplasmas diferentes a la raza Tuxpeño; que fueran característicos y adaptados en cada uno de los ambientes agroecológicos. La selección del germoplasma de la raza Tuxpeño fueron los maíces: Precoz y Morales; y los testigos los maíces Olotillo y Señorita. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza a través de la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Las características agronómicas de AM y NHPM permitieron diferenciar los maíces de la raza tuxpeños de los testigos, poniendo en evidencia la relación genética de los cultivares Precoz y Morales colectados a 500 y 1000 msnm. Sin embargo, las características AP, DM, LM, DFF y DFM fueron determinantes de las similitudes entre maíces Precoz y Morales cultivados en un mismo ambiente, siendo estos indicadores de la selección constante de los maíces locales.

I. Comportamiento fisio-agronómico de maíces locales “Tuxpeño” colectado en dos ambientes agroecológicos de la Frailesca, Chiapas

II. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, principalmente por su potencial productivo, alimentario, comercial y cultural (SIAP 2007); y es la principal fuente alimenticia para los pueblos del territorio mexicano.

Desde su domesticación, hace aproximadamente nueve mil años, este cultivo ha interactuado con diversas culturas y condiciones ambientales (Aguilar *et al.*, 2003); principalmente en la región de Mesoamérica, donde se originó y diversificó permitiendo una variabilidad genética adaptada a diversos sistemas agroecológicos (Asturias 2004).

Actualmente se conoce una diversidad de maíces que están adaptados a las condiciones locales donde se cultivan, que se ven reflejados tanto en aspectos morfológicos como fisiológicos (Sánchez, 2011). Diferentes factores ambientales pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la planta como bien puede ser la temperatura, radiación solar, precipitación, humedad, entre otros (Azcón *et al.*, 2000). Investigaciones han demostrado la variabilidad que presenta el maíz al exponerse en diferentes ambientes agroecológicos; en respuesta presentan cambios en su crecimiento, morfológicos como aumento y disminución del tamaño de plantas, número de hojas y caracteres de mazorca (Pecina *et al.*, 2009, p.693). Además de alteraciones fisiológicas como la baja germinación (Gámez *et al.*, 2015) y alteraciones en el funcionamiento metabólico como la fotosíntesis y la transpiración

(Alegría, 2016). Por lo que dependerá del potencial genético para responder ante las diferentes condiciones ambientales que se presenten a lo largo de su ciclo vegetativo (SIAP, 2007).

El maíz Tuxpeño es una de las razas más importantes en México y en algunos otros países, debido al potencial productivo que posee. De acuerdo con Wellhausen *et al.*, (1951) esto es probablemente al resultado del cruzamiento del Olotillo y el Tepecintle, ya que tienen aspectos de características similares y zonas de distribución en común, que van desde los 500 msnm hasta los 1000 msnm. Sin embargo, existe un vacío en la información conforme al comportamiento fisiológicos y agronómicos que presentan los “maíz locales” al ser sometidos a una presión constante de selección por parte de los agricultores. Las plantas de maíz están adaptadas a las condiciones de donde habitan los productores, ya que tienen características que les permiten responder a sus gustos en su alimentación. En este sentido el productor selecciona sus materiales a partir de criterios que se adapten a sus usos y necesidades, lo que ha permitido desarrollar variedades adaptadas a las condiciones naturales y socioeconómicas de los productores (SAGARPA, s/a).

Es por ello que la respuesta fisiológica y agronómica de los maíces es un indicador de manejo y selección que ha permitido una mejor adaptación y diversificación de los maíces. En este sentido, en el presente trabajo se evaluó el comportamiento fisiológico y agronómico de maíces locales de la raza Tuxpeño, colectados en dos ambientes agroecológicos diferentes.

III. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento fisiológico y agronómico de maíces locales de la raza Tuxpeño colectados en dos ambientes agroecológicos en la región Frailesca, Chiapas.

Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento fisiológico y agronómico de los maíces locales de la raza Tuxpeño colectados en dos diferentes ambientes agroecológicos en la región Frailesca, Chiapas.
- Comparar las respuestas fisiológicas y agronómicas de los maíces locales de la raza Tuxpeño colectados en dos diferentes ambientes agroecológicos en la región Frailesca, Chiapas.

IV. Marco teórico

4.1. Antecedentes del maíz Tuxpeño

La raza Tuxpeño es una de las más destacadas en nuestro país por su alta productividad. Es una de las razas más distribuidas y que se cultiva en zonas tropicales como subtropicales; en sistemas de temporal o riego. Es usado en el mejoramiento en la producción del maíz (CONABIO, 2010, p.6). Así se han llevado a cabo investigaciones conforme al mejoramiento en variedades de esta raza, que han demostrado que los efectos de cruzamientos de maíces utilizando la raza Tuxpeño se ve reflejado en un incremento en el rendimiento de la mazorca (Reyes *et al.*, 2004, p.8). Igualmente otros estudios han señalado el uso del Tuxpeño para cruza interracial tropicales de maíces de México para adaptaciones en valles altos, arrojando resultados, en donde el Tuxpeño aporta un mayor rendimiento y adaptación en esas zonas, lo que puede deberse a que en algún momento de su etapa de evolución y selección se enfrentó con ambientes y altitudes semejantes (Navas y Cervantes, 1991, p.32).

Sánchez (2011) realizó un análisis en cuanto a la diversidad genética y parentescos de razas de maíz, en los que se obtuvo resultados que se basaban en las razas importantes en el sur del país en zonas de baja altitud entre ellas: el Vandeño, Zapalote Grande, Celaya, entre otros, de los cuales se menciona el Tuxpeño donde dan a conocer las características y parentescos de las plantas en cuanto a dichas razas, como alturas de plantas que van de 250 – 320 cm, además de 85-105 días en que se da la floración, con un contenido de 20-25 hojas por planta, y muchas ramas de espiga 20-35, Y en cuanto a las características de mazorcas se percibieron

tamaños de medianas a largas en un aproximado de 12-20 cm, de formas cilíndricas, y con un contenido de 12-16 hileras de granos por maíz; por lo que la raza Tuxpeño es una de las más usadas en mejoramientos genéticos (p.81).

Por otra parte Aragón *et al.*,(2006, p.41-42) dio a conocer maíces criollos en el estado de Oaxaca mencionando las razas más representativas, además de encontrar una gran diversidad de maíces.De igual manera resalta el maíz Tuxpeño que es cultivado y adaptado en zonas con altitudes que van desde los 1000 msnm y los 1800 msnm, dando a demostrar que la distribución de maíces y los distintos ambientes en donde se encuentran reflejan variaciones en donde se cultivan, ya que depende de las características del clima, terreno, y principalmente el fin de uso que el campesino desea.

Ruiz *et al.*, (2013) realizó una investigación con base a la identificación de maíces mexicanos adaptados a condiciones deficientes de humedad, lo cual demostró las razas que se adaptan a estas condiciones; una de ellas es el maíz Tuxpeño que es considerada adaptable a temporales húmedos y muy húmedos, ya que en periodos de julio-septiembre se encuentran con altas precipitaciones, por lo que no se percibe déficit de humedad en la etapa de desarrollo del maíz (p.837). En cuanto a otras investigaciones de Ruíz *et al.*, (2011) en la identificación de maíces adaptables a las altas temperaturas, el Tuxpeño no demostró tolerancia a altas temperaturas y déficits de humedad; por lo que se menciona que podría deberse a los parámetros agroclimáticos evaluados. De esta manera, se supone que si el análisis se realizara por accesiones por raza, el Tuxpeño podría determinarse con un potencial de uso de

mejoramiento genotípico para tolerar altas temperaturas y déficits de humedad (p.376).

En una investigación de Van *et al.*, (2009) en la región Frailesca se identificaron una amplia diversidad de maíces locales como Precoz, Tuxpeño precoz y derivados del Tuxpeño debido a la selección que se realiza. La variabilidad y diversidad genética que se encuentra en diferentes áreas de producción se ha basado en la polinización cruzada además del intercambio de semillas, lo que ha permitido la conservación *in situ* por parte del agricultor mediante prácticas culturales como es la selección de individuos con rasgos de interés, lo que ha reflejado distintas áreas geográficas de producción, permitiendo mayores capacidades de evolución de los cultivos, por lo que se ven expuestos a enfrentarse y a tolerar diferentes factores bióticos y abióticos (Mercer *et al.*, 2010).

4.2 Características fisiológicas del maíz

Las plantas están forzadas a enfrentarse a los diferentes factores bióticos y abióticos lo que determina variabilidades de respuesta, y una distribución en diferentes ambientes. Por ello reaccionan en forma de defensa una diversidad de moléculas bioquímicas, ante otros organismos, que a través del tiempo han evolucionado demostrando adaptaciones en diferentes zonas para su supervivencia, dando además beneficios a la economía (Vivanco *et al.*, 2005).

La existencia de las distintas variedades de maíces se da principalmente por ser una planta en cuya polinización es cruzada, no ejecuta intercambios genéticos con otras especies, solamente con maíces comunes y de sus posibles progenitores, el

Teocintle. Por lo consiguiente la capacidad que tiene el maíz al intercambiar genes entre variedades es de gran utilidad a los agricultores principalmente para comunidades y pueblos indígenas, lo que lleva a una diversidad genética cambiante resultado de la selección artificial, sin perder las preferencias morfológicas del agricultor (Silva *et al.*, 2005).

El maíz es una especie que presenta una gran diversidad genética en aspectos de la planta, de mazorca y del grano, por tener la capacidad de adaptación de diferentes ambientes, por lo que es resistente a la aparición de agentes bióticos y por su capacidad de tolerancia ante los diferentes estreses que causan los factores ambientales (Paliwal, 2001)

La fotosíntesis es el proceso físico y químico que realizan las plantas a partir de la absorción de energía solar para crear el sustento y equilibrio de la vida en nuestro planeta Tierra (Pérez y Carril, 2009). Así, produciendo oxígeno, además de generar sus propios alimentos (glucosa) a partir de los recursos naturales que provee el medio ambiente así como: el agua, el aire, los minerales que se encuentran en suelo y el dióxido de carbono mediante la acción de la energía solar (Ocampo, 2014; Gómez, 2008)

Se pueden presentar afectaciones y variaciones en la tasa de la fotosíntesis en el fotoperiodo y también durante el transcurso del año, debido a las inestabilidades que presentan diversos factores ambientales: la temperatura, la luz solar, la humedad del aire, la disponibilidad hídrica, entre otros.

El CO_2 es un gas que se encuentra suspendido de manera natural en la atmósfera, es la sustancia principal para el proceso de fotosíntesis, ya que es la fuente que ayuda a elaborar compuestos orgánicos en las plantas. La concentración de este gas que se encuentra suspendido en el aire interviene en el crecimiento de las plantas por lo que, debe de haber una concentración suficiente de dióxido de carbono catalizado por la enzima Rubisco. Tales plantas que ejecutan esta acción de adquirir o que dependen de un porcentaje esencial de CO_2 se les denomina plantas C_3 (ácido de 3 carbonos), hay plantas que dependen de una menor concentración de este gas debido a los mecanismos que poseen, pero ejecutan un desgaste energético como son las plantas C_4 (ácido dicarboxílico de 4 carbonos) y plantas CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas) (Azcón *et al.*, 2000).

Las plantas C_4 , el CO_2 se cataliza por la enzima denominada Fosfoenolpiruvato que posee mayor eficiencia que la Rubisco. Estas plantas como bien se menciona anteriormente tienen un mayor costo de energía pero, a la vez reflejan mayor crecimiento y actividad en la fotosíntesis a temperaturas altas (Langtry *et al.*, S/N p.1). Esto debido a que han evolucionado a partir de las plantas C_3 por modificación en la fijación de dióxido de carbono, formando así una fotosíntesis más eficaz; dichas plantas son pertenecientes a zonas subtropicales y/o tropicales que incluyen las gramíneas, ejemplo del maíz y el trigo que, son capaces de manipular intensidades luminosas y por lo consiguiente tolerar temperaturas más altas, además de tener el doble de tasa fotosintética por lo que tienden a una menor pérdida de agua por transpiración, en comparación con la mayoría de las plantas C_3 que son de climas templados. Así mismo se caracterizan por altas concentraciones de CO_2 debido a la

fotorrespiración, y fotosintéticamente son menos eficaces que las plantas C₄ (Daintith y Tootill, 2005).

En otros argumentos se señala que las plantas de maíz padecen de mayor estrés por consecuencia del frío y no tanto por las altas temperaturas; por lo que es una especie tropical, C₄, que es resistente a altas temperaturas y al ser sometidas a condiciones de bajas temperaturas presentan mayor sensibilidad y estrés (Restrepo *et al.*, 2013).

La transpiración es un componente importante del balance de energía de la hoja y del contenido de agua en la planta durante el ciclo de crecimiento. El cual se basa en la evaporación de agua a través de los estomas y así mismo realizando el intercambio de dióxido de carbono que mediante este proceso se determina la cantidad de agua que libera la planta, y toda alteración que repercute a un cambio de peso puede deberse a la transpiración (Squeo y León, 2007). Por lo que factores como la humedad del ambiente y del suelo, la fijación de dióxido de carbono, la radiación solar, la temperatura, entre otros pueden perjudicar en el aceleramiento de la transpiración (Martínez y Torres, 2013).

El CO₂ como anteriormente se menciona, es fundamental en el proceso de la fotosíntesis en las plantas debido a que absorben este gas y lo convierten en biomasa, que cuando llega a descomponerse se adhiere al suelo como un compuesto orgánico. Así también Squeo y León (2007) mencionan que el intercambio de gases fotosintéticos se basa en la cantidad de pérdida de agua que realiza la planta a través de sus hojas y la concentración del dióxido de carbono.

4.3 Crecimiento y desarrollo del maíz

El maíz es una planta cultivada de aproximadamente más de 7000 años. Existen varias plantas parecidas al maíz (*Zea mays*), pero solo una es idónea para cruzarse naturalmente, a lo que denominan Teocintle. En diversas investigaciones se ha comentado que, es el origen del germoplasma de los maíces actuales. El cultivo de maíz es una planta de producción anual, de verano, de porte firme y con un fulminante desarrollo (Ortas, 2008) por otra parte requiere altas concentraciones de agua para su crecimiento y desarrollo, de otra manera la deficiencia de este elemento causa una marchitez en la planta, sin embargo tiene un mecanismo de regulación con la pérdida de agua por transpiración, reflejando un acartuchamiento en las hojas (Guillermo y Martín, S/A).

El maíz es una planta que presenta un alto índice de domesticación lo que se logró a través del tiempo mediante la selección artificial, lo que provocó ser dependiente del ser humano para su ciclo de vida; pues por razones de esta actividad del hombre se fueron eliminando los mecanismos hereditarios de sobrevivencia en el ambiente. En consecuencia indujo a generar más de 300 razas y una infinidad de variedades de maíces adaptadas en diferentes ambientes agroecológicos (Silva *et al.*, 2005).

4.4 Respuesta adaptativa del maíz

Las plantas de distintas especies tienen la capacidad de adaptarse o no a los diferentes ambientes por lo que se genera un rango de tolerancia (Solarte *et al.*, 2010). Remarcando resultados del trabajo de Sánchez (2011) el maíz posee diferentes áreas geográficas donde se cultivan, y por lo consiguiente variaciones de

altitudes y de condiciones de ambiente que lleva a demostrar una diversidad en cuanto aspectos morfológicos, fisiológicos y de genética que es resultado de la selección del hombre. Por lo que el crecimiento de las plantas varía genotípicamente conforme a los diferentes condiciones agroclimáticas donde se encuentran (Barrera *et al.*, 2010). En cuanto a la raza Tuxpeño, Espinoza (2015) realizó un estudio observando el comportamiento agronómico y el potencial del rendimiento del maíz nativo expuesto a zonas con diferentes ambientes con tres altitudes diferentes. Obteniendo razas con buen porcentaje de rendimiento entre ellos el maíz Tuxpeño, que reflejó gran proporción en rendimiento en grano, sin embargo se identificó diferencias morfológicas y fenológicas en los distintos ambientes.

4.4.1 Plasticidad

Las plantas son organismos inmóviles que no pueden evadir las condiciones desfavorables que se puedan presentar como la presencia de agentes bióticos y abióticos, lo cual ha originado en el transcurso del tiempo mecanismos que les permitan tolerar las condiciones ambientales en que se encuentran (falta de agua, altas y bajas temperaturas, escasez de nutrimentos, depredación, etcétera). Un ejemplo de estos mecanismos es la plasticidad que, es una medida que ejecuta cambios en las plantas en las que se expresan características y se pueden percibir a simple vista debido al efecto de la variación ambiental. La plasticidad es un mecanismo que favorece a las especies ante las condiciones ambientales cambiantes que no están adaptadas, lo que hace que éstas respondan en beneficio de ellas mismas y es aquí donde se percibe la aparición de cambios morfológicos y fisiológicos de las plantas como respuesta a la variación ambiental. En el cultivo del

maíz, se pueden percibir daños como defoliación y esto afecta la producción del grano (Reyes y Martínez, 2001). Ya que esta especie posee muy poca plasticidad fisiológica (Ortas, 2008).

4.5 Estrés a la temperatura

El cambio climático afecta perjudicialmente a los espacios agrícolas, primordialmente ante las amenazas del incremento en la temperatura que tiende a la disminución de la precipitación, por lo que ocasiona un desbalance hídrico menos favorable a los cultivos en la agricultura. Debido a dicha afectación ambiental se muestra a la reducción del ciclo de madurez y el potencial de rendimiento del maíz, así también alteraciones en el funcionamiento metabólico como es el incremento en la evapotranspiración especialmente en zonas tropical y subtropical (Ruíz *et al.*, 2011). Igualmente pueden presenciarse afectaciones como en pérdidas de acumulación de biomasa área de la planta, disminuciones en el rendimiento del grano y por lo consiguiente bajas producciones (Tuexi *et al.*, 2006). El crecimiento de las plantas se encuentra adaptadas a temperaturas de su entorno natural, por lo que presentan un rango del cual pueden tolerar y sobrevivir o inclusive morir. Por otra parte presentan sensibilidad ante las exposiciones de temperaturas que conllevan a presenciar alteraciones, modificaciones en aspectos químicos y físicos ante un cambio en su ambiente de crecimiento. Lo que determina que las especies que se encuentran en temperaturas mínimas y máximas frecuentemente están bajo estrés (Frank *et al.*, 2000)

Las plantas llegan a presentar respuestas a niveles de estreses perjudiciales, por ejemplo en el maíz se consideran algunas variables que son afectadas: la disminución en la germinación de las semillas, el decrecimiento en la extensión de las raíces, el enrollamiento y envejecimiento de las hojas, la disminución de la tasa fotosintética, la reducción y el llenado incompleto de los granos (Heinz, 2016).

Gámez *et al.*, (2015) realizaron un estudio con base a la identificación de variables abordando las cualidades de semilla y calidad fisiológica en respuesta a la tolerancia a bajas temperaturas en el maíz adaptados a los zonas altas de México y observaron las diferentes respuestas que exhibían. Por lo que identificaron que los materiales genéticos procedentes de zonas de mayores altitudes presentaron mejor tolerancia, mayores porcentajes de germinación, peso seco de plúmula y raíz; además de mayor velocidad de emergencia, esto debido a que constituyen genes de tolerancia a bajas temperaturas. Sin embargo las plantas están adaptadas a una gran diversidad de ambientes y así siguen realizando la fotosíntesis por lo que están expuestas a diferentes temperaturas, las plantas C₄ como el maíz fotosintetizan a temperaturas superiores a 40°C (Azcón *et al.*, 2000).

4.6 Uso y selección del maíz

El maíz juega un papel fundamental en la vida de familias campesinas por ser el sustento principal en su alimentación, ya que satisface sus necesidades básicas, por lo que es de suma importancia su protección y conservación. Es así también que tiene gran importancia cultural en la cocina tradicional de México, ya que se emplea la utilización de variedades de maíces nativos, que además son preferidos por sus

características únicas en sabores para la preparación de alimentos (Fernández *et al.*, 2013).

Para la generación de nuevas variedades, es necesario el mejoramiento de plantas que se han de utilizar. Para realizar esta acción se debe comenzar en poblaciones diferentes es decir, que contienen variabilidades en sus genes. Mediante la selección masal que se basa en la selección individual de las plantas que manifiestan mayores características deseables, y a partir de esto se da el mejoramiento de plantas de maíz (Saquimux, 2011). Por otra parte, la selección que realizan los agricultores a partir de la semilla permite mantener las características que manifiestan, además de apreciar mayor rendimiento y producción en el cultivo de maíz (Macchi, 2010).

Magdaleno *et al.*, (2016) señala que las personas que cultivan el maíz y que llevan a cabo la selección tienen preferencia por seleccionar principalmente las características de la mazorca, que contengan un buen número de hileras y el grano poseedor de un buen tamaño y por lo consiguiente que este saludable, además de que el grano contenga otros colores diferentes al maíz blanco. Con base a estos fundamentos culturales que se realizan por parte de los campesinos, conlleva a una situación de no depender de empresas semilleras, lo que accede a concentrar una riqueza de variedades así también la variación de diferentes colores de maíces y por lo tanto, lleva a una adaptación en diferentes ambientes climáticos de zonas en donde se cultivan y se refleja en producciones eficaces para los campesinos.

V. Materiales y métodos

5.1 Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la región Frailesca, Chiapas (Figura1). Se eligió por poseer una amplia diversidad genética de maíces que se cultivan en diferentes zonas agroclimáticas, donde los productores han venido realizando selecciones para sus fines de usos.

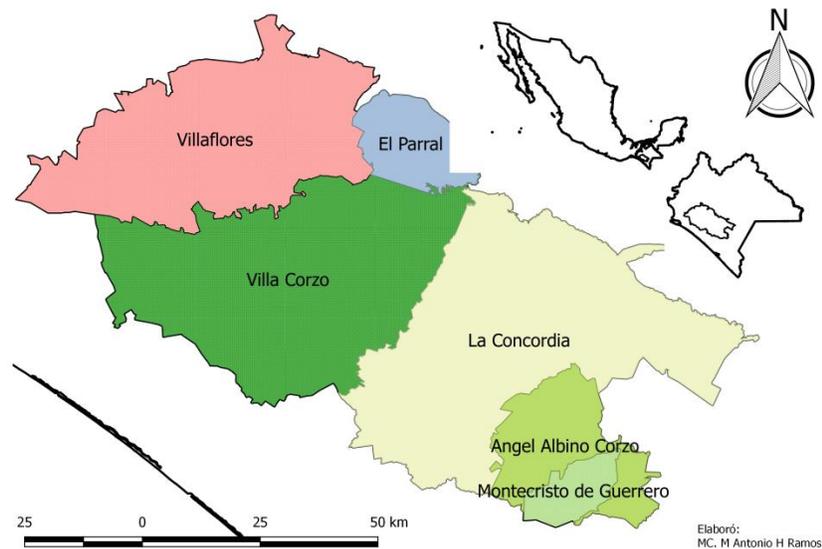


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la región Frailesca, Chiapas.

5.1.1 Características del área de estudio

La región Frailesca presenta altitudes de 279 a 2755 msnm predominando climas cálidos húmedos con lluvias en verano. Se ubica en las regiones hidrológicas Grijalva-Usumacinta y costa de Chiapas y en las cuencas hidrográficas del río

Grijalva-Tuxtla Gutiérrez y río Grijalva-La Concordia, río Pijijiapan, entre otros. La vegetación se ve caracterizado por especies como: roble, liquidámbar, amate, shalun, hormiguillo negro, machetón, carnicuil, pino, encino, anona, caspirola, carnero, caoba, primavera, tepescohuite, entre otros. Además la fauna se conforma por especies como: culebra, iguana, comadreja, murciélago, ardilla voladora, venado, pajuil, gavián, leoncillo, jabalí, entre otros.

Las principales actividades que se realizan se definen por la producción agrícola, como de maíz y frijol; y la producción pecuaria como la ganadería vacuna, porcina y avicultura. Por otra parte, existen variabilidades topográficas, edafológicas, de altitud y climatológicas lo que se determina mediante diferentes prácticas empleadas por parte del productor para la producción del maíz (INEGI, 2010).

5.2 Diseño del muestreo

5.2.1 Selección del material genético

Se utilizó material genético de tres variedades de maíces de la raza Tuxpeño, que se obtuvieron de dos ambientes diferentes (± 500 msnm y ± 1000 msnm), (Cuadro 1). Se utilizaron de manera de testigo dos germoplasmas diferentes a la raza Tuxpeño; que fueran característicos y adaptados en cada uno de los ambientes agroecológicos. La selección del germoplasma de la raza Tuxpeño fueron los maíces: Precoz y Morales; y los testigos los maíces Olotillo y Señorita. Para su selección se consideró que tengan más de diez años de ser cultivados y que las percepciones de uso por parte del productor se basen en la adaptación al ambiente en donde se colecta, se produce y se usa. Las denominaciones seleccionadas para este estudio se basaron en

diferentes estudios que han descrito a estos materiales como parte de la raza Tuxpeño y por ser más frecuente en el uso por parte de los productores (Hernández, 2014). El origen de estos materiales está basado en la suposición de que provienen de materiales mejorados.

Para la colecta del material se realizó una identificación morfoagronómica de las mazorcas con el fin de comprobar su relación con la raza Tuxpeño.

Cuadro 1. Características climatológicas de los dos ambientes de colecta en la región Frailesca.

| Ambiente | Altitud promedio (m) | Temperatura promedio (°C) | Precipitación promedio (mm) |
|------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Ambiente 1 | ±500 | 25-27°C | ±1200 mm |
| Ambiente 2 | ±1000 | 17-25°C | ±2000 mm |

5.3 Identificación de variables y diseño experimental

5.3.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro réplicas (Cuadro 2). La unidad experimental consistió de seis surcos y 7 plantas/surco. La distancia entre surco fue de 0.50 m. Se sembraron dos semillas por punto, a una distancia de 0.30 m.

Cuadro 2. Representación del diseño de bloques completos al azar.

| Bloque 1 | Bloque 2 | Bloque 3 | Bloque 4 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| T3 | T6 | T1 | T2 |
| T1 | T2 | T6 | T5 |
| T6 | T1 | T5 | T3 |
| T4 | T3 | T2 | T1 |
| T2 | T4 | T4 | T4 |
| T5 | T5 | T3 | T6 |

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos, cada tratamiento representa un material colectado en un ambiente.

| | | | |
|-----------|------------------------|-----------|---------------------|
| T1 | Precoz 500 – 600 msnm | T4 | Morales > 1000 msnm |
| T2 | Morales 500 – 600 msnm | T5 | Olotillo 500 msnm |
| T3 | Precoz > 1000 msnm | T6 | Señorita >1000 msnm |

5.3.2 Variables a evaluar

En este estudio se midieron las siguientes variables: porcentaje de germinación (PG), área foliar (AF), altura de planta (AP), diámetro del tallo, (DT), contenido relativo de

agua (CRA), número de hojas (NH), Peso seco de hoja (PSH), Peso seco de tallo (PST), peso seco de raíz (PSR) (Cuadro 4.)

Cuadro 4. Variables morfológicas y fisiológicas para determinar el comportamiento de cada tratamiento

| Variables | Herramientas | Criterios |
|--|-------------------------------|---|
| Altura de planta (cm) | Metro | A partir de los 15, 45 y 90 días después de la germinación. |
| Diámetro del tallo (cm) | Vernier | A partir de los 15, 45 y 90 días después de la germinación. |
| Número de hojas | Observación visual | A partir de los 15, 45 y 90 días después de la germinación. |
| Área foliar (cm ²) | (L*A*.75) | A partir de los 15, 45 y 90 días después de la germinación. |
| Peso seco y fresco de Hoja, tallo y raíces | Bascula (g) y Estufa secadora | A partir de los 15, 45 y 90 días después de la germinación. |

| | | |
|--------------------------------|--------------------|--|
| Porcentaje de germinación (PG) | Observación visual | Se realizó observaciones a partir del segundo día de montar el experimento hasta los 6 días. |
|--------------------------------|--------------------|--|

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| Contenido relativo de agua (CRA) | Sacabocados, báscula (g), cajas Petri, agua, libreta, lapicero. | Este proceso se realizó en los horarios de: 1. 7:30 am 2. 09:30 pm 3. 12:30 pm 4. 03:30 pm 5. 06:30 pm |
|----------------------------------|---|---|

5.4 Caracteres de mazorca y de grano

Se evaluaron 15 caracteres morfológicos por variedad. Las variables elegidas (Cuadro 6) son las de mayor importancia en la caracterización morfo-agronómica de los maíces locales con potencial de usos múltiples. Las variables se evaluaron con la metodología propuesta por el IBGRIP (1991).

Cuadro 6. Caracteres de mazorca y grano.

Caracteres de la mazorca

Longitud de la mazorca ¹

Diámetro de la mazorca ¹

Número de hileras de la mazorca ¹

Diámetro del olote ¹

Las características cuantitativas se midieron en cm (1) y cualitativas (2) con el uso de claves.

5.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza a través de la Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete Agricolae Ejecutado en el lenguaje R x64 3.5.0

VI. Resultados y discusión

6.1. Fenología

Se registró el porcentaje de germinación (PG) de seis tipos de maíces locales sembrados en el mes de abril de 2018 (Figura 2). Los resultados mostraron semillas de calidad con un porcentaje superior al 94% de germinación.

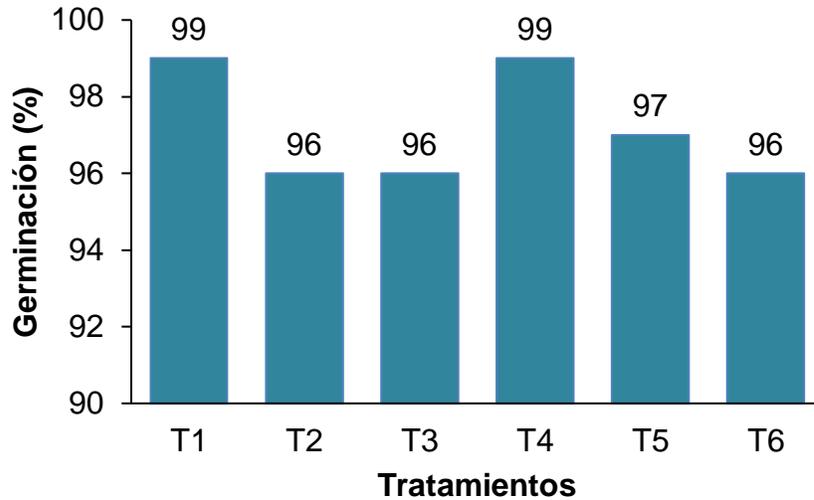


Figura 2. Porcentaje de germinación de seis materiales genéticos de maíces locale. Tratamientos: T1-Precoz 500 msnm, T2-Morales 500 msnm, T3-Precoz 1000 msnm, T4-Morales 1000 msnm, T5-Olotillo y T6-Señorita.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos para las variables: Días a floración masculina (DFM) y Días a floración femenina (DFF). Al comparar los germoplasmas Tuxpeño (Morales y Precoz), provenientes de 500 y 1000 msnm; los dos presentaron floraciones más tempranas, con más del 50 % a partir de los 54 días después de la germinación (DDG) con respecto a los testigos Olotillo y Señorita que presentaron un comportamiento tardío, floreciendo alrededor de los 70 DDG. Los aspectos genéticos ponen en evidencia el comportamiento para los días de floración, entre los testigos y los cultivares Morales y Precoz, derivadas de la raza Tuxpeño, que se caracterizan por ser bastantes más precoces o de madures temprana (Wellhausen, 1951).

Por otra parte, el maíz Morales presentó igual comportamiento en los dos cultivos colectados a 500 y 1000 msnm; a diferencia del maíz Precoz, donde el cultivar colectado a menor altura presentó mayor retraso para DFM y DFF con una diferencia de 4 días aproximadamente (Figura 3). En concordancia Gonzales *et al* (2007), indican que el origen geográfico de los cultivos influye en el comportamiento de la floración.

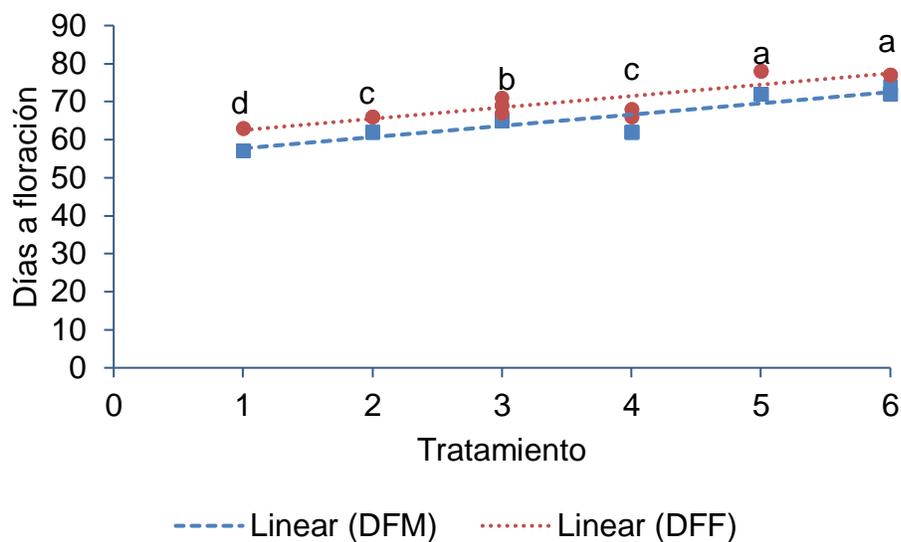


Figura 3. Comportamiento de los Días a floración de seis variedades locales. Tratamientos: 1-Precoz 500 msnm, 2-Morales 500 msnm, 3-Precoz 1000 msnm, 4-Morales 1000 msnm, 5-Olotillo y 6-Señorita. DFM: Días a Floración Masculina; DFF: Días a Floración Femenina.

6.2. Comportamiento morfológico

6.2.1. Biomasa de la planta

Mediante los análisis de varianza (con la prueba de Tukey), se encontraron diferencias significativas entre las evaluaciones realizadas a los 90 DDG. Se obtuvo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) para Altura de planta (AP) y Altura de

mazorca (AM); diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el Número de hojas (NH) (Cuadro 7) y diferencias significativas para Peso seco de hoja (PSH) y Peso fresco de tallo (PFT) (Cuadro 8). Mientras que para el resto de las variables como: Diámetro del tallo (DT), Peso fresco de hoja (PFH) y Peso seco de tallo (PST) no se encontraron diferencias (Cuadro 8).

Cuadro 7. Cuadrados medios del ANOVA para las variables: AP, AM, NH y DT.

| FV | GL | AP | AM | NH | DT |
|---------------------|----|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Bloques | 3 | 365 ^{sn} | 492 ^{sn} | 1.70486 ^{sn} | 1.5715 ^{sn} |
| Tratamientos | 5 | 8574 ^{***} | 6779 ^{***} | 2.9854 ^{**} | 7.3819 ^{sn} |
| Residual | 15 | 610.4 | 254.4 | 0.5798 | 2.6698 |

AP: Altura de planta; AM: Altura de mazorca; NH: Número de hojas y DT: Diámetro del tallo. FV=

Fuentes de Variación; GL= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; *** Altamente significativos; ** muy significativos; * Significativo; sn= no significativo.

Cuadro 8. Cuadrados medios del ANOVA para las variables: PFH, PSH, PFT y PST.

| FV | GL | PFH | PFT | PSH | PST |
|---------------------|----|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Bloques | 3 | 0.00073 ^{sn} | 0.00325 ^{sn} | 0.000002 ^{sn} | 0.00007 ^{sn} |
| Tratamientos | 5 | 0.00093 ^{sn} | 0.02452 [*] | 0.00012 [*] | 0.00008 ^{sn} |
| Residual | 15 | 0.00035 | 0.00598 | 0.00003 | 0.00034 |

PFH: Peso fresco de hoja; PFT: Peso fresco de tallo; PSH: Peso seco de hoja y PST: Peso seco de

tallo. FV= Fuentes de Variación; GL= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; *** Altamente significativos; ** muy significativos; * Significativo; sn= no significativo.

Para la variable AP (Cuadro 8), durante la tercera evaluación (90 DDG), los valores más altos lo presentaron los germoplasmas Olotillo (280 cm) y Señorita (270 cm). El

maíz Precoz de zonas de 1000 msnm (221 cm) presentó diferencias, mientras que y el Morales de 1000 msnm (210 cm) y los materiales colectados a 500 msnm presentaron menos valores de AP, 166 cm para precoz y 180 cm para Morales, respectivamente. Según Gómez *et al* (2010) y los estudios realizados con base al comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz amarillo, la AP se encuentra influenciada por el ambiente, y por las características genotípicas que posee cada variedad, lo que se aprecia en las diferencias encontradas para las variedades Precoz y Morales a diferentes alturas.

Cuadro 9. Medias de las variables: AP, AM, NH y DT en dos etapas fenológicas del cultivo.

| Tratamientos | AP | | AM | NH | | DT | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
| | 45 | 90 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 |
| Precoz 500m | 109.6875 ^a | 166.000 ^c | 88.7500 ^b | 12.375 ^{ab} | 13.125 ^b | 1.6500 ^a | 13.88875 ^a |
| Morales 500m | 107.2500 ^a | 180.375 ^c | 101.6250 ^b | 12.125 ^{ab} | 13.125 ^b | 1.7750 ^a | 14.12875 ^a |
| Precoz 1000m | 126.2125 ^a | 221.125 ^{bc} | 118.0625 ^b | 13.500 ^{ab} | 15.000 ^a | 2.1500 ^a | 16.30000 ^a |
| Morales 1000m | 121.4750 ^a | 210.625 ^c | 118.5000 ^b | 13.625 ^a | 14.000 ^{ab} | 2.1375 ^a | 15.64875 ^a |
| Olotillo | 115.3750 ^a | 280.250 ^a | 183.2500 ^a | 11.250 ^b | 14.875 ^a | 1.8625 ^a | 16.89750 ^a |
| Señorita | 125.7500 ^a | 270.250 ^{ab} | 183.7500 ^a | 11.375 ^{ab} | 14.750 ^{ab} | 2.3375 ^a | 17.00375 ^a |

AP=Altura de planta; AM=Altura de mazorca; NH=Número de hojas; DT=Diámetro del tallo.

Para la AM (Cuadro 9), se encontraron diferencias entre los materiales Precoz y Morales de zonas de 500 msnm; con 88 y 101 cm, respectivamente. Mientras que, estas variedades a 1000 msnm, presentaron un mayor tamaño, con altura promedio de mazorca de las dos variedades de 118 cm. Sin embargo, variedades como el Olotillo y Señorita mostraron una altura promedio superior de 183 cm entre las dos

variedades. De esta forma se reflejó que los materiales genéticos de 1000 msnm y de más de 1000 msnm se caracterizaron por presentar una mayor altura de planta y mazorca.

En el NH (Cuadro 9), se encontraron diferencias a partir de los 45 y 90 DDG, esto debido a que en ciertas etapas (de V1 a VT) se va incrementando significativamente el número de hojas y su altura, lo que corresponde con el inicio del proceso reproductivo de la planta (Fallas *et al.*, 2012). De tal manera que en dichas etapas como VT (panojamiento) se reflejan cambios más significativos en los aspectos morfológicos, fenológicos y fisiológicos ya que la planta termina su ciclo de crecimiento para comenzar el proceso de polinización (Fassio *et al.*, 1998).

Los resultados obtenidos para la biomasa de la parte aérea de la planta mostró que en las hojas el PFH no presentó diferencias significativas, a diferencia del PSH (Cuadro 10). Para el PFH se encontró un ligero aumento a los 90 DDG con respecto a los 45 DDG, excepto para Precoz y Morales (500 m) donde sucede lo contrario, un ligero decremento, aunque no fuera significativa esta variable. Con respecto al PSH existe un aumento a los 90 DDG cuando se compara con los 45 DDG (Cuadro 10). Al observar los datos del tallo encontramos que el PFT presentó diferencias significativas a diferencia del PST (Cuadro 10). Para el PFT se obtuvo un ligero aumento a los 90 DDG con respecto a los 45 DDG, excepto para Precoz 500 m que se encontró un ligero decremento. Para el PST existe un aumento a los 90 DDG con respecto a los 45 DDG, aunque no fuera significativo (Cuadro 10). Estudios como el de Reta *et al.*, (2007) también han presentado variabilidad en cuanto a la masa fresca y seca de los órganos aéreos. En dicha investigación se plantea que aspectos

como la distancia entre surcos y entre plantas puede afectar significativamente la distribución de la materia seca en los órganos de la planta.

Cuadro 10. Medias de las variables: PFH, PSH, PFT y PST en dos etapas fenológicas del cultivo.

| Tratamientos | PFH (kg) | | PFT (kg) | | PSH (kg) | | PST (kg) | |
|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 |
| Precoz 500m | 0.0752 ^a | 0.049875 ^a | 0.14950 ^a | 0.147000 ^{ab} | 0.011750 ^a | 0.01725 ^b | 0.028125 ^a | 0.03750 ^a |
| Morales 500m | 0.0710 ^a | 0.055000 ^a | 0.13450 ^a | 0.140750 ^b | 0.009125 ^a | 0.01775 ^b | 0.008250 ^a | 0.03075 ^a |
| Precoz 1000m | 0.1053 ^a | 0.079375 ^a | 0.21450 ^a | 0.248500 ^{ab} | 0.017000 ^a | 0.02700 ^{ab} | 0.023250 ^a | 0.05600 ^a |
| Morales 1000m | 0.1095 ^a | 0.060250 ^a | 0.22275 ^a | 0.238750 ^{ab} | 0.019250 ^a | 0.02150 ^{ab} | 0.022000 ^a | 0.04975 ^a |
| Olotillo | 0.0730 ^a | 0.089500 ^a | 0.14800 ^a | 0.315775 ^{ab} | 0.010250 ^a | 0.03150 ^a | 0.009250 ^a | 0.06575 ^a |
| Señorita | 0.0993 ^a | 0.073000 ^a | 0.22100 ^a | 0.320500 ^a | 0.015750 ^a | 0.02375 ^{ab} | 0.024000 ^a | 0.06600 ^a |

PFH=Peso fresco de hoja; PFT= Peso fresco de tallo; PSH= Peso seco de hoja; PST=Peso seco de tallo.

Para el órgano hoja hubo diferencia significativa entre tratamientos para LH, no siendo así para AH y AF (Cuadro 11). Existe un incremento de la LH a los 90 DDG con respecto a los 45 DDG, excepto para Precoz 500m, donde se encontró una disminución en esta variable y, en AH y AF (aunque no fuera significativo) (Cuadro 12).

Cuadro 11. Cuadrados medios del ANOVA para las variables: LH, AH y AF.

| Fuente de variación | GL | LH | AH | AF |
|---------------------|----|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bloque | 3 | 51.24 ^{sn} | 0.04518 ^{sn} | 504.9 ^{sn} |
| Tratamientos | 5 | 348.56* | 1.04625 ^{sn} | 15619.1 ^{sn} |
| Residual | 15 | 85.16 | 0.60123 | 5948.2 |

LH=Largo de hoja; AH= Ancho de hoja; AF= Área foliar. Fuentes de Variación; GL= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; *** Altamente significativos; ** muy significativos; * Significativo; sn= no significativo.

Cuadro 12. Medias de las variables: LH, AH, PFT y AF en dos etapas fenológicas del cultivo.

| Tratamientos | LH | | AH | | AF | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 45 | 90 | 45 | 90 | 45 | 90 |
| Precoz 500m | 64.89513 ^a | 61.91970 ^b | 6.171222 ^a | 5.655093 ^a | 323.1525 ^a | 276.8968 ^a |
| Morales 500m | 61.68598 ^a | 67.80077 ^{ab} | 5.817096 ^a | 5.963331 ^a | 286.5580 ^a | 314.1527 ^a |
| Precoz 1000m | 70.18992 ^a | 81.13489 ^{ab} | 6.300048 ^a | 6.020020 ^a | 358.9003 ^a | 381.4767 ^a |
| Morales 1000m | 64.03078 ^a | 72.11411 ^{ab} | 6.607500 ^a | 5.671360 ^a | 341.3906 ^a | 319.6071 ^a |
| Olotillo | 69.21610 ^a | 81.99961 ^{ab} | 5.593141 ^a | 6.963171 ^a | 305.1961 ^a | 450.2883 ^a |
| Señorita | 71.77978 ^a | 85.85950 ^a | 6.576346 ^a | 5.607870 ^a | 381.9690 ^a | 381.9624 ^a |

LH=Largo de hoja; AH= Ancho de hoja; AF= Área foliar.

6.2.2. Biomasa de la raíz

No se encontraron diferencias significativas para las variables LR, NR, PFR y PSR (Cuadro 13). En este aspecto, se concuerda con la investigación de Fallas *et al* (2012), quienes mencionan que en relación con la cuantificación del peso seco de la

raíz, en muchas de las etapas de desarrollo no se presentan diferencias significativas.

Cuadro 13. Cuadrados medios del ANOVA para las variables: LR, NR, PFR y PSR.

| FV | GL | NR | LR | PFR | PSR |
|---------------------|----|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| Bloques | 3 | 51.028 ^{sn} | 14.336 ^{sn} | 0.00071571 ^{sn} | 0.000032566 ^{sn} |
| Tratamientos | 5 | 113.9 ^{sn} | 18.973 ^{sn} | 0.00049314 ^{sn} | 0.00006721 ^{sn} |
| Residual | 15 | 44.828 | 53.957 | 0.00034474 | 0.0000538 |

NR=Número de raíz; LR=Largo de raíz; PFR=Peso fresco de raíz; PSR= Peso seco de raíz. FV= Fuentes de Variación; GL= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; *** Altamente significativos; ** muy significativos; * Significativo; sn= no significativo.

A diferencia del resto de las variables, el NR demostró diferencias en etapas de los 15 y 90 DDG (Cuadro 14), lo cual concuerda con la investigación de Montejó *et al* (2018) donde menciona que a los 30, 45, 60 y 75 días después de la siembra no presentó diferencias significativas entre los tratamientos sino hasta los 90 días en donde los tratamientos presentaron mayor número de raíces. Contrario a estudios como el presentado por Armador y Boschini, (2000), en un experimento realizado en Costa Rica con maíz criollo, donde obtuvieron un descenso paulatino en la acumulación de materia seca radical, a partir de los 90 DDG. Sin embargo resultados obtenidos por Blanco (2015), señala que el crecimiento tanto de la biomasa de la raíz como del número de raíces, se ve afectado cuando se cultiva en condiciones con arvenses.

Cuadro 14. Medias de las variables: NR, LR, PFR y PSR en dos etapas fenológicas del cultivo.

| Tratamientos | Días de muestreo | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----|--|----|--|
| | 45 | | 90 | | 45 | | 90 | | 45 | | 90 | |
| | NR | | LR | | PFR | | PSR | | | | | |
| Precoz 500m | 23.250 ^a | 18.750 ^b | 21.7375 ^a | 26.2500 ^a | 0.018000 ^a | 0.02025 ^a | 0.002625 ^a | 0.004250 ^a | | | | |
| Morales 500m | 16.250 ^a | 29.375 ^{ab} | 24.7625 ^a | 30.1250 ^a | 0.014500 ^a | 0.02000 ^a | 0.001750 ^a | 0.008750 ^a | | | | |
| Precoz 1000m | 19.000 ^a | 25.625 ^{ab} | 22.0875 ^a | 24.1875 ^a | 0.025500 ^a | 0.03175 ^a | 0.001750 ^a | 0.012000 ^a | | | | |
| Morales 1000m | 16.125 ^a | 28.125 ^{ab} | 22.9125 ^a | 27.2500 ^a | 0.031500 ^a | 0.01775 ^a | 0.004375 ^a | 0.005125 ^a | | | | |
| Olotillo | 16.875 ^a | 35.125 ^a | 24.7875 ^a | 28.2500 ^a | 0.012625 ^a | 0.03900 ^a | 0.001500 ^a | 0.011250 ^a | | | | |
| Señorita | 22.125 ^a | 28.000 ^{ab} | 20.2500 ^a | 25.0000 ^a | 0.024500 ^a | 0.04400 ^a | 0.003375 ^a | 0.014750 ^a | | | | |

NR=Número de raíz; LR=Largo de raíz; PFR=Peso fresco de raíz; PSR= Peso seco de raíz.

6.2.3 Biomasa de la mazorca

No se observaron diferencias significativas entre biomasa fresca y seca de la mazorca (Cuadro 15 y 16). Tales resultados podrían deberse al retraso en la siembra, por lo que las plantas en la temporada de riego pudieron estar bajo estrés por la falta de agua y/o altas temperaturas. De esta manera el cultivar se expone a condiciones no favorables y carece de recursos óptimos para su buen desarrollo. De los cuales podrían verse afectado algunos procesos fisiológicos como: fotosíntesis, respiración, conductancia estomal, entre otros, lo cual finalmente se refleja en la producción de materia seca (Turner y Kramer, 1980). Investigaciones de Corona *et al* (2012), mencionan que cuando se retrasa la fecha de siembra en el maíz, se reduce el peso máximo de grano debido a una menor oferta de recursos ambientales (menor

radiación incidente y temperatura), que se traduce en bajas tasas de crecimiento del cultivo durante el periodo efectivo de llenado del grano.

Cuadro 15. Cuadrados medios del ANOVA para las variables: PFM1, PSM2, PSM1 y PSM2.

| FV | GL | PFM1 | PFM2 | PSM1 | PSM2 |
|---------------------|----|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Bloques | 3 | 0.000906 ^{sn} | 0.000062556 ^{sn} | 0.000063015 ^{sn} | 0.0000010382 ^{sn} |
| Tratamientos | 5 | 0.00286314* | 0.00073767 ^{sn} | 0.0001883** | 0.0000014437 ^{sn} |
| Residual | 15 | 0.00084496 | 0.00012259 ^{sn} | 0.000028368 | 0.0000018215 |

PFM1: Peso fresco de mazorca primaria; PFM2: Peso fresco de mazorca secundaria; PSM1: Peso seco de mazorca primaria; PSM2: Peso seco de mazorca secundaria. FV= Fuentes de Variación; GL= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; *** Altamente significativos; ** muy significativos; * Significativo; sn= no significativo.

Cuadro 16. Medias de las variables: PFM1, PSM2, PSM1 y PSM2 en dos etapas fenológicas del cultivo.

| Tratamientos | PFM1 (kg) | PFM2 (kg) | PSM1 (kg) | PSM2 (kg) |
|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Precoz 500m | 0.09325 ^a | 0.00000 ^a | 0.02175 ^a | 0.000000 ^a |
| Morales 500m | 0.09200 ^a | 0.00925 ^a | 0.01575 ^{ab} | 0.000375 ^a |
| Precoz 1000m | 0.08750 ^a | 0.00925 ^a | 0.01275 ^{ab} | 0.001500 ^a |
| Morales 1000m | 0.10150 ^a | 0.00000 ^a | 0.01400 ^{ab} | 0.000000 ^a |
| Olotillo | 0.04225 ^a | 0.00350 ^a | 0.00440 ^b | 0.000000 ^a |
| Señorita | 0.04275 ^a | 0.00700 ^a | 0.00400 ^b | 0.000750 ^a |

PFM1: Peso fresco de mazorca primaria; PFM2: Peso fresco de mazorca secundaria; PSM1: Peso seco de mazorca primaria; PSM2: Peso seco de mazorca secundaria.

Asimismo la distancia entre surcos y plantas en el que se cultivaron pudo haber influenciado en los aspectos de biomasa seca (Reta *et al.*, 2007), específicamente en condiciones desfavorables para cultivo (temperatura, aporte de agua) afectando la composición morfológica y química de las plantas (Quila, 2007). Sin embargo el no presentar diferencias significativas indican que su expresión no es afectada de manera diferencial ante el cambio de genotipos a través de ambientes (Ángeles *et al.*, 2010).

6.3. Características de la mazorca

Se identificaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) en los tratamientos para las variables: Diámetro de mazorca (DM), Número de hileras por mazorca (NHPM) y Diámetro de olote (DO) (Cuadro 17). Para la Longitud de mazorca (LM) hubo diferencias muy significativas.

Se identificaron mayores valores en cuanto al DM, LM y NHPM para los germoplasmas Tuxpeño (Morales y Precoz de 500 y 1000 msnm). Mientras que los materiales como Olotillo y Señorita reflejaron un menor DM y menor NHPM, esto debido a sus características fenotípicas y genotípicas, lo que refleja la variabilidad genética que presenta cada uno de los materiales utilizados. Sin embargo, al comparar los germoplasmas Tuxpeño, se apreció un mayor DM, LM y DO, a mayor altura para ambas variedades (Cuadro 18).

Cuadro 17. Cuadros medios del ANOVA para las variables: DM, LM, NHPM y DO.

| FV | GL | DM | LM | NHPM | DO |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| Bloques | 3 | 0.0958** | 0.0608 sn | 0.2682sn | 0.0295sn |
| Tratamientos | 5 | 0.8203*** | 7.7562** | 12.3528*** | 0.8298*** |
| Residual | 15 | 0.0159 | 1.325 | 0.3199 | 0.0244 |

DM: Diámetro de mazorca; LM: Longitud de mazorca; NHPM: Número de hileras por mazorca; DO: Diámetro de olote. FV= Fuentes de Variación; GL= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; *** Altamente significativos; ** muy significativos; * Significativo; sn= no significativo.

Cuadro 18. Medias de las variables: DM, LM, NHPM y DO en dos etapas fenológicas del cultivo.

| Tratamientos | DM | LM | NHPM | DO |
|----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| Precoz 500m | 3.9750 ^b | 13.39250 ^b | 13.225 ^a | 2.188125 ^c |
| Morales 500m | 4.1100 ^b | 13.66750 ^b | 12.050 ^a | 2.330000 ^{bc} |
| Precoz 1000m | 4.4125 ^a | 15.90475 ^{ab} | 12.625 ^a | 2.672500 ^{ab} |
| Morales 1000m | 4.4200 ^a | 14.79000 ^{ab} | 13.225 ^a | 2.700000 ^a |
| Olotillo | 3.4600 ^c | 16.65750 ^a | 8.950 ^b | 1.490000 ^d |
| Señorita | 3.3800 ^c | 16.35000 ^a | 10.200 ^b | 1.982500 ^c |

DM: Diámetro de mazorca (cm); LM: Longitud de mazorca (cm); NHPM: Número de hileras por mazorca; DO: Diámetro de olote (cm).

Aunque en la presente investigación no se encontró diferencias significativas entre biomasa fresca y seca de la mazorca, se puede apreciar un ligero incremento en el PFM1 de los materiales Tuxpeño (en ambas alturas; alrededor de 0.09 kg), con respecto al Olotillo y Señorita (alrededor de 0.04 kg). A diferencia del DM, LM, NHPM y DO que si presentaron diferencias significativas en los resultados obtenidos. Y es

que la raza Tuxpeño ha destacado por su alto rendimiento y su amplia adaptación (López *et al.*, 2017). Los resultados que obtuvieron López-Morales *et al.* (2017) indican que la selección para adaptación, las condiciones del cultivo y el efecto del ambiente del maíz Tuxpeño durante su desarrollo en los Valles Altos de México, modificaron favorablemente el rendimiento y algunas de las características de calidad del grano de los genotipos.

6.4 Contenido Relativo de Agua (CRA)

Los tratamientos 2 y 4 (Morales) provenientes de zonas de 500 y de 1000 msnm reflejaron mayores concentraciones de CRA, ya que se mantuvieron con un porcentaje superior al de los tratamientos restantes (Figura 4). Muchas plantas han desarrollado respuestas que les permiten tolerar diferentes niveles de déficit de agua, que van desde un estrés hídrico leve, causado por la disminución del potencial hídrico al medio día (Moreno, 2009).

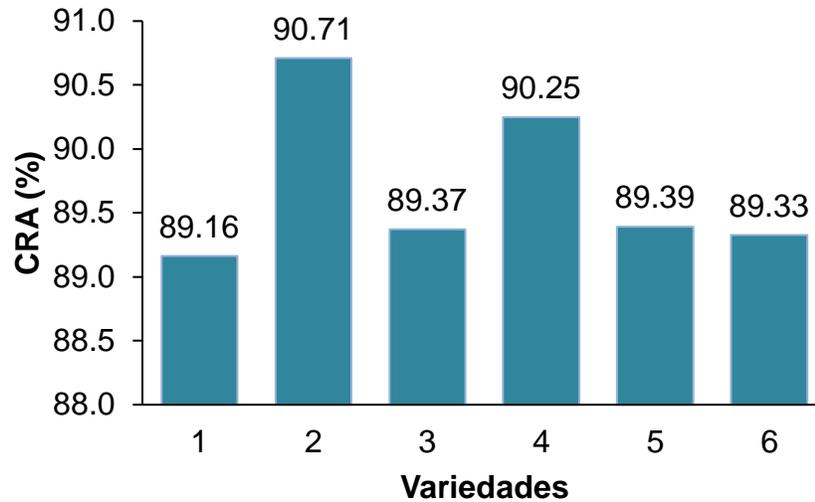


Figura 4. Porcentaje del Contenido Relativo de Agua (CRA) de seis materiales genéticos de maíces locales. Tratamientos: T1-Precoz 500 msnm, T2-Morales 500 msnm, T3-Precoz 1000 msnm, T4-Morales 1000 msnm, T5-Olotillo y T6-Señorita.

Los resultados mostraron variaciones homogéneas en la concentración del contenido relativo de agua (CRA) entre los tratamientos durante las horas de evaluación (Figura 5), viéndose una disminución de pérdida de agua en horas de 12:30 pm - 03:30 pm. Por lo que las plantas conducen a la apertura y cierre de las estomas debido a factores medio ambientales como: luz solar, concentración de CO₂, humedad y temperatura. De esta forma logran alcanzar su máxima apertura estomática durante las horas de la mañana y hacia medio día (Squeo y León, 2007).

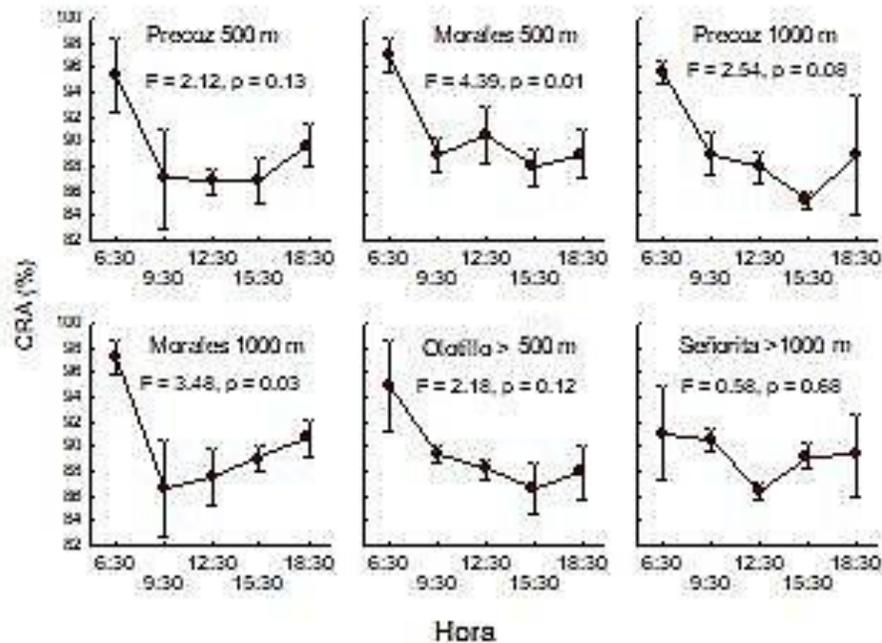


Figura 5. Porcentaje del Contenido Relativo de Agua (CRA) de seis materiales genéticos de maíces locales. Tratamientos: T1-Precoz 500 msnm, T2-Morales 500 msnm, T3-Precoz 1000 msnm, T4-Morales 1000 msnm, T5-Olotillo y T6-Señorita.

VII. CONCLUSIONES

Las variedades locales Precoz y Morales provenientes de zonas altas (1000 msnm) de la región Frailesca presentaron mayor AP, DM, LM, DO comparados con los maíces de zonas bajas (500 msnm) reflejaron menores valores en cuanto a las variables mencionadas. Sin embargo, para el CRA el cultivar Morales a 500 y 1000 msnm fueron superiores a los maíces Precoz a 500 y 1000 msnm y los testigos.

Las características agronómicas de AM y NHPM permitieron diferenciar los maíces de la raza tuxpeños de los testigos, poniendo en evidencia la relación genética de los

cultivares Precoz y Morales colectados a 500 y 1000 msnm. Sin embargo, las características AP, DM, LM, DFF y DFM fueron determinantes de las similitudes entre maíces Precoz y Morales cultivados en un mismo ambiente, siendo estos indicadores de la selección constante de los maíces locales.

7.1. Recomendaciones y propuestas

Las diferentes condiciones agroecológicas y de manejo a las que se enfrentan los maíces locales; determinan un nuevo proceso de respuesta y que favorecen las similitudes entre maíces de una misma raza cultivados en un mismo ambiente. Las características de mazorcas como DM, DO, NHDM, AP, AM y NH siguen siendo determinantes en la distinción de maíces; y permiten evaluar el comportamiento agronómico de estos. El CRA es variable en los diferentes cultivares de ambos ambientes y testigo. Sin embargo, se necesita realizar más investigaciones en cuanto a los aspectos fisiológicos de las variedades locales de maíces en la región Frailesca, para identificar el efecto de sembrar en condiciones agroclimáticas diferentes. Y por ende evaluar cómo la interacción del hombre ha de influir ante tales respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de una variedad determinada.

VIII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- A. Langtry, L. Martín y J. Merino., Dos metabolismos fotosintéticos con un mismo destino, mejorar la EUA (eficiencia de uso de agua).P.1
- Aguilar, J., Illsley, C., & Marielle, C. (2003). Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. *Sin maíz no hay país*, 83-122.
- Amador, A. L., & Boschini-Figueroa, C. (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía mesoamericana*, 11(1), 171-177.
- Aragón Cuevas, F. Suketoshi Taba. Juan Manuel Hernández Casillas. Juan de Dios Figueroa Cárdenas M.C. Víctor Serrano Altamirano. 2006. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F
- Azcón, B. J; Fleck, I; Aranda X; y Gómez C.N. 2000.fundamentos de la fisiología vegetal .Pp.247-263.fotosíntesis en un ambiente cambiante. Azcón, B. J y M Talón.
- Azcón, J.B; fleck, I, Aranda XN, Gómez, C.N.2000, Fotosíntesis, factores ambientales y cambio climático. Azcón, B. J y M Talón. Fundamentos de la fisiología vegetal.Pp.247-263.
- Barrera, J; Suárez, D. 2010. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN PLANTAS.Pp.25-38. Melgarejo, L.M. Experimentos en Fisiología Vegetal.

- Blanco, Y., Afifi, M., & Swanton, C. J. (2015). Efecto de la calidad de la luz en el cultivo del maíz: una herramienta para el manejo de plantas arvenses. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 62-71.
- Carrillo T.C. 2009. El origen del maíz. *Ciencias* 92-93. P. 4-13.
- Fallas, R., Bertsch, F., Echandi, C., & Henríquez, C. (2011). Nutrient absorption and phenology development of the Costa Rican corn hybrid HC 57. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 33-47.
- Fassio, A., Carriquiry, A.I., Tojo C., Romero R. (1998). Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Andes 1365, Piso 12. Montevideo Uruguay. Maíz: aspectos sobre fenología. Pp. 1-49.
- Fernández, S. R; Morales, C. L A. y Gálvez, M. A. 2013. IMPORTANCIA DE LOS MAÍCES NATIVOS DE MÉXICO EN LA DIETA NACIONAL. UNA REVISIÓN INDISPENSABLE. *Fitotec. Mex.* Vol. 36 Supl. 3-A.p. 275 – 283.
- Frank B. Salisbury., Cleon W. Roos. 2000. temperatura y crecimiento .fisiología de las plantas.p.740-766
- Gómez, C. O., Betancourth, F. O., Martínez, F. T., & Burbano, T. C. L. (2010). Comportamiento agronómico de siete genotipos de maíz amarillo *Zea mays* L. bajo condiciones de clima medio en el Departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 27(1), 18-26.
- Gómez, G.P; primera edición. 2008. la Fotosíntesis, aprende sobre la elaboración de alimento que realizan las plantas.P.8.

González Huerta, A., Vázquez García, L. M., Sahagún Castellanos, J., Rodríguez Pérez, J. E., & Pérez López, D. D. J. (2007). Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura técnica en México*, 33(1), 33-42.

Guillermo O. Martín .S/a. Cátedra de Forrajes y Cereales - FAZ - UNT Cultivo del Maíz, P.21

Heinz, R. 2016. Tolerancia a estreses abióticos. Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

John Dainith, B. Sc; Ph. D; Elizabeth Tootill, M.Sc. 2005. Diccionario especializado de biología. Pp.251-282.E.A. Martín; E.K. Daintith. Editorial Norma S.A.

López-Morales, F., Vázquez-Carrillo, M., Molina-Galán, J. D., García-Zavala, J. J., Corona-Torres, T., Cruz-Izquierdo, S., ... & Esquivel-Esquivel, G. (2017). Interacción genotipo-ambiente, estabilidad del rendimiento y calidad de grano en maíz Tuxpeño. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1035-1050.

M.A. Asturias.2004. Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. Acción ecológica, red por una América Latina libre de transgénicos, quinto Ecuador. P.108.

Magdaleno, H. E; Apolinar M.C; Martínez; S. T; Jiménez-V. M. A. Sánchez, E. J; García, C.J.L. 2016.SELECCIÓN TRADICIONAL DE SEMILLA DE MAÍZ CRIOLLO. P.437-447.

Martínez M.D; Torres G.J.R.2013.Fisiología Vegetal. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Escuela de Biología.p.146.

Mercer, L.K; Perales, R.H, 2010.Respuesta evolutiva de las variedades autóctonas al cambio climático en los centros de diversidad de cultivos.

Montejo-Martínez, D., Casanova-Lugo, F., García-Gómez, M., Oros-Ortega, I., Díaz-Echeverría, V., & Morales-Maldonado, E. R. (2018). Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol.

Moreno F., L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agron. Colomb.*, 27(2),179-191.

Navas, A. A; Cervantes, T. 1992. SELECCIÓN EN CRUZAS INTERRACIALES TROPICALES DE MAIZ DE MÉXICO PARA ADAPTACIÓN A VALLES ALTOS. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA*.p.23-33

Ocampo F.N; 2014. FOTOSINTESIS. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Sistema de Universidad Virtual. P.8.

Ortas L. 2008. El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. Boletín nº 7.comercial de servicios agrigan, S.A. P.4

Paliwal, R. L. Granados, G. Pierre, M.J. 2001. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.p.392

Pecina, M.J.A; Mendoza, C. M.C; López, S. J A; Castillo. F; Gonzales, C.F Mendoza, R. Moisés.2009. RESPUESTA MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA DE

MAICES NATIVOS DE TAMAULIPAS A AMBIENTES CONTRASTANTES DE MÉXICO.p.681-694.

Pérez, E; Carril, U. 2009. Fotosíntesis: Aspectos Básicos, Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. P. 1-47.

Restrepo, H. Gómez, M.I Garzón; A, Manrique, L; Alzate, F; López, J; Rodríguez A. 2013.Respuesta bioquímica de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes condiciones de temperaturas nocturnas REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 7 - No. 2 - pp. 252-262.

Reta Sánchez, D. G., Cueto Wong, J. A., Gaytán Mascorro, A., & Santamaría Cesar, J. (2007). Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agricultura técnica en México*, 33(2), 145-151.

Reyes, L.D, Molina G. J. D; Oropeza R.M.A; Moreno P. E. 2004. del Carmen. Fitotec. Mex. Vol. 27. CRUZAS DIALÉLICAS ENTRE LÍNEAS AUTOFECONDADAS DE MAÍZ DERIVADAS DE LA RAZA TUXPEÑO. p. 49 – 56.

Reyes, M. J; Martínez, M. D. 2001.La plasticidad de las plantas. pp. 39-43

Rincón, T.J.A; Castro, N.S; López-S.J.A; A, J Huerta, López, T.C; Briones, E.F. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz. BOTANICA EXPERIMENTAL.p.30-40.

Ruiz, C.J.A; García, M.G; Ramírez, D.J.L; Flores, L.E.H; Ramírez, O.G; Manríquez, O.D.J; Zarazúa, V.P; González; E.R.D; Díaz P.G y de la Mora O.2011.

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS IMPLICACIONES EN CINCO ZONAS PRODUCTORAS DE MAÍZ EN MÉXICO .Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 2. p. 309-323.

Ruiz, C.J.A; José Luis Ramírez D.J.L; Hernández C.J.A; Aragón, C.F; Sánchez G.J. de Jesús; Ortega C.A; Medina, G.G; Ramírez O.G. 2011. RAZAS MEXICANAS DE MAÍZ COMO FUENTE DE GERMOPLASMA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. p. 365-379.

Ruiz, C.J.A; Sánchez, G.J. de Jesús; Hernández, C.J.M; Willcox, M.C; Ramírez, O.G, Ramírez, D.J.L; González, E.D.R. 2013. Identificación de razas mexicanas de maíz adaptadas a condiciones deficientes de humedad mediante datos biogeográficos Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.4. p. 829-842.

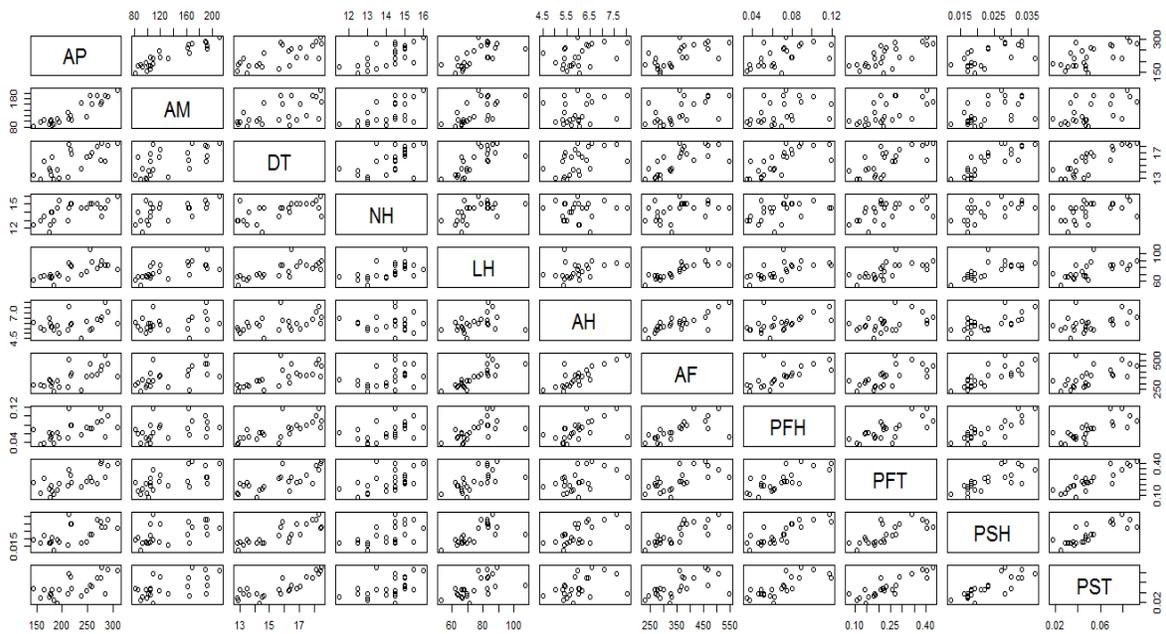
Sánchez G.J.J. 2011. Diversidad del Maíz y el Teocintle. Informe preparado para el proyecto: "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito. 2 Documento revisado por Hugo Perales (ECOSUR) y Fernando Castillo (COLPOS).

Saquimux, G. F I.2001. Selección masal en el cultivo de maíz (Zea mays, L.) para pequeños agricultores. Manual técnico agrícola.p.46

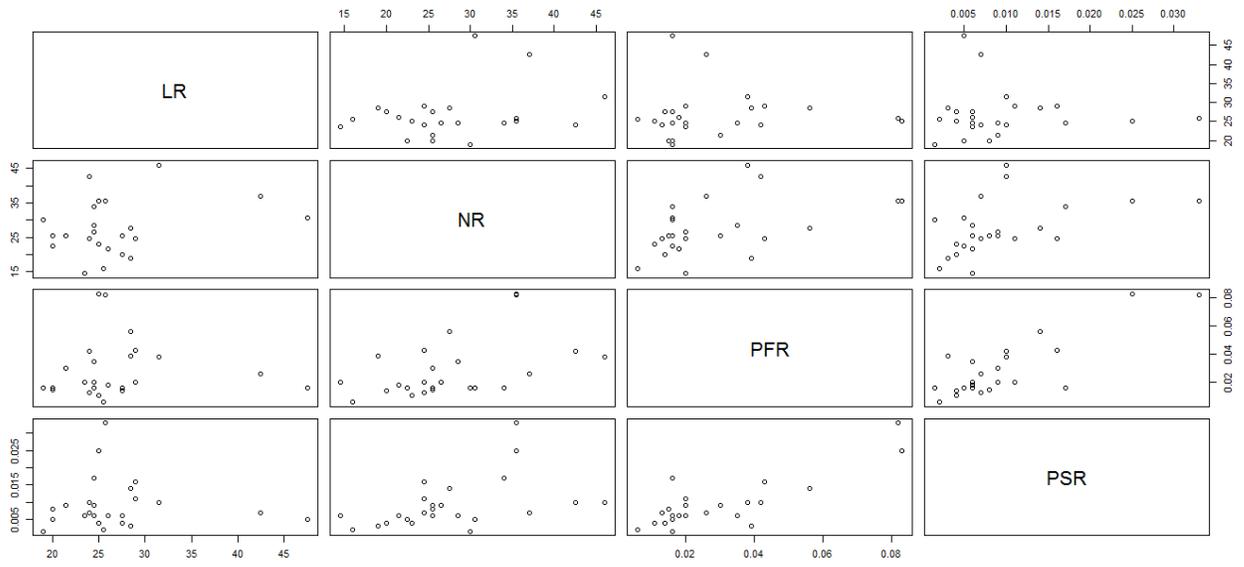
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA).S/a. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural, selección y manejos de maíces criollos.p.8
- Serratos, H.J.A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace México.P.33
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México.P.208
- Silva C.C.A. 2005. Maíz Genéticamente Modificado. PUBLICACIONES AGRO - BIO.P.61.
- Squeo FA, León MA. 2007. Transpiración. Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 3: 67–84.
- Van H.J; Hellin J; R.F Visser , y van E. F. A .2009. Estimación de la erosión genética del maíz en la pequeña agricultura modernizada.
- Vivanco, M.J; Cosio, E; Loyola, V.V.M; Flores, H.F. 2005. Mecanismos químicos de defensa en las plantas. Investigación y ciencia, .P.68-75.
- Wellhausen, E. J. E. J. (1951). *Razas de maíz en México; origen, características y distribución* (No. 04; SB191. M2, W45.). p.237

IX. ANEXOS

Cuadro 19. Correlación de las variables: Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AM), Número de hojas (NH), Diámetro del tallo (DT), Largo de hoja (LH), Ancho de hoja (AH), Área foliar (AF), Peso fresco de hoja (PFH), Peso seco de hoja (PSH), Peso fresco de tallo (PFT) y Peso seco de tallo (PST).



Cuadro 20. Correlación de las variables: Largo de raíz (LR), Número de raíz (NR), Peso fresco de raíz (PFR), Peso seco de raíz (PSR).



Cuadro 21. Correlación de las variables: Peso fresco de mazorca primaria (PFM1), Peso fresco de mazorca secundaria, (PSM2) Peso seco de mazorca primaria (PSM1) y Peso seco de mazorca secundaria (PSM2).

