

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(CREADO POR LA LEY N° 25265)



**ESCUELA DE POSGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA  
UNIDAD DE POSGRADO**

**TESIS**

**“SIMULACION DEL EFECTO DE PRECIPITACION SOLIDA  
(GRANIZADA) COMO FACTOR CLIMATICO EN EL CULTIVO DE  
MAIZ (*Zea mays*) DURANTE LA CAMPAÑA AGRICOLA 2018-2019  
EN ACOBAMBA - HUANCAMELICA”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
GESTIÓN AMBIENTAL Y AGROECOLÓGICA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. WILLIAM HUAMÁN TOVAR**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS DE INGENIERIA**

**MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**HUANCAMELICA, PERÚ**

**2021**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creado por Ley N° 25265)

ESCUELA DE POSGRADO

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

UNIDAD DE POSGRADO

(APROBADO CON RESOLUCIÓN N° 736-2005-ANR)



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Ante el Jurado conformado por los docentes: **Dr. Agustín PERALES ANGOMA**, M.Sc. Rodrigo HUAMAN JURADO, M.Sc. Jose Luis CONTRERAS PACO.

Asesor: **Dr. Ruggerths Neil DE LA CRUZ MARCOS**

De conformidad al Reglamento Único de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado mediante Resolución N° 330-2019-CU-UNH, y modificado con Resolución N° 552-2021-CU-UNH, y la Directiva de la Sustentación Síncrona de Tesis de los Estudiantes de Maestría y Doctorado de las Unidades de Posgrado de las Facultades Integrantes de la Universidad Nacional de Huancavelica en el Marco al estado de emergencia covid 19, aprobado mediante Resolución Directoral N° 340-2020-EPG-R/UNH.

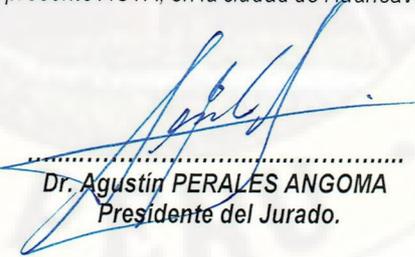
El candidato al **GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE INGENIERIA; MENCIÓN EN ECOLOGIA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

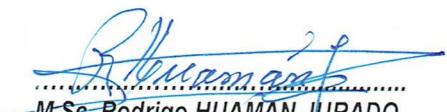
Don, **William HUAMAN TOVAR**, procedió a sustentar su trabajo de Investigación titulado "**SIMULACIÓN DEL EFECTO DE PRECIPITACIÓN SOLIDA (GRANIZADA) COMO FACTOR CLIMÁTICO EN EL CULTIVO DE MAIZ (Zea Mays) DURANTE LA CAMPAÑA AGRICOLA 2018-2019 EN ACOBAMBA - HUANCAMELICA**".

Luego de haber absuelto las preguntas que le fueron formulados por los Miembros del Jurado, se dio por concluido al ACTO de sustentación, realizándose la deliberación y calificación, resultando:

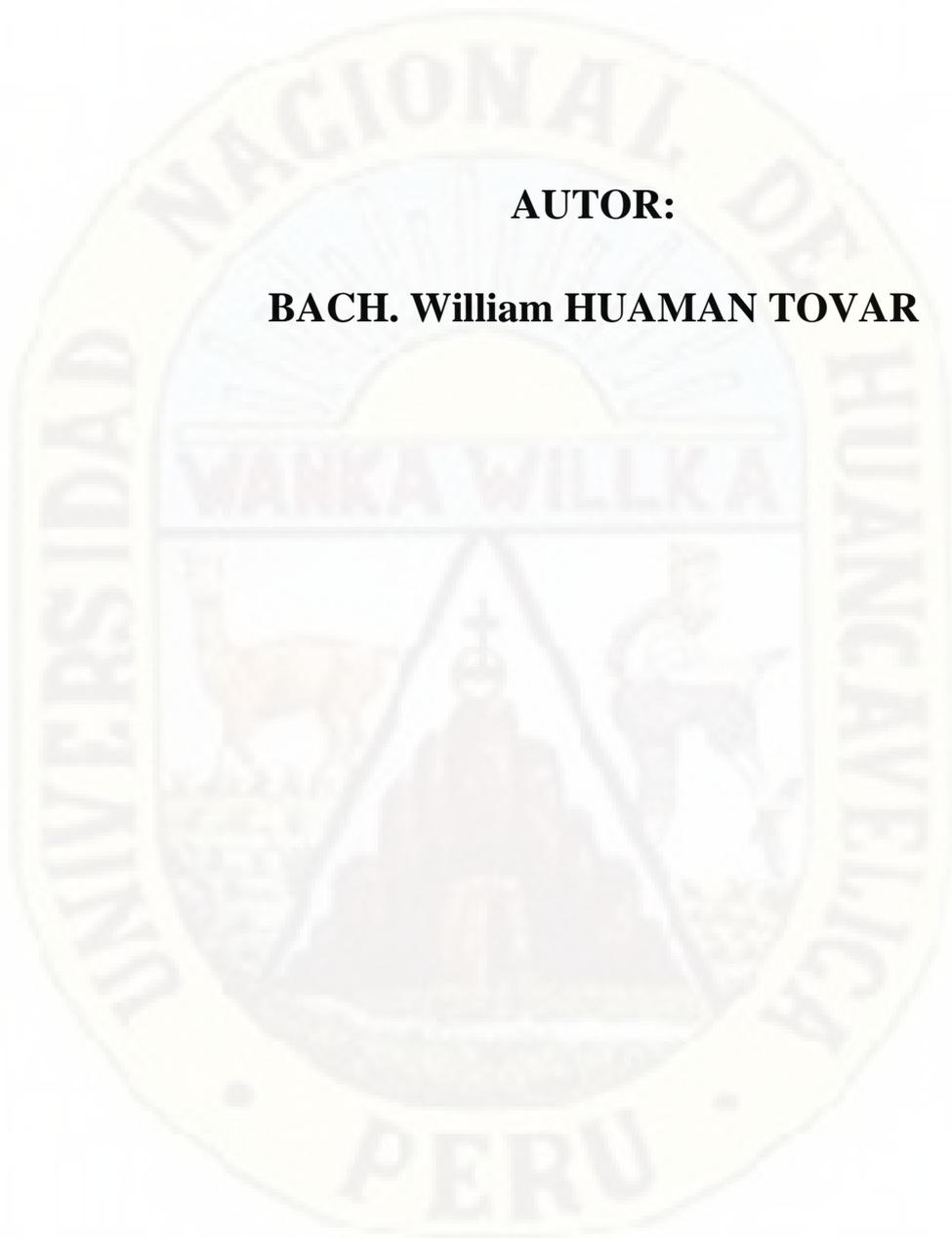
Con el calificado **APROBADO POR UNANIMIDAD**

Y para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica, a los veintiocho días del mes de diciembre del año 2021.

  
.....  
**Dr. Agustín PERALES ANGOMA**  
Presidente del Jurado.

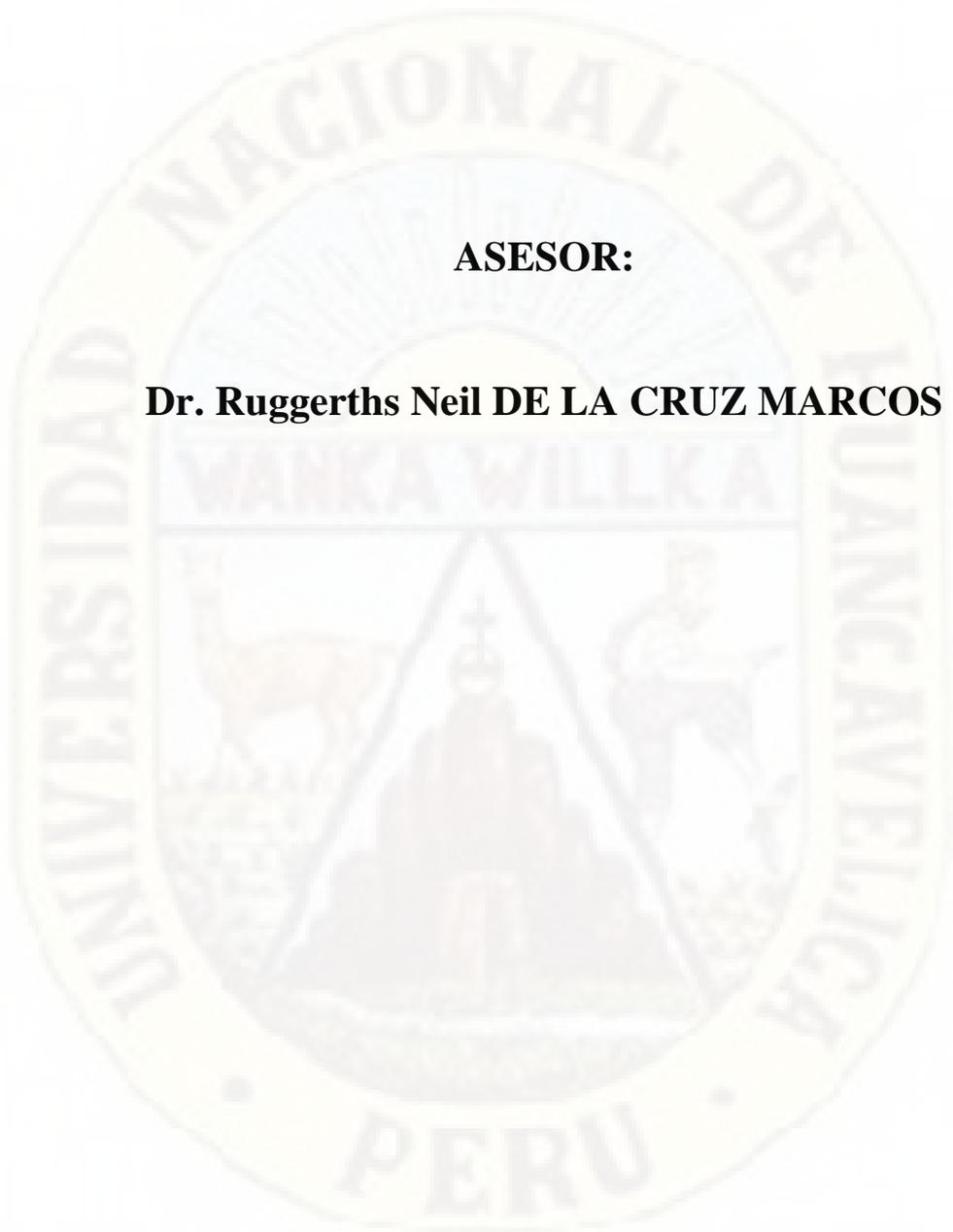
  
.....  
**M.Sc. Rodrigo HUAMAN JURADO**  
Secretario del Jurado

  
.....  
**M.Sc. Jose Luis CONTRERAS PACO**  
Vocal del Jurado



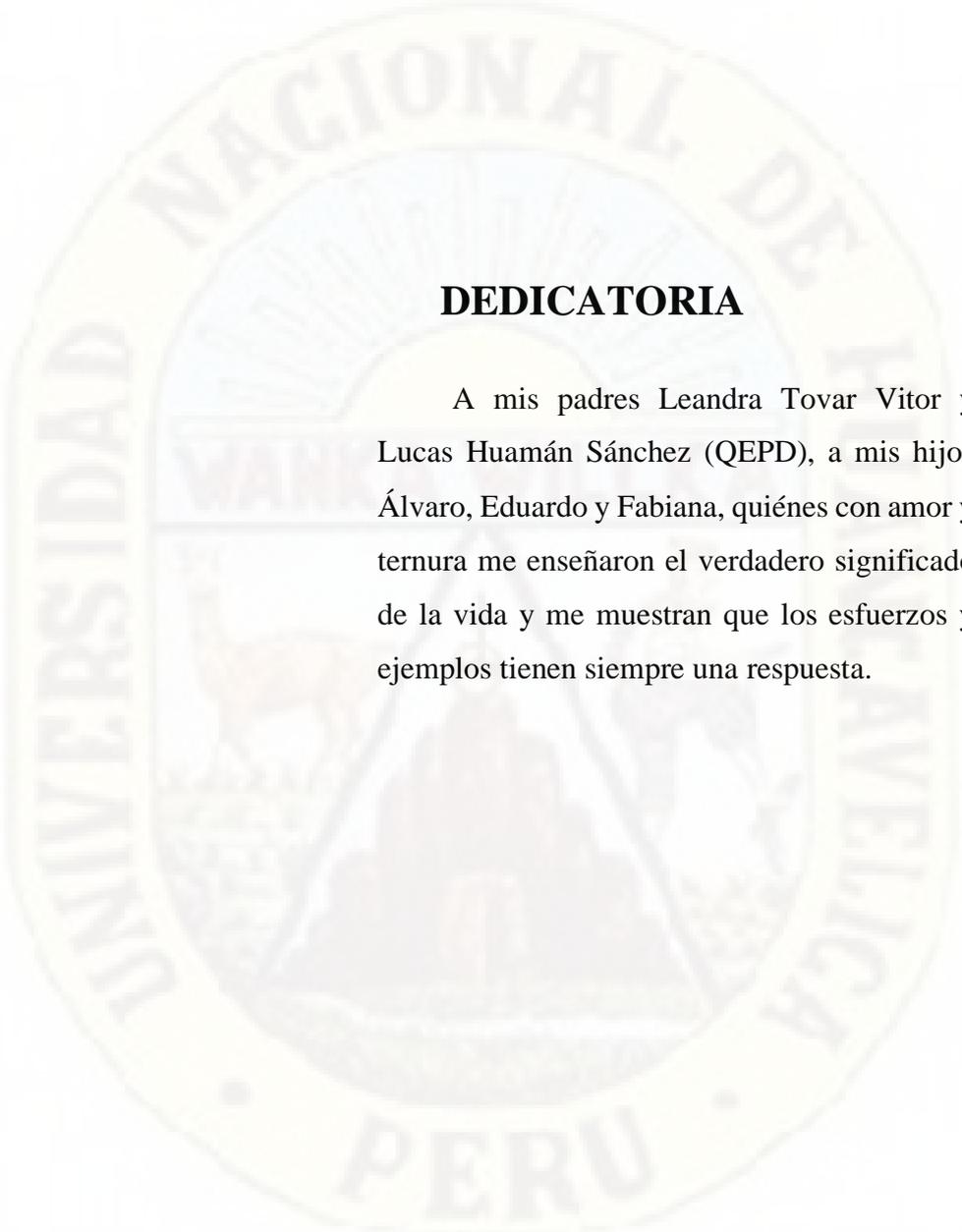
**AUTOR:**

**BACH. William HUAMAN TOVAR**



**ASESOR:**

**Dr. Ruggerths Neil DE LA CRUZ MARCOS**



## **DEDICATORIA**

A mis padres Leandra Tovar Vitor y Lucas Huamán Sánchez (QEPD), a mis hijos Álvaro, Eduardo y Fabiana, quiénes con amor y ternura me enseñaron el verdadero significado de la vida y me muestran que los esfuerzos y ejemplos tienen siempre una respuesta.

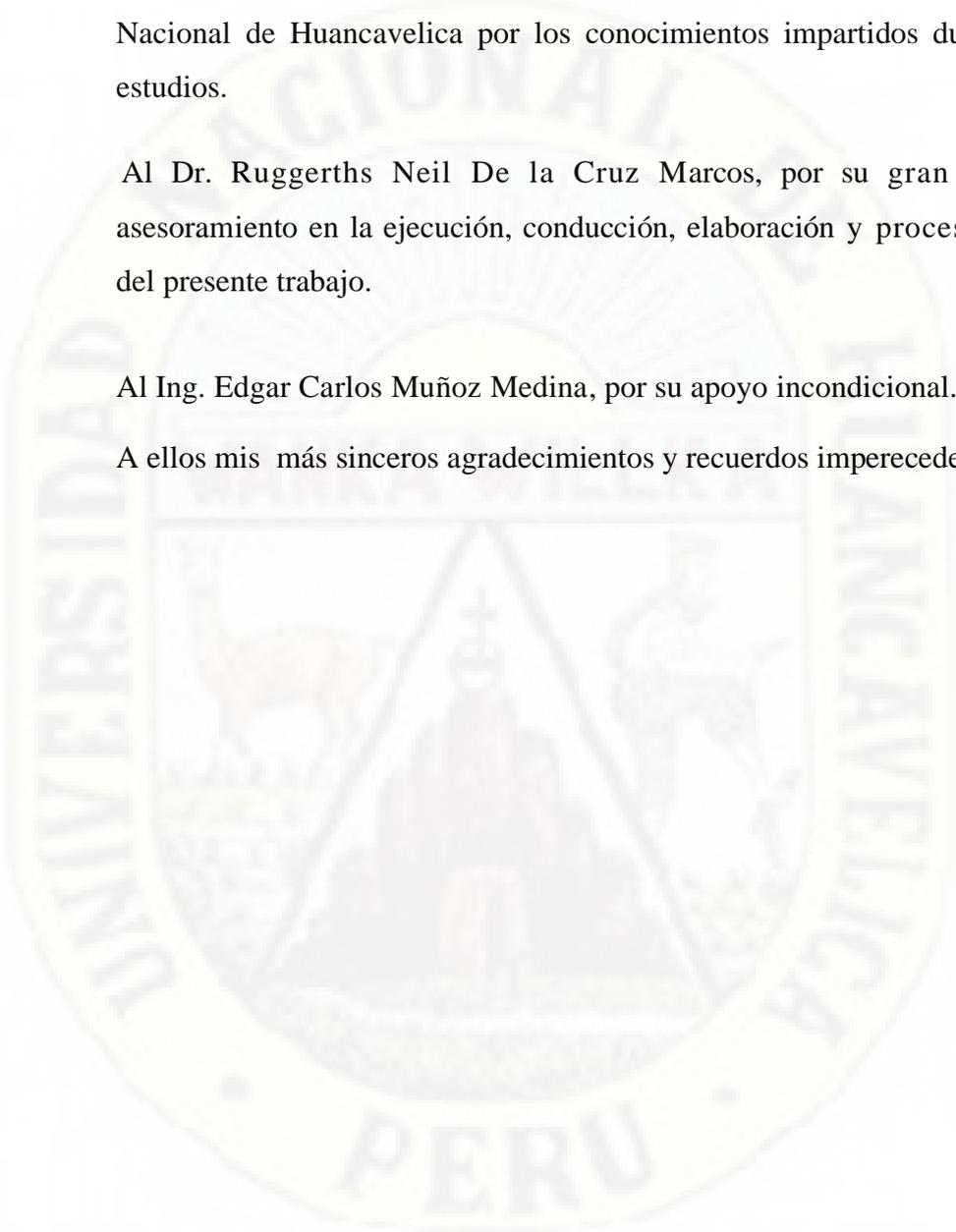
## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes distinguidos de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Huancavelica por los conocimientos impartidos durante mis estudios.

Al Dr. Ruggerths Neil De la Cruz Marcos, por su gran apoyo y asesoramiento en la ejecución, conducción, elaboración y procesamiento del presente trabajo.

Al Ing. Edgar Carlos Muñoz Medina, por su apoyo incondicional.

A ellos mis más sinceros agradecimientos y recuerdos imperecederos.



## RESUMEN

La variabilidad climática manifestada con la presencia de precipitaciones sólidas, dañan y reducen rendimientos de cultivos. El estudio se ejecutó durante la campaña agrícola 2018 – 2019, en el centro poblado de Choclococha, provincia de Acobamba – Huancavelica, localizada a 3440 msnm para evaluar los efectos causados por las precipitaciones sólidas en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo en condiciones de secano. En el estudio se aplicó el método experimental, y como técnica general la observación además de la medición, conteo y pesado. La población del experimento estuvo conformada por 1890 plantas de maíz, instaladas con el diseño de bloques completamente al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones. T1 (sin defoliación), T2 (defoliación en 25% de las láminas de cada hoja), T3 (defoliación en 50% de las láminas de cada hoja); T4 (defoliación en 75% de las láminas de cada hoja), T5 (defoliación en 100% de las láminas de cada hoja), T6 (rasgado total de las láminas de la hoja) y T7 (rasgado total de las láminas y quiebre de la nervadura). Se obtuvieron rendimientos de grano seco de 5743.41, 4966.09, 4783.23, 4694.85, 3920.29, 2878.37 y 2239.97 kg/ha en los tratamientos T1, T6, T7, T2, T3, T4 y T5 respectivamente, se encontró efecto de los tratamientos de defoliación en la disminución del rendimiento en el rango del 13.53 % al 61% respecto del tratamiento testigo. Se concluye que el daño foliar simulado influyó negativamente en el tamaño de las mazorcas y el rendimiento, pero no en el crecimiento de la planta.

**Palabras clave:** Granizo, defoliación, rendimiento, maíz amiláceo.

## ABSTRACT

The climatic variability manifested with the presence of solid rainfall, damages and reduces crop yields. The study was carried out during the 2018-2019 agricultural season, in the town of Choclococha, Acobamba-Huancavelica province, located at 3,440 meters above sea level to evaluate the effects caused by solid rainfall on the yield of starchy corn under rainfed conditions. In the study, the experimental method and the observation technique were applied. The population of the experiment consisted of 1890 corn plants, installed with a completely randomized block design with 7 treatments and 3 repetitions. T1 (no defoliation), T2 (defoliation in 25% of the blades of each leaf), T3 (defoliation in 50% of the blades of each leaf); T4 (defoliation in 75% of the blades of each leaf), T5 (defoliation in 100% of the blades of each leaf), T6 (total tear of the blade blades) and T7 (total tear of the blades and break of the rib). Dry grain yields of 5743.41, 4966.09, 4783.23, 4694.85, 3920.29, 2878.37 and 2239.97 kg / ha were obtained in treatments T1, T6, T7, T2, T3, T4 and T5 respectively, an effect of defoliation treatments was found in the yield decrease in the range of 13.53% to 61% with respect to the control treatment. It is concluded that the simulated foliar damage had a negative influence on the size of the ears and the yield, but not on the growth of the plant.

**Key words:** Hail, defoliation, yield, starchy maize.

## INDICE

1	CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	1
1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Formulación del problema .....	2
1.2.1	Problema general:.....	2
1.2.2	Problemas específicos: .....	2
1.3	Objetivos de la investigación .....	3
1.3.1	Objetivo general .....	3
1.3.2	Objetivo específico.....	3
1.4	Justificación.....	3
1.4.1	Justificación social: .....	3
1.4.2	Justificación técnica: .....	4
1.4.3	Justificación económica: .....	4
1.4.4	Justificación científica:.....	5
2	CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	6
2.1	Antecedentes de la investigación. ....	6
2.1.1	De nivel internacional.....	6
2.1.2	De nivel nacional.....	21
2.1.3	De nivel local.....	30
2.2	Bases teóricas .....	32
2.2.1	La Precipitación.....	32
2.2.2	Teorías del aumento del tamaño de las precipitaciones .....	33
2.2.3	Teorías del crecimiento de las plantas.....	39
2.2.4	Teoría del rendimiento en respuesta al agua .....	43

2.2.5	Teoría del rendimiento en respuesta a la densidad de siembra ..	44
2.2.6	El cultivo de maíz.....	45
2.2.7	Cultivo de maíz blanco amiláceo .....	51
2.2.8	Control biológico de plagas en maíz .....	64
2.2.9	Producción nacional del maíz amiláceo .....	64
2.3	Formulación de hipótesis .....	65
2.3.1	Hipótesis general: .....	65
2.3.2	Hipótesis específicas .....	66
2.4	Definición de términos.....	66
2.5	Identificación de variables .....	70
2.6	Operacionalización de variables .....	71
3	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	73
3.1	Tipo de investigación .....	73
3.2	Nivel de investigación.....	73
3.3	Métodos de investigación.....	73
3.3.1	Ámbito de Estudio.....	74
	Ámbito temporal: .....	74
	Ámbito espacial:.....	74
3.3.2	Materiales utilizados en el experimento .....	74
3.3.3	Actividades desarrolladas en el proceso del experimento .....	75
3.4	Diseño de investigación .....	84
3.4.1	Descripción de los tratamientos.....	84
3.4.2	Croquis del experimentos y distribución de los tratamientos.....	85
3.4.3	Características del experimento.....	85

3.5 Población, muestra y muestreo .....	86
3.5.1 Población:.....	86
3.5.2 Muestra:.....	86
3.5.3 Muestreo:.....	88
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	90
3.6.1 Altura de planta: .....	91
3.6.2 Longitud de mazorca .....	92
3.6.3 Diámetro de mazorca:.....	93
3.6.4 Cantidad de granos por mazorca: .....	95
3.6.5 Peso de granos por mazorca: .....	95
3.6.6 Peso de la tusa: .....	96
3.6.7 Rendimiento en grano seco de maíz.....	96
3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	97
3.8 Descripción de la prueba de hipótesis.....	98
4 CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	99
4.1 Presentación e interpretación de datos .....	99
4.1.1 Prueba de homogeneidad de varianza .....	99
4.1.2 Prueba de normalidad .....	107
4.1.3 Resultados de tamaño de plantas de maíz amiláceo .....	116
4.2 Discusión de resultados.....	129
4.3 Proceso de prueba de hipótesis .....	135
4.3.1 Prueba de hipótesis para el rendimiento de granos de maíz.....	135
4.3.2 Prueba de hipótesis para el tamaño de mazorca de maíz.....	136
4.3.3 Prueba de hipótesis para producción de granos por mazorca...	138

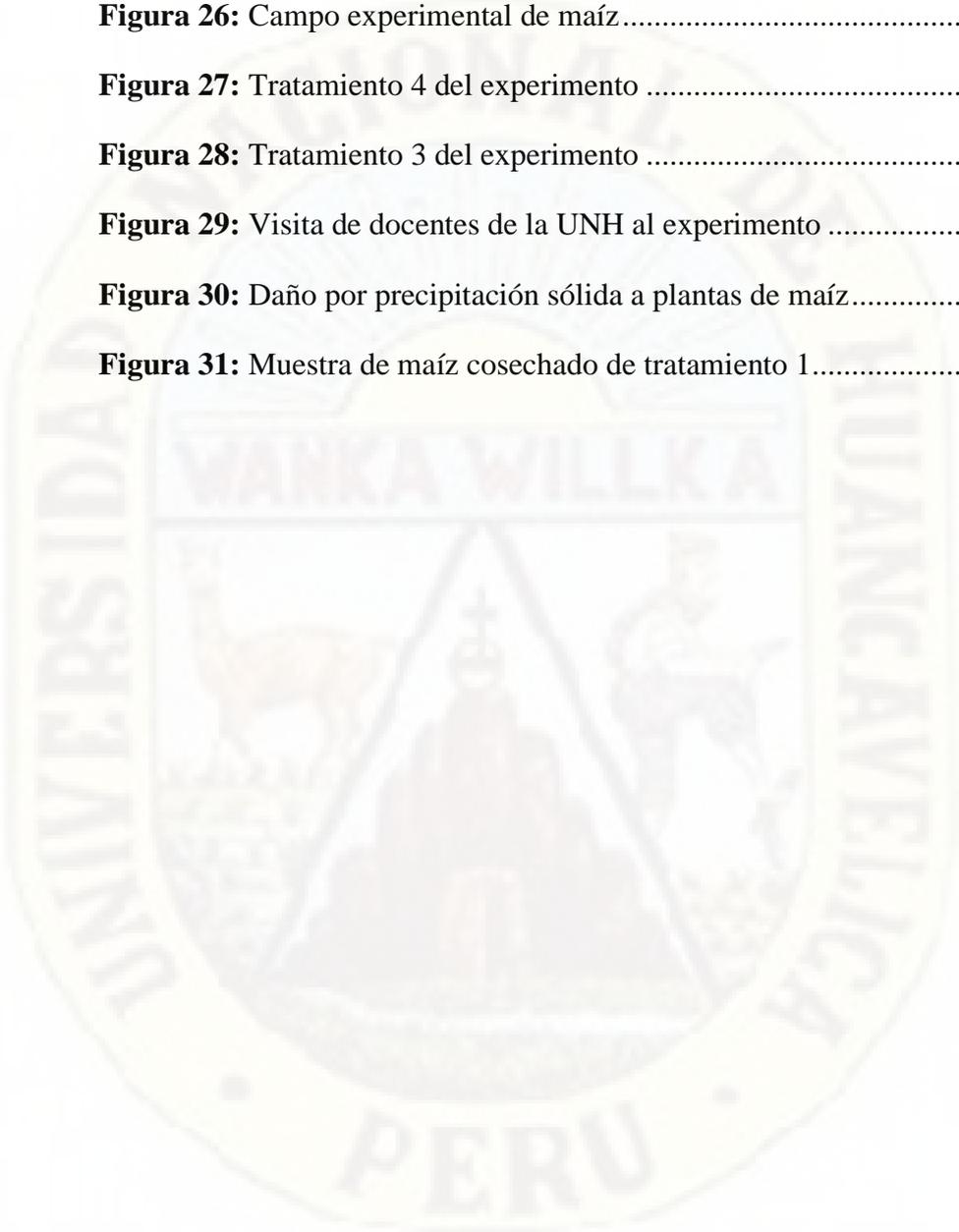
4.4 Conclusiones .....	140
4.5 Recomendaciones.....	141
5 Referencias.....	142



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Crecimiento y desarrollo del maíz.....	61
<b>Figura 2</b>	Etapas fenológicas de la fase vegetativa y reproductiva del maíz..	62
<b>Figura 3</b>	Terreno preparado para instalar el experimento .....	76
<b>Figura 4</b>	Labor cultural de deshierbo .....	77
<b>Figura 5</b>	Delimitación de tratamientos en el campo experimental.....	78
<b>Figura 6</b>	Materiales utilizados en la simulación de daño foliar .....	78
<b>Figura 7</b>	Realizando la simulación del daño .....	79
<b>Figura 8</b>	Tratamiento en estudio .....	80
<b>Figura 9</b>	Ocasionando daño foliar en las plantas .....	80
<b>Figura 10</b>	Visita de docente de la Facultad de Ciencias Agrarias.....	81
<b>Figura 11</b>	Visita de asesor de tesis al campo experimental.....	81
<b>Figura 12</b>	Visita a campo experimental por docentes de la UNH.....	82
<b>Figura 13</b>	Granizada en campos de cultivo de Acobamba Octubre 2017.....	82
<b>Figura 14</b>	Daño foliar por granizada al maíz en Acobamba. Mayo 2021 .....	83
<b>Figura 15</b>	Muestra de cosecha de maíz .....	83
<b>Figura 16</b>	Croquis de distribución de tratamientos del experimento .....	85
<b>Figura 17</b>	Población de plantas de maíz amiláceo en estudio.....	86
<b>Figura 18:</b>	Medición de altura de planta con bastón de prisma .....	91
<b>Figura 19:</b>	Despalcado de maíz cosechado .....	92
<b>Figura 20:</b>	Medición de longitud de mazorca .....	93
<b>Figura 21:</b>	Muestra de mazorca cosechada .....	94
<b>Figura 22:</b>	Medición de diámetro de mazorca .....	94
<b>Figura 23:</b>	Pesado de muestra de mazorca.....	95

<b>Figura 24:</b> Muestra de mazorcas frescas de maíz .....	96
<b>Figura 25:</b> Muestras secas de mazorcas maíz del testigo.....	97
<b>Figura 26:</b> Campo experimental de maíz.....	168
<b>Figura 27:</b> Tratamiento 4 del experimento .....	168
<b>Figura 28:</b> Tratamiento 3 del experimento .....	169
<b>Figura 29:</b> Visita de docentes de la UNH al experimento .....	169
<b>Figura 30:</b> Daño por precipitación sólida a plantas de maíz.....	170
<b>Figura 31:</b> Muestra de maíz cosechado de tratamiento 1.....	170



## INDICE DE TABLA

<b>Tabla 1</b> Características morfológicas del cultivo de maíz.....	48
<b>Tabla 2</b> Rendimiento de maíz en respuesta a fertilización química .....	58
<b>Tabla 3</b> Razas de maíz del Perú.....	63
<b>Tabla 4</b> Producción de maíz amiláceo por departamento.....	65
<b>Tabla 5</b> Operacionalización de las variables .....	71
<b>Tabla 6</b> Tabla de distribución normal estandarizada.....	89
<b>Tabla 7</b> Técnicas e instrumentos de medición de variables .....	90
<b>Tabla 8</b> Prueba de homogeneidad de varianzas para la altura de planta .....	100
<b>Tabla 9</b> Prueba de homogeneidad de varianzas para longitud de mazorca ..	101
<b>Tabla 10</b> Prueba homogeneidad de varianzas para el número de granos por perímetro de mazorca .....	102
<b>Tabla 11</b> Prueba de homogeneidad de varianzas para número de granos por mazorca .....	103
<b>Tabla 12</b> Prueba de homogeneidad de varianzas para el peso de granos por mazorca .....	104
<b>Tabla 13</b> Prueba homogeneidad de varianzas para rendimiento .....	106
<b>Tabla 14</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para la altura de planta ..	107
<b>Tabla 15</b> Prueba normalidad de Shapiro Wilk para la longitud de mazorca	109
<b>Tabla 16</b> Prueba normalidad de Shapiro Wilk para diámetro de mazorca ..	110
<b>Tabla 17</b> Prueba normalidad de Shapiro Wilk para número de granos por mazorca .....	111
<b>Tabla 18</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para peso de granos por mazorca .....	113

<b>Tabla 19</b> Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para rendimiento de granos de maíz .....	114
<b>Tabla 20</b> Análisis de varianza para la altura de planta a los 120 DDS.....	116
<b>Tabla 21</b> Prueba de Tukey de comparación de promedios de longitud de mazorca .....	117
<b>Tabla 22</b> Análisis de varianza para el diámetro de mazorca .....	118
<b>Tabla 23:</b> Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el diámetro de mazorca (cm).....	119
<b>Tabla 24:</b> Análisis de varianza para el número de granos por perímetro mayor de la mazorca.....	120
<b>Tabla 25:</b> Prueba de significación de comparación de medias para el número de granos por perímetro de la mazorca .....	121
<b>Tabla 26:</b> Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el número de granos por mazorca .....	122
<b>Tabla 27:</b> Análisis de varianza del peso de granos por mazorca.....	123
<b>Tabla 28:</b> Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el peso de granos por mazorca (gr) .....	124
<b>Tabla 29:</b> Análisis de varianza de peso de tusa (gr).....	125
<b>Tabla 30:</b> Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el peso de tusa (gr) .....	126
<b>Tabla 31:</b> Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el rendimiento de grano seco (kg/ha) .....	127
<b>Tabla 32:</b> Análisis de varianza del rendimiento en grano seco (kg/ha) .....	135
<b>Tabla 33:</b> Análisis de varianza para la longitud de mazorca a la cosecha .	137
<b>Tabla 34:</b> Análisis de varianza para el número de granos por mazorca.....	138

## INTRODUCCIÓN

En la sierra peruana y en general en la región andina, predominan espacios geográficos para desarrollar actividades económicas basados en la agricultura, predomina el tipo de agricultura extensiva, basado principalmente en una dependencia de las precipitaciones pluviales que empiezan en la estación de primavera y termina en otoño (campana agrícola que se inicia entre setiembre y octubre y culmina entre mayo a junio de cada año). Las características climáticas de la región geográfica presentan particularidades que en muchos casos determinan las zonas de vida para la fauna y flora silvestre, asimismo, las condiciones para que prosperen diversas especies vegetales domésticas o cultivables.

La provincia de Acobamba forma parte de dicha región geográfica, en el que se conducen diferentes cultivos anuales, tales como: papa (nativas y mejorados), tubérculos nativos (oca, mashua, olluco), cebada, trigo, arvejas (grano verde y seco), habas, maíz amiláceo, etc., además de cultivos perennes como los frutales. Sin embargo, la gran mayoría de ellos se desarrollan sin sistemas de riego, es decir dependiendo de las precipitaciones, los cuales son variables en función a las diferencias altitudinales de los espacios geográficos, variables en intensidad, niveles y tipo de precipitaciones, es así que en las partes altas se tienen extremos lluviosos con precipitaciones sólidas como el granizo y nieve, y las precipitaciones líquidas en las partes de menor altitud.

La búsqueda de alternativas de solución para la mejora de los rendimientos del maíz fueron diversos, desde pruebas diversas como de nutrición inorgánicas hasta del tipo orgánicas, como los refiere (Jiménez Ortiz, y otros, 2020) que utilizaron estiércol compostado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz, logrando cierto éxito. Asimismo, ante las experiencias negativas de los fenómenos meteorológicos como las granizadas que ocurren con mayor frecuencia en los últimos años, como evidencia de la variabilidad del clima, originado por el calentamiento global, se realizaron estudios para estimar los efectos en el rendimiento por los daños foliares que podrían ocasionar las precipitaciones sólidas, incluyendo como estrategias simulaciones de daño foliar como

las que realizaron Papucci, González, Cruciani y González (2019) al evaluar en el cultivo de maíz, los efectos sobre el rendimiento, peso de grano y peso hectolítrico cuando se simula el daño foliar causado por el granizo. Los resultados que consiguieron ayudan a tomar decisiones de las autoridades y de las aseguradoras de cultivos agrícolas.

Estos antecedentes, son experiencias que difieren de la realidad ambiental y geográficas de la región andina del país, en la que esta Acobamba. La presencia e intensidad de las precipitaciones sólidas son impredecibles durante las campañas agrícolas en las zonas intermedias y altas, en los últimos años se tuvo presencia de fenómenos lluviosos sólidos que afectaron negativamente a diferentes cultivos agrícolas entre ellos el maíz en diferentes etapas fenológicas, causando deterioro en la parte foliar y en la fructificación, que al final se traducen en la disminución de los rendimientos y en otros casos extremos en la pérdida parcial y total del cultivo. Sin embargo, se requiere realizar las mediciones de los daños que podrían ocasionar las precipitaciones sólidas en el cultivo de maíz amiláceo en las condiciones ambientales de Acobamba.

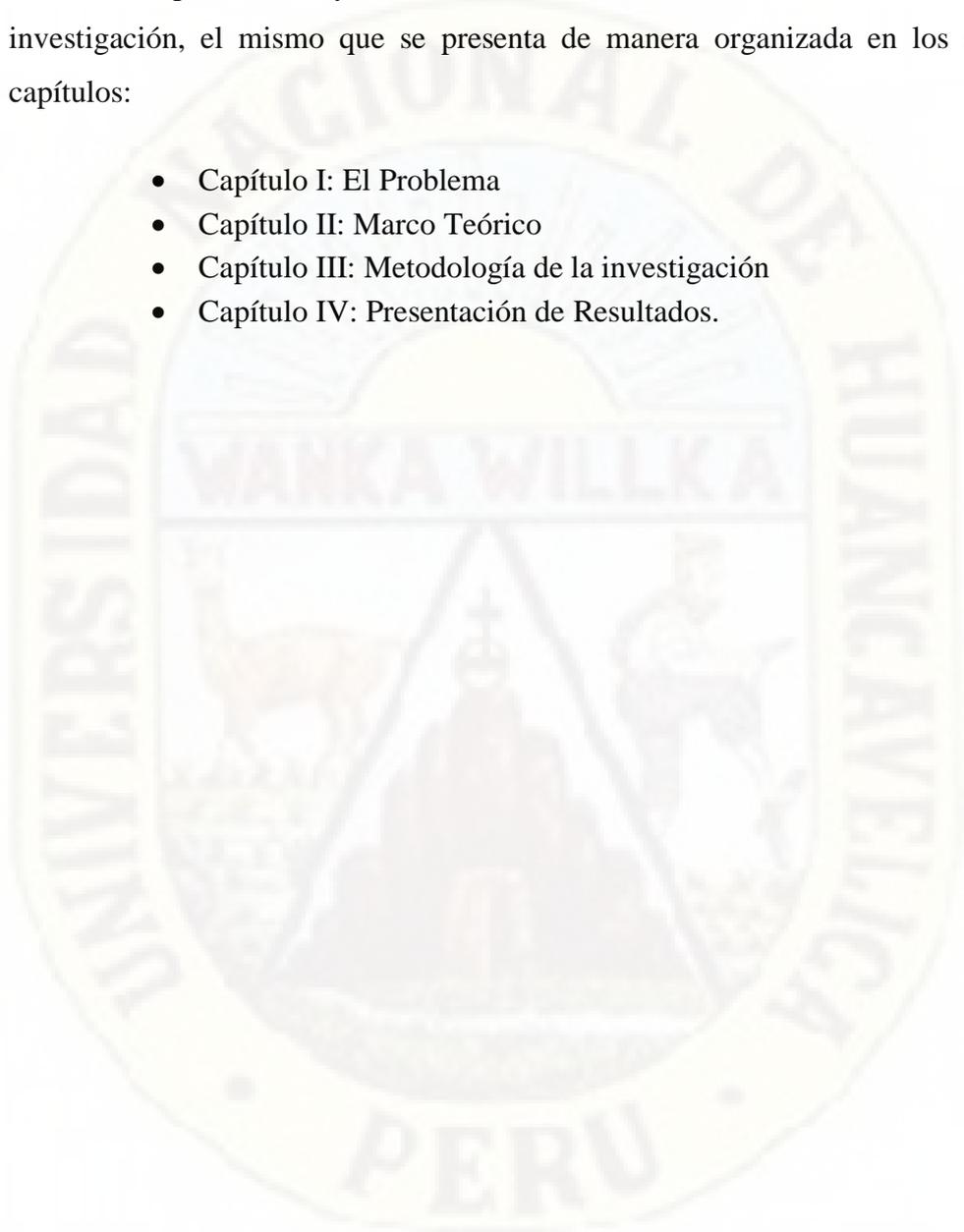
En el último quinquenio, las gestiones del gobierno regional, han considerado la contratación de seguros agrarios, que incluyen cultivos agrícolas, con la finalidad de remediar en parte los daños que ocasionan las granizadas, y mitigar las pérdidas económicas de los agricultores, se sabe que, para realizar los reconocimientos económicos, se tiene que realizar evaluaciones a nivel de campo, para estimar la magnitud de los daños, los que deben estar basados en sustentos técnicos y científicos. Por tanto, se hace muy necesario, realizar estudios que permitan generar información y conocimiento para estimar los daños, en condiciones reales de las zonas de cultivo de maíz amiláceo a nivel de la provincia de Acobamba, que se asumió desde un interés particular hacia el interés común de los productores, resultados que dotaran de conocimiento técnico en beneficio de una adecuada y acertada decisión de los agentes evaluadores de los seguros agrarios de los cultivos.

En ese sentido, se planteó el presente estudio para evaluar los efectos de diferentes niveles de defoliación, rasgado y rotura de nervaduras foliares del maíz,

como una posible simulación de precipitación sólida o granizo, en el rendimiento del cultivo. Así se pone en consideración de los profesionales del sector agrario, autoridades, productores y comunidad académica, los resultados de obtenidos en la investigación, el mismo que se presenta de manera organizada en los siguientes capítulos:

- Capítulo I: El Problema
- Capítulo II: Marco Teórico
- Capítulo III: Metodología de la investigación
- Capítulo IV: Presentación de Resultados.

El autor.



# CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

## 1.1 Planteamiento del problema

Los productores de la localidad de Choclococha, se dedican principalmente a la producción del cultivo de maíz amiláceo, siendo esta la principal fuente de ingreso para las familias productoras de esta localidad y cuyo clima, suelo, altitud son apropiados para el desarrollo de este cultivo. Pero en vista que la zona es una planicie existe fuertes vientos, tormentas y granizos en cada campaña agrícola y dichos fenómenos meteorológicos causan en muchos casos estragos en cada etapa de desarrollo fenológico del maíz y otros cultivos de pan llevar y precisamente las causantes por efecto de la granizada no son cuantificados y no se conocen con precisión cual es el deterioro que produce este fenómeno en el rendimiento del principal cultivo de ésta localidad y otras localidades vecinas productoras de este cultivo muy apreciado y preferido por los agricultores más que nada por los diversos usos que se le da como ingrediente principal de la comida peruana, los daños son permanentes y se registran anualmente. La Dirección Regional Agraria de Huancavelica (2016): informó lo sucedido en Huancavelica y provincias: “lluvias y granizada dañaron 90 hectáreas de cultivo varias plantaciones de maíz, papa, trigo y frejol, en las localidades de Patacclla, San Pablo y Lluccllapampa, en Churcampa. Esta situación ha generado la preocupación de la población y autoridades de Huancavelica. Asimismo, dio origen para que el Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) realice la evaluación de los daños ocasionados por las lluvias y la granizada. Personal de las municipalidades distritales de Acobamba y Pachamarca, también evalúan los daños y análisis de necesidades” (Fuente: Agencia Andina marzo 2016). Así mismo este año 2019, jueves 03 de enero, se suscitó una granizada atroz según informó el Diario El Comercio, causando cuantiosos daños en todos los cultivos de Acobamba-Huancavelica. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) (2019), el evento meteorológico estaba previsto dentro del aviso meteorológico N° 14, asimismo los ocurridos en las regiones de Puno, Ayacucho, Junín, Pasco y Huánuco. Dando énfasis en el informe que "Es muy difícil de pronosticar dónde se va a presentar la siguiente granizada".

En función al cual surge la necesidad de realizar investigaciones que ayuden a estimar los efectos del daño foliar en los niveles de rendimiento de los cultivos en general, pero en este caso y siendo para Acobamba el cultivo maíz, un componente de gran importancia social y económica de los sistemas de producción de cultivos, se elige al maíz amiláceo para encontrar respuesta al problema que generan las precipitaciones sólidas. Para que, en función a los resultados encontrados, se ayuden a las autoridades en la toma de decisiones políticas y técnicas, siendo esta última una posibilidad estratégica nueva para tratar de mitigar los daños, lo que sería la secuencia del presente trabajo de investigación.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general:**

¿Cuál es el efecto de diferentes niveles de daño foliar por precipitaciones sólidas simuladas en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz amiláceo en la localidad de Choclococha, distrito de Pomacocha, Acobamba-Huancavelica?

### **1.2.2 Problemas específicos:**

¿En cuánto afectará los diferentes niveles de daño foliar por precipitaciones sólidas simuladas en el crecimiento de la mazorca en el cultivo de maíz amiláceo?

¿En cuánto afectará los diferentes niveles de daño foliar por precipitaciones sólidas simuladas en la producción de granos de maíz por mazorca?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar los efectos causados por las precipitaciones sólidas en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo, en la localidad de Choclococha, distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba, región Huancavelica.

### **1.3.2 Objetivo específico**

Determinar el efecto de los diferentes niveles de daño foliar las precipitaciones solidas simuladas en el crecimiento de la mazorca en el cultivo de maíz amiláceo

Determinar el efecto de los diferentes niveles de daño foliar por precipitaciones solidas simuladas en la producción de granos de maíz por mazorca,

Determinar el efecto de los diferentes niveles de daño foliar por precipitaciones solidas simuladas en el rendimiento de grano seco de maíz amiláceo.

## **1.4 Justificación**

### **1.4.1 Justificación social:**

El maíz amiláceo es un cultivo de importancia social y económica que agrupa e involucran los sistemas de cultivos que mantienen los agricultores de Acobamba, según el Plan de Desarrollo Concertado de Acobamba (2017) más del 80% de la población considera como componente fundamental en las actividades productivas y por tanto se incluyen en las campañas agrícolas, lo que justifica social y económicamente la ejecución de la investigación.

Con el estudio se emprendió la búsqueda de respuesta al problema de investigación, para conocer el efecto que ocasionan las precipitaciones sólidas al rendimiento del cultivo de maíz, en función a los niveles de daño generados a la parte

foliar en las etapas más importantes del desarrollo del cultivo. Los resultados ayudarán a cubrir los vacíos de información y conocimiento sobre los efectos negativos que producen los fenómenos meteorológicos en la agricultura y sus repercusiones en las cosechas y con ello en la economía de las familias rurales.

#### **1.4.2 Justificación técnica:**

En el aspecto técnico ayudará a implementar medidas de mitigación de los daños a la parte foliar del cultivo, en función a los cuales se podrán implementar alternativas tecnológicas de recuperación de las plantas para mitigar los efectos en la cosecha.

En el aspecto de la toma de decisiones de las autoridades y los actores de desarrollo del sector agrícola no sólo del ámbito geográfico de Acobamba, sino más allá de sus fronteras, servirán para mejorar la toma de decisiones, en circunstancias de ocurrencia de eventos meteorológicos de tempestad y granizadas, para implementar medidas políticas a nivel de gobiernos locales, como el de ayudar a los agricultores afectados a resarcir los daños con incentivos o reconocimientos que materiales o insumos con mayor criterio técnico.

#### **1.4.3 Justificación económica:**

Por otra parte, es justificación del estudio, la importancia para realizar las estimaciones de la producción del cultivo, y con ello hacer las proyecciones de oferta de maíz amiláceo en el mercado local. Asimismo, en el ámbito financiero, con los resultados del estudio se contribuirá en la toma de decisiones de los agentes de seguros agrarios para realizar las estimaciones de las valorizaciones económicas de los daños que pueden ocasionar las granizadas en las campañas agrícolas.

Los datos de los daños permitirán conocer cuánto se pierde de producción y cuanto se puede recuperar si se asiste técnicamente inmediatamente después de conocidos los daños. Además, se podrán realizar análisis de impactos ambientales que generan las granizadas, y también promover medidas como las acciones de tipo técnico y económicas.

#### **1.4.4 Justificación científica:**

El estudio aporta conocimientos a la ciencia, los que pueden ser utilizados en los ámbitos académicos y científicos, porque a partir de ello se pueden emprender nuevos estudios complementarios sobre el cultivo de maíz y otros cultivos anuales, que ayuden a encontrar alternativas de recuperación de las plantas de los daños de la parte foliar, utilizando nuevos elementos e insumos agrícolas que vayan en armonía con el ambiente y ayuden a reducir los impactos negativos que puedan generar las precipitaciones sólidas.



# CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

## 2.1 Antecedentes de la investigación.

### 2.1.1 De nivel internacional

García, Fernández, Rubio, Martínez y Tijerina (2021) desarrollaron el estudio “Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en la mixteca, calculado con DSSAT”. El objetivo del estudio fue determinar el alcance y las limitaciones del modelo para estimar rendimientos de grano en la región Mixteca de Oaxaca, México. Sobre el cual afirman y describen lo siguiente:

Los modelos de simulación, basados en procesos biofísicos, aplicados a la agricultura permiten conocer la dinámica de variables biológicas y ambientales, pero su uso implica grandes cantidades de información de suelo, clima, manejo y fenología de cultivos. En este estudio se calibraron y validaron, con el rendimiento del grano, los coeficientes genéticos del modelo CERES-Maize (Crop Environment Resource Synthesis) (DSSAT, versión 4.7) de plantas híbridas y criollas de maíz (*Zea mays* L.). Para el proceso de calibración el ajuste para el maíz híbrido mostró  $r^2 = 0.94$  y  $RMSE = 567.11$  y para el criollo se obtuvo  $r^2 = 0.86$  y  $RMSE = 601.58$ . En el proceso de validación correlación del maíz híbrido mostró  $r^2 = 0.73$  y  $RMSE = 976.65$ , valores mayores que el cultivar criollo ( $r^2 = 0.62$ ,  $RMSE = 698.74$ ). El modelo CERES subestimó en promedio 10% del rendimiento del grano. Los cultivares híbridos mostraron un ajuste 10% mayor que los criollos. En general el modelo CERES-Maize estimó adecuadamente los rendimientos de maíz. (p. 15)

Jiménez, Gómez, Oliva, Granados, Pat y Aranda (2020) ejecutaron la investigación titulada “Influencia del estiércol compostado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L)”. El objetivo del estudio fue evaluar las características y composición química del suelo, porcentaje de infección del hongo micorrízico arbuscular (M) en raíz, características agronómicas de la planta, tasa de crecimiento en el cultivo,

acumulación de nutrientes y rendimiento productivo, en respuesta del E y del *Glomus* intraradices (M) en maíz forrajero. Lo que presentan de la siguiente manera:

Se evaluaron seis niveles de fertilización orgánica (15, 30 y 45 t ha<sup>-1</sup> de E, 15, 30 y 45 t ha<sup>-1</sup> de EM), uno de fertilización química (FQ: 160-60-30 kg ha<sup>-1</sup> de NPK), y un testigo (sin fertilizar: SF), en dos ciclos de cultivos (Ciclo, PV: primavera-verano y OI: otoño-invierno). Se utilizó E y G. intraradices. Las variables estudiadas en el suelo fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), N, P, K, Ca, capacidad de intercambio catiónico (CIC), número de esporas; en la planta: acumulación de nutrientes (N, P, K, Ca), porcentaje de infección en raíz, altura, número de hojas y materia seca (MS); en el cultivo: tasa de crecimiento del cultivo (TCC), rendimiento de forraje en materia verde (MV t ha<sup>-1</sup>) y materia seca (MS t ha<sup>-1</sup>). Con excepción del K en suelo y la CIC, el Tratamiento, Ciclo y la interacción de ambos factores afectaron (P<0.05). El N en suelo fue mayor en OI con relación a PV en todos los tratamientos (P>0.05). En OI, 30EM presentó la mayor acumulación de nutrientes en planta (N, P, K y Ca) con respecto al resto de los tratamientos (P>0.05). En ambos ciclos, PV y OI, 30EM tuvo el mayor rendimiento de forraje en MS (P>0.05). La composición química del suelo, planta y el rendimiento de maíz forrajero fueron afectados por el uso de E solo o en combinación con M durante los ciclos PV y OI. El uso de 30EM representa una mejor opción de fertilización con relación SF y FQ debido a que la planta tuvo mayor producción de forraje en MS durante la PV y OI. El uso de G. intraradices en combinación con E contribuye a optimizar la utilización de nutrientes del suelo por la planta. Los resultados obtenidos son importantes para incrementar la calidad y cantidad de maíz forrajero. (p. 23)

Cieza, Jara, Terrones, Figueroa y Valdera (2020) realizaron el estudio de investigación titulado “Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*)”. El objetivo de este estudio fue evaluar las características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz en la región Lambayeque y determinar los de

comportamiento similar o superior a dos híbridos comerciales de la zona. Afirman y describen de la siguiente manera:

El diseño experimental fue bloques completos al azar con 23 tratamientos y cuatro repeticiones, cada parcela constaba de cinco hileras de 4,9 m separadas a 0,75 m, con dos plantas cada 0,35 m. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano (t ha<sup>-1</sup>), altura de planta, altura de mazorca, floración masculina y femenina, índice de prolificidad, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso de mazorca y de grano y peso de mil granos. Los híbridos que mostraron mejor rendimiento fueron CLYN240×CML451Q, CLYN240×CLO2720, CLRYNO44×CML297, CLRYNO44×CLO2450, CLYN205×CLYN240, CLRYNO17×CLO2450, CML161×CLYN240, CLO2450×CML287, CLO2450×CML297, CLYN240×CML287, CLQRCY49×CLO2450, CLRYNO17×CML287, CML297×CML161, siendo similares al INIA619 y superiores al INIA605. Uno de los híbridos con mejores características fue CLYN240×CML451Q que obtuvo el mejor rendimiento de grano, una relación altura de mazorca/altura de planta de 0,51, el mayor número de hileras y uno de los más altos valores en cuanto a longitud de mazorca, peso de mazorca y peso de grano. (p.18)

Papucci, González, Cruciani y González (2019) ejecutaron la investigación titulada “Efecto del daño foliar y el ambiente sobre el rendimiento en el cultivo de maíz”, se plantearon como objetivos: evaluar en el cultivo de maíz, los efectos sobre el rendimiento, peso de grano y peso hectolítrico cuando se simula el daño foliar causado por el granizo y (ii) relacionar con los valores usados por las compañías de seguros. Sobre el estudio describe y refieren lo siguiente:

Los ensayos se realizaron en Zavalla, Long. O 60° 53'; Lat. S 33° 01', Argentina, durante las campañas 2007/08, 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2013/14 y 2014/15. El daño foliar consistió en el rasgado de las láminas en distintos momentos: R1-15 días, R1 y R1+15 días (escala de Ritchie et al, 1989), y diferente intensidad con quebrado y no de la nervadura central de las hojas. Se midió el número de espigas, el rendimiento, el peso de 1000 semillas y el peso

hectolítrico. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y el test de medias de Tukey-Kramer. Las mayores mermas de rendimiento se producen con el tratamiento de rasgado de hojas y quebradura de nervadura y en los momentos R1-15 y R1. El tratamiento rasgado con quebradura de nervadura R1 + 15 presentó valores significativamente menores para el peso de 1000 semillas en las campañas 2007/08, 2009/10 y 2010/11. Para el peso hectolítrico se encontraron diferencias en 2007/08 y 2009/10. El tratamiento que difirió del testigo fue rasgado con quebradura de nervadura R1 ( $P \leq 0.01$ ). El rendimiento no es influenciado por la interacción ambiente por tratamiento. La mayor disminución del rendimiento la muestra el tratamiento rasgado con quebradura de nervadura R1. El peso de 1000 semillas es menor cuando en R1+15 la hoja es dañada y quebrada la nervadura central. La disminución del rendimiento del 15 % es comparable a una defoliación del 35 % según las compañías de seguro. (p. 65)

Arroyo, Estrella y Cabrales (2019) desarrollaron la investigación titulada “Efecto de la micorrización y la fertilización fosfórica en el rendimiento del maíz (*Zea mays*) en suelos arenosos de montería”, plantearon como objetivo evaluar el efecto de la micorrización y fertilización fosfórica en el rendimiento del maíz. Sobre el cual afirman y describen:

La prueba se llevó a cabo en el Corregimiento Buenos Aires, Montería Córdoba, cuyas coordenadas geográficas son  $8^{\circ} 28'15''N$  y  $75^{\circ} 44'56''O$ , en referencia al meridiano de Greenwich a 15 metros sobre el nivel del mar. El área pertenece a la zona climática cálida-moderada, la formación del Bosque Tropical Seco (BS-T) y la zona agroecológica Cj. Este estudio se llevó a cabo durante el segundo semestre del año 2018. El maíz de la variedad comercial (ICA V 109) se plantó a  $0,5 \times 0,8$  m en un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial  $2 \times 5 \times 3$ , tres repeticiones. Se evaluaron los parámetros de rendimiento. Se obtuvo que, con el uso de micorrizas y dosis bajas de fósforo, se obtienen los mismos resultados que con dosis altas y sin micorrizas. La mejor dosis de P aplicada al suelo en presencia de micorrizas es la de 50 kg

/ ha. Se concluye que, con el uso de micorrizas, la dosis de fósforo se puede reducir en el cultivo de maíz en condiciones edafoclimáticas de Buenos Aires - Montería y se mantienen los rendimientos, lo que contribuye a minimizar el impacto contaminante mediante el uso de fertilizantes de fósforo. (p. 31)

Jaramillo, Tercero y León (2018) ejecutaron la investigación titulada “Evaluación de cobertura vegetal en el suelo y el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) en la finca agroecológica, Zamorano”. Se plantearon como objetivos del estudio determinar el efecto del uso de rastrojos de pasto guinea (*Megathyrsus maximus*) como material de cobertura en las variables de temperatura del suelo y la retención de humedad, además de evaluar su efecto en el crecimiento vegetativo y estimar el rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Sobre lo realizado, describen así:

Se establecieron seis parcelas de 200 m<sup>2</sup> dentro de la Finca Agroecológica Zamorano, divididos en dos tratamientos (con y sin cobertura), cada uno con tres repeticiones. En cada unidad experimental se sembraron 1,600 semillas. Se encontró una temperatura menor en el suelo con cobertura vegetal ( $P \leq 0.05$ ). En el caso de la humedad, fue significativamente mayor en los suelos cubiertos a diferencia de las parcelas con suelo desnudo ( $P \leq 0.05$ ). También, se observó una diferencia significativa en el crecimiento vegetativo y rendimiento del cultivo, siendo mayor en el tratamiento de suelo cubierto con *M. maximus* ( $P \leq 0.05$ ). El uso de rastrojo permitió obtener una lámina de agua de 17,650 L/ha, reducir la temperatura en 2.51 °C, mayores alturas promedio en el cultivo y mejorar el rendimiento a 2,667 kg/ha con respecto al suelo desnudo. (p. 13)

Reyes y Martínez (2018) desarrollaron el trabajo de investigación titulado “Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Cv NB-9043, finca El Plantel, Masaya 2017”, trabajo de graduación para optar el título de Ingeniero Agrícola e Ingeniero Agrónomo, en la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. El estudio tuvo por objetivo evaluar los efectos de la fertilización con biol y sintética, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo maíz, variedad NB 9043; la investigación inició en la época de primera del 2017 en la finca El Plantel propiedad de la UNA. Sobre el cual describe de la siguiente manera:

El ensayo se estableció en arreglo unifactorial en un diseño de bloques Completo al azar (BCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; los tratamientos fueron: 8 540 l ha<sup>-1</sup>, 11 386 l ha<sup>-1</sup> , 14 233 l ha<sup>-1</sup> y 130 kg ha<sup>-1</sup> de 12-30-10 + 130 kg ha<sup>-1</sup> de Urea al 46 %. El análisis de varianza indico diferencias estadísticas en las variables de crecimiento a los 30 y 40 días después de la siembra, obteniendo los mayores datos el tratamiento de 130 kg ha<sup>-1</sup> de 12-30-10 + 130 kg ha<sup>-1</sup> de Urea al 46 %. En los rendimientos se presentaron diferencias significativas en el peso de mil granos siendo el tratamiento testigo de 130 kg ha<sup>-1</sup> de 12-30-10 + 130 kg ha<sup>-1</sup> de Urea al 46 % quien presentó las mayores medias. La variable rendimiento difiere estadísticamente, siendo el tratamiento con fertilización sintética de 130 kg ha<sup>-1</sup> de 12-30-10 + 130 kg ha<sup>-1</sup> de Urea al 46 % quien presentó los mayores promedios con 3 458 kg ha<sup>-1</sup>, en una segunda categoría estadística se encuentran los tratamientos con biol. Al realizar el análisis económico reflejó que la mejor relación beneficio-costo (RB/C), la presentó el tratamiento T1 con C\$ 9.41, lo que indica que por cada córdoba que se invirtió con la aplicación del tratamiento se obtuvo de ganancia 9.41 córdobas incluyendo el córdoba invertido. (p. 25)

Martínez, Aguilar, Carcaño, Galdámez, Morales, Martínez Llaven y Gómez (2018) desarrollaron la investigación titulada “Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L) en Villaflores, Chiapas, México” el trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de dos biofertilizantes en la producción de maíz, solos y combinados con dos fórmulas de fertilización química. Afirman que desarrollaron de la siguiente manera:

El experimento se realizó bajo un diseño experimental de bloques al azar, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones, conformando un total de 36 unidades experimentales. Los biofertilizantes evaluados fueron las especies *Azospirillum brasilense* y *Chromobacterium violaceum*, y las fórmulas de fertilización química 80-23-15 y 160-46-30 de N, P y K. El mejor rendimiento de grano de maíz se logró con el tratamiento *Azospirillum brasilense* + 160-

46-30 de N-P-K, con 5.97 t ha<sup>-1</sup>, en segundo lugar *Chromobacterium violaceum* + 80-23-15 de N-P-K con 5.87 t ha<sup>-1</sup>. El menor rendimiento de 4.30 t ha<sup>-1</sup> se tuvo con el Testigo absoluto. Los resultados obtenidos muestran que cuando se utiliza biofertilizantes existe un incremento en el rendimiento de maíz por efecto de la aplicación de microorganismos benéficos. El análisis económico mostró que los mayores beneficios netos se tuvieron con los tratamientos *Azospirillum brasilense* + *Chromobacterium violaceum* + fertilización química 160-46-30 y *Azospirillum brasilense* + fertilización química 160-46-30. Se concluye que el uso del biofertilizante *Azospirillum brasilense* representó un incremento en el rendimiento de grano de 27.98% (1.67 t ha<sup>-1</sup>) con respecto al testigo absoluto, lográndose un mayor beneficio neto. (p. 19)

Intriago y Torres (Intriago Défaz & Torres Orellana, 2018) realizaron el estudio de titulado “Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la densidad y el arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del híbrido de maíz HAZ 1, bajo las condiciones ambientales de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, en la época seca del 2018. Asimismo, describen lo siguiente:

El ensayo se realizó utilizando un diseño de bloques completos al azar, con un arreglo de parcelas divididas, en el cual, la parcela principal fue el arreglo de siembra y la sub parcela, la densidad. Se sembraron hileras individuales a 0.8 m e hileras gemelas a 1.5 m y a 2.2 m entre ellas, como arreglo de siembra, y utilizando densidades de 62,000, 82,000 y 102,000 plantas/ha. Se evaluaron las variables de altura de planta, diámetro del tallo, peso de raíz, tamaño de la mazorca, peso de raquis y grano. La interacción entre el arreglo 1.5 m con la densidad 62,000 plantas/ha para el peso específico de 1,000 granos, reportó el mayor peso (369.48 g). La densidad de 102,000 plantas/ha causó una disminución del 7.5% en el tamaño de la mazorca, comparado con la densidad de 62,000 plantas/ha. El rendimiento más alto (15.38 t/ha) se obtuvo con la

densidad de 102,000 plantas/ha, y el más bajo (10.08 t/ha) con 62,000 plantas/ha, observándose una diferencia del 34% en el rendimiento de ambas densidades. (p. 24)

Choriego (2018) realizó la investigación “Impacto del cambio climático en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en El Salvador”. Los objetivos del estudio fueron predecir, cuantificar y comparar los rendimientos históricos y futuros del maíz de El Salvador relacionándolos con variables climáticas. Sobre el cual describe lo siguiente:

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de El Salvador, proporcionaron datos climáticos a nivel mensual de 25 estaciones y los rendimientos de maíz por variedad cultivada (2 variedades) y época de siembra (tres épocas). Se seleccionaron 12 estaciones para simular el rendimiento histórico (1987-2017), mediante una regresión lineal múltiple utilizando los datos de temperatura media, precipitación, humedad relativa, índice de temperatura humedad y el índice de El Niño 3.4 (ENOS). Para el análisis del rendimiento futuro se utilizaron 14 modelos de circulación general bajo el escenario RCP 8.5, para estimar los rendimientos promedios a futuro (2020-2050). Los resultados demuestran que no existe diferencia significativa entre los rendimientos promedios observados y simulados del período histórico (1987-2017), para las dos variedades y tres épocas. A futuro, bajo los escenarios climáticos, la variación de los rendimientos para las variedades osciló entre -30 y el 30% con respecto al promedio histórico observado, mientras que el rendimiento para las épocas fue más variable, oscilando entre -50 y 80%. (p. 35)

Iglesias, Alegre, Salas y Egüez (2018) ejecutaron el proyecto de investigación titulada “El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto”, Considerando que el uso inadecuado de los sistemas integrados de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) con cultivos del maíz (*Zea mays* L.) en la región austral del Ecuador, está generando contaminación y desperdicio de fuentes alternas de fertilización orgánica. En esa consideración plantearon como objetivo principal del

estudio aprovechar la biomasa residual del eucalipto, transformada a biochar, para la siembra del maíz y propiciar el aumento del rendimiento. Sobre el cual describen y aseveran lo siguiente:

El cultivo se realizó en coordinación con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP). Para la preparación del biochar se utilizó dos tipos de pirólisis y dos clases de biomasa. Un control sin aplicación de biocarbón y un tratamiento fertilizado. El diseño experimental utilizado fue bloque completo al azar. La semilla probada fue la variedad “INIAP 103 Mishqui sara”. Las variables del rendimiento evaluadas fueron: peso de grano seco, índice de área foliar, peso en materia seca de biomasa, contenido de (N-P-K) y proteína en grano. Bajo las condiciones estudiadas se encontraron tendencias de incrementos en los rendimientos y proteína del grano del maíz con el biochar de eucalipto, así como otras características fenológicas de crecimiento y se espera que la respuesta de este biocarbón tenga efectos residuales a mediano y largo plazo para posteriores cultivos. (p. 44)

Tucuch, Alcántar, Trejo, Volke, Salinas y Larqué (2017) desarrollaron el estudio “Efecto del ácido salicílico en el crecimiento, estatus y rendimiento de maíz (*Zea mays*)” que tuvo por objetivo principal evaluar el crecimiento, el estatus nutricional y la producción de grano de maíz de la variedad Xmejen-nal, en el estado de Yucatán, México. Sobre los ejecutado describen:

Instalaron dos experimentos independientes con arreglo de bloques completos al azar en condiciones de campo, usaron dos concentraciones de ácido salicílico a 0,1 y 1 y agua destilada como testigo. Las soluciones se asperjaron a plántulas de 7 d de edad, durante 7 d. Los resultados de ambos experimentos se analizaron mediante ANDEVA y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Al momento de la cosecha se midió: altura y diámetro de la planta; biomasa seca aérea; diámetro, longitud y peso de la mazorca; rendimiento del grano (g planta<sup>-1</sup>); contenido de nitrógeno (N), fósforo (P 2 O 5 ) y potasio (K 2 O) en tejido aéreo y grano. La aplicación de 1  $\mu$  M de AS

aumentó ( $p \leq 0.05$ ) la producción del grano por planta, la biomasa seca total y el contenido de N, P 2 O 5 y K 2 O. Además, la longitud de la mazorca de las plantas asperjadas con 1  $\mu$  M y 0.1  $\mu$  M de AS fue 29 % y 21 % fue mayor ( $p \leq 0.05$ ) que el testigo. El rendimiento del grano presentó una correlación altamente significativa y positiva con todas las variables de la mazorca, lo cual indica que el aumento del rendimiento del grano está ligado al efecto del AS sobre la mazorca. (p. 28)

Martínez, Valencia y Cuevas (2016) desarrollaron la investigación titulada “Evaluación del rendimiento de maíz dulce (*Zea mays*) con las leguminosas cobertoras mucuna enana (*Mucuna pruriens*) y crotalaria (*Crotalaria juncea* 'Tropic Sun') en un oxisol de Puerto Rico”. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de dos leguminosas apisonadas (LA), mucuna enana (*Mucuna pruriens*) y crotalaria (*Crotalaria juncea* 'Tropic Sun'), versus siembra convencional (SC; arado y pases de disco) sobre el rendimiento y tamaño de mazorca verde, daño por insectos y rendimiento de semilla del maíz [*Zea mays* (L.) 'Suresweet 2011']. En consideración a ello, describen:

La agricultura sostenible requiere la rotación de cultivos y asociación con leguminosas para aumentar la materia orgánica y reducir el uso de fertilizantes inorgánicos. En este estudio se llevaron a cabo tres experimentos (diferentes fechas de siembra). Los experimentos se llevaron a cabo en abril y julio 2013, y febrero 2014 en la Estación Experimental Agrícola de Isabela (Puerto Rico) en un suelo Oxisol. Se encontró mayor aporte de biomasa (MS) y nitrógeno (N) en julio (verano), cuando la mucuna enana produjo 1.66 Mg/ha MS y 45.54 kg/ha de N comparado con crotalaria 'Tropic Sun' con 0.96 Mg/ha MS y 26.33 kg/ha de N. Esta diferencia posiblemente está relacionada con las respuestas fotosensitivas de las LA. Análisis de contrastes entre LA vs. SC y comparaciones entre mucuna enana vs. 'Tropic Sun', no mostraron diferencias significativas para el rendimiento de mazorca fresca y semilla comerciable en la siembra de abril. Sin embargo, en la siembra de julio, la mucuna enana sobrepasó (P3.63 Mg/ha) que con LA. El daño promedio de la mazorca ocasionado por *Helicoverpa zea* fue de 1 a 2 cm y no presentó diferencias

significativas entre las tres fechas de siembra en los tres sistemas. A pesar de las diferencias en los rendimientos con sistemas de siembra, la mucuna enana proporcionó rendimientos más uniformes en las tres siembras. (p. 38)

Aldás, Zurita, Cruz, Villacís, Pomboza y León (2016) realizaron el estudio titulado “Efecto biofertilizante de azolla – anabaena en el cultivo de maíz (*Zea mays* L)” el estudio surgió en atención al deterioro de los recursos naturales en las actividades agrícolas. Plantearon como objetivo medir el efecto de diferentes estados y dosis de azolla en el rendimiento de maíz. Asimismo, en ese marco, describen lo siguiente:

Ha motivado la búsqueda de nuevas alternativas que permitan enriquecer el suelo con macro y micro nutrientes de manera sostenible, para beneficio de las futuras generaciones, igualmente se piensa en la conservación y mantenimiento del agua, evitando problemas de eutrofización por la acumulación de fertilizantes (nitratos y nitritos) lixiviados y desembocados en fuentes naturales. el con este propósito se han medido varias opciones agroecológicas que brindan una nutrición adecuada y un delicado equilibrio ecológico, en la investigación a nivel de campo en el cultivo de maíz se aplicó diferentes estados y dosis de azolla como fuente natural de nitrógeno para enriquecer el suelo en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Se prepararon seis mezclas de sustratos de azolla con suelo de la localidad, basados en el estado de azolla y la dosis establecida para dicha elaboración, los estados de azolla estudiados fueron: A1 en estado seco y, A2 en estado fresco; las dosis se establecieron en relación al volumen de Azolla frente al volumen de suelo utilizado: (0.5:1), (0.75:1) y (1:1). Los datos recopilados fueron altura de planta y porcentaje de nitrógeno en materia seca a los 15, 30, 60 y 90 días. Todo esto con la finalidad de establecer la cantidad de nitrógeno aportado por azolla como biofertilizante en el cultivo de maíz. Los mejores resultados se presentaron en el tratamiento A1D3 (azolla en estado seco-Dosis 1:1) teniendo en altura de planta 15.02 cm a los 15 días, 35.88 cm a los 30 días, 53.22 cm a los 60 días y 66.12 a los 90 días; para porcentaje de nitrógeno 0.54 % a los 15 días, 0.90 % a

los 30 días, 1.68 % a los 60 días y 2.08 % a los 90 días. En conclusión, el uso de la azolla como un biofertilizante rico en nitrógeno es factible, ya que se ha podido demostrar en esta investigación que la planta de maíz se beneficia del aporte de este material, mejorando las prácticas agrícolas sostenibles. Se recomienda ampliar esta investigación en este mismo cultivo o en otros cultivos de importancia comercial hasta terminar su ciclo productivo, para reportar los resultados obtenidos en estos. (p. 56)

Cabada y Ahumada (2016) realizaron el estudio titulado “Incidencia de daño foliar sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*)” investigadores de la Argentina durante el ciclo agrícola 2015 / 2016, que tuvo por objetivo principal estimar el efecto de la defoliación simulando daño por granizo con diferentes intensidades sobre el rendimiento final en maíz en tres momentos ontogénicos diferentes. Al respecto los autores describen y afirman lo siguiente:

El estudio fue experimental. Los resultados más importantes que se reportan como conclusiones son: Los menores rendimientos se registraron en D100 (5581 kg/ha) con el 68,7% de rendimiento relativo con respecto a Test (8118 kg/ha). Por otro lado, las caídas de rendimiento estuvieron asociadas a la caída en número de granos/m<sup>2</sup> para los diferentes niveles de tratamiento de defoliación. Los resultados del tratamiento R1+40 fueron los que mostraron las menores caídas de rendimiento en comparación con los otros momentos ontogénicos en que se realizaron los tratamientos de defoliación. Las defoliaciones realizadas en R1+20 presentaron las mismas tendencias que el promedio general, registrándose las mayores pérdidas de rendimiento en D100 y esto se vio reflejado en la caída del número de granos. Los momentos de ocurrencia de una defoliación tienen diferentes impactos en los rendimientos finales. En estadios vegetativos como V10 existe una recuperación de rendimiento si la defoliación es R SIN, a diferencia del tratamiento R CON. Esto se debe a que en ese momento sigue habiendo una conexión entre la lámina y la planta a través de la nervadura y posteriormente se registra la aparición de hojas nuevas. En cuanto a los tratamientos de defoliación parcial

(D50) y total (D100) se observó una pérdida de rendimiento debido al menor número de granos logrados, ya que es en este estadio donde se fija el número potencial de granos por espiga. (p. 45)

Vaca, Martínez, González, Morales, Zamudio y Gutiérrez (2014) ejecutaron el estudio titulado “Compactación de un vertisol bajo tres sistemas de labranza en maíz (*Zea mays* L)” la investigación fue desarrollado durante el periodo de tres años en Toluca del estado de México. Tuvo por objetivo principal el evaluar el efecto de los sistemas de labranza sobre la compactación de un vertisol y el rendimiento de maíz. Sobre el cual afirman y describen lo siguiente:

Los sistemas de labranza tradicional (LT), mínima (LM) y cero (LC), Para determinar la compactación del suelo, se midieron las variables de densidad aparente (Da), resistencia a la penetración, mediante el índice de cono (IC), y velocidad media de infiltración del agua (VMI), en cada ciclo de cultivo. En general, para todos los ciclos y sistemas, la Da se incrementó con la profundidad y el mayor valor se presentó en la capa más profunda. El valor más alto de Da (1.64 g cm<sup>-3</sup>) se observó en LC a 15-30 cm de profundidad. Para el IC, el valor más alto (3 998 kPa), así como el mayor valor promedio (3 401 kPa), también fueron observados en LC. Para todos los ciclos de cultivo, la mayor VMI promedio se registró en LT (0.088 mL cm<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>). Los mayores valores de rendimiento, en todos los ciclos agrícolas, fueron obtenidos en LM. El análisis de las distintas variables no permitió determinar, en el corto plazo, tendencias claras en el incremento o remediación de los parámetros de compactación del vertisol bajo los diversos sistemas de labranza. (p. 24)

Flores, Meléndez, Luna y González (2012) desarrollaron el estudio titulado “Influencia de las fases lunares sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays* L) variedad NB6”; plantearon como objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de las fases lunares sobre el rendimiento del maíz. Al respecto los autores amplían lo ejecutado describiendo así:

La observación de las fases lunares para realizar actividades agrícolas, es una costumbre de muchas culturas alrededor del mundo. Sin embargo, existen pocos estudios científicos relacionados con este tema. Para ello se consultó a 45 productores de 19 comunidades de la Región Autónoma Atlántico Sur (RAAS), sobre el uso de las fases lunares para la siembra. Además, se estableció un experimento utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por cada fase lunar (16 parcelas en total). Se midió el porcentaje de germinación, el crecimiento y rendimiento del cultivo. Los datos fueron analizados utilizando el programa InfoStat versión 2010. Los resultados reflejan que la germinación de las semillas presentó diferencias estadísticas significativas, siendo mayores en parcelas sembradas en las fases de cuarto creciente y luna nueva. La variable altura, largo y peso de mazorca, no presentaron diferencias significativas según fase lunar. En la variable diámetro del tallo se encontró diferencia significativa; las plantas sembradas en luna nueva presentaron el mayor diámetro. El daño causado por enfermedades y herbívoros presentó un resultado variable para las cuatro fases lunares. El peso promedio del maíz sembrado en la fase de luna nueva fue mayor que en las otras fases, contrario a la creencia popular de los productores de la región. (p. 56)

Woo, Vásquez, Olivares, Zavala, González, Valdez y Gallegos (2004) desarrollaron la investigación titulada “Análisis de crecimiento en maíz (*Zea mays* L) aplicando lodos activados y urea” para el cual plantearon como objetivo del estudio evaluar el efecto de lodos activados y urea en el crecimiento del maíz. Sobre lo actuado, los autores describen lo siguiente:

El comportamiento matemático del crecimiento de una planta ha sido descrito por su análisis de crecimiento. Así en maíz, algunos investigadores como Félix (1986) y Martínez (1995) estudiaron el crecimiento del maíz. Para ello, se estableció una parcela demostrativa con cinco tratamientos lodos deshidratados (4 y 8 t ha<sup>-1</sup>), lodo líquido (8 t ha<sup>-1</sup>), urea (120 kg ha<sup>-1</sup>) y un área testigo. Las variables evaluadas fueron: materia seca (MS), área foliar (AF) y cinco índices

fisiotécnicos. Los resultados indican que, en la acumulación de materia seca y área foliar, el mayor efecto se logra al aplicar 4 t ha<sup>-1</sup> de lodo deshidratado, en la tasa del crecimiento del cultivo y la duración del área foliar se logra el mismo efecto. La tasa de asimilación neta mostró una relación inversa, la tasa relativa de crecimiento disminuyó a través del tiempo y la menor relación de área foliar se obtuvo con la aplicación de urea. (p. 17)

Muro (1988) en el estudio agronómico realizado en España sobre los “Efectos de simulación de daños de pedrisco en maíz (*Zea mays* L)”, se planteó por objetivo medir los posibles efectos de la defoliación de las plantas en el desarrollo y producción, mediante la aplicación de ábacos a las variables de tormenta y porcentaje de hojas perdidas. El autor para describir sus hechos afirma que:

Considerando que en la tasación de daños indirectos en maíz provocados por las tormentas de granizo está basada en la determinación lo más exactamente posible del estado de desarrollo de la planta en el momento de la tormenta y del porcentaje de hojas perdidas a consecuencia de la misma. A falta de una base experimental propia los ábacos utilizados actualmente en España en las tasaciones han sido extraídos de experiencias italianas sobre el tema. Estos ábacos al parecer no ajustados a nuestras condiciones de cultivo arrojan porcentajes de daño relativamente más bajos que los daños realmente provocados por las tormentas. Por otro lado, la cuantía de los daños obtenidos por los trabajos italianos está bastante alejados de los daños registrados en otros trabajos fundamentalmente de origen americano siendo estos últimos de mayor cuantía que los primeros para las mismas condiciones de daño. Mediante un total de catorce ensayos realizados a lo largo de cuatro años de 1983 a 1986 en las condiciones de valle medio del Ebro en el presente trabajo se ha establecido una base experimental suficiente para elaborar ábacos propios de reducción de cosecha. Así mismo se ha profundizado en el conocimiento de la influencia que tienen las defoliaciones sobre distintos caracteres de (a) planta: evolución de M.S. Evolución de I.A.I. Incidencia de carbón (*Ustilago Maydis* Tul); (b) de mazorca: longitud número de líneas diámetro de mazorca peso de zuro; y (c)

de grano: peso de 100 semillas % humedad peso específico contenido en proteína y fibra bruta. Además, se ha estudiado estadísticamente la variabilidad interanual de resultados y se ha realizado un primer intento de evaluar el efecto borde de los ensayos. Las lesiones provocadas a plantas fueron siempre las mismas defoliaciones del 33% 66% y 100% de la superficie foliar y el r. (p. 56)

### **2.1.2 De nivel nacional**

Alvarado (2019) realizó la investigación titulada “Efecto de tres abonos orgánicos en el rendimiento de *Zea mays* L var. Blanco Imperial en Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad”, trabajo para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo. El objetivo de estudio fue evaluar el efecto de tres abonos orgánicos en el rendimiento de *Zea mays* L. var, Blanco Imperial. Sobre el procedimiento desarrollado, describe:

Se empleó el diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos usados fueron: sin abono (T0), siendo este el testigo, 1000 kg/ha de guano de cuy (T1), 1000 kg/ha de guano de ovino (T2), 1000 kg/ha de guano de vacuno (T3). La evaluación estadística fue en base al análisis de varianza y prueba de tukey al 5 % de significancia. Se concluye que el tratamiento (T1) obtuvo el máximo rendimiento con 9786.66 kg/ha superando significativamente al testigo que obtuvo un rendimiento en verde 6820.06 kg/ha, las variables altura de planta, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de mazorcas por plantas, número de hileras por mazorca, peso de 100 granos y rendimiento por hectárea, los tratamientos tuvieron similar efecto en *Zea mays* L. (p. 33)

Vásquez (2019) desarrolló el estudio de investigación titulado “Efecto de tres dosis de fertilización en el rendimiento de tres variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en tres localidades del distrito de Cutervo, 2016-2017”, el estudio planteó por objetivo determinar el efecto de tres dosis de fertilización en el rendimiento de tres variedades de maíz amiláceo. Al respecto describe:

Se llegaron a evaluar nueve tratamientos en tres repeticiones y en tres localidades, se utilizó el análisis combinado, en función a la medición de los datos biométricos de rendimiento de grano seco, presenta los siguientes resultados relevantes: Los mejores rendimientos para localidad por dosis de fertilización se obtuvieron en el Valle Conday, con 110-50-40 y 105-48-34 de NPK y con rendimientos de 9.03, 7.90 t/ha respectivamente, seguido por Lirio Bajo, con 7.85 t/ha, que tuvieron rendimientos comparables, mientras que los rendimientos en la localidad Chaquil fueron inferiores, con solo 4.58, 3.93 y 3.31 t/ha para las tres dosis de fertilización correspondientemente. Los mejores rendimientos para variedad por dosis de fertilización se obtuvieron con la variedad local, con niveles de 110-50-40 y 105-48-34 de NPK, con rendimientos de 8.19 y 7.26 t/ha respectivamente, seguido por la variedad INIA 603 con dosis 110-50-40 NPK con 7.01 t/ha, que tuvieron rendimientos comparables, mientras que la variedad INIA-601 sin fertilización rindió solo 5.01 t/ha. La localidad óptima fue en la localidad Valle Conday, con la variedad local y con dosis de 110-50-40 NPK, con un máximo rendimiento de 10.21 t/ha, pero teniendo valores comparables con los 11 tratamientos que incluyen al Valle Conday y Lirio Bajo, mientras que los valores más bajos se encuentran en la localidad de Chaquil, con sus tres dosis de fertilización. La característica más relacionada con rendimiento fue número de granos por mazorca, encontrándose que la variedad local en el Valle de Conday tuvo el máximo número con 424.33 granos en promedio por mazorca, mientras que en Lirio Bajo con la variedad INIA 603 y sin fertilización produjo 115.65 granos por mazorca. El tratamiento más rentable fue la localidad Valle Conday, con la variedad local y con dosis de 110 N-50 P2 O5 -40 K2 0, con un beneficio de S/ 16,702.30 y un índice de rentabilidad de S/ 5.49. (p. 25)

Castillo (2018) tras realizar el estudio de investigación sobre el “Comportamiento agronómico de once accesiones de maíz amiláceo altiplánico (*Zea mays* l.), bajo condiciones del distrito de Tiabaya- Arequipa”, en la que formuló como objetivo estudiar el comportamiento agronómico de accesiones de maíz en condiciones

ambientales de Tiabaya. Asimismo, detalla que en su estudio tuvo las siguientes consideraciones:

El estudio fue de naturaleza aplicada y del tipo experimental. Entre los resultados relevantes se reporta: que se tuvo un mejor comportamiento agronómico de las accesiones, en emergencia la accesión GMTF-UNA 0056 presentó un mayor porcentaje de emergencia con un promedio 98.52%, mientras la accesión altiplánica GMTF-UNA 0010 fue el que presentó menor porcentaje de emergencia con un promedio de 92.75%, en altura de planta hay diferencia entre el maíz arequipeño y las accesiones altiplánicas, en donde se muestra mayor altura de planta en el maíz arequipeño con un valor promedio 205.00 cm, la accesión GMTF-UNA 0110 tuvo el menor valor con 146.98 cm de altura de planta; en días a la floración masculina y femenina el maíz arequipeño tuvo 90.25 y 94 días respectivamente, siendo el más tardío en presentar floración y el más precoz fue la accesión GMTF-UNA 0046 tuvo 72.25 y 75 días, respectivamente en presentar floración; en días a grano lechoso el maíz arequipeño tuvo 127.75 días, siendo el más tardío en llegar a grano lechoso, la accesión GMTF-UNA 0110 con 106.5 días, fue el más precoz; en cuanto a días a grano maduro el maíz arequipeño tuvo de 140 días, siendo el más tardío en llegar a grano maduro, la accesión GMTF-UNA 0056 tuvo 135.75 días, fue el más precoz; el maíz arequipeño presentó mayor altura de mazorca, con 100.60 de promedio y mayor número de hojas con un valor promedio 14.20 hojas; el mayor número de mazorcas por planta lo presentó la accesión GMTF-UNA 0110 con un valor promedio de 1.48 mazorcas; el maíz arequipeño presentó mayor longitud y diámetro de mazorca con valores de 10.37 cm y 5.09 cm respectivamente; en cuanto al peso de mazorca, grano y tusa, el maíz arequipeño sobresalió con valores 107.55, 97.43 y 10.08 gramos respectivamente. Los mejores rendimientos en grano, se obtuvo con las accesiones: maíz arequipeño tuvo rendimiento por hectárea con 5571.26 kg.ha<sup>-1</sup>; le siguen las accesiones altiplánicas GMTF-UNA 0046, GMTF-UNA 0110, GMTF-UNA 0086, GMTF-UNA 0094 con

5444.35, 5354.53, 5226.69 y 5033.06 kg.ha<sup>-1</sup>, el menor rendimiento de grano fue de la accesión GMTF-UNA 0010 con 4680.75 kg.ha<sup>-1</sup>. La mayor rentabilidad, se alcanzó con las siguientes accesiones: La relación beneficio/costo del maíz arequipeño nos da 1.65 indicándonos que por cada 1 nuevo sol invertido se ganara 0.65 nuevos soles el más alto. La relación beneficio/costo de la accesión GMTF-UNA 0046 nos da 1.61 indicándonos que por cada 1 nuevo sol invertido se ganara 0.61 nuevos soles. (p. 38)

Rodríguez (2018) realizó el estudio titulado “Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento de maíz amiláceo (*Zea mays* L.), Huayaupuquio 3040 msnm - Ayacucho”, en el que planteó por objetivo determinar una densidad óptima de plantas y nivel adecuado de guano de isla que reporte el mayor rendimiento en grano seco de maíz, además estudiar el mérito económico de los tratamientos. Sobre el respecto el autor describe:

Se estudió cuatro densidades de planta: 93750, 75000, 83333 y 66667 plantas por hectárea con tres niveles de guano de isla: 0.0, 1.0 y 2.0 toneladas por hectárea. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos randomizados y para la distribución de las unidades experimentales se utilizó el diseño de parcelas divididas con 12 tratamientos y tres repeticiones, se evaluaron la fenología del cultivo y los caracteres de productividad. De los resultados obtenidos se tiene las siguientes conclusiones: el cultivo de maíz amiláceo es precoz alcanzando la madurez fisiológica entre los 139 y 159 días después de la siembra. Para los caracteres altura de planta, número de mazorcas, peso de mazorca, longitud de mazorca y diámetro de mazorca existe un incremento de los valores conforme se incrementa los niveles de guano de isla, mientras a una mayor densidad de plantas se muestra una tendencia decreciente. El mayor rendimiento de grano seco de maíz amiláceo se reportó manejando 66 667 plantas ha<sup>-1</sup> y un nivel de 2.0 t ha<sup>-1</sup> de guano de isla, con 3 517,7 kg ha<sup>-1</sup> (T12) y el mayor índice de rentabilidad se obtuvo con el tratamiento T11 (66 667 plantas ha<sup>-1</sup> con 1.0 t ha<sup>-1</sup> de guano de isla), con 0,56. (p. 24)

Bautista, (2019) ejecutó el trabajo de investigación titulada “Dosis de gallinaza procesada en rendimiento y calidad de mazorca de variedades de *Zea mays* L Ayacucho, 2018” el experimento se realizó en el centro experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El estudio llevó por objetivo determinar la dosis de gallinaza procesada Terrasur que reporte el mayor rendimiento de mazorca y mayor índice de tinción en tres variedades de maíz morado. Asimismo, el autor describe:

Se utilizó tres variedades (INIA 601, INIA 615 y PMV 581) y cuatro dosis de gallinaza Terrasur (00, 1.0, 2.0 y 3.0 t.h·a<sup>-1</sup>). Se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado aleatorizado mediante el Diseño de Parcelas Dividas, adjudicándose la variedad a las parcelas y dosis de gallinaza Terrasur a las subparcelas, estableciéndose 03 repeticiones y 12 tratamientos. El distanciamiento entre surcos fue de 0.80 m y 0.40 m entre golpes con 3 plantas por golpe y 4 surcos por subparcela. De los resultados obtenidos se tiene las siguientes conclusiones: La mayor longitud de mazorca se obtuvo con la variedad PMV 581 con 12.7 cm, el diámetro de mazorca y peso de tusa se incrementa conforme se incrementa la cantidad de gallinaza Terrasur, obteniéndose 3.56, 3.67, 3.71 y 3.89 cm de diámetro de mazorca y 13.7, 13.9, 14.3 y 15.1 gr, de peso de tusa con 0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 t.h·a<sup>-1</sup> de gallinaza Terrasur, respectivamente. El mayor peso de mazorca se obtuvo con la variedad INIA615 con 131.2 gr, y ésta se incrementa conforme se incrementa la dosis de gallinaza Terrasur. El mayor rendimiento de mazorca se obtuvo con la variedad INIA615 con 4 093 kg.h·a<sup>-1</sup> y con la dosis 3.0 t.h·a<sup>-1</sup> de gallinaza Terrasur. El índice de tinción varía de 4.11 a 4.73. La mayor rentabilidad se obtuvo con los tratamientos T8 y T4 (Variedad INIA 615 y MV 581 con 3.0 t.h·a<sup>-1</sup> de gallinaza Terrasur) con 207.1 y 170.3% respectivamente. (p.45)

Orneta (2018) en el estudio que realizó titulado “Sistemas de siembra en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L) amiláceo INIA 618 blanco Quispicanchi, en condiciones edafoclimáticas del distrito de Panao, provincia Pachitea, región

Huánuco”, en el que planteó como objetivo principal estudiar los sistemas de siembra en el rendimiento de maíz. Sobre el estudio indica lo siguiente:

El estudio tuvo las siguientes características que se reporta, fue conducido mediante el diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos estudiados fueron: T1 Surcos gemelos, siembra en zig zag con una (01) semilla por golpe; T2 Surcos gemelos, siembra a doble hilera simple con una semilla por golpe; T3 Surcos simples, siembra de 2 semillas por “golpe”; y T4 Testigo (Surcos simples, siembra de 3 a 4 semillas por golpe. Las variables evaluadas fueron: emergencia, altura de plantas, altura de la mazorca, número de mazorcas, rendimiento de mazorca (grande, mediana, pequeña y total) y calidad. Los resultados demostraron que: i) Las características de porcentaje de emergencia, altura de planta y altura a la mazorca en la variedad de Maíz INIA 618 Blanco Quispicanchi no son afectadas por la densidad; ii) Los sistemas de siembra estudiados disminuyeron el número de mazorcas por plantas; iii) Los mayores rendimientos obtenidos por los tratamientos T3 (surcos simples, siembra de 2 semillas por “golpe”) con 14,84 t/ha y T1 (surcos gemelos, siembra en zig zag con una (01) semilla por golpe) con 13,80 t/ha, demuestran una buena adaptación de la variedad a la zona de estudio; y iv) Los mejores porcentajes de calidad fueron obtenidos los tratamientos T3 con 87,95% y el tratamiento T1 con 87,77%. (p. 26)

Chichipe (2017) realizó la investigación titulada “Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en Quipachacha, distrito Levanto, Chachapoyas – Amazonas”. El objetivo principal del estudio fue evaluar el efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de maíz amiláceo. AL respecto el autor describe lo siguiente:

Se utilizó el diseño en bloques completamente al azar con ocho tratamientos y tres bloques, evaluado mediante un análisis de varianza y comparaciones múltiples de Tukey al 95 % de confianza. Tratamiento 1= sin abono más criolla, Tratamiento 2= sin abono más INIA 603, Tratamiento 3= compost más criollo, Tratamiento 4= compost más INIA 603, Tratamiento 5= guano de isla más

criolla, Tratamiento 6= guano de isla más INIA 603, Tratamiento 7= humus de lombriz más criolla, Tratamiento 8= humus de lombriz más INIA 603. El Tratamiento 6 logró mejores resultados en altura de planta (243.02cm), hojas por planta (12.021), diámetro de tallo (2.625cm), precocidad en días a la floración masculina y femenina (81.729dds (días después de la siembra), 84.688dds), inserción de la mazorca (129.67cm), longitud de mazorca (13.956cm), diámetro de mazorca (5.6438cm); el Tratamiento 4 mostró mayor peso de 100 granos (94.446g); el Tratamiento 5 logró mejores resultados en número de mazorcas por planta (1.2292u), granos por mazorca (225.81u) y rendimiento (9053.6 kg/ha). El guano de isla como abono y la variedad criolla obtuvieron mayores rendimientos. (p. 46)

Cruz (2017) realizó su estudio investigativo titulado “Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.)”, trabajo de tesis para optar el título de ingeniero Agrónomo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano – Honduras. Los objetivos del estudio fueron evaluar el efecto de la densidad y la dosis de fertilizante en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en el híbrido P4082WHR® bajo condiciones climáticas de Zamorano, Honduras, identificar las mejores variables predictoras de rendimiento y determinar la combinación óptima entre densidad y dosis de fertilizante. El autor también describe lo siguiente:

Los problemas de investigación a: El maíz es uno de los principales cereales en la dieta humana y animal. El rendimiento promedio en Honduras es de 1.67 t·ha<sup>-1</sup>. La relación entre la producción del grano y la densidad de población es compleja, varía de acuerdo a la condición de suelo, clima, prácticas culturales y genotipo. El estudio se realizó en los meses de mayo a septiembre de 2017. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cuatro repeticiones. Fueron 16 tratamientos en cada bloque, 50,000, 76,000, 101,000 y 126,000 plantas·ha<sup>-1</sup> y 75-15-57, 125-25-95, 166-33.2-26.3, 206-41.5-157.7 kg·ha<sup>-1</sup> N-P-K con una separación de 0.80 m entre hileras. La densidad fue el factor que influyó en variables como diámetro de planta, anthesis femenina,

longitud de mazorca y rendimiento. La altura fue la única variable que se vio afectada por la interacción de ambos factores. A mayor densidad de siembra mayor rendimiento de grano. El mayor rendimiento se presentó en la densidad de 126,000 plantas con 14.82 t-ha<sup>-1</sup> influenciado por el número de plantas, sin embargo, a dosis de 166- 33.2-26.3 kg-ha<sup>-1</sup> N-P-K el rendimiento fue de 11.59 toneladas, a mayor dosis el rendimiento comenzó a decrecer. (p. 56)

Rodríguez (2016) al realizar su investigación titulado “Adaptación y rendimiento de variedades de maíz choclero (*Zea mays* L) en condiciones edafoclimáticas de Santo Domingo de Puqui – Huacrachuco 2015” estudio de tesis conducente para optar el grado académico de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional Hermilio Valdizan; se planteó como objetivo evaluar la adaptación y el rendimiento de las variedades de maíz Choclero. Asimismo, el autor realiza la siguiente descripción:

El tipo de investigación aplicada, nivel experimental, la población constituida de 1 152 plantas por experimento y la muestra 12 plantas por área neta experimental. El diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Se tomaron datos del comportamiento fenológico, número de granos por mazorca, peso de 100 granos, número, tamaño y peso de mazorcas por planta y área neta experimental que posteriormente se transformó a hectárea. Las técnicas de recolección de información bibliográfica y de campo fueron el análisis de contenido, el fichaje, la observación y como instrumentos las fichas, la libreta de campo. Los resultados permitieron concluir; que existen diferencias significativas en las fases fenológicas de emergencia, floración, fructificación y cosecha de las variedades donde la variedad Choclero 101 es la más precoz con 168 días a la cosecha. Existen diferencias significativas en el número de mazorcas donde la variedad Choclero 101 con mayor número de mazorcas por planta 1,43; 44 401,04 mazorcas/ha y obtuvo el mayor diámetro de mazorca 9,65 cm mientras que la variedad Blanco Común obtuvo la mayor longitud de mazorca 16.88 cm. Existe diferencias significativas en el número de granos por mazorca donde la Variedad Blanco Común reportó la mayor cantidad de granos

452,7 y la Variedad Blanco Urubamba reportó el mayor peso en 100 granos 111,25 gramos. En peso de mazorcas la variedad Blanco Común reportó el mayor peso por mazorca 347,5 gramos; por área neta experimental 4,34 kg y por hectárea 11 295,57 kg superando ampliamente a la variedad Blanco Urubamba que obtuvo el último lugar con 6 757,81 kg/ha. (p. 62)

Tanta (2015) desarrolló su de investigación “Efecto de citoquininas, boro y poliaminas en el rendimiento de *Zea mays* L híbrido Dekalb 7088 en Chepén, La Libertad”. Trabajo conducente para optar el título de Ingeniero Agrónomo en Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo. El objetivo planteado en el estudio fue evaluar el efecto de citoquininas, boro y poliaminas en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L). Asimismo, el autor describe el proceso desarrollado de la siguiente manera:

Se empleó dos tratamientos uno a base de citoquininas (X – Cyte 1 l/cil) y otro compuesto por boro y poliaminas (NBX 2 l/cil) más un testigo sin aplicación, los tratamientos fueron evaluados empleando el diseño de bloque completos al azar con tres repeticiones. La aplicación de los tratamientos fue dirigida al follaje empleando una mochila de palanca y cuando estuvo en estado fenológico V6. El tratamiento a base de citoquininas, boro y poliaminas tuvo un efecto positivo y fue estadísticamente significativo sobre los parámetros biométricos: longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos, diámetro de mazorca, diámetro de tuza, número de mazorcas por metro lineal y número de mazorcas por planta resultando superior al tratamiento testigo sin aplicación. Respecto al rendimiento el tratamiento en estudio de X – Cyte y NBX obtuvo  $10000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  es decir 1220 kg más de lo obtenido en el tratamiento testigo sin aplicación que produjo  $8780 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . (p.23)

Ríos (2009), desarrolló el estudio “Efecto en el rendimiento de grano de maíz (*Zea mays* L.) amarillo duro, var. marginal 28 T según ubicación de la semilla en la mazorca en un entisol de Pucallpa”, realizado en la Estación Experimental Agraria Pucallpa – INIA, en la región Ucayali. Se planteó como objetivo principal determinar

el rendimiento de grano, usando semilla de las tres partes de la mazorca de maíz variedad Marginal 28T. Asimismo, describe lo siguiente:

En el estudio se empleó el diseño estadísticos Bloques completamente al azar, con 3 repeticiones y 4 tratamientos, haciendo un total de 12 unidades experimentales, los tratamientos fueron: semillas de la parte basal de la mazorca (T1), semillas de la parte central de mazorca (T2) y semillas de la parte apical de la mazorca (T3) y la mezcla de las semillas de las tres partes mencionadas (T0). Se evaluaron las siguientes variables: rendimiento de grano (t/ha), al 14 por ciento de humedad, peso de mazorca (g), número de granos por mazorca (unidad), peso de 100 (g), número de hileras por mazorca (unidad), altura de la planta (cm.), diámetro de tallo (cm), largo de entrenudo, longitud de mazorcas (cm.), número de plantas a la cosecha (unidad) y número de mazorcas totales (unidad). Se comparó los promedios por tratamientos mediante la prueba de Duncan al 0,05% y se realizaron las correlaciones simples para determinar el grado de asociación entre el rendimiento de grano y sus componentes. Los resultados del análisis de variancia no mostraron significación en ninguna de las variables. Los factores que influenciaron positivamente en el rendimiento fueron: número de granos por mazorca, peso de 100 granos y número de mazorcas totales. No se presentaron problemas fitosanitarios significativos durante el desarrollo del cultivo, influenciado por factores climáticos. (p. 57)

### **2.1.3 De nivel local**

Tovar (2017) desarrolló la investigación titulada “Efecto de la interacción del ácido triiodo benzoico con citoquininas en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.)”, trabajo de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica. Se formuló como objetivo del estudio: Evaluar los efectos de la interacción del ácido triiodo benzoico y citoquininas en el rendimiento del cultivo de maíz. Sobre el mismo, el autor realiza la siguiente descripción:

Los resultados de la interacción del ácido triiodo benzoico con citoquininas fueron muy resaltantes en el rendimiento del maíz siendo la mejor la interacción de 8 mg/l de ácido triiodo benzoico más 1mg/l de citoquinina que produjo 4 toneladas de grano seco de maíz por hectárea mientras que en el testigo se obtuvo 2.75 toneladas por hectárea, los rendimientos están bastante relacionados con el circunferencia de mazorcas, a mayor tamaño mayor rendimiento, se obtuvo 38.25 cm de circunferencia de mazorca en el tratamiento 15 y la menor fue el testigo con 21 cm de circunferencia; para el número de mazorcas resulto mejor con la interacción de 8 mg/l de ácido triiodo benzoico más 1 mg/l de citoquinina dio un promedio de 1.775 mazorcas por planta, en la altura de planta con la misma interacción se obtuvo hasta 376.5 cm respecto al testigo que fue 281.25 cm. (p. 22)

Chunhuay (2017) realizó el estudio titulado “Evaluación de rendimiento de maíz amiláceo mediante la aplicación de guano de islas y trébol asociado al maíz en Allpas – Acobamba, en el departamento de- Huancavelica - Peru”. En el estudio se planteó como objetivo principal evaluar los efectos de la fertilización a base de guano de islas y trébol asociado en el cultivo de maíz en el rendimiento del maíz amiláceo en condiciones de agricultura de secano. Asimismo, el autor describe lo siguiente:

La investigación fue del tipo experimental, se instaló bajo el diseño de bloques completamente al azar con 06 tratamientos y 04 repeticiones. Los tratamientos; T1– aplicación vía suelo de guano de islas (120-110-25) más trébol (400 kg de fruto/ha), T2–aplicación vía suelo de guano de islas sin trébol, T3–aplicación vía foliar de guano de islas (3 %) más trébol, T4–aplicación vía foliar guano de islas sin trébol, T5–sin guano de islas más trébol y T6–sin guano de islas sin trébol. La siembra se realizó el 01 de noviembre del 2013. Se evaluaron: Porcentaje de emergencia, altura de planta y materia seca foliar del maíz amiláceo a los 30, 90 y 150 días después de la siembra (dds), biomasa foliar del trébol, % de humedad gravimétrica y temperatura del suelo a los 40, 80 y 120 después de emergencia del trébol (dde) y, rendimiento del maíz en grano seco. Los datos obtenidos se analizaron utilizando Minitab versión 17. Se obtuvo como resultados más

relevantes los siguientes: La aplicación del guano de islas como fuente de abonamiento aplicado vía suelo (120, 110 y 25) o vía foliar (3 %), promovieron mayor crecimiento en altura de planta y acumulación de materia seca del maíz, comparado con los tratamientos que no recibieron este insumo. La biomasa foliar del trébol aporta en T1, T3 y T5, 4.7731, 4.7764 y 4.6892 t.ha<sup>-1</sup> de materia seca, con un contenido de N de 2,94 % en T1 y T3, y 3,29 % en T5. El empleo del trébol asociado al maíz como cultivo de cobertura, promueven a la preservación de la humedad y descenso de la temperatura del suelo a partir de los 80 días después de la emergencia del trébol. El abonamiento con guano de islas (120-110-25) vía suelo aplicado a la siembra y al aporque y, el empleo del trébol en el segundo aporque como cultivo de cobertura, permitieron obtener el mayor rendimiento de grano seco (6.88 t.ha<sup>-1</sup>). En suelos de mediana fertilidad, la sola aplicación del guano de islas vía foliar (3%), permite incrementar el rendimiento en 0.436 t.ha<sup>-1</sup>. En cambio, aplicaciones foliares de guano de islas más la adición del trébol permite incrementar 0.659 t.ha<sup>-1</sup> y aportar 4.6892 t.ha<sup>0</sup> de materia seca foliar del trébol. La dosis de guano de islas (120-110-25) más el empleo del trébol asociado al maíz como cultivo de cobertura, incrementan el rendimiento en 2515.58 kg, respecto al testigo (T6 - 4371.76 kg.ha<sup>-1</sup>). Además, aporta 4.6892 t.ha<sup>-1</sup> de materia seca foliar. Se obtuvieron rendimientos de 6887.34, 6768.42, 5030.81, 4808.53, 4854.47 y 4371.76 kg/ha<sup>-1</sup> en los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6, respectivamente. Siembras de maíz asociada con trébol contribuyen a conservar la humedad y a mejorar la fertilidad natural del suelo, mediante la producción de biomasa foliar, fijación biológica del nitrógeno y el reciclaje de nutrientes, por lo que se recomienda su empleo. (p. 56)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 La Precipitación**

De acuerdo a los reportados por Acuña y Robles (2017) la precipitación:

Expresa todas las formas de humedad caídas en estado sólido o líquido sobre el suelo. Las nubes son la fuente principal de precipitación,

aunque la mayoría de ellas no originen precipitación. Las gotas de lluvia tienen un diámetro medio de 1 mm, por ello en circunstancias normales no pueden vencer las corrientes ascendentes. Sólo el aumento de tamaño puede provocar precipitación. Asimismo, indican que existen dos procesos que explican este aumento de tamaño de las precipitaciones. (p. 89)

### **2.2.1.1 Medición de la precipitación**

Al respecto, Sarochar (2018), indica:

Que el pluviómetro, es el instrumento que se emplea en los centros de investigación meteorológica para la recogida y medición de la lluvia caída. La unidad de medida de la precipitación es el milímetro de precipitación y equivale a una lámina de 1 m<sup>2</sup> de superficie y 1 mm de espesor. En volumen representa 1 litro de agua por metro cuadrado. (p. 16)

### **2.2.2 Teorías del aumento del tamaño de las precipitaciones**

Referente a las teorías de las precipitaciones se tienen los siguientes:

**Teoría de Bergeron - Findeisen:** Refiere que la presión de vapor de saturación es más pequeña sobre el hielo que sobre el agua. Si en una nube aparecen gotas de hielo, el vapor de agua tiende a depositarse sobre el hielo. Una vez formados los minúsculos cristales de hielo, estos crecen rápidamente por condensación. Los cristales de hielo tienden a astillarse por efecto de las corrientes de aire lo que incrementa su número. Por otra parte, los cristales de hielo pueden unirse debido a su forma dendrítica. Cuando la velocidad de caída del hielo sobrepasa las corrientes de aire ascendente el copo de nieve cae y se transforma en lluvia si atraviesa una capa de aire con temperatura mayor de 0 C suficientemente espesa. Basados en esta teoría se han hecho experimentos de siembra de nubes subenfriadas con núcleos de

condensación. Los resultados parece que sólo son positivos en nubes orográficas. El desencadenamiento prematuro de la precipitación puede incluso destruir las ráfagas ascendentes de aire y disipar la nube sin embargo no existen resultados concluyentes. (Acuña Valverde & Robles Sánchez, 2017, p. 122)

**Procesos de colisión y coalescencia:** Consiste en el movimiento de las gotas de agua en las nubes originan colisiones entre las mismas que contribuyen a unirlas y por tanto a aumentar su tamaño medio. Por otra parte, la velocidad de caída de las gotas de agua tiene una velocidad límite proporcional a su diámetro, de este modo las gotas mayores caen más rápido que las pequeñas arrastrándolas. Las gotas más pequeñas son apartadas a un lado. La turbulencia y la electrificación en las nubes cumuliformes tiende a incrementar el proceso de coalescencia. Este último es el proceso fundamental en las nubes cálidas de latitudes bajas o las de tipo convectivo de latitudes medias donde la temperatura no llega a descender por debajo de los cero grados Celsius (0° C). (Manual de meteorología y gestión de la información climática, 2019, p. 123)

### 2.2.2.1 Tipos de precipitación

Sarochar (2018), en función del tipo de proceso que desencadena el ascenso de aire describe a los siguientes tipos de precipitación:

#### 2.2.2.1.1 *Precipitación tipo lluvia:*

**Agua líquida:** es la forma más común y resulta de la caída directa de las nubes. A menudo la precipitación comienza como hielo pero se funde en su trayecto a la tierra. Abarca superficies de regular extensión. Se compone de gotas mayores de 0,5 mm de diámetro, que caen con una velocidad superior a 3 m/s. La nube que la genera es el Nimbostratus. Según su mayor o menor intensidad, se las denomina lluvia fuerte, moderada o ligera. (p. 78)

**Lluvia general:** se refiere que es una lluvia de larga duración (de 3 a 48 horas) y de importante registro (de 10 a 200 mm), abarca grandes extensiones, comúnmente provincias o países enteros. Es lluvia producida por la elevación de masas de aire calientes y húmedas. (p. 79)

**Llovizna:** suele ser también de larga duración, pero de poca intensidad, no pasando de 1 mm por hora. Las lloviznas se producen en igualdad de condiciones que las lluvias generales, pero las masas de aire de las que provienen, o no son muy húmedas o no fueron elevadas muy altas. Son precipitaciones uniformes, formadas por gotitas de diámetros menores a 0,5 mm, las que, debido a la pequeña velocidad de caída, parecen flotar en el aire. (p. 80)

**Garúa:** es una llovizna de niebla. No afecta mayormente la visibilidad. Debido a su reducido peso y tamaño, las gotitas se mueven aleatoriamente en todas direcciones, por lo que parecen mojar por todos lados. La cantidad de agua que precipita es muy escasa. Las garúas son muy frecuentes en las costas chilenas, especialmente durante los meses de agosto y septiembre, época en que las neblinas suelen tener un espesor de 300 a 400 m. (p. 81)

**Chaparrón o chubasco:** “son lluvias breves, pero de muy alta intensidad, pudiendo alcanzar varias decenas de milímetros por hora”. (p. 83)

**Aguacero:** es también una lluvia breve, pero a diferencia del chaparrón, mucho más abundante. Sus variedades más importantes son:

- a) **Aguacero fuerte:** es una lluvia breve, muy fuerte, reducida a una pequeña zona.

b) **Aguacero torrencial:** es breve, pero fortísimo. Suele producir daños materiales.

Tanto el chaparrón como los aguaceros son lluvias de poca duración (de 5 a 60 minutos), pero de mucha intensidad (de 50 a 200 mm). Son lluvias producidas por el ascenso violento de masas de aire calientes y húmedas. (p. 177)

#### **2.2.2.1.2** *Precipitación tipo nieve*

Respecto a este tipo de precipitación Sarochar (2018), describe:

La nieve baja en copos más o menos grandes que presentan una estructura cristalina de variadas formas, la más corriente es que adopten forma de estrella de seis puntas. La nieve se forma cuando la temperatura es tan baja que el agua adquiere estado sólido. (p. 85)

**Nieve común:** los cristales de hielo primitivos crecen y se agrupan, formando cristales de nieve de formas bellísimas, que, a su vez, durante la caída, se coagulan en copos de nieve. La nieve se puede formar a cualquier temperatura por debajo de 0 °C. La velocidad de caída normalmente no supera los 2 m/s. (p. 86)

**Agua nieve:** es una mezcla de nieve y lluvia, que se produce cuando la nieve atraviesa una capa de aire algo más cálida, en ella los copos pequeños tienen tiempo suficiente para licuarse. (p. 87)

**Nieve granulada:** está formada por granos blancos, opacos, algo aplanados, cuya dimensión no supera el milímetro. Cuando tocan tierra no rebotan, ni se rompen. La nieve granulada representa una formación intermedia entre la nieve y el granizo

blando. Su esqueleto primitivo lo forman cristales de nieve, que luego son recubiertos por las gotitas de agua en estado de sobrefusión con que chocan durante su caída. La nieve granulada cae, en general, a temperaturas debajo de 0 °C, pero en un ambiente sobresaturado respecto del agua, o sea de humedad relativa superior a 100 %. (p. 88)

**Agujas de hielo:** son cristales de hielo muy pequeños, no ramificados, que tienen formas de escamas o de bastoncitos, y son tan pequeños que parecen flotar en el aire. Se notan fácilmente cuando brillan en el sol como “polvo de diamante”, produciendo variados fenómenos ópticos. Es una precipitación que sólo se forma a temperaturas muy bajas. Las regiones polares y las altas capas atmosféricas son sus verdaderos dominios. La nieve, con todas sus variedades, es un producto típico de las nubes de tipo estratiforme. En nubes convectivas se forma sólo a gran altura, donde la temperatura es inferior a – 22 °C. (p. 91)

#### **2.2.2.1.3 *Precipitación tipo granizo***

Respecto a este tipo de precipitación Sarochar (2018), describe:

Son granos o corpúsculos de hielo más o menos duros que caen de las nubes. El tamaño de estas partículas oscila, normalmente, entre unos milímetros y dos o más centímetros. Al contrario de la nieve, que se da casi siempre en invierno o regiones heladas propicias, el granizo se produce, generalmente, tanto en verano como en la estación invernal. El mecanismo de esta precipitación violenta de gránulos de hielo está relacionado con las tormentas, en las que interviene la convección como elemento esencial en su formación, y con los fenómenos eléctricos. (p. 92)

Las variedades de granizo son:

**Granizo blando:** grano blancuzco, opaco, quebradizo y desmenuzable con los dedos. Al tocar el suelo rebota y a menudo se rompe. Su tamaño oscila entre 2 y 5 mm. Se forma por adhesión de gotitas de agua sobre enfriadas a un cristal de nieve. (p. 93)

**Granizo duro:** granizo blando, recubierto por una capa de hielo. Se forma cuando el granizo blando atraviesa una nube de agua. Las gotitas de agua se depositan sobre la superficie del mismo antes de congelarse. Su aspecto es vidrioso, semitransparente; no se aplasta fácilmente. No se rompe ni rebota cuando toca el suelo. Se forma principalmente en nubes Cumulonimbus. (p. 94)

**Granizo y piedra:** granos de hielo de considerable tamaño. Los de menos de 2 cm de diámetro se llaman granizo; los mayores, piedra. Ambos se producen en Cumulonimbus que se desarrollan en días de mucho calor y de mucha humedad. Su mayor frecuencia se observa, como es natural, durante la estación de verano, en las horas de la tarde. Son precipitaciones características de los continentes. En los mares raras veces cae granizo. (p. 95)

**Garrotillo:** granos de hielo de 1 a 4 mm de diámetro, comúnmente transparentes o translúcidos, duros, que cuando tocan el suelo rebotan. Son gotas de lluvia que se han congelado al atravesar una capa de aire frío que cubre el suelo, cuya temperatura es inferior a 0 °C. (p. 96)

Por su parte, NATUREDUCA (2020) define al granizo como: “granos de hielo que se forman en las nubes *cumulonimbus*. Presentan diversas formas y tamaños, no suelen rebasar los 2 cm. de diámetro, pero se han conocido casos de hasta 13 cm. de diámetro y pesos de hasta 1 Kg.” (p. 8).

Por otra parte, el mismo autor describe el siguiente proceso de formación del granizo:

El rápido ascenso del aire húmedo contenido en los cúmulos por efecto de corrientes verticales tormentosas, es la causa de que se forme el granizo. Cuando el aire es arrastrado turbulentamente hacia las capas más altas de la atmósfera, las pequeñas gotas de agua del cúmulo se enfrían muy rápidamente, pero a pesar de que la temperatura es inferior al punto de congelación, no se congelan enseguida, sino que se mantienen en una situación de enfriamiento extremo, a la vez que siguen ascendiendo y creciendo conforme colisionan repetidamente con otras partículas de agua también muy frías, pero todavía líquidas. Al final de la nube se forma el granizo por condensación directa del vapor de agua en cristales de hielo. Finalmente, cuando por razón de su peso y volumen las gotas congeladas ofrecen demasiada resistencia al aire, las corrientes no pueden seguir suspendiéndolas o transportándolas, y comienzan entonces a caer a la superficie terrestre. (NATUREDUCA, 2020, p. 9).

### **2.2.3 Teorías del crecimiento de las plantas**

#### **2.2.3.1 Teoría de crecimiento por efecto de la temperatura**

En la terminología de los productores de maíz, quizás no haya dos términos usados más frecuentemente que “crecimiento” y “desarrollo”. Los dos términos se suelen usar como sinónimos cuando, en realidad, tienen diferentes significados. Al respecto Bidwell (2003) , citado por De la Cruz (2018) explica la siguiente teoría:

El crecimiento es simplemente un aumento de tamaño, y se incrementa mediante condiciones de crecimiento favorables (humedad, nutrientes y temperatura adecuados, etc.) y disminuye mediante condiciones de

crecimiento estresantes (temperaturas anormales, deficiencias en nutrientes, humedad, etc.). El desarrollo es la progresión de una etapa a otra etapa más avanzada o madura de la planta. La radiación solar es un aporte fundamental para el crecimiento y desarrollo de la planta. Las hojas de las plantas absorben la luz solar y la utilizan como una fuente de energía para la fotosíntesis. La capacidad de un cultivo de capturar la luz solar es proporcional al área de su superficie foliar por unidad de terreno ocupado, o al índice de su área foliar (LAI, por sus siglas en inglés). Cuando está totalmente cubierto, el LAI de un cultivo y la capacidad para capturar la luz solar disponible están maximizados. Desde la cobertura total hasta el período reproductivo, toda escasez de luz solar puede limitar el rendimiento del cultivo. Cuando las situaciones estresantes como la poca luz limitan la fotosíntesis durante el llenado de los granos, las plantas de maíz remobilizan los carbohidratos del tallo a la mazorca. Esto puede generar problemas de calidad y quebrado de tallos en la cosecha. Los períodos sensibles de desarrollo de cultivo, como la floración y el llenado de granos temprano, tienen lugar cuando las plantas están más susceptibles a las situaciones estresantes, por ejemplo, luz, agua o nutrientes insuficientes. (p. 5)

Asimismo, explica que la temperatura influye en el crecimiento de las plantas.

Refiere que:

Se ha demostrado que el tiempo que el maíz requiere para pasar de una etapa de desarrollo a otra depende de la cantidad de calor acumulado (Gilmore & Rogers, 1958). Existen varios métodos conocidos para calcular el calor acumulado. El más común es el de Grados-día de crecimiento, también conocido como Unidades Grado de Crecimiento (UGC) o Unidades térmicas (UT). Este método se basa en el uso de temperaturas mínimas y máximas para el crecimiento y el desarrollo. Para el maíz, estas temperaturas son:

Mínima = 50 °F (10 °C)

Máxima = 86 °F (30 °C)

Habrà poco o ningún crecimiento por debajo o por encima de dichas temperaturas. El concepto de Grados-día de crecimiento utiliza el siguiente cálculo:

$$\text{GDD} = (\text{Tmín.} + \text{Tmáx.})/2 - 10 \text{ °C.}$$

Tmín. = la temperatura diaria mínima, o 50 °F (10 °C) si la temperatura es menor a 50 °F (10 °C)

Tmáx. = la temperatura diaria máxima, u 86 °F (30 °C) si la temperatura es mayor a 86 °F (30 °C). (p.7)

### **2.2.3.2 El crecimiento a partir de eventos celulares**

Bidwell (2003) , explica que el crecimiento de las plantas tiene lugar mediante tres eventos que pueden ocurrir simultáneamente: división celular, agrandamiento celular y diferenciación celular.

La división celular, comprende la duplicación del DNA nuclear, el apareamiento y duplicación de cromosomas y la separación de los dos núcleos hermanos. Durante la telofase, numerosas vesículas, derivadas probablemente del retículo endoplásmico y del aparato de Golgi, se alinean transversalmente en la célula, en el área del huso, y se unen para formar la placa celular, que es el principio de la nueva pared común. Los contenidos de esas vesículas se utilizan para producir las sustancias pécticas de la lámina media, la que eventualmente llega a atravesar la célula, completándose la separación de las dos nuevas células. La celulosa se deposita ahora en patrones regulares de microfibrillas, en cuya síntesis y disposición quizá intervengan vesículas del aparato de Golgi y microtúbulos. Durante y después de este proceso las células hermanas usualmente se agrandan, de manera que cada una alcanza el

tamaño de la célula original por estiramiento de la pared celular existente y el depósito de nuevo material. Una célula puede agrandarse de manera general sin cambios mayores en su forma y características, excepto que conforme madura desarrolla por lo regular una gran vacuola y la proporción de citoplasma disminuye grandemente. A este tipo de célula se le llama usualmente parenquimática, y es relativamente indiferenciada. La célula puede crecer, opcionalmente, con o sin división celular, de una manera altamente especializada. Aquí el crecimiento es en una sola dirección y entraña la modificación y diferenciación de la célula en una entidad morfológica enteramente distinta. Los procesos básicos son similares: estiramiento de la pared celular, depósito de numerosas capas de microfibrillas de celulosa orientadas, pérdida de gran parte de la complejidad subcelular, y desarrollo de una gran vacuola. (p. 105)

### **2.2.3.3 Los meristemos como patrones de crecimiento**

Al respecto Bidwell (2003) explica esta teoría de la siguiente manera:

Los principales meristemos de la planta son las puntas de tallos, raíces y todos los órganos rameales en crecimiento, y éste es continuo durante toda la vida de la planta o sus órganos. Igualmente, importantes son los cámbiums de la raíz y el tallo, particularmente en plantas perennes, que llevan a cabo el crecimiento en grosor mediante los incrementos anuales de floema y xilema. Nuevas áreas de actividad meristemática, o cámbiums, se forman a intervalos, usualmente en el floema, para producir y regenerar la cobertura epidérmica o cáscara del tallo y la raíz. Los nuevos meristemos que inician las raíces rameales se forman en el periciclo o en el floema de la raíz. Muchos órganos formados de las estructuras básicas del tallo, tales como hojas, pétalos, frutos y otros, (desarrollan meristemos secundarios que funcionan independientemente del meristemo primario. Así, el limbo de una hoja se forma de meristemos laterales que llevan a cabo el crecimiento lateral

de la hoja mucho después de terminarse la división celular que conduce a su crecimiento longitudinal. Gran parte del crecimiento formal de una planta se realiza por la regulación de las actividades relativas de sus distintos meristemas. Es esta regulación, junto con la determinación del tipo de tejido que han de producir los meristemas individuales, lo que determina el patrón del desarrollo vegetal. Tal es la razón de la gran importancia que se atribuye a las actividades bioquímicas y fisiológicas de los tejidos meristemáticos y el por qué de tanta investigación dirigida hacia la comprensión del patrón metabólico y los mecanismos de control de los tejidos meristemáticos. (p. 112)

#### **2.2.4 Teoría del rendimiento en respuesta al agua**

Steduto, Hsiao, Fereres, & Raes de la FAO (2012), explica la teoría de la siguiente manera:

Como resultado de la naturaleza monoica del maíz, el estrés hídrico de medianamente severo a severo puede provocar un problema peculiar de reproducción. Además del crecimiento de expansión de las hojas, el crecimiento de expansión de los tallos, así como de las sedas y la panoja, también resultan inhibidos por el estrés. Cuando el crecimiento o la elongación de las sedas es más lenta, se retrasa la emergencia de las sedas desde las hojas que cubren la mazorca. La emergencia de la panoja también se retrasa a causa del estrés hídrico, pero en menor medida que en el caso de las sedas (T.C. Hsiao, observación personal). Esta diferencia en el retraso puede impedir la polinización porque, cuando las sedas emerjan, es posible que no quede suficiente polen para polinizar el cultivo por completo. Por otro lado, la polinización fallida de las sedas tardías en una panícula y las panículas muy tardías de una población de plantas deben ser considerables para incidir de manera negativa en el rendimiento, porque en siembras densas la cantidad de granos que una planta puede madurar es únicamente del 65 al 75 % de

su cantidad de filamentos, y las sedas que emerjan de manera tardía no forman granos maduros, incluso si el polen es abundante (Duncan, 1975; T.C. Hsiao, sin publicar). Asimismo, las panículas tardías son formadas por las plantas más pequeñas de la población y su aporte al rendimiento es mínimo, incluso cuando se polinizan. El intervalo de tiempo entre la emergencia de la panoja y la emergencia de las sedas parece variar entre diferentes líneas genéticas (Bolaños y Edmeades, 1996), pero es mínimo en líneas que están bien adaptadas al ambiente local. No obstante, a medida que la severidad del estrés hídrico aumenta, este intervalo se alarga cada vez más y el rendimiento de grano se reduce drásticamente como resultado de la polinización fallida (Bolaños y Edmeades, 1996). Como se mencionó, el maíz moderno es altamente determinado con un intervalo de tiempo estrecho para la polinización. Esto significa que no hay oportunidad para compensar la reducción de la polinización con flores tardías cuando llegue la precipitación o el riego. (p. 323)

### **2.2.5 Teoría del rendimiento en respuesta a la densidad de siembra**

Steduto, Hsiao, Fereres, & Raes de la FAO (2012), también exponen de la siguiente manera:

Gran parte de este incremento obedece a una mayor densidad de siembra, el mejoramiento de la fertilización, la estructura óptima del dosel y variedades de madurez tardía con ciclos biológicos más prolongados. Estudios experimentales y pruebas en granjas han reportado rendimientos de aproximadamente 17 ton/ha en variedades de maíz de madurez tardía, sembrados con un óptimo suministro de agua y nutrientes minerales, bajo condiciones ideales y excelente control de plagas y malas hierbas. Normalmente se alcanzan rendimientos en finca de entre 11 y 14 ton/ha bajo condiciones de riego completo y alta fertilidad. Los rendimientos promedio por países son

generalmente mucho más bajos, excepto para unos pocos países; por ejemplo, en 2009, estuvo ligeramente por encima de 10 ton/ha en Estados Unidos, y por encima de 9 ton/ha en Francia. Los rendimientos promedio en Argentina, China y Sudáfrica fueron únicamente cerca de la mitad, y en Brasil, ligeramente por encima de un tercio; pero todos muestran una evidente tendencia al alza con el tiempo. Por otro lado, los rendimientos promedio en algunos países menos industrializados se ubican únicamente en el rango de 1-2 ton/ha, y aún no muestran una clara tendencia a la mejora. Steduto, Hsiao, Fereres, & Raes de la FAO. (p. 124)

## **2.2.6 El cultivo de maíz**

### **2.2.6.1 Origen del maíz**

Existen muchos estudios reportados respecto al origen del maíz, así Orozco-Ramírez (2017) afirma:

El centro de origen del maíz está en México y la diversidad del maíz es muy alta en muchas partes del país. Aquí describimos y analizamos la distribución geográfica y la diversidad del maíz utilizando una base de datos de 18,176 observaciones georreferenciadas de razas de maíz. El número de observaciones por raza sigue la distribución común de "curva hueca", con seis razas que comprenden el 54% de los registros y 37 razas solo el 10%. Pocas razas están muy extendidas, y algunas tienen una distribución altamente localizada. (p. 855)

Por otra parte, Deras (2017) dice que “El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea*”. (p. 9)

### 2.2.6.2 Maíz amiláceo

Al respecto Jara (2015) indica que:

El cultivo de maíz amiláceo en el Perú tiene como variedad representativa al Blanco Urubamba, exportado con la denominación de Blanco Gigante del Cusco, que pertenece a la Raza Cusco Gigante, cuyo nicho ecológico es el Valle Sagrado de los Incas (Calca y Urubamba - Cusco). Blanco Quispicanchi, es una variedad con características similares sobre todo en tamaño de grano, que se diferencia por su sabor dulce, producido con tecnología media a tradicional por encima de los 3000 m.n.s.n.m, para grano en los valles interandinos de Cusco (Quispicanchi), para choclo en Junín (Tarma) y Ancash, en los últimos años se viene produciendo semilla y choclo en valles de Arequipa, Pisco y Lima. (p. 4)

Por otra parte, también se tiene:

El maíz amiláceo es una gramínea (*Zea mays*), es un cultivo importante a nivel nacional por su uso diversificado para el consumo humano se cultiva mayoritariamente en la sierra de América del Sur. El maíz amiláceo (*Zea mays* L ssp amiláceo) agrupa a los maíces que tienen grano harinoso, blando, suave y de colores variados. Los productores de la sierra del Perú, en la mayoría de las ocasiones pertenecientes a diversas etnias indígenas, cultivan el maíz como se hacía hace 7.000-8.000 años. En el Perú se siembra maíz amiláceo desde el nivel del mar hasta los 3,800 m de altitud. La mayor parte de la producción de maíz amiláceo se lleva a cabo por campesinos que habitan en las sierras andinas. La mayor parte de los productores se concentran en los departamentos de Cajamarca, Cusco, Apurímac, Ayacucho, Ancash, Huancavelica, Junín y Huánuco. El maíz amiláceo es uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra del Perú y uno de los cultivos de mayor importancia económica después de la papa; su

producción se consume como en grano verde bajo las formas de choclo, y como grano seco bajo las formas de cancha, mote, harina precocida, y bebidas, entre otras formas de uso. Asimismo, la producción de maíz para consumo en forma de choclo y cancha, son las más importantes fuentes de ingresos para los productores de este tipo de maíz en la sierra del país. (Jara, 2015, p. 87)

### **2.2.6.3 Características fisiológicas de la planta de maíz**

#### **2.2.6.3.1 Clasificación taxonómica**

El cultivo de maíz presenta características típicas de una gramínea, así se tiene reportado por Cupper (2014), citado por Chunhuay (2017) que describe de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Orden	: Poales
Familia	: Graminácea o Poácea
Género	: Zea
Especie	: mays
Nombre científico	: Zea mays L.
Nombre común	: Maíz,

#### **2.2.6.3.2 Características morfológicas**

En seguida se presenta la descripción resumida de las características morfológicas de la planta de maíz, presentado por Ospina y Duarte (2016) de la siguiente manera:

**Tabla 1**

*Características morfológicas del cultivo de maíz*

Hábito	Anual
Multiplicación	por semillas
Sistema radicular	Estacional
Hojas	Anchas
Inflorescencia femenina	Lateral
Inflorescencia masculina	Terminal
Mazorca	Filas, cubiertas
Reproducción	Sexual
Latencia de semilla	Sin latencia

Fuente: Ospina & Duarte, 2016.

### **2.2.6.3.3 Raíz:**

Al respecto Ospina y Duarte (2016) describe así:

La raíz es el primero de los componentes del embrión que brota cuando la semilla germina. El sistema radicular es fasciculado, bastante extenso y representa un importante componente funcional y estructural de la planta. En la planta madura, las raíces pueden profundizar hasta 1.8 m y explorar una superficie de un círculo de 2 m. de diámetro. El sistema radical de la planta de maíz presenta tres tipos de raíces: - **Raíz seminal o primaria:** Es la que va a suministrar el anclaje y los nutrientes a la plántula. Se origina en la radícula luego de la germinación y tiene una duración de 2 a 3 semanas. Se reconoce inicialmente por mostrar un grupo de 1 a 4 raíces. - **Raíces adventicias:** Estas se originan, después de las raíces primarias, de los nudos que se encuentran debajo de la superficie del suelo y pueden alcanzar hasta 2m. de profundidad. - **Raíces de sostén o soporte:** Se originan en los nudos, cerca de la

superficie del suelo. Son las que proporcionan una mayor estabilidad a la planta y disminuyen problemas como el acame. Estas raíces tienen la capacidad de realizar fotosíntesis y de absorber fácilmente el fósforo. (p. 34)

#### **2.2.6.3.4 Tallo:**

Sobre este órgano de la planta se dice:

El maíz tiene un solo tallo principal formado por entrenudos separados por nudos más o menos distantes. Cerca del suelo, los entrenudos son cortos y su grosor disminuye de abajo hacia arriba. Su sección es circular, pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que se hace más profunda conforme se aleja del suelo. El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior protectora, impermeable y transparente, una pared de haces vasculares por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. El tallo alcanza su máximo desarrollo cuando la espiga ha emergido completamente y se ha iniciado la producción del polen. (Ospina y Duarte, 2016, p. 35)

#### **2.2.6.3.5 Hojas:**

Al respecto se refiere:

La planta de maíz posee entre 15 y 30 hojas, de 4 a 10 cm. de ancho por 35 a 50 cm. de longitud. Su borde es áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Las hojas son largas, anchas, planas y de gran tamaño; lanceoladas, alternas y paralelinervadas. Crecen en la parte superior de los nudos, abrazando al tallo mediante estructuras llamadas vainas. La cara superior de la hoja es pilosa, adaptada para la absorción de energía solar, mientras que la cara inferior, glabra, tiene numerosas estomas que permiten el proceso respiratorio. Las hojas son mantenidas en ángulos

aproximadamente rectos con respecto al tallo mediante una fuerte nervadura central. En la superficie foliar, justo en la unión del limbo con la vaina, existe una proyección delgada y semitransparente que envuelve el tallo llamada lígula, su función es restringir la entrada de agua y reducir las pérdidas por evaporación. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 35)

#### **2.2.6.3.6      *Inflorescencia femenina:***

Sobre la inflorescencia se reporta lo siguiente:

La mazorca es la inflorescencia femenina y está constituida por un tronco u olote cubierto por filas de granos (cada fila cuenta con 30 a 60 granos), que puede variar entre ocho y treinta filas por mazorca. Es en esta parte de la planta donde se almacenan las reservas nutritivas. Las mazorcas nacen de las axilas de las hojas, del tercio medio de la planta. Esta inflorescencia femenina está formada por el raquis (tusa) en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas y dos flores, una estéril y otra fértil por lo que el número de hileras de mazorcas es par. Las espiguillas femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa de forma cilíndrica y sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 15 a 20 cm. formando una cabellera característica y conocida vulgarmente como pelos o barbas. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 35)

#### **2.2.6.3.7      *Inflorescencia masculina:***

Al respecto se tiene:

Las espigas son las inflorescencias masculinas de la planta, están formadas por glumelas (un par), estambres (3 fértiles) y un pistilo rudimentario. Se ubican en la terminación del tallo principal y están formadas por una espiga central y varias ramas laterales, organizadas en una panícula laxa, donde se asientan las flores agrupadas en

espiguillas pareadas, una de las cuales es pedicelada y la otra es sésil. Cada espiguilla posee dos florecillas funcionales y cada una de estas posee tres anteras productoras de polen. Cuando las condiciones fisiológicas y ambientales lo permiten, las anteras liberan el polen, que ocurre casi siempre dos a tres días antes de la aparición de los estigmas o cabellos de la mazorca y se produce la polinización. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 35)

#### **2.2.6.3.8 Grano de maíz:**

Sobre la semilla del maíz se tiene:

El grano de maíz es el fruto de la planta, compuesto por una carióspside que consta de tres partes principales: la pared, el endosperma triploide y el embrión diploide. La cubierta o capa de la semilla, que es la pared del ovario, se llama pericarpio, es dura y debajo de ella se encuentra la capa de aleurona, que le da el color al grano (blanco, amarillo, morado) y que contiene las proteínas. Interiormente está el endospermo, con el 85 a 90% del peso del grano, que, al ser una estructura muy variable, le da a éste distintas apariencias. El embrión está formado por la radícula y la plúmula, ubicándose en el escutelo, localizado en la parte inferior del grano, donde va adherido a la tusa o raquis. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 37)

### **2.2.7 Cultivo de maíz blanco amiláceo**

Al respecto se tiene:

La región andina es el centro de origen, variación, dispersión y crianza de un gran número de especies, variedades, morfotipos y/o razas de plantas alimenticias y medicinales. Son muestras de esta gran variabilidad las 1,600 entradas de maíz agrupadas en 55 razas 8. siendo la Sierra del Perú una de las regiones de mayor diversidad que alberga 26 razas de maíz, distribuidas en los diferentes departamentos, los que

son empleadas para dotar seguridad alimentaria a las familias campesinas, quienes consumen en diversas formas: mazamorra, cancha, mote, choclo, chochoca y maíz pelado. Igualmente, las mayores concentraciones de las chacras con maíces amiláceos se ubican en la región natural denominada quechua, localizada entre los 2300 a 3500 m.s.n.m. 9. Así mismo, Campero 10, menciona que el Perú destaca por poseer diversidad de morfotipos de maíz amiláceo siendo uno de ellos el Qarway, una planta de dos metros de altura o más dependiendo del clima donde se siembra; es una variedad precoz y el color de su grano es amarillo. Se consume mayormente en tostado o cancha. Su siembra esta diversificada y se adaptada a la región sur entre Huancavelica, Ayacucho y Apurímac. (Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H, 2019, p. 13)

### **2.2.7.1 Requerimientos agroecológicos del maíz amiláceo**

Para cultivar el maíz amiláceo es importante conocer las características y exigencias agroecológicas que requieren el cultivo a fin de tener éxito en el crecimiento y desarrollo de las plantas que al final se manifestará en rendimiento a la cosecha. Estudiosos del cultivo reportan las siguientes características del cultivo. Así, Ospina y Duarte (2016) describen las siguientes características agroecológicas:

#### **2.2.7.1.1 Suelo:**

Al respecto se tiene:

El cultivo de maíz necesita suelos profundos fértiles, con textura franca, permeables, de buena capacidad de retención de agua, libre de inundaciones y encharcamientos, de estructura granular, alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5.0 y 7.5. El suelo, también, interactúa con los genes de la planta de maíz y restringe el potencial genético que ésta posee para el desarrollo radical. Por ejemplo, suelos con pie de arado, poco profundos, con escaso espacio poroso o con ambientes químicos indeseables (como exceso de carbonato de calcio,

exceso de acidez, exceso o déficit de algunos nutrimentos esenciales), limitarán el crecimiento de las raíces y su capacidad de exploración. Otros aspectos relacionados con el suelo que pueden reducir la expresión del potencial productivo son: La falta de cobertura, la pendiente, las condiciones químicas (salinidad, etc.) y físicas (capas endurecidas, infiltración, escorrentía, etc.). La mayoría de las características del suelo no son controlables por el hombre, al menos en términos económicos. Sólo dos factores generalmente se manejan: el abastecimiento de nutrientes mediante la fertilización y el suministro de agua, ya sea mediante habilitación de sistemas de riego y prácticas de conservación de la humedad. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 36)

#### **2.2.7.1.2      *Temperatura:***

Al respecto se tiene el siguiente reporte:

La temperatura influye directamente sobre el periodo vegetativo del maíz. Esta especie se desarrolla bien a temperaturas que oscilan entre 20 y 29°C, pero la ideal está comprendida entre 24 y 26°C, que se da en nuestro caso a alturas de 600 a 1.400 msnm. En general, son convenientes las noches frescas, los días soleados y las temperaturas moderadas para lograr altos rendimientos por unidad de superficie. La variabilidad de respuestas de los genotipos de maíz a la temperatura es amplia y por esta razón existen genotipos que permiten cultivar las especies desde el nivel del mar a altitudes superiores a 3.000 metros. Los genotipos que se cultivan en climas cálidos crecen más rápidamente que los que se cultivan en climas fríos, en forma tal que la duración del ciclo de vida del maíz es de alrededor de 120 días al nivel del mar y de 300 días a 2.600 msnm. Estas diferencias influyen en los rendimientos los cuales son mayores en los climas más fríos porque las plantas disponen de más tiempo para fotosintetizar y acumular materia seca. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 36)

Por otra parte, también el Ministerio de Agricultura y riego (2019) reporta lo siguiente:

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10 °C, y que ella vaya en aumento. Por encima de los 30 °C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces. En relación al brillo solar, el maíz requiere de 10 a 14 horas de sol por día. Las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, pues es la respiración muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día. Si las temperaturas son excesivas durante la emisión de polen y el alargamiento de los estilos puede producirse problemas. (p. 12)

#### **2.2.7.1.3 Luminosidad:**

Sobre el requerimiento de este factor climático se tiene:

El maíz requiere de mucha luminosidad (luz incidente) para obtener altas producciones de grano. Por ejemplo: a mayor intensidad de luz en épocas de llenado de grano, mayor acumulación de materia seca, por lo tanto, habrá altos rendimientos. En el caso de los trópicos, la luz es un factor bastante limitante por lo que se deben usar prácticas como la orientación de los surcos y la densidad de siembra para ayudar a maximizar su intercepción, haciendo más eficiente el proceso fotosintético de las plantas del cultivo. El maíz es sensible al fotoperiodo cuando los días pasan de 9 horas de luz, así que la luminosidad ideal está comprendida entre 6 a 7 horas de luz día. La radiación y la temperatura interactúan sobre el rendimiento del maíz, la tasa de crecimiento es mayor mientras más alta sea la cantidad de radiación visible interceptada y menor la temperatura; por esta razón es posible obtener altos rendimientos biológicos y económicos en zonas y épocas en que la radiación es elevada y las temperaturas son moderadas.

La cantidad de radiación interceptada por el cultivo durante los 10 días siguientes a la antesis está relacionada en forma lineal con número final de granos por planta, aunque la curva de esta relación varía de acuerdo con los genotipos. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 37)

#### **2.2.7.1.4 Precipitación:**

Sobre la precipitación requerida para el cultivo de maíz, se reporta:

El agua es el componente celular más abundante. Constituye entre el 80% y 95% de los tejidos en crecimiento. Muchas de las actividades vegetales están determinadas por el agua y las sustancias contenidas en ella así que el agua sirve de solvente, medio de transporte, generadora de turgencia y reguladora de la temperatura por la transpiración. El cultivo de maíz se da en regiones con precipitaciones de 1.000 y 2.000 mm por año, pero normalmente la planta de maíz necesita entre 550 a 650 mm. durante su ciclo vegetativo, bien repartidos. Las necesidades de agua para el maíz varían de acuerdo a los diferentes ciclos de desarrollo del cultivo, sin embargo, el mayor consumo lo realiza en la etapa de la floración, en donde un déficit de agua por uno a dos días puede reducir los rendimientos en un 22%, y en 50% cuando la sequía es de 6 a 8 días durante este periodo. Investigaciones realizadas por CORPOICA en el C.I. Turipaná, Cereté, muestran que el maíz requiere 750 litros de agua por kilogramo de grano producido, encontrándose que 400 a 450 milímetros son los requerimientos totales de agua para alcanzar rendimientos superiores a los 4 ton/ha con las variedades de maíces comerciales ICA V-156 e ICA V-109 y rendimientos superiores a 6 ton/ha con híbridos. La FAO reporta que un cultivo de maíz bien irrigado transpira cerca de 350 gramos de agua por cada gramo de materia seca producida. En el campo hay pérdidas adicionales de agua por la evaporación del suelo y sólo una fracción de la materia seca producida forma el grano, lo cual significa que un cultivo con buena disponibilidad de agua usa alrededor de 800 a 1.000 gramos de agua por

cada gramo de grano producido, En resumen, los mayores requerimientos de agua se presentan durante la germinación, la floración y el llenado de granos con valores medios que van de 4,8 a 5,4 mm/día. Sin embargo, es muy importante que haya suficiente disponibilidad de agua en el suelo durante todo el ciclo de vida del cultivo, para que se cumplan a cabalidad los procesos fisiológicos. Además, el maíz no tolera encharcamientos prolongados pues el estrés hídrico disminuye la longitud de las etapas reproductivas y por lo tanto, el rendimiento. (Ospina & Duarte, 2016, p. 38)

#### **2.2.7.1.5 *Altitud, vientos y heladas:***

Sobre las exigencias del maíz amiláceo sobre estos aspectos meteorológicos se tiene el siguiente reporte:

El maíz se desarrolla desde 0 a 4.000 msnm, pero a alturas mayores de 2.000 msnm se incrementa significativamente el ciclo o periodo vegetativo. Cuando se presentan vientos fuertes en épocas de polinización y llenado se pueden registrar bajos rendimientos debido al desecamiento del polen y el volcamiento de las plantas. En el caso de las heladas, si se presentan en épocas tempranas pueden ocasionar la muerte de las plantas y cuando ocurren en la época de floración causan secamiento del polen y quemaduras de la planta. (Ospina Rojas & Duarte Pérez, 2016, p. 38)

#### **2.2.7.2 Exigencias nutricionales del maíz**

Al respecto de la nutrición exigida por el cultivo de maíz, se tienen las siguientes publicaciones:

##### **2.2.7.2.1 *Nutrición de la planta:***

Al respecto, se tiene:

La nutrición de la planta es proporcionada por el suelo y la fertilización externa que normalmente suministramos durante su crecimiento. Cada cultivo tiene un requerimiento diferente, que también dependerá de la condición del suelo. Para conocer la salud o estado del suelo, se debe realizar un análisis de suelo. podemos usar una dosis recomendada para el cultivo de maíz tipo Cuzco en los valles interandinos. dosis de N P K 180 – 80 – 60. Esta dosis es para toda la campaña de una siembra y se divide en dos tiempos, por eso hay un primer y segundo abonamiento. La primera aplicación de abonamiento se realiza al momento de la siembra, aunque también se puede realizar cuando las plantas emergen y tengas entre 2 a 4 hojas. En tal situación de utiliza sólo el 50% del nitrógeno y la totalidad del fósforo y potasio. En el segundo abonamiento se realiza cuando las plantas tengan entre 7 a 8 hojas o cuando las plantas alcanzan la altura de 50 centímetros, en ese momento se aplica el 50% restante del nitrógeno. La forma de aplicación de los fertilizantes se puede hacer en forma de chorro continuo. (Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H, 2019, p. 13)

Asimismo, los mismos autores, indican que todas las plantas requieren una serie de nutrientes que los obtienen del medio que las rodea y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, y zinc) todos son importantes y deben mantener un equilibrio para el óptimo desarrollo de los vegetales. (Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H, 2019, p. 13)

**Tabla 2**

*Rendimiento de maíz en respuesta a la aplicación de niveles fertilización química en la Sierra*

N - P - K	Rendimiento (kg.ha-1)
00 - 00 - 00	1621
40 - 00 - 00	2662
40 - 40 - 40	2925
40 - 40 - 80	2892
40 - 40 - 160	2912
80 - 40 - 00	3275
80 - 40 - 40	3492
80 - 40 - 80	3554
80 - 40 - 160	3113

Fuente: Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H, 2019.

#### **2.2.7.2.2 Extracción de nutrientes del maíz amiláceo**

Agro Rural (2017) reporta que: “30,000 unidades de choclos extraen en promedio las siguientes cantidades de nutrientes expresados en kilogramos por hectárea. N: 157; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 53; K<sub>2</sub>O: 152, MgO: 40 y S: 12”. (p. 2)

En función al cual se recomienda la siguiente dosis de abonamiento:

Con insumos convencionales: N: 160; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 80; K<sub>2</sub>O: 80; y con guano de islas: 1400 kg/ha como opción I; 700 kg/ha como opción II, en una sola aplicación al momento de la siembra, precisando además que las diferencias de nutrientes faltantes se pueden complementar con otras fuentes. Estas consideraciones se recomiendan en función a las necesidades nutricionales del cultivo y en relación a la fertilidad natural del suelo (el cual se conoce después de realizar el análisis de suelo del

terreno en el que se realizará la siembra del maíz), además, se considera también la densidad de siembra, la tecnología utilizada y el rendimiento que se espera alcanzar. (AgroRural, 2017, p. 13)

#### **2.2.7.2.3 *Requerimiento de tipo de Suelo:***

Respecto a la calidad de los suelos se tiene el siguiente reporte:

El suelo es el lugar donde se encuentran la mayoría de los elementos que la planta requiere para nutrirse, además es una estructura compuesta de arena, limo, arcilla y materia orgánica, donde se albergan las raíces de la planta cumpliendo la función de sostén, absorción de nutrientes y fomenta vida en el suelo. Así el suelo es la parte fundamental de los ecosistemas terrestres, contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan. En él se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento, por tanto, el suelo condiciona a todos los seres del ecosistema. (Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H, 2019, p. 16)

#### **2.2.7.2.4 *pH del suelo:***

Sobre este factor para el cultivo de maíz se tiene:

Se define al pH del suelo como “la relativa condición básica o ácida. La escala de pH cubre un rango de 0 a 14. Un valor de pH 7 es neutro, sobre 7 básico y al contrario ácido”. Para una adecuada agricultura es necesario usar con valores de pH neutros o no alejados de este valor ya que caso contrario el cultivo se verá afectado por el bloqueo de nutrientes o toxicidad. (Ospina y Duarte , 2016, p. 37)

#### **2.2.7.3 Etapas de desarrollo del maíz**

Sobre las etapas de desarrollo del maíz, se tienen la siguiente descripción que afirman Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H, (2019):

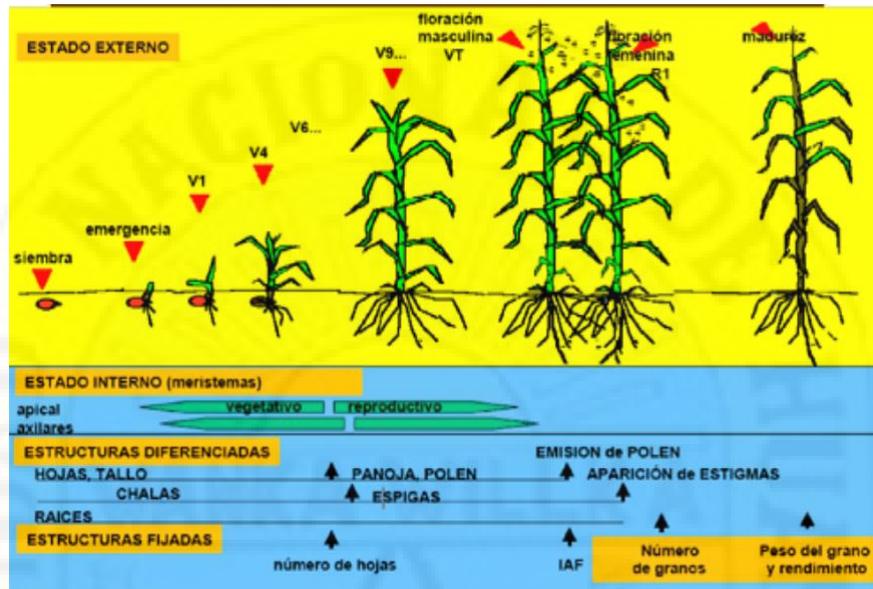
El desarrollo en las especies vegetales comprende procesos de crecimiento y diferenciación que empieza desde que la semilla entra en germinación, desde el cual se genera una nueva planta completa y con capacidades de producir nuevas semillas. Se debe entender por crecimiento el aumento de tamaño y el proceso de acumulación de materia seca en las plantas, producto del proceso fotosintético en relación a la respiración. (p. 17)

Así mismo, Ospina y Duarte (2016) reportan que “la productividad del maíz se debe al tamaño del área foliar y la ruta fotosintética conocida como la ruta C4, y consiste en un mecanismo eficiente para el intercambio de vapor de agua por dióxido de carbono atmosférico”. (p. 39). Esto quiere decir que las plantas pertenecientes al grupo de las especies C4 pueden producir más materia seca por unidad de agua transpirada que las plantas C3. (p. 18)

Ospina y Duarte (2016) también afirman que “El desarrollo de la planta de maíz se realiza en varias etapas, reunidas en dos momentos principales: el estadio vegetativo y el estadio reproductivo”. (p. 39)

## Figura 1

### Crecimiento y desarrollo del maíz



Fuente: Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H (2019).

#### 2.2.7.4 Fenología del cultivo de maíz

Respecto a la fenología del maíz se tiene:

##### 2.2.7.4.1 Fase vegetativa.

La fase vegetativa del maíz amiláceo lo describen de la siguiente manera:

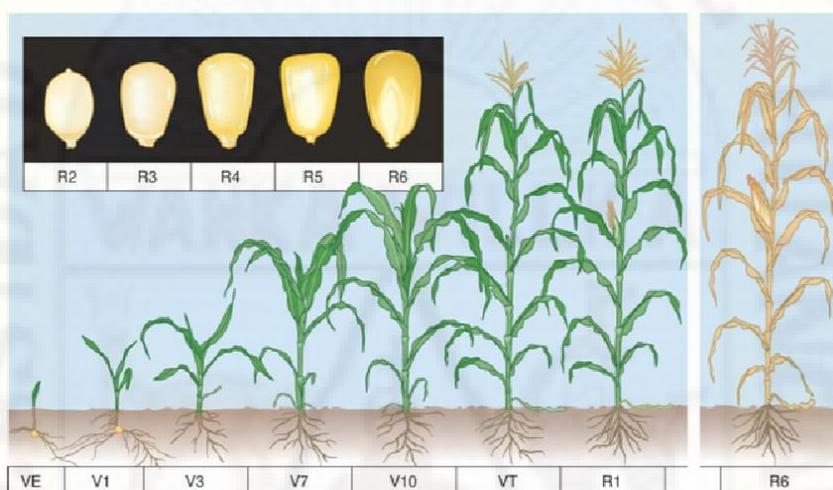
Esta fase inicia desde la siembra y dura hasta poco antes de que aparezcan las estructuras reproductivas, es decir, cuando se comienza a visualizar la espiga del maíz (flor masculina). Durante la etapa de plántula cualquier daño al follaje o a las raíces es crítico y pone en riesgo la supervivencia de las plántulas. En la fase vegetativa la mayor parte de la energía se dirige a la formación de follaje; por tanto, la planta tiene cierta tolerancia a la pérdida de follaje a causa del ataque de alguna plaga. (Ospina y Duarte, 2012, p. 39)

#### 2.2.7.4.2 Fase reproductiva.

Ospina y Duarte (2016) describe así: “Se inicia cuando se visualiza la espiga del maíz y termina hasta que se tiene la madurez fisiológica del cultivo (capa negra en el punto de inserción del grano con el olote)”. (p. 39)

#### Figura 2

*Etapas fenológicas de la fase vegetativa y reproductiva del maíz.*



Fuente: Asociación Andes 2017.

#### 2.2.7.5 Razas de maíz amiláceo

Con respecto a las razas del maíz, Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H (2019) tomando como referencia lo descrito por Sevilla (2009), reportan:

El maíz se clasifica en razas. En nuestro país se han identificado un total de 55 razas. La raza es un agregado de poblaciones de una especie que tienen en común caracteres morfológicos, fisiológicos, y usos específicos. Sin embargo, estas características distintivas no son suficientes para construir una subespecie diferente; la clasificación en razas es aplicada a especies cultivadas. Las razas del maíz es patrimonio cultural de los pueblos, como son sus costumbres, su música, su idioma y creencias. (p. 26)

**Tabla 3***Razas de maíz del Perú*

<b>Costa</b>	<b>Sierra</b>	<b>Selva</b>
	Confite morocho Confite puntiagudo Confite puneño Kully	Enano
<b>RAZAS DERIVADAS DE LAS PRIMITIVAS (20)</b>		
<b>Costa</b>	<b>Sierra</b>	<b>Selva</b>
Mochero Alazán Pagaladroga Rabo de zorro Chaparreño iqueño Chaparreño	Chullpi Huayleño Paro Morocho  Huancavelicano  Ancashino Shajatu Piscorunto Cuzco cristalino- amarillo Cuzco blanco Granada Uchuquilla	Sabanero      Píricínco
Iqueño		
<b>RAZAS DE LA SEGUNDA DERIVACION (10)</b>		
<b>Costa</b>	<b>Sierra</b>	<b>Selva</b>
Huachano Chancayano Perla Rienda	San Gerónimo S. Gerónimo- Huancavelicano. Cuzco gigante. Arequipeño	Chimlos  Imarañon
<b>RAZAS INTRODUCIDAS (6)</b>		
<b>Costa</b>	<b>Sierra</b>	<b>Selva</b>
Pardo Arizona Colorado		Alemán Chuncho Cuban yellow
<b>RAZAS</b>		
<b>INCIPIENTES (12)</b>		
<b>Costa</b>	<b>Sierra</b>	<b>Selva</b>
Jora Coruca Chancayano amarillo Tumbesino Morochillo	Morado Canteño Morocho Cajabambino Amarillo Huancabamba Allajara Huarmaca Blanco Ayabaca Huanuqueño	

Fuente: Sevilla 2009, citado por Dionisio F, Ricse N, Sánchez R, Chunhuay R, & Casavilca H 2019 .

## 2.2.8 Control biológico de plagas en maíz

Hernández, Estrada, Rodríguez, García, Patiño y Osorio (2019) con respecto al tema de control biológico, destacan lo siguiente:

Los insectos plaga, son una de las principales limitantes en la producción del cultivo de maíz. Por lo cual, provocan daño en el desarrollo de la planta y por ende reducen el rendimiento. El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith y *Heliothis zea* (Boddie), (Lepidoptera: Noctuidae) son las de mayor presencia en el cultivo de maíz. Para el control de estas y otras plagas, el control más usado son los insecticidas químicos; las principales desventajas de su uso han sido la contaminación al ambiente y la resistencia de los insectos plaga, esto ha ocasionado daño en el ambiente y resistencia. Una alternativa es la utilización de microorganismos entomopatógenos, depredadores o parasitoides. Dentro de estos se encuentran hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, y depredadores de la familia Coccinellidae como *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus), siendo estas más utilizadas en el control biológico. Asimismo, algunos parasitoides como *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Platygasteridae). Por lo cual, las ventajas del control biológico es reducir niveles de infestación de plagas a una proporción que no causen daño económico, disminuir el espectro de acción y además no generan contaminación al ambiente. El control biológico depende en gran medida de las condiciones climáticas, etapa fenológica del cultivo y de la interacción entre las plagas y el hospedero. (p. 803)

## 2.2.9 Producción nacional del maíz amiláceo

Sobre la producción nacional de maíz amiláceo en el Perú reportado por el Ministerio de Agricultura y Riego (2019), se tiene:

**Tabla 4***Producción de maíz amiláceo por departamento*

Departamento	2018 (t)	2019 (t)	Variación porcentual 2009/2018	Estructura % 2019	Incidencia 2019
Cuzco	62 325	58048	-6,9	18,8	-1,4
Apurímac	50 898	55 963	10,0	18,2	1,7
Huancavelica	24 393	34 167	40,1	11,1	3,2
Cajamarca	27 565	31167	12,7	10,1	1,1
La Libertad	24802	25108	1,2	8,2	0,1
Ayacucho	25739	21 978	-14,6	7,1	-1,2
Huánuco	15354	15 583	1,5	5,1	0,1
Piura	16 283	14814	-9	4,8	-0,5
Junín	14 583	12639	-13,3	4,1	-0,6
Arequipa	7165	7338	2,4	2,4	0,1
Ancash	7296	7078	-3,0	2,3	-0,1
Puno	6288	6457	2,7	2,1	0,1
Amazonas	7 061	6052	-14,3	2,0	0,3
Lambayeque	8599	5585	-35,0	1,8	-1,0
Tacna	1283	2201	71,6	0,7	0,3
Pasco	2131	1910	-10,4	0,6	-0,1
Lima	1255	875	-30,3	0,3	-0,1
Moquegua	863	782	-9,4	0,3	0,0
Ica	580	339	-41,5	0,1	-0,1
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>304463</b>	<b>307970</b>	<b>1,2</b>	<b>100,0</b>	<b>1,2</b>

Fuente: MINAGRI-DGESEP-DEA 2019

## 2.3 Formulación de hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis general:

**Ho:** Las precipitaciones sólidas simuladas no disminuyen el rendimiento del cultivo de maíz en la localidad de Choclococha – Pomacocha - Acobamba Huancavelica. ( $H_o = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$ )

**Ha:** Las precipitaciones sólidas simuladas disminuyen el rendimiento del cultivo de maíz en la localidad de Choclococha – Pomacocha - Acobamba Huancavelica. ( $H_a \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7$ )

### 2.3.2 Hipótesis específicas

**Ho:** Las precipitaciones sólidas simuladas no afectan el crecimiento de la mazorca del cultivo de maíz. ( $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$ )

**Ha:** Las precipitaciones sólidas simuladas afectan el crecimiento de la mazorca del cultivo de maíz ( $H_a \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7$ )

**Ho:** Las precipitaciones sólidas simuladas no afectan la producción de granos de maíz por mazorca ( $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$ )

**Ha:** Las precipitaciones sólidas simuladas afectan la producción de granos de maíz por mazorca ( $H_a \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7$ )

## 2.4 Definición de términos

**Amiláceo:** El maíz amiláceo es considerado como alimento eminentemente energético y rico en nutrientes digestibles totales.

**Aporque:** Es una técnica agrícola que consiste en acumular tierra en la base del tronco o tallo de una planta como el apio, tomate, coliflor y brócoli, entre otras, con el fin de que queden protegidas; incluso ayuda a facilitar el riego e impide el exceso de humedad. El aporque tiene varias finalidades, acercar suelo enriquecido con nutrientes al pie de las plantas, eliminar malezas, facilitar el drenaje, mejorar la aireación alrededor de las plantas y servir de apoyo a ciertos cultivos cuyo sistema radical no es fuerte, entre otras cuestiones.

**Área Foliar:** El índice de área foliar (IAF) es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresado en  $m^2$  y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en  $m^2$ .

**Calidad:** Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie. "de buena calidad; de mala calidad; esta fruta es de una calidad excelente.

**Choclo:** El término para elote es choclo. El choclo, un alimento rico en fibra que ayuda a prevenir enfermedades. Especialistas en nutrición señalan que el maíz puede reemplazar al arroz.

**Defoliación:** Es quitar las hojas que impiden el crecimiento del cogollo. Esto también significa quitar hojas superiores si producen demasiada sombra. Sin embargo, la mayor parte de la defoliación se practicará en las ramas inferiores de la planta.

**Densidad:** se define como el número de plantas por unidad de área de terreno.

**Elote:** Se le llama elote (del náhuatl elotitl, 'mazorca tierna') a la mazorca de maíz que todavía está en la planta que la produjo (tanto maduras como inmaduras), o bien a la que fue recientemente cosechada y en la cual los granos todavía guardan la humedad natural.

**Gramíneas:** Familia de plantas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco, hojas alternas que abrazan el tallo, flores agrupadas en espigas o en panojas y grano seco cubierto por las escamas de la flor. En cuanto a su inclusión en el conjunto de las monocotiledóneas, se debe a que su embrión presenta un único cotiledón (nombre que alude a la primera hoja de las fanerógamas).

**Granizo:** Precipitación en forma de glóbulos de hielo que se originan en los cumulonimbos muy desarrollados y caen separados y con violencia sobre la superficie terrestre.

**Grano Seco:** Grano procede del latín "granum", término que es de uso especialmente frecuente en la agricultura, y designa a los frutos de paredes delgadas adheridos a las semillas de los cereales o gramíneas (granos de maíz, de trigo, de arroz, de cebada, etcétera). Se forman a partir de un carpelo único y seco.

**Hoja:** Es el órgano de la planta de forma laminar y generalmente de color verde debido a la clorofila que contiene; se inserta en los nudos tanto del tallo como de las ramas. Sus partes son: El limbo: es la parte plana de la hoja, y tiene dos caras, la superior se llama haz, y el reverso denominado envés

**Maíz amiláceo:** Agrupa a los maíces que se caracterizan por tener grano harinoso, blando, suave y de colores variados, comprendiendo diversas razas, entre las que se encuentran Cusco, Paro, Piscorunto, Huancavelicano, Kculli, Chullpi, Confite morocho y San Gerónimo

**Mazorca:** La realidad es que el maíz es un cereal, aunque su mazorca puede considerarse una hortaliza. Se refiere a un fruto que está en la cabeza de la planta y que contiene muchos granos pegados, como por ejemplo el fruto del maíz. La palabra mazorca viene del árabe masura (palo de lanza)

**Nervadura:** Es la distribución de los nervios que componen el tejido vascular de la hoja de una planta. a nervadura es la distribución de los nervios que componen el tejido vascular de la hoja de una planta. Se ubican en el estrato esponjoso del mesófilo de la hoja; a través de ellos circula la savia, comunicando los órganos de la hoja con el resto de la planta.

**Observación Científica:** Consiste en examinar directamente algún hecho o fenómeno según se presenta espontáneamente y naturalmente, teniendo un propósito expreso conforme a un plan determinado y recopilando los datos en una forma sistemática. Consiste en apreciar, ver, analizar un objeto, un sujeto o una situación.

**Peso Seco:** Para obtener el peso seco total, incluyendo las mazorcas, convertir el peso fresco total (PFT) a peso seco total (PST; kg) de la siguiente manera:  $PST = PFT * MST\%$ . Calcular materia seca por unidad de área (ton ha<sup>-1</sup>) de la siguiente manera,  $PS * 10 / PA$ . El termino de “Peso Seco” se refiere al peso alcanzado cuando ya no se cuenta con exceso o deficiencia de líquido en el cuerpo, conocerlo es de mucha utilidad en pacientes que se encuentran en hemodiálisis o en diálisis peritoneal.

**Precipitación:** La precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.

**Producción:** Se definen como el conjunto de técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas. Es la actividad económica que se encarga de transformar los insumos para convertirlos en productos. Desde el punto de vista de la economía, la producción es la actividad que aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios y, al mismo tiempo, la creación de valor

**Productividad:** Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción

**Rendimiento agrícola:** Relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (T.M./ha.).

**Siembra:** Es el proceso de colocar las semillas en un terreno "preparado para ese fin". Como el proceso que consiste en plantar semillas para que éstas germinen y desarrollen

**Simulación:** Este verbo refiere a representar algo, imitando o fingiendo lo que no es. ... Puede definirse a la simulación como la experimentación con un modelo que imita ciertos aspectos de la realidad

**Sistema de cultivo:** Según la variedad de productos que se cultivan hablamos de: policultivo; monocultivo. Según el aprovechamiento del agua: secano. En función de los condicionantes físicos que presenta un espacio natural el ser humano elige diferentes maneras de cultivar para obtener la máxima productividad posible. Estas maneras de cultivar se conocen como sistemas de cultivo.

**Tallo:** Es el eje de la parte generalmente aérea de las cormofitas y es el órgano que sostiene las hojas, flores y frutos. Sus funciones principales son las de sostén y de transporte de fotosintatos entre las raíces y las hojas. Es quien transporta el agua y las sales minerales, desde la raíz hacia las hojas.

**Tamaño:** Conjunto de las dimensiones físicas de una cosa material, por las cuales tiene mayor o menor volumen. El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones

**Tusa:** también conocido como olote residuo producido luego de desgranar la mazorca del maíz.

## 2.5 Identificación de variables

**Variable independiente:**

Daño foliar por precipitación sólida simulada.

**Variables dependientes:**

Crecimiento

Rendimiento

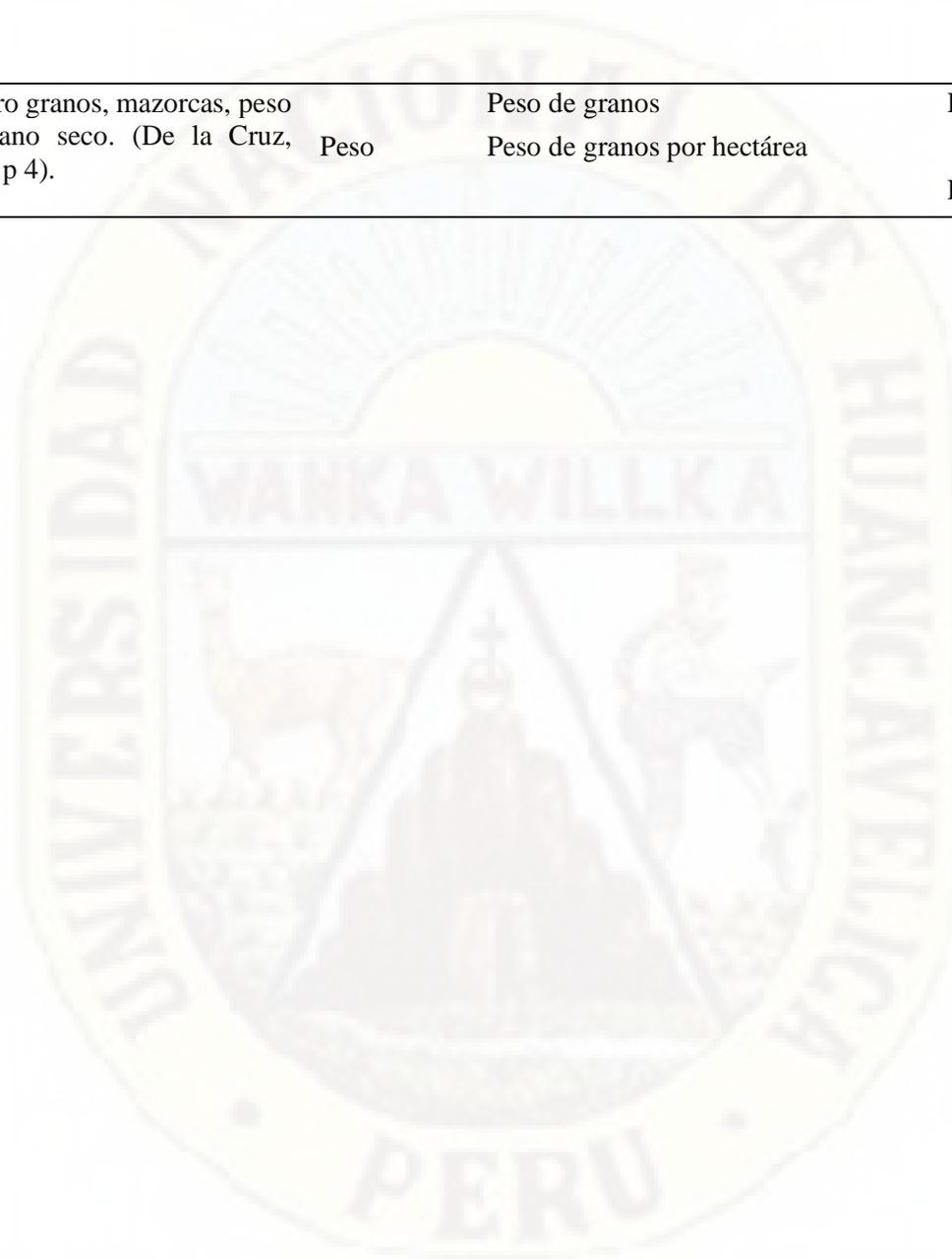
## 2.6 Operacionalización de variables

**Tabla 5**

*Operacionalización de las variables*

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores	Escala de medición	Item	Instrumento
Daño foliar por precipitación sólida simulada	Deterioro de las hojas en forma de rotura con defoliación parcial o total, asimismo, el daño foliar puede ser en forma de rasgados de las hojas de las plantas. (De la Cruz, 2018, p 3).	Defoliación	Defoliación en 25% Defoliación en 50% Defoliación en 75% Defoliación en 100%	Intervalo	1	
		Rasgado	Rasgado total sin quiebre de nervadura Rasgado total con quiebre de nervadura	Intervalo	2	
Variables dependientes	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Escala	Item	Instrumento
Crecimiento de la planta	Aumento de tamaño de la planta en sus diferentes etapas de crecimiento. (De la Cruz, 2018, p 4).	Tamaño	Altura de planta	Razón	3	Bastón porta prisma
			Tamaño de mazorca	Razón	4	Vernier
	Cantidad de maíz producido por planta y por área de terreno que puede ser expresado en	Número	Granos por mazorca	Razón	5	Contómetro

Rendimiento de maíz amiláceo	número granos, mazorcas, peso de grano seco. (De la Cruz, 2018, p 4).	Peso	Peso de granos Peso de granos por hectárea	Razón	6	Balanza
				Razón	7	Balanza



# **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **3.1 Tipo de investigación**

El trabajo de investigación que se realizó corresponde al tipo de investigación aplicada, según lo tipificado Tamayo (2012), que define así: “la investigación aplicada es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas, y que esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata”. (p. 56). En este caso se buscó conocer los efectos de la simulación de defoliación por precipitación sólida en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo.

## **3.2 Nivel de investigación**

Siendo la producción de los nuevos conocimientos y la resolución de problemas críticos, acciones estratégicas, que en esencia representan el propósito fundamental de la investigación científica, deben realizarse guardando un cierto orden progresivo, por ello primero se debe realizar estudios secuenciales y coherentes, es decir, que la aplicación de nuevos sistemas de tratamientos a un sector determinado de la realidad, supone primero: realizar estudios preliminares o exploratorios, y luego explicativos o causales y finalmente experimentales. (Carrasco, 2013, p. 41)

En ese considerando el trabajo de investigación realizado corresponde a nivel experimental, porque se conocieron las características de las variables y las causas que han determinado que tengan tales características, los cuales han generado o dado origen al problema de estudio.

## **3.3 Métodos de investigación**

En el estudio se utilizó el método experimental, en el procedimiento se buscó probar el efecto de la precipitación sólida en el crecimiento y rendimiento del cultivo. El mismo que se describe en seguida:

### 3.3.1 **Ámbito de Estudio**

El estudio se ejecutó en el siguiente ámbito:

#### **Ámbito temporal:**

El estudio se desarrolló en el centro poblado de Choclococha, en la campaña agrícola 2018 – 2019.

#### **Ámbito espacial:**

##### **Ubicación política:**

- Departamento : Huancavelica
- Provincia : Acobamba
- Distrito : Pomacocha
- Centro poblado : Choclococha

##### **Ubicación geográfica:**

- Altitud : 3 250 msnm
- Latitud Sur : 12° 52 25”
- Longitud Oeste : 74° 31 51” del meridiano de Greenwich

Fuente: Google earth 2019

### 3.3.2 **Materiales utilizados en el experimento**

- **Material vegetal:** semilla de maíz amiláceo ecotipo Ccarhuay, comúnmente utilizado por los agricultores a nivel de los agricultores de la provincia de Acobamba. La semilla era proveniente de un lote de semillas

comunes de las familias del barrio de Pueblo Viejo de Acobamba, perteneciente a la cosecha de la campaña anterior.

- **Estiércol descompuesto de vacuno:** se utilizó como fuente de abonamiento.
- **Terreno agrícola:** El terreno estuvo ubicado en el centro poblado de Choclococha, del distrito de Pomacocha.

### 3.3.3 Actividades desarrolladas en el proceso del experimento

- **Historial del terreno de cultivo:** El terreno tuvo como historial agrícola el siguiente; en las últimas tres campañas agrícolas se sembraron maíz amiláceo. Al momento de instalar el experimento era el cuarto año consecutivo de siembra con maíz.
- **Preparación del terreno:** El terreno fue preparado con maquinaria agrícola, consistió en realizar la roturación con arado de disco, posteriormente se realizó el desterronado con picos y en forma manual.
- **Demarcación y estacado del terreno:** esta labor se realizó el 29 de octubre 2018. Se procedió a la demarcación con yeso de los bloques y unidades experimentales, asimismo se colocaron estacas de madera en las esquinas de los bloques.
- **Siembra del maíz:** La siembra se realizó en surcos realizados en forma manual haciendo usos de picotas, distanciados a 0.70 m. Las semillas se depositaron al fondo del surco, se depositaron tres semillas cada 0.40 m entre golpes. La siembra se realizó el 30 de octubre 2018.

### Figura 3

*Terreno preparado para instalar el experimento*



- **Abonamiento:** el abonamiento se realizó en dos momentos. **El primero** fue al momento de la siembra, con el estiércol descompuesto, se aplicó a al fondo del surco entre los espacios de los golpes de las semillas a razón de 50 gr por golpe, asimismo, se aplicó una mezcla de fertilizante químico cuya dosis fue de 100 – 100 – 80 de NPK (que tuvo como fuentes a los fertilizantes: urea, fosfato di – amónico y cloruro de potasio), en forma de chorro continuo al fondo del surco y tapado con una ligera capa de suelo, previo a la colocación de las semillas, dejando el 50% de N para ser aplicado en una **segunda** oportunidad al momento del aporque. El tapado del surco se realizó con herramientas ligeras como la picota, con la finalidad de formar una capa uniforme del espesor de la tierra.
- **Deshierbo:** Se realizó manualmente, consistió en remover el suelo ligeramente y eliminar las malezas que se presentaban en el campo. La maleza predominante fue el yuyo o nabo (*Brassica silvestris*) y la cebadilla (*Avena sativa*), kikuyo (*Pennisetum sp.*).

**Figura 4**

*Labor cultural de deshierbo*



- **Aporque:** Se realizó un solo aporque, cuando las plantas tenían en aproximadamente entre 40 a 50 cm de altura, se realizó manualmente con la mano de obra de peones. Esta labor se realizó con la finalidad de brindar a las plantas soporte y mayor anclaje. Esta actividad cultural se realizó el 10 de diciembre 2018.

**Figura 5**

*Delimitación de tratamientos en el campo experimental*



**Figura 6**

*Materiales utilizados en la simulación de daño foliar*



- **Daño foliar de plantas por precipitación sólida simulada (aplicación de los tratamientos):** El daño foliar de las plantas de maíz se realizaron en

forma manual haciendo uso de una tijera, consistió en cortar las hojas de las plantas y en rasgar, según lo establecido previamente en el diseño del experimento. Esta actividad se realizó a los 75 días después de la siembra.

- T1** Testigo.
- T2** Defoliación en 25% de las láminas de cada hoja.
- T3** Defoliación en 50% de las láminas de cada hoja.
- T4** Defoliación en 75% de las láminas de cada hoja.
- T5** Defoliación en 100% de las láminas de cada hoja
- T6** Rasgado total de las láminas de cada hoja del total de hojas de la planta, sin quiebre de la nervadura central.
- T7** Rasgado total de las láminas de cada hoja del total de hojas de la planta, con quiebre de la nervadura central.

**Figura 7**

*Realizando la simulación del daño*



**Figura 8**

*Tratamiento en estudio*



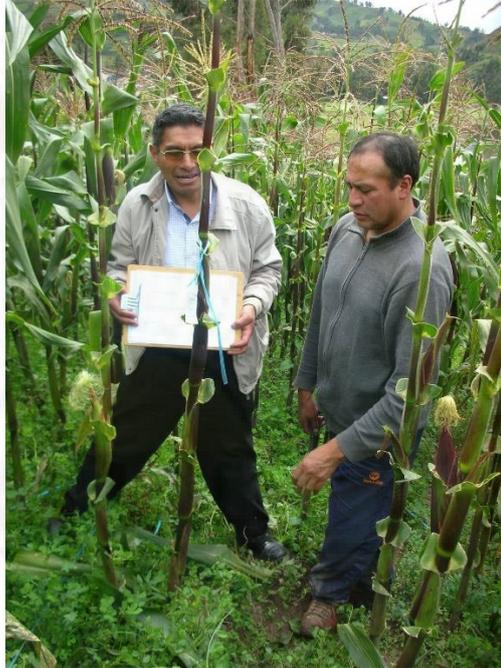
**Figura 9**

*Ocasionando daño foliar en las plantas*



**Figura 10**

*Visita de docente de la Facultad de Ciencias Agrarias*



**Figura 11**

*Visita de asesor de tesis al campo experimental*



**Figura 12**

*Visita a campo experimental por docentes de la UNH*



**Figura 13**

*Granizada en campos de cultivo de Acobamba Octubre 2017*



### **Figura 14**

*Daño foliar por granizada al cultivo de maíz en Acobamba. Mayo 2021*



- **Cosecha:** La cosecha se realizó cuando el maíz había terminado su madurez fisiológica, es decir que se esperó que las mazorcas maduraran y pierdan humedad naturalmente, un indicador de esto fue que las mazorcas mostraban un decaimiento paralelo al tallo. La cosecha consistió en retirar las mazorcas de maíz con toda y panca, los tallos se dejaron en el campo.

### **Figura 15**

*Muestra de cosecha de maíz*



### 3.4 Diseño de investigación

En el estudio se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar, con siete (7) tratamientos y tres (3) repeticiones. Cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta del j -ésimo tratamiento en la i-ésima repetición.

$\mu$  = Media general.

$\beta_i$  = Efecto de la i-ésima repetición.

$T_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento.

$e_{ij}$  = Efecto del error experimental.

#### 3.4.1 Descripción de los tratamientos

**T1** Testigo.

**T2** Defoliación en 25% de las láminas de cada hoja.

**T3** Defoliación en 50% de las láminas de cada hoja.

**T4** Defoliación en 75% de las láminas de cada hoja.

**T5** Defoliación en 100% de las láminas de cada hoja

**T6** Rasgado total de las láminas de cada hoja del total de hojas de la planta, sin quiebre de la nervadura central.

**T7** Rasgado total de las láminas de cada hoja del total de hojas de la planta, con quiebre de la nervadura central.

### 3.4.2 Croquis del experimentos y distribución de los tratamientos

**Figura 16**

*Croquis de distribución de tratamientos del experimento*

		TRATAMIENTOS						
REPETICIONES		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
		T3	T6	T5	T2	T7	T1	T4
		T4	T7	T1	T6	T3	T2	T5

### 3.4.3 Características del experimento

- Longitud de surco: : 3 m
- N° surcos por unidad experimental : 3
- Distancia entre surcos : 0.70 m
- Área de unidad experimental : 6.3 m<sup>2</sup>
- N° tratamientos : 7
- N° de Repeticiones (bloques) : 3
- Área total de bloque : 44.1 m<sup>2</sup>
- Área total experimental : 132.3 m<sup>3</sup>

**Figura 17**

*Población de plantas de maíz amiláceo en estudio*



### **3.5 Población, muestra y muestreo**

#### **3.5.1 Población:**

La población de estudio estuvo conformada por 1890 plantas, y 90 plantas de maíz amiláceo por unidad experimental.

#### **3.5.2 Muestra:**

El tamaño de la muestra se hizo aplicando la fórmula estadística siguiente:

$$n = \frac{Z^2 \cdot pq}{E^2}$$

n = Muestra inicial	¿?
Z = Nivel de confianza	95% (0.95)
p = Probabilidad de éxito	60% (0.60)
q = Probabilidad de desacierto	40% (0.40)

E = Margen de error                      5%    (0.05)

N = Población                              1890

**Cálculo de Z:**

Recurriendo a la tabla de distribución normal estandarizada (áreas bajo la curva normal codificada de Z a 9), para ubicar el valor obtenido producto de 95/200, se tiene **0.475**. Este valor en la tabla de números bajo la curva normal, se tiene ubicada entre los valores de **Z**, 0.06 y 1.9. al sumar los números se obtiene el valor de **Z = 1.96**

Aplicando la fórmula se tiene la siguiente **muestra inicial:**

$$n = 368.79; \text{ redondeando será } \mathbf{369}$$

**Comprobando si  $n/N > E$** ; para ajustar la muestra. Si fuera así se procede a ajustar la muestra.

Se tiene:             $\frac{n}{N} = \mathbf{0.1951}$

0.1951 es mayor que 0.05, en tal sentido se debe ajustar la muestra con la siguiente fórmula.

$$n_o = \frac{n}{1 + \frac{(n-1)}{N}}$$

Donde:

$n_o$  = Muestra ajustada

$n$  = Muestra inicial

$N$  = Población

Al aplicar la fórmula y reemplazando los valores, se tiene:

$$n_0 = 308.71$$

Redondeando, la muestra ajustada fue **309** plantas de maíz

Considerando en número de unidades experimentales que fue igual a 21.

$$309/21 = 14.71, \text{ redondeando} = \mathbf{15 \text{ plantas.}}$$

El tamaño de la muestra por unidad experimental y para realizar toma de datos por cada variable de estudio fue 15 plantas.

### **3.5.3 Muestreo:**

La técnica de muestreo utilizado fue el probabilístico, en la que la selección de los elementos muestrales se realizó mediante el muestreo aleatorio sistemático.

$$k = 90/15 = 6, \text{ fue el valor del intervalo}$$

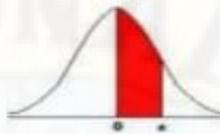
El valor del intervalo se aplicó, después de sacar al azar la primera balota, se procedió a seleccionar las siguientes unidades muestrales.

**Tabla 6**

*Tabla de distribución normal estandarizada*

Áreas bajo la distribución de probabilidad Normal Estándar entre la media y valores positivos de Z

$$\mu = 0 \text{ y } \sigma^2 = 1$$



Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.00000	0.00399	0.00798	0.01197	0.01595	0.01994	0.02392	0.02790	0.03188	0.03586
0.1	0.03983	0.04380	0.04776	0.05172	0.05567	0.05962	0.06356	0.06749	0.07142	0.07535
0.2	0.07926	0.08317	0.08706	0.09095	0.09483	0.09871	0.10257	0.10642	0.11026	0.11409
0.3	0.11791	0.12172	0.12552	0.12930	0.13307	0.13683	0.14058	0.14431	0.14803	0.15173
0.4	0.15542	0.15910	0.16276	0.16640	0.17003	0.17364	0.17724	0.18082	0.18439	0.18793
0.5	0.19146	0.19497	0.19847	0.20194	0.20540	0.20884	0.21226	0.21566	0.21904	0.22240
0.6	0.22575	0.22907	0.23237	0.23565	0.23891	0.24215	0.24537	0.24857	0.25175	0.25490
0.7	0.25804	0.26115	0.26424	0.26730	0.27035	0.27337	0.27637	0.27935	0.28230	0.28524
0.8	0.28814	0.29103	0.29389	0.29673	0.29955	0.30234	0.30511	0.30785	0.31057	0.31327
0.9	0.31594	0.31859	0.32121	0.32381	0.32639	0.32894	0.33147	0.33398	0.33646	0.33891
1.0	0.34134	0.34375	0.34614	0.34849	0.35083	0.35314	0.35543	0.35769	0.35993	0.36214
1.1	0.36433	0.36650	0.36864	0.37076	0.37286	0.37493	0.37698	0.37900	0.38100	0.38298
1.2	0.38493	0.38686	0.38877	0.39065	0.39251	0.39435	0.39617	0.39796	0.39973	0.40147
1.3	0.40320	0.40490	0.40658	0.40824	0.40988	0.41149	0.41308	0.41466	0.41621	0.41774
1.4	0.41924	0.42073	0.42220	0.42364	0.42507	0.42647	0.42785	0.42922	0.43056	0.43189
1.5	0.43319	0.43448	0.43574	0.43699	0.43822	0.43943	0.44062	0.44179	0.44295	0.44408
1.6	0.44520	0.44630	0.44738	0.44845	0.44950	0.45053	0.45154	0.45254	0.45352	0.45449
1.7	0.45543	0.45637	0.45728	0.45818	0.45907	0.45994	0.46080	0.46164	0.46246	0.46327
1.8	0.46407	0.46485	0.46562	0.46638	0.46712	0.46784	0.46856	0.46926	0.46995	0.47062
1.9	0.47128	0.47193	0.47257	0.47320	0.47381	0.47441	0.47500	0.47558	0.47615	0.47670
2.0	0.47725	0.47778	0.47831	0.47882	0.47932	0.47982	0.48030	0.48077	0.48124	0.48169
2.1	0.48214	0.48257	0.48300	0.48341	0.48382	0.48422	0.48461	0.48500	0.48537	0.48574
2.2	0.48610	0.48645	0.48679	0.48713	0.48745	0.48778	0.48809	0.48840	0.48870	0.48899
2.3	0.48928	0.48956	0.48983	0.49010	0.49036	0.49061	0.49086	0.49111	0.49134	0.49158
2.4	0.49180	0.49202	0.49224	0.49245	0.49266	0.49286	0.49305	0.49324	0.49343	0.49361
2.5	0.49379	0.49396	0.49413	0.49430	0.49446	0.49461	0.49477	0.49492	0.49506	0.49520
2.6	0.49534	0.49547	0.49560	0.49573	0.49585	0.49598	0.49609	0.49621	0.49632	0.49643
2.7	0.49653	0.49664	0.49674	0.49683	0.49693	0.49702	0.49711	0.49720	0.49728	0.49736
2.8	0.49744	0.49752	0.49760	0.49767	0.49774	0.49781	0.49788	0.49795	0.49801	0.49807
2.9	0.49813	0.49819	0.49825	0.49831	0.49836	0.49841	0.49846	0.49851	0.49856	0.49861
3.0	0.49865	0.49869	0.49874	0.49878	0.49882	0.49886	0.49889	0.49893	0.49896	0.49900
3.1	0.49903	0.49906	0.49910	0.49913	0.49916	0.49918	0.49921	0.49924	0.49926	0.49929
3.2	0.49931	0.49934	0.49936	0.49938	0.49940	0.49942	0.49944	0.49946	0.49948	0.49950
3.3	0.49952	0.49953	0.49955	0.49957	0.49958	0.49960	0.49961	0.49962	0.49964	0.49965
3.4	0.49966	0.49968	0.49969	0.49970	0.49971	0.49972	0.49973	0.49974	0.49975	0.49976
3.5	0.49977	0.49978	0.49978	0.49979	0.49980	0.49981	0.49981	0.49982	0.49983	0.49983
3.6	0.49984	0.49985	0.49985	0.49986	0.49986	0.49987	0.49987	0.49988	0.49988	0.49989
3.7	0.49989	0.49990	0.49990	0.49990	0.49991	0.49991	0.49992	0.49992	0.49992	0.49992
3.8	0.49993	0.49993	0.49993	0.49994	0.49994	0.49994	0.49994	0.49995	0.49995	0.49995
3.9	0.49995	0.49995	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49997	0.49997
4.0	0.49997	0.49997	0.49997	0.49997	0.49997	0.49997	0.49998	0.49998	0.49998	0.49998

Nota: Tomado de Carrasco 2016.

### 3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la ejecución de la investigación se utilizó como técnica general la observación, y otras específicas que son las siguientes técnicas e instrumentos, para realizar la recolección de los datos en función a las variables de estudio:

**Tabla 7**

*Técnicas e instrumentos de medición de variables*

Variable	Técnica	Instrumento
Altura de planta	Medición	Bastón porta prisma de estación total
Longitud de mazorca	Medición	Vernier
Diámetro de mazorca	Medición	Vernier
Granos por mazorca	Conteo	Contómetro
Peso de granos	Pesado	Balanza
Rendimiento de grano seco	Pesado	Balanza

Los instrumentos utilizados para las mediciones de las variables de estudio pertenecen a los laboratorios y talleres académicos de la Escuela Profesional de Agronomía, así:

**Bastón porta prisma de estación total:** del taller académico de topografía y geodesia.

**Vernier:** del taller académico de Cultivos hidropónicos y plantas ornamentales.

**Contómetro:** del taller académico de Cultivos hidropónicos y plantas ornamentales.

**Balanza:** del laboratorio de interacción beneficiosa planta microorganismo

### 3.6.1 Altura de planta:

Se utilizó la técnica de la medición, el instrumento empleado fue bastón porta prisma de estación total, los datos se registraron en un cuaderno de campo. La medición se realizó a los 120 días después de la siembra. Consistió en medir la planta desde el cuello de la planta hasta la punta de la hoja más larga.

**Figura 18:**

*Medición de altura de planta con bastón de prisma*



### 3.6.2 Longitud de mazorca

La técnica utilizada fue la medición, el instrumento empleado fue el vernier. Esta variable fue medida después de la cosecha, cuando las mazorcas de maíz fueron secadas a luz directa solar. Los registros de las mediciones realizadas se consolidaron en una tabla en Excel por cada tratamiento.

**Figura 19:**

*Despancado de maíz cosechado*



**Figura 20:**

*Medición de longitud de mazorca*



### **3.6.3 Diámetro de mazorca:**

La técnica utilizada fue la medición, el instrumento empleado fue el vernier, se realizó cuando las mazorcas estuvieron secas.

**Figura 21:**

*Muestra de mazorca cosechada*



**Figura 22:**

*Medición de diámetro de mazorca*



### 3.6.4 Cantidad de granos por mazorca:

La técnica empleada fue el conteo, se procedió a contar los granos de cada mazorca, y los se registraron en una tabla pre diseñada en el cuaderno de campo, que luego fueron tabuladas en Excel.

### 3.6.5 Peso de granos por mazorca:

La técnica utilizada fue el pesado, se procedió a pesar los granos secos de muestras de mazorca por cada tratamiento, los datos se registraron en una tabla pre establecida en el cuaderno de campo. El instrumento utilizado fue la balanza.

**Figura 23:**

*Pesado de muestra de mazorca*



**Figura 24:**

*Muestra de mazorcas frescas de maíz*



### **3.6.6 Peso de la tusa:**

La técnica utilizada fue el pesado, se procedió a pesar la tusa o coronta de cada mazorca, los datos se registraron en una tabla pre establecida en el cuaderno de campo. El instrumento utilizado fue la balanza. La unidad de medida fue expresada en gramos.

### **3.6.7 Rendimiento en grano seco de maíz**

Para estimar el rendimiento de granos secos de maíz amiláceo, después de realizar la cosecha, se despancó las mazorcas, se hizo secar, desgranó y pesó los granos por unidad experimental, la unidad de medida fue expresada en kilogramos. La técnica empleada fue el pesado, el instrumento utilizado fue la balanza.

**Figura 25:**

*Muestras secas de mazorcas maíz del testigo*



### **3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

El registro de datos se realizó en función al desarrollo fenológico del cultivo de maíz, asimismo, se tuvo en cuenta las variables en estudio, según las características de cada una de ellas. Los datos se registraron en tablas pre establecidas en el cuaderno de campo.

Los datos registrados se tabularon en función a las variables en estudio. Asimismo, se tomaron en consideración los supuestos para realizar el Análisis de Varianza (ANVA), determinando la normalidad de los datos a través del test de Shapiro - Wilk y la homogeneidad de las varianzas a través del estadístico de Levene. También, se tuvo en consideración tanto para el ANVA y para la comparación de los promedios de los tratamientos de la prueba de Tukey, el valor de  $\alpha = 0.05$  para la significación. Además de utilizaron herramientas estadísticas descriptivas para la presentación de los datos procesados.

### **3.8 Descripción de la prueba de hipótesis**

La prueba de hipótesis se realizó mediante la aplicación del método estadístico de análisis de varianza (ANVA). El método citado permite comparar las diferencias de las varianzas entre promedios de los tratamientos, conocidos también como grupos de estudio. En el análisis de varianza también se halló el valor crítico de F (prueba de F) para determinar, sí, la variabilidad entre las medias de los grupos es mayor que la variabilidad de las observaciones dentro de los grupos, con las que se rechaza o aceptan la hipótesis nula y la alterna.



# CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## 4.1 Presentación e interpretación de datos

### 4.1.1 Prueba de homogeneidad de varianza

Es uno de los supuestos del Análisis de Varianza, esta prueba se realizó mediante la aplicación del test de Levene:

#### 4.1.1.1 Prueba de homogeneidad de varianza para altura de planta

##### Prueba estadística

Test de Levene

##### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>** = La varianza de los grupos son iguales

**H<sub>1</sub>** = La varianza de los grupos son diferentes

##### Nivel de significancia

Significancia  $\alpha = 5\% = 0.05$

##### Estimación del valor de p-valor

**Tabla 8**

*Prueba de homogeneidad de varianzas para la altura de planta*

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			
		Levene	g1	g2	Sig.
Altura planta	Se basa en la media	1,511	6	14	,245
	Se basa en la mediana	,444	6	14	,837
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,444	6	9,086	,832
	Se basa en la media recortada	1,407	6	14	,279

### **Toma de decisión**

Sí  $p > 0.05$  entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

### **Conclusión**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que las varianzas de los grupos de la variable altura de planta son iguales, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**. Se cumple el supuesto para el análisis de varianza.

#### **4.1.1.2 Prueba de homogeneidad de varianza para longitud de mazorca**

##### **Prueba estadística**

Test de Levene

##### **Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>** = La varianza de los grupos son iguales

**H<sub>1</sub>** = La varianza de los grupos son diferentes

##### **Nivel de significancia**

**Significancia  $\alpha = 5\% = 0.05$**

**Estimación del valor de p-valor**

**Tabla 9**

*Prueba de homogeneidad de varianzas para la longitud de mazorca*

<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
Longitud de mazorca	Se basa en la media	1,370	6	14	,293
	Se basa en la mediana	,907	6	14	,518
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,907	6	9,154	,530
	Se basa en la media recortada	1,344	6	14	,302

### **Toma de decisión**

Sí  $p > 0.05$  entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

### **Conclusión**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que las varianzas de los grupos de la variable longitud de mazorca son iguales, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**. Se cumple el supuesto para el análisis de varianza.

#### **4.1.1.3 Prueba de homogeneidad de varianza para número de granos por perímetro de mazorca**

##### **Prueba estadística**

Test de Levene

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>** = La varianza de los grupos son iguales

**H<sub>1</sub>** = La varianza de los grupos son diferentes

### Nivel de significancia

**Significancia**  $\alpha = 5\% = 0.05$

### Estimación del valor de p-valor

#### Tabla 10

*Prueba de homogeneidad de varianzas para el número de granos por perímetro de mazorca*

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
Número granos	Se basa en la media	2,667	6	14	,061
perímetro	Se basa en la mediana	,167	6	14	,982
mazorca	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,167	6	12,000	,981
	Se basa en la media recortada	2,100	6	14	,119

### Toma de decisión

Sí  $p > 0.05$  entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

### Conclusión

En consideración a los valores de la significancia se concluye que las varianzas de los grupos de la variable número de granos por perímetro de mazorca son iguales, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**. Se cumple el supuesto para el análisis de varianza.

#### 4.1.1.4 Prueba de homogeneidad de varianza para número de granos por mazorca

##### Prueba estadística

Test de Levene

##### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>** = La varianza de los grupos son iguales

**H<sub>1</sub>** = La varianza de los grupos son diferentes

##### Nivel de significancia

Significancia  $\alpha = 5\% = 0.05$

##### Estimación del valor de p-valor

**Tabla 11**

*Prueba de homogeneidad de varianzas para número de granos por mazorca*

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	g1	g2	Sig.
Número granos por mazorca	Se basa en la media	,538	6	14	,771
	Se basa en la mediana	,412	6	14	,859
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,412	6	10,804	,856
	Se basa en la media recortada	,530	6	14	,777

##### Toma de decisión

Sí  $p > 0.05$  entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

## Conclusión

En consideración a los valores de la significancia se concluye que las varianzas de los grupos de la variable número de granos por mazorca son iguales, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**. Se cumple la condición para el análisis de varianza.

### 4.1.1.5 Prueba de homogeneidad de varianza para peso de granos por mazorca

#### Prueba estadística

Test de Levene

#### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>** = La varianza de los grupos son iguales

**H<sub>1</sub>** = La varianza de los grupos son diferentes

#### Nivel de significancia

Significancia  $\alpha = 5\% = 0.05$

#### Estimación

**Tabla 12**

*Prueba de homogeneidad de varianzas para el peso de granos por mazorca*

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso granos por mazorca	Se basa en la media	,228	6	14	,961
	Se basa en la mediana	,160	6	14	,983
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,160	6	12,032	,983
	Se basa en la media recortada	,223	6	14	,963

### **Toma de decisión**

Sí  $p > 0.05$  entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

### **Conclusión**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que las varianzas de los grupos de la variable peso de granos por mazorca son iguales, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**. Se cumple la condición para el análisis de varianza.

#### **4.1.1.6 Prueba de homogeneidad de varianza para rendimiento de grano seco**

##### **Prueba estadística**

Test de Levene

##### **Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>** = La varianza de los grupos son iguales

**H<sub>1</sub>** = La varianza de los grupos son diferentes

##### **Nivel de significancia**

**Significancia**  $\alpha = 5\% = 0.05$

##### **Estimación**

**Tabla 13**

*Prueba de homogeneidad de varianzas para rendimiento de grano seco*

<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Rendimiento grano seco	Se basa en la media	1,033	6	14	,444
	Se basa en la mediana	,664	6	14	,680
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,664	6	9,268	,682
	Se basa en la media recortada	1,010	6	14	,457

### **Toma de decisión**

Sí  $p > 0.05$  entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

### **Conclusión**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que las varianzas de los grupos de la variable rendimiento de grano seco son iguales, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**. Se cumple la condición para el análisis de varianza.

## 4.1.2 Prueba de normalidad

Esta prueba se realizó mediante la aplicación del test de Shapiro - Wilks, porque la muestra de trabajo es menor a 50.

### 4.1.2.1 Prueba de normalidad para la variable de altura de planta

#### Prueba estadística

Shapiro – Wilks

#### Hipótesis:

**Ho:** La variable altura de planta en la población tiene distribución normal.

**Ha:** La variable altura de planta en la población es distinta a la distribución normal.

#### Significancia

$\alpha = 5\% = 0.05$

#### Valor calculado

**Tabla 14**

*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para la altura de planta*

Pruebas de normalidad							
TRATAMIENTO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Altura de planta	1,00	,223	3	.	,985	3	,765
	2,00	,218	3	.	,987	3	,785
	3,00	,233	3	.	,979	3	,725
	4,00	,176	3	.	1,000	3	,985
	5,00	,190	3	.	,997	3	,902
	6,00	,231	3	.	,981	3	,733
	7,00	,340	3	.	,848	3	,236

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se observa que los valores de la significancia son mayores a 0.05

Decisión: Si  $p > \alpha$ , entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

**Conclusión:**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que la variable altura de planta en la población tiene distribución normal, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**.

**4.1.2.2 Prueba de normalidad para la variable de longitud de mazorca**

**Prueba estadística**

Shapiro – Wilks

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** La variable longitud de mazorca en la población tiene distribución normal.

**H<sub>a</sub>:** La variable longitud de mazorca en la población es distinta a la distribución normal.

**Significancia**

$\alpha = 5\% = 0.05$

**Valor calculado**

**Tabla 15***Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para la longitud de mazorca*

TRATAMIENTO	Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Longitud de mazorca	1,00	,369	3	.	,787	3	,085
	2,00	,190	3	.	,997	3	,904
	3,00	,207	3	.	,992	3	,833
	4,00	,316	3	.	,890	3	,354
	5,00	,178	3	.	,999	3	,952
	6,00	,262	3	.	,956	3	,598
	7,00	,292	3	.	,923	3	,463

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Se observa que los valores de la significancia son mayores a 0.05

Decisión: Si  $p > \alpha$ , entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

**Conclusión:**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que la variable longitud de mazorca en la población tiene distribución normal, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**.

**4.1.2.3 Prueba de normalidad para la variable de diámetro de mazorca****Prueba estadística**

Shapiro – Wilks

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>**: La variable diámetro de mazorca en la población tiene distribución normal.

**H<sub>a</sub>**: La variable diámetro de mazorca en la población es distinta a la distribución normal.

## Significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

## Valor calculado

**Tabla 16**

*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para el diámetro de mazorca*

	TRATAMIENTO	Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diámetro de mazorca	1,00	,272	3	.	,947	3	,554
	2,00	,337	3	.	,855	3	,253
	3,00	,196	3	.	,996	3	,878
	4,00	,300	3	.	,913	3	,427
	5,00	,177	3	.	1,000	3	,972
	6,00	,271	3	.	,947	3	,557
	7,00	,196	3	.	,996	3	,878

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se observa que los valores de la significancia son mayores a 0.05

Decisión: Si  $p > \alpha$ , entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

### Conclusión:

En consideración a los valores de la significancia se concluye que la variable diámetro de mazorca en la población tiene distribución normal, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**.

#### 4.1.2.4 Prueba de normalidad para la variable número de granos por mazorca

##### Prueba estadística

Shapiro – Wilks

##### Hipótesis:

**Ho:** La variable número de granos por mazorca en la población tiene distribución normal.

**Ha:** La variable número de granos por mazorca en la población es distinta a la distribución normal.

##### Significancia

$\alpha = 5\% = 0.05$

##### Valor calculado

**Tabla 17**

*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para número de granos por mazorca*

	TRATAMIENTO	Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Granos por mazorca	1,00	,202	3	.	,994	3	,855
	2,00	,219	3	.	,987	3	,780
	3,00	,337	3	.	,855	3	,253
	4,00	,204	3	.	,993	3	,843
	5,00	,219	3	.	,987	3	,780
	6,00	,227	3	.	,983	3	,747
	7,00	,337	3	.	,855	3	,253

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se observa que los valores de la significancia son mayores a 0.05

Decisión: Si  $p > \alpha$ , entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

**Conclusión:**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que la variable número de granos por mazorca en la población tiene distribución normal, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**.

**4.1.2.5 Prueba de normalidad para la variable peso de granos por mazorca**

**Prueba estadística**

Shapiro – Wilks

**Hipótesis:**

**H<sub>0</sub>:** La variable peso de granos por mazorca en la población tiene distribución normal.

**H<sub>a</sub>:** La variable peso de granos por mazorca en la población es distinta a la distribución normal.

**Significancia**

$\alpha = 5\% = 0.05$

**Valor calculado**

**Tabla 18***Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para peso de granos por mazorca*

Pruebas de normalidad							
TRATAMIENTO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Peso granos mazorca	1,00	,287	3	.	,929	3	,486
	2,00	,191	3	.	,997	3	,901
	3,00	,301	3	.	,912	3	,425
	4,00	,253	3	.	,964	3	,637
	5,00	,175	3	.	1,000	3	1,000
	6,00	,237	3	.	,976	3	,705
	7,00	,337	3	.	,854	3	,252

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se observa que los valores de la significancia son mayores a 0.05

Decisión: Si  $p > \alpha$ , entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

**Conclusión:**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que la variable peso de granos por mazorca en la población tiene distribución normal, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**.

**4.1.2.6 Prueba de normalidad para la variable rendimiento de grano seco****Prueba estadística**

Shapiro – Wilks

### Hipótesis:

**H<sub>0</sub>:** La variable rendimiento de granos por hectárea en la población tiene distribución normal.

**H<sub>a</sub>:** La variable rendimiento granos por hectárea en la población es distinta a la distribución normal.

### Significancia

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

### Valor calculado

**Tabla 19**

*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para rendimiento de granos de maíz*

Pruebas de normalidad							
TRATAMIENTO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Rendimiento de grano seco	1,00	,287	3	.	,929	3	,485
	2,00	,189	3	.	,998	3	,906
	3,00	,301	3	.	,912	3	,424
	4,00	,253	3	.	,964	3	,637
	5,00	,175	3	.	1,000	3	1,000
	6,00	,237	3	.	,976	3	,705
	7,00	,337	3	.	,855	3	,253

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se observa que los valores de la significancia son mayores a 0.05

Decisión: Si  $p > \alpha$ , entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>**

**Conclusión:**

En consideración a los valores de la significancia se concluye que la variable rendimiento de granos por hectárea en la población tiene distribución normal, por tanto, aceptamos la **H<sub>0</sub>**.



### 4.1.3 Resultados de tamaño de plantas de maíz amiláceo afectadas por precipitación sólida

#### 4.1.3.1 Altura de planta

**Tabla 20**

*Análisis de varianza para la altura de planta de maíz a los 120 DDS*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>SIG.</i>
Bloques	116.2312	2	58.1156	1.2298	0.3267	3.8853	N.S.
Trat	519.3126	6	86.5521	1.8315	0.1753	2.9961	N. S.
Error	567.0748	12	47.2562				
Total	1202.6187	20					

$$S = 3.9689$$

$$\text{Media} = 194.06 \text{ cm}$$

$$\text{C. V.} = 2.05 \%$$

En la tabla del análisis de varianza se observa que en las fuentes de bloques y tratamientos no existe significación estadística.

La media de la altura de planta es 194.06 cm, y el coeficiente de variabilidad de 2.05 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo.

#### 4.1.3.2 Longitud de mazorca de maíz

**Tabla 21**

*Prueba de Tukey de comparación de promedios de longitud de mazorca*

OM	TRAT	MEDIA	SIG				
1	T1	11.187	a				
2	T6	10.328	a	b			
3	T2	9.889	a	b	c		
4	T7	9.582		b	c	d	
5	T3	8.961			c	d	e
6	T4	8.034					f
7	T5	6.983					f

La tabla muestra que, para el carácter de longitud de mazorca, indica que los tres primeros tratamientos estudiados del orden de mérito (T1, T6 y T2) no muestran diferencias estadísticas entre sus promedios, sin embargo, se evidencia diferencia estadística entre este grupo con los dos tratamientos que ocupan los últimos lugares T4 (defoliación de 75 %) y el T5 (100 % defoliación) con medias de 8.034 y 6.983 cm. También se observa que existe un grupo intermedio de tres tratamientos sin diferencia estadística de sus medias.

#### 4.1.3.3 Diámetro de mazorca de maíz

**Tabla 22***Análisis de varianza para el diámetro de mazorca*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>SIG.</i>
Bloques	0.22372973	2	0.11186486	1.48295402	0.26574741	3.88529383	N S
Trat	10.394779	6	1.73246316	22.966668	6.4186E-06	2.99612038	*
Error	0.90520566	12	0.07543381				
Total	11.5237144	20					

$$S = 0.15857$$

$$\text{Media} = 6.46 \text{ cm}$$

$$\text{C. V.} = 2.46 \%$$

En la tabla del análisis de varianza se observa que en la fuente de bloques no existe significación estadística, mientras que en la fuente de tratamientos existe significación estadística, esto quiere decir que las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz han generado efectos en el carácter evaluado diámetro de mazorca.

La media del diámetro (medido a la parte intermedia) de la mazorca es 6.46 cm, y el coeficiente de variabilidad de 2.46 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo en los bloques.

**Tabla 23:**

*Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el diámetro de mazorca (cm)*

OM	TRAT	MEDIA	SIG				
1	T1	7.188	a				
2	T2	6.940	a	b			
3	T6	6.910	a	b	c		
4	T7	6.792	a	b	c	d	
5	T3	6.333	b		c	d	e
6	T4	6.069	d			e	
7	T5	4.969	f				

La tabla muestra que, para el carácter de diámetro de mazorca, indica que los cuatro primeros tratamientos (T1, T2, T6 y T7) no muestran diferencias estadísticas entre sus promedios, sin embargo, se evidencia diferencia estadística de este grupo con el T5 (100 % defoliación) que ocupa el último lugar con la media de 4.969 cm. También se observa que existe un grupo intermedio de tratamientos con medias similares estadísticamente.

#### 4.1.3.4 Número de granos por perímetro mayor de mazorca

**Tabla 24:**

*Análisis de varianza para el número de granos por perímetro mayor de la mazorca*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>SIG</i>
Bloques	0.34922993	2	0.17461496	0.4617441	0.6409276	3.88529383	NS
Trat.	126.258979	6	21.0431631	55.645611	4.5976E-08	2.99612038	*
Error	4.5379672	12	0.37816393				
Total	131.146176	20					

$$S = 0.355042$$

Media = 11.235 granos

$$C. V. = 3.16 \%$$

En la tabla del análisis de varianza se observa que en la fuente de bloques no existe significación estadística, mientras que en la fuente de tratamientos existe significación estadística, esto quiere decir que las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz han generado efectos en el carácter: número de granos alrededor del perímetro mayor de la mazorca.

La media del número de granos cuantificados en la parte basal (o mayor) de la mazorca es 11.23 granos, el coeficiente de variabilidad de 3.16 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo.

**Tabla 25:**

*Prueba de significación de comparación de medias para el número de granos por perímetro de la mazorca*

OM	TRAT	MEDIA	SIG				
1	T1	14.027	a				
2	T6	12.328	a	b			
3	T2	11.882	b	c			
4	T7	11.706	b	c	d		
5	T3	11.661	b	c	d	e	
6	T4	11.486	b	c	d	e	f
7	T5	5.559					g

La tabla muestra que, para el carácter del número de granos en el perímetro mayor de la mazorca, indica que los dos primeros tratamientos no presentan diferencias estadísticas entre sus promedios, sin embargo, se evidencia diferencia estadística entre el T1 (testigo), T6 (rasgado de hoja) que ocupan el primer y segundo lugar con 14.027 y 12.328 con el T5 (100 % defoliación) que ocupa el último lugar con la media de 5.559 granos. Asimismo, se observa que existe un grupo intermedio que no muestran diferencia estadística entre los tratamientos que ocupan del segundo al sexto lugar en el orden de mérito el segundo (T6, T2, T7, T3 y T4).

#### 4.1.3.5 Número de granos de maíz por mazorca

**Tabla 26:**

*Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el número de granos por mazorca*

OM	TRAT	MEDIA	SIG			
1	T1	211.330	a			
2	T6	184.130	b			
3	T7	177.330	b c			
4	T2	174.180	b c d			
5	T3	148.020	e			
6	T4	116.670	f			
7	T5	89.000	g			

La tabla muestra que, para el carácter número de granos por mazorca, indica que el tratamiento T1 ocupa el primer lugar con la media de 211.33 granos y muestra diferencia estadística con los demás tratamientos. Los tratamientos T6, T7 y T2 que ocupan lugares del segundo al cuarto lugar siendo sus promedios estadísticamente similares, es decir que no muestran diferencias estadísticas, sin embargo, evidencian diferencia estadística con demás tratamientos, el T5 (100 % defoliación) que ocupa el último lugar con la media de 89 granos.

#### 4.1.3.6 Peso de granos de maíz por mazorca

**Tabla 27:**

*Análisis de varianza del peso de granos por mazorca*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>SIG</i>
Bloques	6.64417584	2	3.32208792	0.309239	0.73968294	3.88529383	NS
Trat	8680.70933	6	1446.78489	134.6750	2.6807E-10	2.99612038	*
Error	128.913386	12	10.7427822				
Total	8816.26689	20					

$$S = 1.89233385$$

$$\text{Media} = 76.393 \text{ gr}$$

$$\text{C. V.} = 2.48 \%$$

En la tabla del análisis de varianza se observa que en la fuente de bloques no existe significación estadística, mientras que en la fuente de tratamientos existe significación estadística, esto quiere decir que ubo efecto de las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz para el carácter: peso de granos por mazorca.

La media del peso de granos por mazorca es 76.393 gramos, el coeficiente de variabilidad de 2.48 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo en los bloques.

**Tabla 28:**

*Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el peso de granos por mazorca (gr)*

OM	TRAT	MEDIA	SIG		
1	T1	104.62	a		
2	T6	90.46	b		
3	T7	87.13	b	c	
4	T2	85.52	b	c	d
5	T3	71.41	e		
6	T4	52.43	f		
7	T5	43.2	f		

La tabla muestra que, para el carácter peso de granos por mazorca, indica que el tratamiento T1 ocupa el primer lugar con la media de 104.62 gramos y muestra diferencia estadística con los demás tratamientos. Los tratamientos T6, T7 y T2 que ocupan lugares del segundo al cuarto lugar presentan promedios estadísticamente similares, es decir que no muestran diferencias estadísticas, sin embargo, evidencian diferencia estadística con demás tratamientos, los T4 (defoliación del 75 %) y T5 (100 % defoliación) ocupan el último lugar con las medias de 52.43 y 43.20 gramos por mazorca.

#### 4.1.3.7 Peso de tusa a mazorca

**Tabla 29:**

*Análisis de varianza de peso de tusa (gr)*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>SIG</i>
Filas	0.24844687	2	0.12422343	0.29971419	0.74641855	3.88529383	NS
Columnas	13.6987483	6	2.28312471	5.50850076	0.00596613	2.99612038	*
Error	4.97367574	12	0.41447298				
Total	18.9208709	20					

$$S = 0.371696$$

$$\text{Media} = 6.42 \text{ gr}$$

$$\text{C. V.} = 5.79 \%$$

En la tabla del análisis de varianza se observa que en la fuente de bloques no existe significación estadística, mientras que en la fuente de tratamientos si existe significación estadística esto quiere decir que ubo efecto de las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz para el carácter: peso de tusa por mazorca.

La media del peso de la tusa por mazorca es 6.42 gramos, el coeficiente de variabilidad de 5.79 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente

muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo en los bloques.

**Tabla 30:**

*Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el peso de tusa (gr)*

OM	TRAT	MEDIA	SIG	
1	T1	7.661	a	
2	T2	6.825	a	b
3	T6	6.803	a	b
4	T7	6.542	a	B
5	T3	6.510	a	b
6	T4	5.518		b
7	T5	5.050		b

La tabla muestra que, para el carácter peso de la tusa de la mazorca, indica que los promedios de los cinco primeros tratamientos (T1, T2, T6, T7 Y T3) de peso de la tusa de mazorca no muestran diferencia estadística entre ellos. Se evidencia diferencia estadística de promedios con el tratamiento T5 que ocupa el último lugar en el orden de mérito con la media de 5.05 gr.

#### 4.1.3.8 Rendimiento de grano de maíz

La media del rendimiento de grano seco de maíz por hectárea 4175 kg/ha, el coeficiente de variabilidad de 2.48 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo en los bloques.

**Tabla 31:**

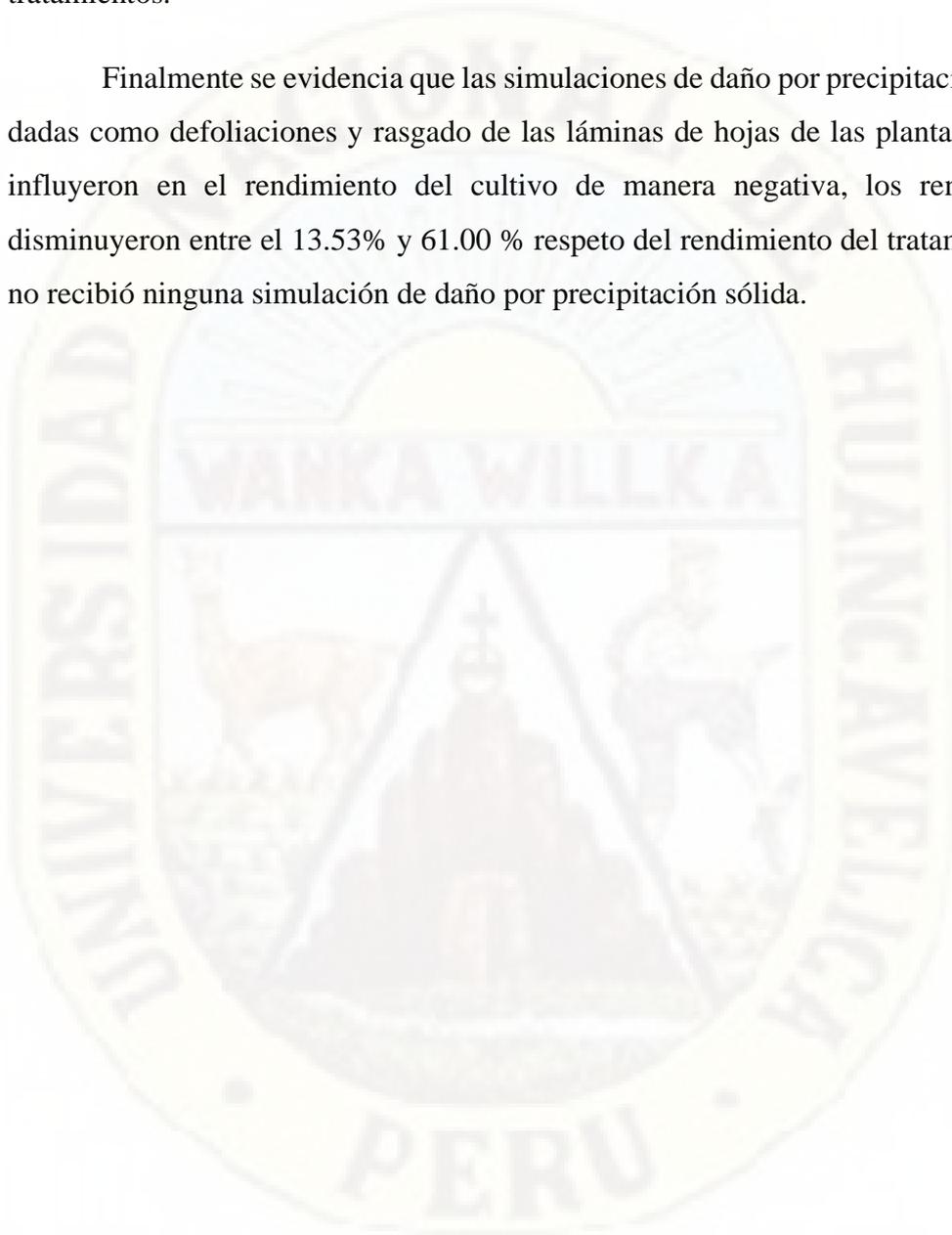
*Prueba de significación de Tukey de comparación de medias para el rendimiento de grano seco (kg/ha)*

OM	TRAT	MEDIA	SIG	%	Diferencia %
1	T1	5743.406	a	100.00	
2	T6	4966.092	b	86.47	13.53
3	T7	4783.230	b	83.28	16.72
4	T2	4694.849	b	81.74	18.26
5	T3	3920.292	c	68.26	31.74
6	T4	2878.374	d	50.12	49.88
7	T5	2239.976	e	39.00	61.00

La tabla muestra que, para el carácter rendimiento en grano seco por hectárea, indica que el promedio del tratamiento T1 (testigo) ocupa el primer lugar con el promedio de 5743.40g k/ha que muestra diferencia estadística con los demás tratamientos. Asimismo, encontramos un grupo intermedio de tratamientos (T6, T7 y T2) que ocupan del segundo al cuarto que no muestran diferencias estadísticas entre

sus promedios. El tratamiento T5 (defoliación al 100%) ocupa el último lugar con el promedio de 2239.976 k/ha, siendo diferentes estadísticamente con los demás tratamientos.

Finalmente se evidencia que las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz, influyeron en el rendimiento del cultivo de manera negativa, los rendimientos disminuyeron entre el 13.53% y 61.00 % respecto del rendimiento del tratamiento que no recibió ninguna simulación de daño por precipitación sólida.



## 4.2 Discusión de resultados

### Tamaño de plantas en altura a los 120 días después de la siembra

El tamaño de las plantas tiene una gran importancia en el rendimiento de las cosechas, esto tiene relación con el área foliar que se forman durante el desarrollo de las plantas, lo que fisiológicamente permite a las plantas de maíz realizar mayor actividad fotosintética y la acumulación de fotosintatos en los órganos de reserva del maíz. Sin embargo, Ramírez (2018) en el estudio que realizó buscando la relación entre la altura de planta y la mazorca con rendimiento en maíz, observó bajas correlaciones entre el rendimiento de grano con la altura de planta y mazorca, contrariamente a la lógica fisiológica de las plantas, refiere que a mayor altura de planta existe la posibilidad de ser influenciada negativamente por los factores ambientales, y con el consecuente resultado de obtener bajos rendimientos.

En el estudio que se realizó, observamos que el crecimiento de las plantas de maíz estuvo influenciado por las precipitaciones fluviales, que durante el periodo de la campaña agrícola se dispuso de una precipitación regular. La irregularidad de las condiciones ambientales puede limitar el crecimiento de las plantas y con ello su productividad. Las diferencias de crecimiento se deben a la reducción de la disponibilidad de agua en los campos de cultivo, es decir que a menor disponibilidad se tendrá menor respuesta de crecimiento de las plantas, lo que también está relacionado con el factor de nutrición de las plantas y otros factores ambientales como la temperatura, las características del suelo y otros. (De la Cruz Marcos, 2018, pp. 3)

Esta característica no fue afectada estadísticamente por la simulación de daño por granizo a las plantas de maíz, debido a que las simulaciones con las defoliaciones establecidas se realizaron a los 90 días después de la siembra. Sin embargo, se observa diferencias numéricas en las mediciones realizadas, en el que el T2 alcanzó 200.68 cm de altura y el T3 alcanzó la menor altura con 184.82 cm, se puede asumir que la altura de planta puede estar influenciado por el nivel de abonamiento y la disponibilidad de nutrientes en el suelo la interacción con los factores ambientales como el agua (producto de las precipitaciones pluviales) y el clima; además de las labores culturales

como el deshierbo y el aporque que se realizaron en momentos oportunos, es decir antes de que fueran afectados por las malezas. Así este aspecto concuerda con el resultado reportado por Castillo (2018) que logró plantas de mayor tamaño con niveles de abonamiento similares, que, además, guarda relación directa con el rendimiento del cultivo. Por otra parte, Hernández y Esquivel (2014), al probar nuevos genotipos seleccionados consiguieron alturas de planta que van desde 1.80 a 2,30 cm, tamaños menores a los que suelen crecer los maíces en las condiciones ambientales de los valles centrales de México. Según refieren, los tamaños menores de plantas en maíz, son una tendencia actual en el mejoramiento de maíz, que muestren una mayor tendencia al acame de las plantas.

### **Longitud y diámetro de mazorca**

Cualquier riesgo agroclimático está compuesto por la amenaza, representada por el factor climático adverso y por la vulnerabilidad, que está dada por la etapa fenológica del cultivo. Esto lleva a la definición del período crítico para la generación de rendimiento, como el período en el cual la presencia de factores adversos incide marcadamente y explica en mayor medida las variaciones del rendimiento. Así, Satorre, Benech, Slafer, De la Fuente, Miralles, Otegui y Savin (2003), citado por Papucci, González, Cruciani y González (2019) refieren que los períodos críticos del cultivo de maíz están considerados 15 días antes y 15 días después de la floración femenina, R1, según escala de Ritchie y col., (50 % de plantas con estigmas visibles).

El tamaño de las mazorcas secas de maíz en estudio presentó valores diferentes, el mayor tamaño fue con el tratamiento T1 (testigo o sin defoliación) que alcanzó el promedio 11.10 cm estadísticamente diferente al presentado por el tratamiento T5 (defoliación total) que alcanzó un promedio de 6.98 cm. En el mismo orden de mérito se presentaron los tratamientos con valores del diámetro de la mazorca; que, al ser relacionados con el número de granos por mazorca, conducen a los resultados del rendimiento en el mismo orden de mérito, decir que ha mayor tamaño de mazorcas mayor número de granos y por tanto mayor rendimiento. Los resultados logrados se asemejan a los reportados por Chunhuay (2017), en la siembra de maíz ecotipo Ccarhay abonado con guano de islas y con cobertura del suelo con trébol nativo,

realizado en la localidad de Allpas perteneciente al distrito y provincia de Acobamba en el departamento de Huancavelica – Perú.

Es también pertinente enfatizar que el índice de área foliar de las plantas también se vio afectados por el nivel de daño foliar simulado, razón fundamental que afectó la capacidad de interceptación de luz que se vio disminuido en función a la reducción del área foliar, esto explica la variabilidad de los tamaños de las mazorcas de maíz obtenidos en los tratamientos, concordando así con lo reportado por Hernández y Carreño (2013).

### **Efecto de la defoliación**

Por la complejidad de los sistemas de producción es importante conocer y comprender la dinámica de los procesos que influyen en el logro de una mayor cantidad y calidad de granos manteniendo la sostenibilidad de los agroecosistemas. Para ello es necesario alcanzar el máximo aprovechamiento de los recursos y evitar o atenuar la incidencia de los factores abióticos.

La defoliación de las plantas y el rasgado de las hojas como simulación de efectos la granizada (precipitación sólida) han producido efectos en el tamaño de las mazorcas, el llenado de granos y por consiguiente en el rendimiento de granos. Los efectos se manifestaron en forma gradual según la magnitud de daño de las hojas respecto del testigo, que fueron plantas sin defoliación. Los menores rendimientos, se registraron en el T5 (defoliación al 100%) con 2239.98 kg/ha, 61.00 % menor a lo producido por el testigo (5743.41 kg/ha). El resultado logrado se debe a que las plantas al no tener las hojas para realizar la actividad fotosintética con eficiencia y acumular los fotosintatos en los granos, estos influyeron en la formación de los granos y por tanto en el llenado de las mazorcas, es decir que las plantas tuvieron interrupción en su actividad fisiológica. Canada y Ahumada (2016) obtuvieron resultados similares en el estudio que realizaron, en cuanto al menor rendimiento con el 100% defoliación, 5581 kg/ha, equivalente al 68.7% del rendimiento del testigo.

Los resultados del estudio también ayudarían a realizar las estimaciones de daño y pérdidas de las cosechas en relación a las magnitudes de daño (defoliación de

plantas) para tomar decisiones más coherentes dentro de una situación real, para indemnizar daños por granizadas a través de un posible seguro agrario.

Las defoliaciones en los diferentes niveles de plantas de maíz influyeron de diferentes maneras en los indicadores de rendimiento del maíz, en el estudio que se realizó, se encontró que la defoliación del 100% de las hojas, no solo presentó el menor tamaño de mazorcas, con menor número de granos, sino que también se tradujo en la muestra de mayor disminución del rendimiento de los granos de maíz. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Papucci, González, Cruciani, y González (2019), que además reportan entre sus resultados producto de las defoliaciones que realizaron a las plantas, menor peso de 1000 semillas, menor peso hectolítrico con el tratamiento de rasgado total de hojas con quiebre de nervaduras, asimismo, encontraron que la disminución del rendimiento en 15% es comparable con la defoliación del 35%, según las compañías de seguros.

### **Efecto en el rendimiento**

Son varios los factores ambientales que pueden limitar el crecimiento de las plantas, asimismo, también limitan su productividad, cuando ello ocurre los podemos observar en las cosechas de cada campaña agrícola, rendimientos bajos del maíz afectan las condiciones de ingresos económicos de las familias de Acobamba y con ello afectan el bienestar de los agricultores en forma directa e indirectamente a la población consumidora de alimentos, porque en estos casos, la oferta de maíz en los mercados se ve disminuido con la consecuente variación de los costos de venta que se elevan y también afectan el bienestar de las familias y otras cadenas de los eslabones comerciales del maíz, además de las cadenas agroindustriales de transformación de los granos de maíz amiláceo en el país. Ramírez (2018), menciona que la diferencia de los rendimientos máximos y los disminuidos se debe a la reducción de la oferta de los recursos del medio ambiente para el cultivo, tales como el agua, las características químicas del suelo, la radiación, entre otros. El agua disponible es el principal factor que limita el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz en condiciones de cultivos extensivos, también, refiere que el grado de sensibilidad al estrés hídrico en este cultivo, depende del momento en que ocurra. En el cultivo de maíz se considera

periodos críticos las etapas de floración y el inicio del llenado de grano, son los que en la práctica determinan el rendimiento de granos de maíz. A nivel de Acobamba, como también suele ocurrir en toda la región alto andina la presencia de las altas temperaturas diurnas, con frecuencia asociadas con la sequía o periodos de estiaje en las etapas señaladas, pueden afectar los procesos de polinización, la fecundación y el desarrollo de los granos de maíz.

El efecto del daño foliar se vio manifestado en el rendimiento del maíz con disminución en el rango de 13.53% hasta el 61.00 %. Es justificable que los rendimientos se vean afectados en relación al daño foliar de las plantas, debido a que las plantas para almacenar mayor cantidad de fotosintatos en forma de biomasa requieren tener un índice de área foliar adecuado para el uso de la radiación. Esto fue determinado y es explicado por Hernández y Carreño (2013) que plantean que la tasa de crecimiento es altamente dependiente de la radiación que el follaje pueda interceptar y de la eficiencia de conversión de esta en materia seca, que a su vez depende de los recursos disponibles y del genotipo y que el dosel de plantas que reciben la mayor proporción de energía radiante incidente tendrá una eficiencia fotosintética aumentada. Basado en la teoría de la eficiencia fotosintética por el aprovechamiento de las plantas a la radiación solar, Díaz, Morales, Franco y Domínguez (2010) afirman que, la producción de materia seca total es el resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento. Sin embargo, esta eficiencia puede ser influenciada por la cantidad de radiación solar, la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el IAF, la arquitectura de la planta, la respiración, entre otros, lo que se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo. Los resultados en rendimiento del maíz en el estudio realizado muestra diferencias estadísticas por que fueron influenciados directamente por el nivel de deterioro o daños del área foliar, es decir que mayor daño foliar las plantas de maíz tuvieron menor eficiencia fotosintética por no tuvieron la suficiente área foliar.

El rendimiento de los cultivos también puede ser influenciados por diferentes factores, a parte de los que se mencionó en el párrafo anterior, uno de esos factores es la nutrición de las plantas, el nivel de humedad ambiental que se presenta durante el periodo de crecimiento del cultivo. Así, la combinación de biofertilizantes utilizados en la investigación desarrollado por Martínez, Aguilar, Carcaño, Galdámez, Morales, Martínez Llaven y Gómez (2018), con *Azospirillum brasilense* y *Chromobacterium violaceum* con cierto nivel de una fertilización de 160 – 46 – 30 de NPK que permitieron alcanzar el rendimiento de 5.97 toneladas por hectárea, representando una diferencia del 27.98 % superior a un tratamiento testigo, lo que también permitió logra un mayor beneficio neto. En el caso del estudio, contrariamente se puede afirmar que los rendimientos fueron afectados de forma adversa en relación al daño foliar del cultivo que se vio disminuido hasta en 61 % en el tratamiento de mayor defoliación, el cual también se asume que significaría un menor ingreso neto, al comercializar el producto final de la cosecha del maíz.

El rendimiento de las plantas de maíz, además de influenciados por los factores climatológicos ya descritos, también pueden estar gobernados por caracteres genéticos que determinan el tamaño de la mazorca, el tamaño de los granos de maíz. Así lo refieren Hernández y Esquivel (2014), quienes sometieron a pruebas de potencial agronómico a 56 genotipos de maíz, en la primera campaña de siembra lograron rendimientos promedios que alcanzaron los 6900 kilogramos por hectárea, mientras que en la segunda campaña o segundo ciclo de cultivos lograron alcanzar hasta 8100 kilogramos de granos de maíz seco. Estos rendimientos reportados por los autores mencionados superan a los obtenidos en el estudio, al utilizar el genotipo de maíz amiláceo ccahuay. En tales situaciones, notamos que los potenciales productivos de las plantas de maíz, están también gobernados por las características genotípicas de las plantas, aunque, no podemos descartar las influencias de los diferentes factores climatológicos. Siendo el más importante la disponibilidad de las precipitaciones pluviales en los periodos críticos de crecimiento del maíz.

## 4.3 Proceso de prueba de hipótesis

### 4.3.1 Prueba de hipótesis para el rendimiento de granos de maíz

#### *Hipótesis nula*

**H<sub>0</sub>:** Las precipitaciones sólidas simuladas **NO** disminuyen el rendimiento del cultivo de maíz en la localidad de Choclococha – Pomacocha-Acobamba Huancavelica. ( $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$ )

#### *Hipótesis alterna*

**H<sub>a</sub>:** Las precipitaciones sólidas **SI** disminuyen el rendimiento del cultivo de maíz en la Localidad de Choclococha – Pomacocha-Acobamba Huancavelica. ( $H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7$ )

**Estadístico de prueba de hipótesis:** Análisis de varianza

La prueba de hipótesis se realizó mediante la aplicación del análisis de varianza (ANVA) de los rendimientos obtenidos con los tratamientos en estudio, asimismo, se realizó la comparación de los promedios de rendimiento que alcanzaron cada tratamiento.

**Tabla 32:**

*Análisis de varianza del rendimiento en grano seco de maíz (kg/ha)*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	SIG
Bloques	19019.4012	2	9509.70061	0.2958554	0.74916762	3.88529383	NS
Trat	27649029.2	6	4608171.54	143.36443	1.8548E-10	2.99612038	*
Error	385716.726	12	32143.0605				
Total	28053765.4	20					

$$S = 103.5102$$

Media = 4175.17 kg/ha

C. V. = 2.48 %

En la tabla del análisis de varianza se observa que en la fuente de bloques no existe significación estadística, mientras que en la fuente de tratamientos si existe significación estadística esto quiere decir que ubo efecto de las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz para el carácter: rendimiento de grano seco.

### **Conclusión**

Del análisis se concluye que la hipótesis nula es rechazada y la hipótesis alterna es aceptada, porque los promedios de los tratamientos difieren entre sí.

### **4.3.2 Prueba de hipótesis para el tamaño de mazorca de maíz**

#### ***Hipótesis nula***

**Ho:** Las precipitaciones sólidas simuladas no afectan el crecimiento de la mazorca del cultivo de maíz. ( $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$ )

#### ***Hipótesis alterna***

**Ha:** Las precipitaciones sólidas simuladas afectan el crecimiento de la mazorca del cultivo de maíz ( $H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7$ )

**Estadístico de prueba de hipótesis:** Análisis de varianza

**Tabla 33:***Análisis de varianza para la longitud de mazorca a la cosecha*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	<i>SIG</i>
Bloques	0.0773786	2	0.0386893	0.18169364	0.83610849	3.88529383	N.S.
Trat	36.3839296	6	6.06398826	28.4778499	1.9915E-06	2.99612038	*
Error	2.55524414	12	0.21293701				
Total	39.0165523	20					

S = 0.266419

Media = 9.281 cm

C. V. = 2.87 %

En la tabla del análisis de varianza se observa que en la fuente de bloques no existe significación estadística, mientras que en la fuente de tratamientos existe significación estadística, esto quiere decir que las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz han generado efectos en el carácter avaluado longitud de mazorca.

La media de la longitud de mazorca es 9.28 cm, y el coeficiente de variabilidad de 2.87 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo a nivel de los bloques.

### **Conclusión**

Del análisis se concluye que la hipótesis nula es rechazada y la hipótesis alterna es aceptada, porque los promedios de los tratamientos difieren entre sí.

### 4.3.3 Prueba de hipótesis para la producción de granos por mazorca

#### *Hipótesis nula*

**Ho:** Las precipitaciones sólidas simuladas no afectan la producción de granos de maíz por mazorca ( $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7$ )

#### *Hipótesis alterna*

**Ha:** Las precipitaciones sólidas simuladas afectan la producción de granos de maíz por mazorca ( $H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7$ )

**Estadístico de prueba de hipótesis:** Análisis de varianza

**Tabla 34:**

*Análisis de varianza para el número de granos por mazorca*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	SIG
Bloques	96.1972311	2	48.0986155	0.85995605	0.44769217	3.88529383	NS
Trat	32183.2548	6	5363.87579	95.900836	1.9646E-09	2.99612038	*
Error	671.177773	12	55.931481				
Total	32950.6298	20					

S = 4.31785

Media = 157.238

C. V. = 2.75 %

En la tabla del análisis de varianza se observa que en la fuente de bloques no existe significación estadística, mientras que en la fuente de tratamientos existe significación estadística, esto quiere decir que las simulaciones de daño por precipitación sólidas dadas como defoliaciones y rasgado de las láminas de hojas de las plantas de maíz han generado efectos en el carácter: número de granos por mazorca.

La media del número de granos cuantificados en la mazorca es 157.24 granos, el coeficiente de variabilidad de 2.75 %, es considerado en la escala de calificación como coeficiente muy bajo, indicando además que el comportamiento del material experimental en el campo fue muy homogéneo

### **Conclusión**

Del análisis se concluye que la hipótesis nula es rechazada y la hipótesis alterna es aceptada, porque los promedios de los tratamientos difieren estadísticamente entre sí.

## 4.4 Conclusiones

De los resultados y discusiones realizadas en el estudio, se concluye:

El carácter altura de planta de maíz no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos, así el tratamiento testigo (T1) alcanzó el mayor tamaño con 200.68 cm, y el menor el T3 con 184.82 cm.

El efecto del daño foliar por simulación de granizada, se manifestaron en el tamaño de las mazorcas, número de granos y rendimiento, en relación a la magnitud de la defoliación y rasgado de las hojas de plantas.

La defoliación de las plantas según la magnitud de daño, produjo efectos negativos en el rendimiento de grano seco, la variación en la disminución estuvo en el rango de 13.53 % y el 61.00 %, respecto del tratamiento testigo.

## 4.5 Recomendaciones

Profundizar la investigación con estudios similares considerando daños foliares en todas las etapas de desarrollo fenológico de las plantas de maíz.

Realizar estudios con propuestas de tratamientos que permitan recuperar y mitigar los efectos negativos en el crecimiento y rendimiento del cultivo en relación con el nivel de daño foliar de las plantas.



## Referencias

- Acuña Valverde, D., & Robles Sánchez, D. (2017). *Manual de meteorología y gestión de la información climática*. Ancash: USAID.
- AgroRural. (2017). *Manual de Abonamiento con Guano de Islas*. Lima: MINAGRI.
- Aldás Jarrín, J. C., Zurita Vásquez, H., Cruz Tobar, S. E., Villacís Aldaz, L., Pomboza Tamaquiza, P. P., & León Gordón, O. A. (2016). Efecto bioestimulante de azolla - anabaena en el cultivo de maíz (*Zea mays* L). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 109 - 115.
- Alvarado Sanchez, V. V. (2019). *Efecto de tres abonos orgánicos en el rendimiento de Zea mays L var Blanco Imperial en Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo.
- Arroyo M, J., Estrella C, G. F., & Cabrales H, E. (2019). “Efecto de la micorrización y la fertilización fosfórica en el rendimiento del maíz (*Zea mays*) en suelos arenosos de montería. *Suelos Ecuatoriales*. [https://doi.org/10.47864/SE\(49\)2019p9-18\\_100](https://doi.org/10.47864/SE(49)2019p9-18_100).
- Bautista Gómez, R. (2019). *Dosis de gallinaza procesada en rendimiento y calidad de mazorca de variedades de Zea Mays L Ayacucho, 2018*. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.2019.1.101>.
- Bidwell, R. G. (2003). *Fisiología Vegetal*. México D.F.: Agt Editor S.A.
- Cabada S. y Ahumada M. (2016). *Incidencia del daño foliar sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays)*. Paraná - Argentina: INTA.
- Carrasco Díaz, S. (2013). *Metodología de la Investigación Científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima - Perú: San Marcos.

- Castillo Mendoza, J. (2018). *Comportamiento agronómico de once accesiones de maíz amiláceo altiplánico (Zea mays l.), bajo condiciones del distrito de Tiabaya-Arequipa*. Arequipa - Perú.: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Chichipe Puscan, A. K. (2017). Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de variedades de maíz amarillo (*Zea mays L*) en Quipachacha, distrito Levanto, Chachapoyas - Amazonas. *Journal of research in Agroproduction*. ISSN:2520-9760., 44 -52.
- Choriego Marín, R. A. (2018). *“Impacto del cambio climático en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea maysL.) en El Salvador*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Chunhuay Ruíz, Y. (2017). *Evaluación del rendimiento del maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de islas y trebol asociado al maíz en Allpas - Acobamba*. Huancavelica - Perú.: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Chunhuay Ruíz, Y. (2017). Evaluación del rendimiento del maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de islas y trébol asociado al maíz en Allpas - Acobamba. *Evaluación del rendimiento del maíz amiláceo mediante la aplicación del guano de islas y trébol asociado al maíz en Allpas - Acobamb*. Huancavelica, Acobamba, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Cieza Ruiz, I., Jara Calvo, T. W., Terrones Monteza, R., Figueroa Cobeñas, Y. C., & Valdera Cajusol, A. (2020). “Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*). *Manglar* . Universidad Nacional de Tumbes, 261 - 267.
- Cooper, L. D. (2014). *Agrociencia, Fundamentos y Aplicaciones*. México: Delmar.
- Cruz Ramírez, M. S. (2017). *Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimiento del maíz (Zea mays L.)*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano .
- De la Cruz Marcos, R. N. (2014). *El proyecto de tesis. Manual autoinstructivo para elaborar el proyecto de tesis*. Huancavelica: UNH.

- De la Cruz Marcos, R. N. (10 de marzo de 2018). Observaciones fisiológicas en el cultivo de maíz amiláceo. (W. Huamán Tovar, Entrevistador)
- Deras Flores, H. (2017). *Guía técnica El Cultivo de maíz*. El Salvador: IICA.
- Díaz , E., Morales E, J., Franco, O., & Domínguez , A. (2010). Atenuación de luz, radiación interceptada y rendimiento de maíz en función del fósforo. *Terra Latinoamericana*, 65 - 72.
- Dionisio F, Á., Ricse N, J. C., Sánchez R, F., Chunhuay R, Y., & Casavilca H, M. (2019). *El cultivo del maíz blanco amiláceo en la cuenca media del Mantaro*. Huancayo: Centro de estudios y promoción del desarrollo - Desco .
- Dirección Regional Agraria . (2016). *Informe técnico de tempestad meteorológica*. Acobamba - Huancavelica: AAA-Dirección Regional Agraria.
- ENAH0. (1 de Abril de 2020). *Encuesta Nacional de Hogares sobre condiciones de vida y pobreza 2015*. Obtenido de Encuesta Nacional de Hogares sobre condiciones de vida y pobreza 2015: [https://webinei.inei.gob.pe/anda\\_inei/index.php/catalog/276/related\\_materials](https://webinei.inei.gob.pe/anda_inei/index.php/catalog/276/related_materials)
- Flores Martinez, L., Leléndez Mejía, F., Luna, G., & González Lazo, E. (2012). Influencia de las fases lunares sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays*) variedad BN6. *Ciencia e Interculturalidad: revista para el diálogo intercientífico e intercultural*, 132 - 148.
- García Montesinos, L. E., Fernández Reynoso, D. S., RUBIO Granados, E., Martínez Menez, M. R., & Tijerina Chávez, L. (2021). Rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en la mixteca, calculado con DSSAT. *Terra Latinoam*. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.751> .
- Hernández Casillas, J. M., & Esquivel Esquivel, G. (2014). Rendimiento de grano seco y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27 - 31.
- Hernández Córdova, N., & Soto Carreño, F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de

siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos tropicales - Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba*, 24 - 29.

Hernández Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño Arellano, S. A., & Osorio Hernández, E. (2019). Importancia de control biológico en maíz (*Zea mays* L). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 803 - 813.

Iglesias Abad, S., Alegre, J., Salas Macías, C., & Eguez, J. (2018). El rendimiento de maíz (*Zea mays* L) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 25 - 32.

Intriago Défaz, D. I., & Torres Orellana, J. R. (2018). *Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (Zea mays L.)*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Jara Calvo, W. (2015). *Manejo del maíz amiláceo INIA 618 - Blanco Quispicanchi*. Cusco: INIA.

Jaramillo S, M. A., Tercero, J., & León, J. (2018). *Evaluación de cobertura vegetal en el suelo y el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) en la finca agroecológica, Zamorano*". Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. <http://hdl.handle.net/11036/6377>.

Jiménez Ortiz, M. M., Gómez Álvarez, R., Oliva Hernández, J., Granados Zurita, L., Pat Fernández, J. M., & Arande Ibáñez, E. M. (2020). Influencia del estiércol compostado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L). *Nova scientia*. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957> , 1 - 36.

Manrique Chávez, A. (1997). *El maíz en el Perú*. Lima: CONCYTEC.

Martínez Mera, E., Valencia, E., & Cuevas, H. (2016). Evaluación del rendimiento de maíz dulce (*Zea mays*) con las leguminosas cobertoras mucuna enana (*Mucuna pruriens*) y crotalaria (*Crotalaria juncea*' Topic Sun') en un oxisol de Puerto Rico. *Agric. Univ. PR. Researchgate.net*.

- Martínez Reyes, L., Aguilar Jiménez, C. E., Carcaño Montiel, M. G., Galdámez Galdámez, J., Morales Cabrera, J. A., Matrínez Aguilar, F. B., . . . Gómez Padilla, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L) en Villalores, Chiapas.México. *Siembra*, 26 - 37.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2012). *Maíz Amiláceo. Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva*. Lima: CENDOC.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Requerimiento Agroclimático del Cultivo de Maíz Amiláceo*. Lima.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo de Maíz Amiláceo. Ficha Técnica N° 07*. Lima.
- Municipalidad Provincial de Acobamba. (2017). *Plan de Desarrollo Concertado de Acobamba 2017 - 2021*. Acobamba: Municipalidad Provincial de Acobamba - Huancavelica.
- Muro Erreguerena, J. (1988). Efectos de simulación de daños de pedrisco en maíz (*Zea mayz* L). Madrid, España: DIALNET plus.
- NATUREDUCA. (30 de Abril de 2020). *Naturaleza educativa. Geografía Física: Climatología*. Obtenido de Naturaleza educativa. Geografía Física: Climatología: <https://natureduca.com/geografia-fisica-climatologia-08.php>
- Orneta Duran, M. E. (2018). *Sistemas de siembra en el rendimiento de maiz (Zea mays L) amiláceo INIA 618 blanco quispicanchi, en condiciones edafoclimaticas del distrito de Panao, provincia Pachitea, región Huánuco*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Orozco-Ramírez, Q. P. (23 de Febrero de 2017). *Distribución geográfica y diversidad de razas de maíz ( Zea mays L. subsp. Mays ) en México*. Obtenido de Waayback Machine: <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0405-0>
- Ospina Rojas, J. G., & Duarte Pérez, C. J. (2016). Fisiología de la planta de maíz. En *Aspectos técnicos de la producción de maíz en Colombia* (págs. 34 - 59). Colombia: FENALCE.

- Papucci, S. P., González, A., Cruciani, M., & González, M. (2019). Efecto del daño foliar y el ambiente sobre el rendimiento en el cultivo de maíz. *Ciencias Agronómicas - Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR*, 225 - 257.
- Portillo, G. (30 de Abril de 2020). *Meteorología en Red*. Obtenido de Meteorología en Red: <https://www.meteorologiaenred.com/las-precipitaciones.html>
- Ramírez Leonides, J. (2018). *Relación de la altura de planta y mazorca con rendimiento en maíz (Zea mays L)*. Torreón - México: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" , Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.
- Reyas Meléndez, F. M., & Martínez Villachica, A. M. (2018). *Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L) Cv NB-9043, finca El Plantel, Masaya 2017*. Universidad Nacional Agraria, <http://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3800>.
- Rios Pérez, M. (2009). *Efecto en el rendimiento de grano de maíz (Zea mays L.) amarillo duro, var. marginal 28 t. según ubicación de la semilla en la mazorca en un entisol de Pucallpa*. Ucayali.
- Rodríguez Mendoza, A. (2018). *Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento de maíz amiláceo (Zea mays L.), Huayaupuquio 3040 msnm - Ayacucho*. Ayacucho.
- Rodríguez Torres, G. (2016). *Adaptación y rendimiento de variedades de maíz choclero (Zea mays L) en consiciones edafoclimáticas de Santo Domingo de Puqui - Huacrachuco 2015*. UNHEVAL . <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1116>.
- Sarochar, H. E. (2018). *Introducción a la meteorología general*. La Plata: Facultad de Ciencias astronómicas y geofísicas. Universidad Nacional de la Plata.
- Satorre, E., Benech, A., Slafer, G., De la Fuente, E., Miralles, D., Otegui, M., & Savin, R. (2003). *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. . Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). *Eventos Meteorológicos en Huancavelica*. Huancayo: SENAMHI.
- Sevilla, R. (2009). *Incremento de rendimiento de Maíz en sierra Central del Perú a través de conservación de razas Junín, Huancavelica y Ayacucho. Estudio de línea de base*. Huancayo - Perú.: INIA - Estación Experimental Agraria Santa Ana.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). *Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua*. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Tamayo, M. (2012). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Tanta Vilca, F. A. (2015). *Efecto de citoquininas, boro y poliaminas en el rendimiento de Zea mays L híbrido dekalb 7088 en Chepén, La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo, Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.
- Tovar Laura, W. A. (2017). *Efecto de la interacción del ácido triiodo benzoico con citoquininas en el rendimiento de maíz (Zea mays L.)*. Universidad Nacional de Huancavelica, tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.
- Tucuch Haas, C. J., Alcántar González, G., Trejo Tréllez, L. I., Volke Haller, H., Salinas Moreno, Y., & Larqué Saavedra, A. (2017). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento, estatus nutricional y rendimiento en maíz (Zea mays). *Agrociencia*, 771 - 781.
- Vaca García, V. M., Matínez Villanueva, J. J., González Huerta, A., Morales Rosales, E. J., Zamudio González, B., & Gutiérrez Rodríguez, F. (2014). Compactación de un vertizol bajo tres sistemas de labranza en maíz (Zea mays L). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1495 - 1507.
- Vásquez Aguilar, A. (2019). *Efecto de tres dosis de fertilización en el rendimiento de tres variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) en tres localidades del distrito de Cutervo, 2016-2017*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo.
- Woo Reza, J. L., Vásquez Alavarado, R., Olivares Sáenz, E., Zavala G, F., González G, R., Valdez C, R., & Gallegos Vázquez, C. (2004). Análisis de crecimiento

en maíz (*Zea mays* L) aplicando lodos activados y urea. *Agrofaz: Publicación semestral de investigación científica*, 437 - 442.



## Anexos



## Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p><b>CENTRAL:</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la precipitación sólida en el rendimiento del cultivo de maíz amiláceo en la localidad de Choclococha, distrito de Pomacocha, Acobamba-Huancavelica?</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿En cuánto reducirá las precipitaciones solidas el tamaño de la mazorca (elote) en el cultivo de maíz amiláceo?</p> <p>¿Cuánto reducirá la precipitación sólida en la cantidad y peso de granos por mazorca en el cultivo de maíz amiláceo?</p> <p>¿En cuánto reducirá la precipitación sólida la calidad de granos por mazorca en el cultivo de maíz amiláceo?</p> <p>¿En cuánto reducirá la precipitación sólida en el rendimiento de grano seco de maíz amiláceo?</p>	<p><b>GENERAL:</b></p> <p>Evaluar los efectos causados por las precipitaciones sólidas en el cultivo de maíz amiláceo, en la localidad de Choclococha, distrito de Pomacocha, provincia de Acobamba, región Huancavelica.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b></p> <p>Medir el tamaño de plantas de maíz amiláceo afectadas por precipitación sólida</p> <p>Medir el tamaño de mazorca de las plantas de maíz amiláceo afectadas por precipitación sólida y comparar con el testigo.</p> <p>Pesar los granos por mazorca de las plantas afectadas por precipitación sólida y comparar con el testigo</p> <p>Estimar el rendimiento de maíz amilácea afectados por precipitación sólida y compara con el testigo</p>	<p><b>Ho:</b> El efecto de las precipitaciones sólidas no disminuye el rendimiento del cultivo de maíz en la Localidad de Choclococha – Pomacocha-Acobamba Huancavelica. (<math>H_o = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7</math>)</p> <p><b>Ha:</b> El efecto de las precipitaciones sólidas sí disminuye el rendimiento del cultivo de maíz en la Localidad de Choclococha – Pomacocha-Acobamba Huancavelica. (<math>H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7</math>)</p>	<p><b>Independientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulación de granizada (precipitación sólida).</li> </ul> <p><b>Dependientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de planta</li> <li>• Tamaño de elote.</li> <li>• Tamaño de mazorca</li> <li>• Peso de granos.</li> <li>• Calidad de granos.</li> <li>• Rendimiento</li> </ul> <p><b>Interviniente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima</li> </ul>

## Anexo 2: Base de datos

### Anexo 2.1: De altura de planta en cm

BLOQUE	ALTURA DE PLANTA							SUMA	PROMEDIO
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
I	194.938	192.500	176.621	192.800	182.828	200.333	201.381	1345.400	192.200
II	189.522	199.538	191.769	184.728	190.966	197.500	194.183	1348.207	192.601
III	192.805	201.000	186.067	191.100	191.700	198.567	197.448	1381.653	197.379
SUMA	577.265	602.038	554.457	578.594	574.493	596.400	592.013	4075.260	
PROMEDIO	192.422	200.679	184.819	192.865	191.498	198.800	197.338	<b>194.060</b>	

## Anexo 2.2: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	1345.40006	192.200009	96.3982624
Fila 2	7	1348.20654	192.600935	24.9112223
Fila 3	7	1381.65328	197.379039	59.7550869
Columna 1	3	577.264914	192.422	7.44101451
Columna 2	3	602.038462	200.679	77.5389546
Columna 3	3	554.456587	184.819	58.5373362
Columna 4	3	578.594253	192.865	66.7445321
Columna 5	3	574.493103	191.498	80.0682085
Columna 6	3	596.4	198.800	2.04777778
Columna 7	3	592.012562	197.338	49.2752031

**Anexo 2.3: De longitud de mazorca en cm**

<b>BLOQUE</b>	<b>LONGITUD DE MAZORCA</b>							<b>SUMA</b>	<b>PROMEDIO</b>
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>		
<b>I</b>	11.125	10.392	9.221	7.693	7.224	10.263	9.610	65.528	9.361
<b>II</b>	11.321	9.915	9.034	7.355	6.759	10.627	9.492	64.503	9.215
<b>III</b>	11.117	9.359	8.627	8.053	6.967	10.093	9.645	64.860	9.266
<b>SUMA</b>	33.562	29.666	26.882	24.102	20.949	30.983	28.746	194.891	27.842
<b>PROMEDIO</b>	11.187	9.889	8.961	8.034	6.983	10.328	9.582	<b>9.281</b>	

#### Anexo 2.4: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	65.5279554	9.36113648	2.06959522
Fila 2	7	64.5026835	9.21466907	2.75319307
Fila 3	7	64.8601149	9.26573071	1.667074
Columna 1	3	33.5623563	11.1874521	0.01333154
Columna 2	3	29.666313	9.888771	0.26765842
Columna 3	3	26.8818391	8.96061303	0.09230838
Columna 4	3	24.1018391	8.03394636	0.80795055
Columna 5	3	20.9494253	6.98314176	0.05438015
Columna 6	3	30.982963	10.3276543	0.07424984
Columna 7	3	28.7460181	9.58200602	0.00643249

**Anexo 2.5: De diámetro de mazorca en cm**

BLOQUE	DIAMETRO DE MAZORCA							SUMA	PROMEDIO
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
<b>I</b>	7.214	6.859	6.550	6.173	5.567	6.970	6.840	46.173	6.5961
<b>II</b>	7.264	7.071	6.100	5.733	4.383	7.100	6.790	44.441	6.3487
<b>III</b>	7.086	6.891	6.350	6.300	4.957	6.659	6.747	44.990	6.4271
<b>SUMA</b>	21.564	20.821	19.000	18.207	14.907	20.729	20.377	135.604	19.3719
<b>PROMEDIO</b>	7.188	6.940	6.333	6.069	4.969	6.910	6.792	<b>6.457</b>	

## Anexo 2.6: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	46.1727857	6.59611224	0.3151476
Fila 2	7	44.441303	6.34875758	1.07020286
Fila 3	7	44.9898095	6.42711565	0.49798031
Columna 1	3	21.5636364	7.18787879	0.00843706
Columna 2	3	20.8205	6.94016667	0.01310208
Columna 3	3	19	6.33333333	0.05083333
Columna 4	3	18.2066667	6.06888889	0.08845926
Columna 5	3	14.9071429	4.96904762	0.35017574
Columna 6	3	20.7292857	6.9097619	0.05127874
Columna 7	3	20.3766667	6.79222222	0.00218148

**Anexo 2.7: Datos de número de granos por perímetro de superior de mazorca**

<b>BLOQUE</b>	<b>NUMERO DE GRANOS POR PERIMETRO SUPERIOR POR MAZORCA</b>							<b>SUMA</b>	<b>PROMEDIO</b>
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>		
<b>I</b>	14.250	12.308	10.690	10.524	6.240	12.001	12.200	77.796	11.114
<b>II</b>	14.150	11.231	11.926	11.692	5.002	12.933	12.104	78.252	11.179
<b>III</b>	14.000	12.107	12.367	12.241	5.003	12.167	13.000	79.898	11.414
<b>SUMA</b>	42.080	35.646	34.982	34.457	16.678	36.985	35.117	235.946	
<b>PROMEDIO</b>	14.027	11.882	11.661	11.486	5.559	12.328	11.706	<b>11.236</b>	

**Anexo 2.7: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo**

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	77.7963422	11.1137632	6.15454999
Fila 2	7	78.2515776	11.1787968	8.13505426
Fila 3	7	79.8978555	11.4139794	7.50988674
Columna 1	3	42.08	14.0266667	0.09263333
Columna 2	3	35.6456044	11.8818681	0.32800235
Columna 3	3	34.9822478	11.6607493	0.75583089
Columna 4	3	34.4574965	11.4858322	0.7694856
Columna 5	3	16.678	5.55933333	0.36116933
Columna 6	3	36.9851852	12.3283951	0.06982625
Columna 7	3	35.1172414	11.7057471	0.06665081

**Anexo 2.8: Datos de número de granos por mazorca**

BLOQUE	NUMERO GRANOS POR MAZORCA							SUMA	PROMEDIO
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
<b>I</b>	219.00	171.00	140.07	105.00	48.00	187.00	179.00	1045.37	149.34
<b>II</b>	118.00	173.53	143.00	103.00	43.00	191.00	180.00	1026.03	146.58
<b>III</b>	221.00	176.00	146.00	102.23	46.00	189.00	178.00	1048.84	149.83
<b>SUMA</b>	634.00	512.53	444.07	304.23	141.01	552.40	532.00	3120.23	445.75
<b>PROMEDIO</b>	211.33	170.84	148.02	101.41	47.00	184.13	177.33	<b>148.58</b>	

**Anexo 2.9: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo**

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	1094.06667	156.295238	1832.87683
Fila 2	7	1086.52632	155.218045	1790.31526
Fila 3	7	1121.4	160.2	1852.54667
Columna 1	3	634	211.333	142.333333
Columna 2	3	522.526316	174.175	12.5660203
Columna 3	3	444.066667	148.022	128.468148
Columna 4	3	350	116.667	20.3333333
Columna 5	3	267	89.000	25
Columna 6	3	552.4	184.133	40.6533333
Columna 7	3	532	177.333	14.3333333

**Anexo 2.10: Datos de peso de granos por mazorca en gr**

BLOQUE	PESO GRANOS POR MAZORCA							SUMA	PROMEDIO
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
<b>I</b>	106,43	85,60	72,92	53,60	45,63	89,90	87,95	538.02	76.86
<b>II</b>	104,98	86,90	70,32	50,98	40,77	91,83	88,44	529.21	75.60
<b>III</b>	109,04	84,09	74,98	52,72	43,20	87,94	85,00	537.03	76.72
<b>SUMA</b>	313.85	256.55	214.22	157.29	129.60	271.37	261.38	1604.26	229.18
<b>PROMEDIO</b>	104.62	85.52	71.41	52.43	43.20	90.46	87.13	<b>76.39</b>	

**Anexo 2.11: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo**

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	538.015165	76.8593093	470.585892
Fila 2	7	529.214496	75.6020708	495.559603
Fila 3	7	537.031702	76.7188146	502.124957
Columna 1	3	313.847342	104.615781	34.8790794
Columna 2	3	256.549125	85.5163751	1.91770774
Columna 3	3	214.223616	71.4078719	10.0487623
Columna 4	3	157.288207	52.4294024	1.7718
Columna 5	3	129.60325	43.2010832	5.89046077
Columna 6	3	271.371149	90.4570498	9.81106538
Columna 7	3	261.378674	87.1262248	3.45990551

**Anexo 2.12: Datos de peso de tusa en gr**

BLOQUE	PESO DE TUSA GR							SUMA	PROMEDIO
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
<b>I</b>	7.4000	6.3250	6.7100	4.7560	5.1200	7.2313	6.6689	44.2129	6.3159
<b>II</b>	7.5941	7.3600	6.1000	5.0057	4.8600	6.6540	6.3753	44.5490	6.3641
<b>III</b>	7.9900	6.1900	6.7200	6.7909	5.1700	6.5245	6.5831	45.9685	6.5669
<b>SUMA</b>	22.9841	20.4750	19.5300	16.5526	15.1500	20.4098	19.627	134.7288	19.2470
<b>PROMEDIO</b>	7.6614	6.8250	6.5100	5.5175	5.0500	6.8033	6.5424	<b>6.4157</b>	

**Anexo 2.13: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo**

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	44.2111889	6.31588413	1.02611559
Fila 2	7	44.549033	6.36414757	1.38690882
Fila 3	7	45.9685341	6.56693344	0.69904625
Columna 1	3	22.9841176	7.66137255	0.09041742
Columna 2	3	20.475	6.825	0.970725
Columna 3	3	19.53	6.51	0.1261
Columna 4	3	16.5525613	5.51752042	1.23172058
Columna 5	3	15.15	5.05	0.0277
Columna 6	3	20.4098	6.80326667	0.14160196
Columna 7	3	19.627277	6.54242568	0.02279634

**Anexo 2.14: Datos de rendimiento en granos de maíz en kg/ha**

BLOQUE	PESO DE TUSA GR							SUMA	PROMEDIO
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
<b>I</b>	5843,16	4699,19	3783,93	3783,93	2365,82	4935,53	4828,16	29397.87	4199.70
<b>II</b>	5981,00	4767,61	3860,64	3860,64	2124,13	4896,29	4855,16	28929.51	4132.79
<b>III</b>	5875,82	4616,75	3890,25	3890,25	2239,98	4979,46	4866,35	29351.28	4193.04
<b>SUMA</b>	17230.22	14084.55	11760.88	8635.12	6719.93	14898.28	14349.69	87678.66	<b>4175.17</b>
<b>PROMEDIO</b>	5743.41	4694.85	3920.29	2878.37	2239.98	4966.09	4783.23		

**Anexo 2.15: Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo**

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	7	29397.8668	4199.69526	1500654.84
Fila 2	7	28929.515	4132.78785	1575092.71
Fila 3	7	29351.2772	4193.03959	1596710.12
Columna 1	3	17230.219	5743.40635	105125.894
Columna 2	3	14084.547	4694.849	5779.99031
Columna 3	3	11760.8765	3920.29217	30287.07
Columna 4	3	8635.12258	2878.37419	5340.22292
Columna 5	3	6719.92849	2239.97616	15836.0473
Columna 6	3	14898.2761	4966.09204	29570.6492
Columna 7	3	14349.6892	4783.22974	10428.1898

### Anexo 3: Panel fotográfico

**Figura 26:**

*Campo experimental de maíz*



**Figura 27:**

*Tratamiento 4 del experimento*



**Figura 28:**

*Tratamiento 3 del experimento*



**Figura 29:**

*Visita de docentes de la UNH al experimento*



**Figura 30:**

*Daño por precipitación sólida a plantas de maíz*



**Figura 31:**

*Muestra de maíz cosechado de tratamiento 1*

