

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“ANÁLISIS DE LA MAZORCA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA  
IDENTIFICAR CARACTERES DE EVASIÓN AL FRÍO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**LIZETH OLINDA CHACÓN MENDOZA**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

# Tesis Análisis de la mazorca (Zea mayz L.) para identificar caracteres de evasión al frío corregido JCH 22-04.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>7</b> %	<b>7</b> %	<b>1</b> %	<b>5</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.yumpu.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>2</b>	<b>www.usmp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>purl.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>colposdigital.colpos.mx:8080</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>www.sidalc.net</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>www.dehuancayo.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>bioseguridad.minam.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>8</b>	<b>ciencialatina.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“ANÁLISIS DE LA MAZORCA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA  
IDENTIFICAR CARACTERES DE EVASIÓN AL FRÍO”**

**LIZETH OLINDA CHACÓN MENDOZA**

**Tesis para optar el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:**

---

**Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Mg. Sc. Julián Chura Chuquija**  
**ASESOR**

---

**Dra. Luz Rayda Gómez Pando**  
**MIEMBRO**

---

**Ing. Mg. Sc. Ricardo Sevilla Panizo**  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por todo el apoyo, sacrificio, comprensión y esfuerzo a lo largo de mi vida.

A mi esposo e hijos que me dieron las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis hermanas por su apoyo constante en el camino profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Mg. Sc. Julián Chura Chuquiya por su apoyo y asesoría con la tesis.

Al Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la universidad Agraria La Molina.

Al Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú), por el financiamiento de este proyecto de acuerdo al contrato 222-FINCyT-IA-2013.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN LITERARIA .....	3
2.1.	Evolución de la Mazorca en el tiempo.....	3
2.2.	Descripción Botánica.....	4
2.3.	Morfología de la Mazorca.....	5
2.4.	Naturaleza genética del maíz y su mejoramiento Genético .....	5
2.5.	Importancia Del Maíz .....	6
2.5.1.	En el mundo.....	6
2.5.2.	En el Perú .....	7
2.6.	Temperatura y desarrollo del maíz .....	7
2.7.	Efectos de las heladas .....	9
2.7.1.	En los cultivos .....	9
2.8.	Efectos de las heladas en el maíz.....	10
2.9.	Daño celular por heladas.....	13
2.10.	Mecanismos de defensa ante las heladas.....	13
2.11.	Trabajos anteriores .....	15
2.12.	Heladas en el Perú .....	18
2.12.1.	Distribución altitudinal y zonas agroecológicas.....	18
2.12.2.	Balance regional de la radiación.....	19
2.12.3.	Clasificaciones de heladas .....	21
2.12.3.1.	Por el origen Climático .....	21
2.12.3.2.	Por aspecto.....	22
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1.	Geografía del Valle del Mantaro.....	23
3.2.	Área experimental.....	23
3.2.1.	Ubicación del experimento.....	23
3.3.	Datos meteorológicos .....	24
3.4.	Características del suelo.....	25
3.5.	Materiales.....	26
3.5.1.	Características de las variedades Blanco Urubamba y PMD – 638 .....	26
3.5.2.	Material Genético .....	27

3.5.4.	Parcela Experimental .....	28
3.6.	Metodología .....	29
3.6.1.	Preparación del terreno .....	29
3.6.2.	Siembra.....	29
3.6.3.	Manejo Agronómico.....	29
3.7.	Evaluación de la temperatura en cada etapa fenológica .....	30
3.8.	VARIABLES TOMADAS EN CAMPO .....	30
3.9.	Caracterización de la mazorca .....	31
3.9.1.	Caracteres cuantitativos.....	31
3.9.2.	Caracteres cualitativos.....	32
3.10.	Análisis estadístico.....	33
3.10.1.	Diseño experimental .....	33
3.10.2.	Análisis de la correlación .....	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	36
4.1.	Germinación.....	36
4.1.1.	Cruzas de BU x PMD-638.....	36
4.1.2.	Cruzas de PMD-638 x BU.....	36
4.2.	Rendimiento.....	41
4.2.1.	Cruzas de BU x PMD-638.....	41
4.2.2.	Cruzas de PMD-638 x BU.....	41
4.3.	Evaluación de daño por helada en campo.....	46
4.3.1.	Cruzas de BU x PMD-638 .....	46
4.3.2.	Cruzas de PMD-638xBU .....	46
4.3.3.	Análisis de las tablas con los resultados de la evaluación de tolerancia e incidencia en planta y mazorca. ....	56
4.4.	Evaluación de mazorcas.....	59
4.4.1.	Longitud de la mazorca con bráctea .....	61
4.4.2.	Longitud de la bráctea externa.....	61
4.4.3.	Ancho de bráctea externa .....	62
4.4.4.	Número de brácteas por mazorca .....	62
4.4.5.	Longitud del pedúnculo .....	63
4.4.6.	Ancho de mazorca .....	63
4.4.7.	Largo de mazorca .....	64
4.4.8.	Número de hileras.....	65

4.4.9.	Número de granos por hilera .....	65
4.4.10.	Peso de Mazorca.....	66
4.4.11.	Diámetro de mazorca.....	66
4.4.12.	Diámetro de coronta .....	67
4.4.13.	Diámetro de raquis .....	67
V.	CONCLUSIONES .....	69
VI.	RECOMENDACIONES .....	70
VIII.	ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temperaturas promedio mensuales, máximas y mínimas de cada mes en el periodo, Diciembre 2014 – Junio 2015 .....	25
Tabla 2: Características del suelo del área experimental ubicado en Jauja - Junín .....	26
Tabla 3: Etapas fenológicas del cultivo y las temperaturas promedio y mínimas según cada fase de ocurrencia .....	30
Tabla 4: Análisis de Varianza látice triple 10x10.....	33
Tabla 5: Análisis de Variancia látice rectangular triple 10x11 .....	34
Tabla 6: Análisis de Variancia para porcentaje de germinación de cruzas BUxPMD-638.	37
Tabla 7: Análisis de Variancia para porcentaje de germinación de cruzas PMD-638 x BU .....	39
Tabla 8: Análisis de Variancia para el rendimiento (t/ha) de cruzas BUxPMD-638 .....	42
Tabla 9: Análisis de Variancia para rendimiento (t/ha) de cruzas PMD-638 x BU .....	43
Tabla 10: Análisis de Variancia para tolerancia, daño en planta y tolerancia y daño en mazorca de cruzas BUxPMD-638 .....	47
Tabla 11: Análisis de Variancia para tolerancia, daño en planta y tolerancia y daño en mazorca de cruzas PMD-638 x BU .....	47
Tabla 12: Datos de valores correlativos para cada carácter evaluado, para cada ensayo ....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de heladas.....	21
Figura 2: Escala de evaluación de tolerancia y porcentaje de daño en la mazorca .....	32
Figura 3: Porcentaje de germinación del ensayo de cruza BU x PMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	38
Figura 4: Porcentaje de germinación de las cruzas PMD638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	39
Figura 5: Comparación de los promedios de % de germinación de las cruzas .....	40
Figura 6: Rendimiento (t/ha) de las cruzas BU x PMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	42
Figura 7: Rendimiento (t/ha) de las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	44
Figura 8: Comparación de los promedios de rendimiento (t/ha) de las cruzas.....	45
Figura 9: Tolerancia en planta por helada en las cruzas BUxPMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	48
Figura 10: Incidencia o daño en planta por heladas (%) en las cruzas BU x PMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	49
Figura 11: Tolerancia en mazorca por la helada en las cruzas BUxPMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	50
Figura 12: Incidencia o daño en mazorca por helada (%) en las cruzas BUxPMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	51
Figura 13: Tolerancia en planta por la helada en las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	52
Figura 14: Incidencia o daño en planta por helada (%) en las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	53
Figura 15: Tolerancia en mazorca por la helada en las cruzas PMD-638xBU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	54
Figura 16: Incidencia o daño en mazorca por helada (%) en las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.....	55

Figura 17: Comparación de la tolerancia en planta por helada en las cruzas .....	56
Figura 18: Comparación de los promedios de la incidencia en planta por helada .....	57
Figura 19: Comparación de los promedios de tolerancia en mazorca.....	58
Figura 20: Comparación de los promedios de los porcentajes de daño en mazorca .....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mazorcas de la parcela 1078, cruza PMD-638 x BU .....	78
Anexo 2: Mazorcas de la parcela 3080, cruza BU x PMD-638 .....	78
Anexo 3: Corte transversal de mazorcas. Al lado derecho mazorca de la cruza BU x PMD-638, del lado izquierdo mazorca de la cruza PMD-638 x BU .....	79
Anexo 4: Campo experimental, ensayos BU x PMD-638 y PMD-638 x BU .....	79
Anexo 5: Temperaturas y humedad promedio cada media hora del día 12 de diciembre del 2014, día que se realizó la siembra.....	80
Anexo 6: Temperaturas mínimas registradas en el mes de mayo del 2015.....	81
Anexo 7: Temperaturas mínimas registradas en el mes de junio del 2015 .....	82
Anexo 8: Parcelas seleccionadas de la cruza BUxPMD-638, para los análisis en laboratorio de las características morfológicas de la mazorca .....	83
Anexo 9: Valores estadísticos para las variables de la cruza BU x PMD-638, para las características morfológicas de la mazorca .....	84
Anexo 10: Parcelas seleccionadas de la cruza PMD-638xBU, para los análisis en laboratorio de las características morfológicas de la mazorca .....	85
Anexo 11: Valores estadísticos para las variables de la cruza PMD-638 x BU, para las características morfológicas de la mazorca .....	86

## RESUMEN

El maíz amiláceo es uno de los principales alimentos en la sierra del Perú. Por esto la necesidad de generar variedades de calidad y resistentes a los climas de la sierra peruana. Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar la tolerancia al frío y calidad de la mazorca en las cruzas directas y recíprocas entre las variedades PMD-638 y Blanco Urubamba, además se evaluó que caracteres están asociados a la evasión al frío, para esto se analizaron los caracteres de evasión al frío en la F<sub>1</sub> de la crusa de dos variedades amiláceas: Blanco Urubamba x PMD-638 (♀ x ♂) y su recíproco PMD-638 x Blanco Urubamba (♀ x ♂). Los ensayos fueron realizados en la zona del Valle del Mantaro, Jauja – Junín – Perú a 3322 m.s.n.m. El diseño experimental fue látice rectangular triple 10x11, con 110 entradas para las cruzas de PMD-638 x Blanco Urubamba y el diseño látice triple 10x10 con 100 entradas para Blanco Urubamba x PMD-638. Durante todo el periodo de crecimiento de las plantas, las temperaturas variaron desde -2.6 C° a 21.9 C°. Se evaluó el daño en planta de las mazorcas durante la cosecha y posterior a esta se evaluó las características de las mazorcas y granos del maíz; se seleccionaron 15 caracteres de los cuales 13 fueron cuantitativos y 2 cualitativos. La correlación se realizó con todas las variables, considerando el grado de daño en una escala del 1 al 09 y el porcentaje de daño se calificó con una estimación del área afectada de la mazorca; las cruzas de la variedad PMD-638 x BU fueron menos afectados que las cruzas de la variedad Blanco Urubamba x PMD-638.

**Palabras clave:** maíz amiláceo, tolerancia la frío, evasión al frío.

## ABSTRACT

The starchy corn is one of the main foods in the andean areas of Peru. For this reason, there is need to generate varieties of quality that can withstand the climates of the Peruvian andes. This research work it was carried out with the objective of determining the tolerance to cold and quality of the corn in the direct and reciprocal crosses between the varieties PMD-638 and Blanco Urubamba, in addition it was evaluated which characters are associated with the avoidance of cold, for this, the cold evasion characters in the F1 of the cross of two starchy varieties were analyzed: Blanco Urubamba x PMD-638 (♀ x ♂) and its reciprocal PMD-638 x Blanco Urubamba (♀ x ♂). The tests were carried out in the Mantaro Valley area, Jauja - Junín - Perú at 3322 m.s.n.m. The experimental design was a 10x11 triple rectangular lattice, with 110 entries for the PMD-638 x Blanco Urubamba crosses and the 10x10 triple lattice design with 100 entries for Blanco Urubamba x PMD-638. During the entire growth period of the plants, temperatures ranged from -2.6 C ° to 21.9 C °. The plant damage of the corn was evaluated during the harvest and after this the characteristics of the corn and corn grains were evaluated; 15 characters were selected of which 13 were quantitative and 2 qualitative. The correlation was carried out with all the variables, considering the degree of damage on a scale from 1 to 09 and the percentage of damage was qualified with an estimate of the affected area of the corn; the crosses of the variety PMD-638 x BU were less affected than the crosses of the variety Blanco Urubamba x PMD-638.

**Key words:** starchy corn, cold tolerance, cold avoidance.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz amiláceo se cultiva principalmente en la zona alto andina del Perú, la producción en el año 2023 fue de 316748 toneladas con un rendimiento de 1756 kg/ha (Midagri, 2024), el cual se destina principalmente para cubrir la demanda nacional. Es uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra del Perú. La producción está principalmente destinada al autoconsumo en forma de choclo, cancha, mote, harina, bebidas, entre otras formas de uso; siendo por lo tanto importante para la población de la sierra peruana que consumen este producto, el maíz amiláceo es consumido en todos los estratos sociales y representa un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria del Perú.

La demanda es preferente por las variedades de la raza Cuzco o Cuzco gigante, debido a que estas razas son muy productivas en su lugar de origen o en los escasos lugares similares a este, por su adaptación específica (Sevilla y Sotomayor, 1974). El principal problema de sembrar estas razas en condiciones diferentes al lugar de origen es la necesidad de controlar los factores limitantes como: temperatura, enfermedades, plagas y la falta de adaptación a suelos de baja fertilidad, lo que obliga al agricultor a usar insumos externos que aumentan los costos de producción, contaminando el medio ambiente y le quitan sostenibilidad al sistema de producción.

El daño causado por las bajas temperaturas es el factor limitante más importante del cultivo de maíz amiláceo en la sierra del país. El alto riesgo de perder el cultivo por las bajas temperaturas desalienta la inversión y tecnificación para mejorar la productividad, y disminuye la rentabilidad del producto. Las variedades de maíz amiláceo en la sierra deben ser tolerantes al frío y a la sequía, además de resistentes a enfermedades y plagas.

El maíz amiláceo se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, donde a partir de los 2800 msnm la presencia de bajas temperaturas y heladas es uno de los factores limitantes para los cultivos.

“Asimismo, las bajas temperaturas afectan significativamente el periodo vegetativo de la planta” (Chavez *et al.*, 2005a). Aunque el cultivo de maíz no sufra daño, la prolongación de su ciclo de vida causada por las bajas temperaturas tiene mucha importancia agronómica y económica. “El costo del cultivo aumenta, así como el riesgo de que su rendimiento disminuya debido a ataques de agentes patógenos y heladas. Además de estos efectos generales, no necesariamente letales, el frío excesivo precisamente causado por las heladas, puede ocasionar daños directos cuya intensidad provoca la muerte de algunos órganos o incluso de toda la planta” (Sevilla, 1995). Muchas veces las heladas pueden darse en los primeros estadios de la planta, no permitiendo la expresión de los genes de tolerancia al frío u otros mecanismos que la planta ha ido desarrollando durante su adaptación y mejora genética en el tiempo. Las bases genéticas de la resistencia o tolerancia al frío a bajas temperaturas son aún poco conocidas.

En el siguiente trabajo de investigación se evaluará los caracteres de evasión al frío en la F<sub>1</sub> de los híbridos del Blanco Urubamba x PMD-638 y su recíproco PMD-638 x Blanco Urubamba, en condiciones ecológicas de la sierra altoandina de 3322 m.s.n.m.

Teniendo como objetivo los siguientes puntos:

### **Objetivo general**

Analizar las mazorcas de maíz para identificar caracteres de evasión al frío de las cruzas entre las variedades PMD-638 y Blanco Urubamba directas y recíprocas.

### **Objetivos específicos**

- Determinar que cruzas presentaron los mejores rendimientos de mazorca
- Analizar las mazorcas de las cruzas PMD-638xBU y que caracteres confieren tolerancia al frío.
- Analizar las mazorcas de las cruzas BUxPMD-638 y que caracteres confieren tolerancia al frío.
- Encontrar los caracteres que están asociados a la tolerancia al frío en las mazorcas de maíz.

## **II. REVISIÓN LITERARIA**

### **2.1. Evolución de la Mazorca en el tiempo**

El maíz es una de los cultivos más antiguos del continente americano. Sin embargo, en la actualidad ya no existe en forma silvestre. Sólo se conoce y produce bajo cultivo extensivo. Excavaciones arqueológicas, geográficas y mediciones de desintegración radioactiva de antiguas mazorcas de maíz, indican que la planta debe haberse originado hace aproximadamente 5 mil años A.C. (Wilkes, 2004).

Existe una evidencia arqueológica de mazorcas y otras partes del maíz encontradas en un refugio rocoso de Nuevo México, conocido como la Cueva del Murciélago, este hallazgo apoyaría la hipótesis del origen mexicano del maíz. Este primer maíz que se encontró, era muy pequeño y frágil, de ocho líneas de hileras, pero aún se mantienen el debate si éste era silvestre o domesticado (Benz, 2006). Sin embargo, debido a la gran diversidad de razas nativas encontradas en la región andina, se puede pensar que el maíz pudo haberse originado en los altiplanos y valles interandinos del Perú, Bolivia y Ecuador.

Sevilla (1991), indica que “el maíz en el Perú es uno de los pocos cultivos que ha pasado por un proceso de evolución muy dinámico”, es decir, que a partir de formas muy débiles y poco productivas se generaron varias razas que son utilizadas en diversas formas y que están presentes en un amplio rango de ambientes y ecosistemas. Se puede decir que la evolución del maíz ha sido un proceso de selección natural y artificial, muy eficientes. Además, generó mucha diversidad asegurando la disponibilidad de abundante variancia genética para el futuro y desarrollo del cultivo.

Se conoce que el Perú posee la mayor diversidad genética de maíz después de México. Se estima que se tiene unas 55 razas distribuidas en todo el territorio Peruano. Un estudio realizado por Grobman a inicios del 2012 reportó el hallazgo de resto de maíz de más de

6700 años de antigüedad en el complejo arqueológico de Paredones y Huaca Prieta, en el valle del río Chicama (La Libertad). Dijo que esto “podría indicar que el maíz ya se usaba como alimento en esta parte del continente unos 3000 años antes de lo que se creía” (Grobman et al 2012).

Aún hay varias teorías referidas al origen del maíz, que no se han resuelto. Sin embargo, se siguen haciendo investigaciones al respecto y aun se sigue encontrando nuevos indicios que cambiarían lo conocido a la fecha respecto al origen del maíz.

## **2.2. Descripción Botánica**

El maíz (*Zea mays* L) es una planta C4, anual y alógama, perteneciente a la familia de las gramíneas (Poaceae), (Abendroth et al., 2012).

Etapas fenológicas del maíz:

- Emergencia. El coleóptilo emerge de la superficie del suelo.
- Emisión de hojas.
- Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
- Son visibles los estigmas.
- Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
- Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
- Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
- Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada.
- Madurez fisiológica.

No todas las plantas en el campo coinciden en llegar al mismo tiempo a una etapa en particular. Por lo tanto, “se asume que el cultivo alcanza una etapa específica cuando al menos el 50% de las plantas presentan las características correspondientes” (CIMMyT, 2013; Nielsen, 2013).

### **2.3. Morfología de la Mazorca**

Kiesselbach (1949) describió la morfología y desarrollo de la inflorescencia femenina en el maíz. Indicando que la mazorca se desarrolla en las yemas del tallo, se presenta una yema por cada nudo del tallo, hasta el nudo donde se implanta la mazorca superior. Cuando la yema empieza a desarrollarse tiene la forma de un cilindro liso; después aparecen unas protuberancias que se divide en dos lóbulos y cada uno de ellos desarrolla una espiguilla que contiene las flores, es por eso es que las hileras de granos son siempre pares en la mazorca. La espiguilla contiene una flor, el ovulo de la flor es fertilizado con uno de los núcleos espermáticos del polen, para producir el embrión del grano con  $2n$  cromosomas, el otro núcleo espermático fertiliza el núcleo de fusión dentro del saco embrionario para dar lugar al endospermo con  $3n$  cromosomas. Mientras tanto en el raquis de la mazorca se ha desarrollado una estructura especial llamada cúpula donde se insertan los granos unidos al raquis por la raquilla así como las glumas y lenmas que envuelven al grano.

Bird (1994) La estructura del raquis está compuesta por las alicolas que son las unidades básicas de una mazorca de maíz. Cuando se parte una mazorca transversalmente se ven los granos en la parte externa, la lenma membranosa, la gluma formada de un tejido más duro en la base del grano. Los granos se disponen en pares dentro de la cúpula. El centro de raquis está lleno de un tejido esponjoso llamado médula.

Ortiz (1985) calculó la heredabilidad de los caracteres internos de la mazorca, por el alto valor que alcanzaron recomendó usarlos en la caracterización con fines de clasificación. La relación ancho/largo de la cúpula define la forma de la cúpula y consecuentemente la forma de la mazorca. Si esa relación es menor a 1, como en la raza Confite Morocho (ancho/largo = 0.94), la cúpula tiene una forma circular, como la de una cuchara y el raquis es más delgado (Sevilla, 1994). Si la relación es mayor 1 entonces se considerará una mazorca de forma alargada.

### **2.4. Naturaleza genética del maíz y su mejoramiento Genético**

“El maíz es un organismo diploide ( $2N = 20$ ), de naturaleza genética alógama, en el cual los genes son normalmente transmitidos desde los padres a la progenie en un periodo vegetativo. Los genes conforman una compleja secuencia de pares de bases (nucleótidos) localizados en los cromosomas, que son las unidades hereditarias” (Jugenheimer, 1987).

Para mejorar la productividad y las características de adaptación, como la resistencia a enfermedades y plagas, la tolerancia a factores limitantes abióticos, principalmente frío y sequía, se han cruzado las variedades de la sierra del Perú con variedades foráneas, pero la experiencia mostró que cualquier variedad foránea que se cruza con una variedad peruana desmejora los caracteres de mazorca y grano. Recuperar el tipo peruano de grano a partir de una cruce de una variedad peruana por un foránea requiere de muchas generaciones de selección que se hace poco efectiva cuando se selecciona para varios caracteres a la vez (Sevilla, 1995).

El mejoramiento de la resistencia a enfermedades ha sido exitoso (Villegas y Sevilla, 1977; Chura et al, 1995; Catacora, 1987), pero las variedades mejoradas con buenos niveles de resistencia perdieron la calidad del grano y las preferencias del mercado. “Sin embargo, hay suficiente variancia genética aditiva, por lo menos para dos características, longitud de la mazorca y número de granos por hilera” (Quispe et al, 2000), que puede permitir seleccionar y rescatar los caracteres del maíz andino si se usan los métodos y el germoplasma apropiado.

## **2.5. Importancia Del Maíz**

### **2.5.1. En el mundo**

Todos los años se produce una gran cantidad de maíz en el mundo, superando a la producción de otros granos. La mitad de la cosecha anual es producida en Estados Unidos, mientras que otros países se encuentran también se ubican en los primeros lugares de producción como China, Francia, Indonesia, India, Sudáfrica, México, Brasil, Italia.

“En Estados Unidos y Canadá, el uso principal del maíz es para destinarlo a la alimentación del ganado, forraje, ensilado o grano. El grano de maíz tiene muchos usos industriales, la transformación en plástico, obtener jarabes hidrolizándolo y tratándolo enzimáticamente, puede ser también fermentado y destilado para la producción de alcohol de grano. Cada vez más el etanol es usado en bajas concentraciones (menos de 10%) como aditivo en la gasolina, lo que ahora se conoce como biocombustibles, que se obtiene gracias a los altos niveles de biomasa verde que puede alcanzar de la planta de maíz” (Schmidt, 2005).

Como alimento humano el maíz representa el alimento principal en muchas regiones del mundo y es el ingrediente básico en muchas comidas típicas y manifestaciones culturales.

### **2.5.2. En el Perú**

El maíz en el Perú es un cultivo muy importante, tanto por el área cultivada, como por su impacto social. Las principales regiones productoras de maíz amiláceo son, en orden de importancia Cusco, Apurímac, Huancavelica, La Libertad, Ayacucho, Cajamarca, Piura, Junín, Huánuco, Amazonas, Ancash y Arequipa. (MINAGRI, 2017).

Anualmente se siembra entre doscientos mil y doscientos cincuenta mil hectáreas de maíz amiláceo. La mayoría de los años los agricultores de la sierra baja media (hasta 3000 msnm) y un porcentaje muy alto de los agricultores de la sierra alta (hasta 3500 msnm) siembran maíz amiláceo generalmente en la mitad de sus predios.

La productividad del maíz amiláceo en la sierra puede variar año a año por diferentes factores bióticos o abióticos, incluso por temas sociales. El análisis de los efectos de variación en la productividad de los diferentes años es muy importante para identificar las causas y gracias a esto se puede decir que el aumento de la productividad no siempre representa una mejora tecnológica (Davelois, 2003).

El maíz amiláceo es un alimento eminentemente energético propio de nuestra región andina, que contribuyen con la Seguridad Alimentaria y se constituye en un cultivo dinamizador de la economía local, regional y nacional. La mayoría de los agricultores en la sierra de país cultivan maíz para consumo humano, que cubren generalmente la mitad de sus predios, pero con una baja productividad.

En las ciudades más grandes como Lima, Arequipa, Trujillo y otras cubren gran parte de la demanda interna de choclo (maíz amiláceo), mientras que el maíz amiláceo engrano seco es el sustento alimentación de las familias andinas.

### **2.6. Temperatura y desarrollo del maíz**

La temperatura es un factor importante que influye en el desarrollo de la planta del maíz a través de su desarrollo, desde la emergencia, la floración y la madurez (Rawson et al., 1998). En algunas revisiones bibliográficas, indican diferentes rangos de temperaturas óptimas para el crecimiento de maíz. Como por ejemplo:

- Requerimientos óptimos para el crecimiento y desarrollo del cultivo son temperaturas de 25 a 32 °C para su desarrollo, mientras que para la germinación requiere temperaturas 10 a 21°C.
- Temperaturas entre 18 y 26°C adecuadas para un alto rendimiento de maíz (Magaña et al. 2014).

Las plantas no son capaces de mantener su temperatura constante, por lo que los cambios de temperatura ambiental influyen sobre su crecimiento y desarrollo. Las variaciones de la temperatura ambiental son periódicas pudiendo ser diarias (día/noche) y estacionales. “También pueden darse variaciones fluctuantes más o menos previsibles como la variación de temperatura por nubosidad, por la velocidad del viento, o por la posición de la hoja” (Rawson et al., 1998). Además, la temperatura de la raíz no tiene por qué ser igual a la temperatura de la parte aérea, debido a que las variaciones de temperatura llegan a la raíz con retardo respecto a las de la parte aérea. (Vorst, 1990) La gravedad de los daños por heladas dependerá en gran medida de la duración y el alcance de las bajas temperaturas. Los daños por heladas importantes en hoja, tallo y tejidos del tronco se pueden producir si las temperaturas caen por debajo de 0 °C durante 4-5 horas.

“Todo estrés abiótico como las bajas temperaturas durante el desarrollo de la planta de maíz puede causar las siguientes respuestas fenotípicas: a) reducción y/o alteración de la función y eficiencia fotosintética, b) enanismos y disminución del vigor general y de la biomasa aérea de la planta, e) reducción de la fertilidad de la planta, d) alargamiento del periodo vegetativo” (Chavez, 2005a).

“Una densa cosecha de maíz puede atrapar el calor dentro de su vegetación durante el día. Las filas exteriores y las áreas bajas en densidad de plantación son más propensas a heladas” (Ritchie et al., 1993). “Según las partes de la planta de maíz, puede variar la susceptibilidad a las heladas. Por ejemplo, las hojas son más susceptibles debido a que su delgadez hace que sea difícil para ellas mantener el calor, mientras que los tejidos más gruesos de plantas tales como tallos y el grano tienen una mayor capacidad de retención de calor” (Vorst, 1990).

Según los conceptos revisados, se habla de una temperatura base cuando el desarrollo de la planta se detiene por las bajas temperaturas, a medida que la temperatura aumenta la planta puede alcanzar su temperatura óptima, pero esta varía según el estado fisiológico de la planta.

Existe un rango de temperaturas según el estado de crecimiento de la planta, la cual permite a la planta ir acelerando su desarrollo hasta alcanzar su temperatura óptima.

Se le conoce como temperatura cardinal a la temperatura por encima o por debajo de un proceso fisiológico. Se dice que la temperatura crítica es está por debajo o por encima de la cual un proceso fisiológico que produce daños irreversibles a la planta generando la muerte de esta. “Estas dos temperaturas críticas (mínima y máxima) no son constantes durante la vida de la planta, sino que pueden variar durante el desarrollo” (Afuakwa et al., 1984). Según la bibliografía revisada indican que cada fase del desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperaturas para llegar a su término y para que la planta puede pasar a su siguiente fase. “Para sembrar el maíz es necesario una temperatura media del suelo de 10 °C, y que esta vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18 °C como mínimo” (Hoseney, 1991), por otra parte, la planta debe recibir bastante calor para que pueda madurar rápido antes de que las temperaturas empiecen a descender. Por todo esto podemos decir que las temperaturas durante toda su vegetación deben de ser relativamente elevadas. “La temperatura más favorable para la emergencia se encuentra próxima a los 15°C, en la fase de crecimiento la temperatura ideal se encuentra comprendida entre los 24 °C y 30 °C, por encima de los 30 °C se tienen problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces” (Hoseney, 1991).

## **2.7. Efectos de las heladas**

### **2.7.1. En los cultivos**

Los cultivos en general son vulnerables a la helada, cuando la temperatura del aire desciende hasta formar cristales de hielo en el interior de las células durante cierto tiempo ocasiona la muerte de la célula. El proceso de deterioro de las plantas depende del estado vegetativo en el que se encuentre y de la especie a la que pertenezca. A continuación, se describen algunos de estos efectos.

#### **a. Internos**

Ruptura de las membranas de la célula por el crecimiento de cristales de hielo en el interior del protoplasma (deshidratación), causando la muerte celular.

#### b. Externos

Los cultivos tienen cierta resistencia a las bajas temperaturas, pero esta depende de la etapa fisiológica en la que se encuentre. Por ejemplo, en periodo de germinación es más resistente que en la etapa de floración.

Por lo general los daños que se pueden observar en las plantas son muerte de hojas y tallos jóvenes, destrucción de la mayoría de frutos y flores, en el peor de los casos la muerte de la planta.

#### c. Inmediatos

Sus efectos son la deshidratación y el rompimiento de la membrana.

#### d. Acumulativos

Se observan estos efectos cuando la planta pasa por un periodo prolongado de bajas temperaturas que no son 0°C necesariamente, provocando una deshidratación en un tiempo de tres o cuatro días. Al repetirse este fenómeno genera una intoxicación en la planta por sales minerales.

### **2.8. Efectos de las heladas en el maíz**

Cuando se presentan bajas temperaturas en una región donde la posibilidad de una helada y congelamiento son altas, pueden existir varios factores que afecten al cultivo, eso dependerá de la severidad del daño por las bajas temperaturas. “En el cultivo de maíz uno de los factores importantes es el estado de desarrollo de la planta” (Farooq et al., 2009), debido a que cada etapa fenológica requiere de diferentes temperaturas.

“La etapa de crecimiento en la que se encuentra la planta de maíz es un parámetro de especial importancia a la hora de recibir un determinado daño fisiológico” (Bremer et al., 1995). Es decir, en las plantas más jóvenes es poco probable que puedan sufrir algún daño, esto debido a que las hojas y el punto de crecimiento se encuentra más cerca del suelo. “En plantas más desarrolladas, las hojas están más expuestas y tienen el ápice por encima de la superficie del suelo (aproximadamente 30 cm. de altura) Cuando las hojas más largas se congelan, éstas pueden formar una espiral firme y torcida. El cual hará que las hojas nuevas les sea difícil penetrar durante el crecimiento apical” (Farooq et al., 2009). Los daños por las bajas

temperaturas en maíces pequeños pueden ser casi insignificantes, hablamos de maíces menores a 15 cm de altura. “A menos que sufra una severa congelación, las posibilidades de recuperación son muy buenas” (Bremer et al., 1995). El nuevo crecimiento de la planta será con un verde más claro que el observado en plantas que no hubieran sufrido estrés alguno. Podría esperarse una reducción en torno al 9-15 % de rendimiento aproximadamente. Algunas veces se produce que plantas dañadas son objeto de futuras enfermedades, insectos y problemas en la cosecha (Thakur et al., 2010). Según Bremer et al. (1995), “el maíz que es mayor de 12 pulgadas de altura cuando es sometido a temperaturas de congelación duraderas por lo general no sobrevive”. “Si el punto de crecimiento está por encima del nivel del suelo (ya no aislado por la tierra), el tejido meristemático es gravemente dañado. Ya durante la fase de maduración” (Bremer et al. (1995), el rendimiento del campo de maíz puede verse bastante afectado, generando que los granos obtenidos tengan menor peso y menor calidad dificultando su venta, aun así, estos tengan buenos valores alimenticios. “Según la severidad de la helada también puede haber diferentes respuestas en el desarrollo de la planta” (Bremer et al. (1995)) Según los rangos de bajas temperatura se pueden describir y dividir los siguientes efectos:

- Daños ocasionados por temperaturas entre los rangos 0,5 y 7 °C

Se debe tener en cuenta que muchos de los daños presentan síntomas muy similares a la deficiencia de algunos nutrientes es por esto importante saber reconocerlos. En este rango de temperatura de 0,5 y 7 °C puede afectar a las plantas jóvenes de maíz ocasionando disminución en el color de la planta, disminución de la velocidad de la fotosíntesis, las hojas pueden presentar colores gris-verde, púrpura y rojo moteado, además del amarillamiento de las hojas. Las raíces y el tallo podrían afectarse si la planta se encuentra en una etapa fisiológica inicial.

Las condiciones para que se pueda presentar una helada son los cielos despejados, baja humedad y sin viento y esta puede ser muy dañina para el cultivo. Entre el rango de 0 y 7 °C el daño puede variar dependiendo de la geografía del terreno, por las pequeñas variaciones en la pendiente o el terreno, que modifican el drenaje del aire, la radiación térmica y a la creación de pequeñas bolsas de hielo. Generalmente las zonas más afectadas en un campo son los bordes y las zonas bajas.

- Daños ocasionados por las temperaturas entre los rangos -3 y 0 °C

Los daños de este rango de temperatura son mayores, la pérdida de tejido vegetal tras daños por este tipo de heladas es directamente proporcional a la baja de temperatura, la duración de esta, y el contenido de humedad de la planta y el suelo en el momento del daño. La capacidad del suelo para mantener el calor y proteger inicialmente las plantas contra la caída de las temperaturas del aire, sólo es eficaz para pequeñas fluctuaciones de temperatura, cuando la temperatura de congelamiento es menor a -3°C, todos los tejidos se marchitan y desecan en los días siguientes a la congelación. El maíz en estadios iniciales puede tener problemas de crecimiento debido a estos problemas.

Como ya se ha indicado, la resistencia del cultivo a la helada depende de la etapa de desarrollo; en la floración es mayor el daño que sufre. Una vez producida la helada, según su intensidad y duración, aparecen las hojas lacias y posteriormente se secan tomando color café y una apariencia de quemadas.

Cuando las temperaturas de congelamiento dañan las plantas de maíz, algunas de ellas van a sobrevivir y recuperarse mientras que otras morirán. La muerte es inmediata cuando los puntos de crecimiento se congelan. “Las plantas de maíz que no murieron inmediatamente, empezarán a sufrir varios factores físicos y biológicos que dificultan la recuperación, los efectos por bajas temperaturas incluyen membranas dañadas, disminución de la respiración celular, el aumento de especies reactivas de oxígeno y una mayor expresión de los antioxidantes” (Arbues, 2011).

“Los síntomas de estrés por frío incluyen la reducción en la tasa de crecimiento de las plantas y elongación de las hojas, reducción en la captación de minerales y agua, la conductancia estomática, la fotosíntesis, aumento de la producción de especies reactivas del oxígeno (ROS) y las actividades de antioxidantes y los cambios en las propiedades de la membrana. El tallo de una planta de maíz es un órgano de almacenamiento temporal para los fotoasimilados que con el tiempo se mueve a los granos. El rendimiento de grano seguirá creciendo cerca del 7 a 20 % después de una helada ligera que sólo mata las hojas, siempre y cuando la planta no esté muerta” (Arbues, 2011).

## **2.9. Daño celular por heladas**

Estrada, (2000) reporta que, “el agua se moviliza desde adentro hacia afuera de la célula, los solutos y componentes celulares adquieren una alta concentración y causan un estrés prolongado a las células, que causa la muerte eventual de las células por la desnaturalización de las proteínas o de las uniones químicas y por la destrucción de las proteínas de la membrana celular”.

Levitt (1980) reporta que, “la extensión del daño debido a la congelación intracelular depende principalmente de la rapidez del enfriamiento y la intensidad del enfriamiento antes de congelarse”.

## **2.10. Mecanismos de defensa ante las heladas**

Los mecanismos de defensa ante las heladas pueden ser ecológico, culturales o genéticos. “La preocupación de los agricultores para proteger sus cultivos de las heladas se debe a las fuertes pérdidas económicas y naturales que pueden presentarse durante el ciclo agrícola”. Según Romo y Arteaga et al. (1989), existen varios métodos para reducir los efectos de las heladas en cultivos, los cuales se agrupan en indirectos (o pasivos) y directos (o activos).

Los métodos indirectos son aquellos que ayudan a prevenir el fenómeno de las bajas temperaturas. “Disminuye el afecto de enfriamiento durante el periodo de bajas temperaturas, con la elección apropiada de las especies, variedades, épocas de cultivo y ubicación de las distintas plantas” (Romo et al. (1989)), se recomienda no sembrar en el fonde de los valles cerrados, laderas y cuencas debido a que las depresiones son más propensas al frío y a la helada ya que por esas circula flujos o masas de aire frío.

Las elevaciones como las colinas, lomas, cerros y montañas son más favorables para evitar las heladas, así como ubicar aquellos lugares que tengan una mayor radiación durante el día y más húmedos.

El uso de métodos ecológicos también puede ayudar a reducir los daños por bajas temperaturas, como el control de nutrientes, fertilizantes, rompevientos y otros más. Estas técnicas también ayudan al mejoramiento de os suelos.

“Mientras tanto, los suelos orgánicos o de turba presentan un problema cuando ocurren heladas nocturnas debido a que un suelo poroso disminuye su conductividad térmica. La paja, las malezas o el trabajo en el suelo frenan el aporte de calor en las capas profundas del suelo” (Guadalupe et al., 2001).

Mientras, los métodos directos se basan en acciones tomadas antes y durante el periodo de peligro de bajas temperaturas. “En algunos, se reduce la pérdida de calor del suelo protegiéndolo con cubiertas, o bien, produciendo nieblas o humos artificiales en la capa de aire adyacente a la superficie del suelo y reponen las pérdidas de calor agregando una cierta cantidad de él” (Guadalupe et al., 2001). La protección o cubierta de los cultivos puede hacerse con muchos materiales: plástico, fibra de vidrio, red, túneles, calentadores, aluminio pulverizado y aislador de espuma y hasta con barreras forestales. “Para generar humo y neblinas artificiales, los agricultores usan ramas de árboles podados, estiércol, aserrín, paja, madera y pasto” (Balcarce 2006).

Otra técnica consiste en calentar el aire o medio ambiente de un cultivo momentos antes de que la temperatura sea crítica para las plantas. Con el objetivo es liberar calor esto puede lograrse mediante la irrigación y goteo del terreno para liberar el calor latente. El uso del agua para contrarrestar las heladas es un método antiguo. “El mezclado del aire (generación de viento artificial por medio de máquinas, como helicópteros), retarda la pérdida de calor al cubrir las plantas con algún material no metálico como papel, plástico, paja o tela, que intercepte el calor irradiado por la tierra y por las plantas. El objetivo es no dejar escapar el calor de la planta por irradiación. En la noche la superficie del suelo se enfría primero, lo que a su vez hace disminuir la temperatura del aire en contacto con él. Se produce lo que se llama una inversión térmica por ser lo inverso a lo que sucede en el día” (Guadalupe et al., 2001).

También se puede recurrir al mantenimiento de la temperatura sobre el punto de congelación con calentamiento artificial de las capas inferiores, por medio de hornos o botes con petróleo o kerosene. “Quemado de materia orgánica para producir humo cuyas partículas absorban el calor irradiado por la tierra. Los combustibles sólidos pueden ser quemados en aparatos diseñados para ello o estar expuestos directamente al suelo. Existen calentadores que utilizan carbón fósil, como la hulla o lignito, así como conglomerados sólidos de sustancias inflamables. Otro combustible en calefactores es el gas como metano, butano, etano o

propano” (Balcarce, 2006). “Al margen de todos estos mecanismos artificiales de defensa ante las bajas temperaturas, un fuerte y sano sistema de raíces, buena tierra, la humedad y el clima favorable, son factores muy importantes para una rápida recuperación” (Bechoux et al., 2000). Según Ritchie et al. (1993), las plantas que estuvieron bajo estrés por exceso de humedad, enfermedades, daño de herbicidas o bajas temperaturas; son más propensas a tener una menor probabilidad de recuperación frente a una helada. Asimismo, cuando las condiciones de crecimiento no son ideales para las plantas después de una helada, éstas tendrán una recuperación más lenta y con susceptibilidad a la muerte.

### **2.11. Trabajos anteriores**

Según Chavez et al 2005, donde trabajaron con híbridos de maíz amiláceo se obtuvieron resultados positivos en la herencia de precocidad sobre el tardío, mientras que para la tolerancia al frío no se ha detectado una marcada variabilidad genética en las poblaciones. Además, reportaron que toda la progenie híbrida y recurrente, han mostrado desde su inicio una remarcable tolerancia a bajas temperaturas semejante a la expresión fenotípica de sus progenitores nativos andinos, esto podría indicar a través del tiempo y espacios entre las razas altoandinas de maíz ha habido una acumulación de genes y alelos de tolerancia la frío, transfiriendo dicha información entre las poblaciones sucesivas.

“Las bases genéticas de la resistencia o tolerancia al frío de bajas temperaturas son todavía desconocidas. La construcción de mapas genéticos de *Zea mays* está actualmente en camino o progreso, el cual podría aclarar estos factores genéticos elusivos, es muy probable que en un futuro muy cercano se pueda correlacionar la susceptibilidad o resistencia a bajas temperaturas en la planta de maíz con alelos específicos usando sondas moleculares. En general, los estreses abióticos del medio ambiente reducen el rendimiento y la calidad del producto en la planta de maíz” (Chavez et al., 2005b).

Todo estrés abiótico de baja temperatura durante el crecimiento vegetativo de la planta puede causar principalmente cuatro efectos:

- Reducción de la función y eficiencia fotosintética.
- Disminución del vigor general y de la biomasa aérea de la planta.
- Alteración de la distribución de los productos fotosintéticos en la planta.

- Alargamiento del periodo vegetativo.

Si bien los mecanismos de tolerancia al frío aún se basan en conocimiento empírico realizado a través de los años, sin encontrar aun con certeza cuales son los genes que gobiernan esta tolerancia. Se tienen ciertas características que se han ido observando en las mazorcas que crecen en las zonas altoandinas y sufren por la presencia de las heladas. Entre estas características están: número de hojas de la cubierta, forma de la mazorca, rugosidad de la cubierta, largo de mazorca/largo de pedúnculo, largo de la cubierta/largo de la mazorca, compactación, cubierta de la mazorca, profundidad de los granos (Chávez et al., 2005b).

Según Evaristo (1995) menciona que se obtuvo un mejor rendimiento en las variedades precoces frente a las tardías. Sin embargo, en un periodo de estrés inicial por frío todas las variedades estudiadas se vieron afectadas. Además, observó que las bajas temperaturas en la post floración, causaron efectos posteriores en la mazorca, dañándola en algunos casos más que otras. En cuanto a las características morfológicas evaluadas en su estudio, observó una mejor respuesta al frío para las variedades peruanas. Sin embargo, las variedades mexicanas también presentaron correlaciones significativas para las variables estudiadas con respecto al daño por bajas temperaturas. Evaluó los siguientes parámetros: Longitud de bráctea externa, ancho de bráctea externa, número de brácteas, rugosidad de brácteas, compactación de brácteas, peso total de las brácteas, ancho total de las brácteas, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, número de hileras de granos de la mazorca, longitud del pedúnculo, longitud de grano más raquis, longitud de gluma, ancho de cúpula y longitud de la cúpula. De todas las variables estudiadas concluyó que el ancho de la bráctea externa es la característica morfológica a nivel de mazorca que más correlaciona negativamente con el grado de daño por helada.

Según Castro (2007), uso cultivos asociados para mejorar la tolerancia a las heladas en la zona del Mantaro, asociando la cebada con el maíz amiláceo obteniendo los siguientes resultados: A una mayor densidad de siembra de cebada 80kg/ha de semilla, logro un mejor resultado frente a la helada en el maíz con solo 4,31% de daño indicando que a mayor densidad de siembra se mantiene el suelo húmedo por menor evapotranspiración. Similar comportamiento encontró con la fertilización, donde mayor tolerancia al daño por heladas fue con la fórmula de abonamiento de 100-120-120 kg/ha de NPK logrando 5,78% de daño.

En las interacciones que analizó con densidad y fertilización, corroboró los primeros datos encontrados en su evaluación, donde densidades mayores con buena fertilización permiten mejor respuesta (tolerancia) al daño por bajas temperaturas, toda vez que la planta con cobertura biológica mayor evitará la evapotranspiración, así como el cultivo con mejor nutrición tolerará mejor a este tipo de estrés. Sin embargo, la etapa fenológica más crítica y con menor tolerancia al daño por heladas, con temperaturas  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  fueron letales para el cultivo aun cuando la cobertura biológica (cebada) estuvo presente.

Según Antonio (2004), sostiene que las etapas críticas del crecimiento del maíz frente a acontecimientos atmosféricos son: emergencia, inflorescencia y la floración; mediante el seguimiento de elongación de tallo y el área de la hoja pudo determinar estos estados críticos, así también mediante el análisis de sus primeras y segundas derivadas temporales. Este estudio se hizo derivando curvas de crecimiento conocidas, que mejor se ajustaron al desarrollo del crecimiento de la planta.

Arbués (2011), simuló las heladas en un ambiente controlado para el cultivo de maíz, con temperaturas de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  en dos variedades, indicando lo siguiente: dentro de las primeras 24-48 horas de la helada, se observaron síntomas comunes para las dos variedades de maíz utilizadas, en el caso de la helada de  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se advirtieron señales mucho más claras que en el caso de la helada a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cambiando la tonalidad del color de las hojas de verde a negruzco, las hojas se fueron secando, los tejidos dañados comenzaron a marchitarse y algunos tallos perdieron consistencia y se rompieron. La zona de inserción de la mazorca en el tallo perdió consistencia y las mazorcas quedaban colgando. Al mes de la helada había diferencias entre las mazorcas de plantas testigo y de las plantas heladas a  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los efectos más severos visualmente fueron granos sin llenar, más pequeños, e incluso granos que habían comenzado a germinar. Determinó que la etapa de mayor sensibilidad era la floración, seguido de la emergencia. Además, los tratamientos a  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  produjo mermas más severas en los resultados finales que los tratamientos a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Consideró que las heladas en momentos fisiológicos de emergencia y floración, generan los mayores daños que en otros momentos fisiológicos. Y el parámetro más influenciado por el frío es el peso seco de la mazorca y el peso total de granos por mazorca.

## **2.12. Heladas en el Perú**

Las heladas responden a distintos fenómenos atmosféricos que ocurren todos los años en Perú, por lo que el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, (SENAMHI) emite alertas meteorológicas a fin de que los habitantes y sobretodo agricultores puedan prevenir enfermedades y/o daños por las bajas temperaturas, en especial a la población de las zonas altas del país. Las heladas son fenómenos atmosféricos que ocurren por la disminución de la nubosidad en los Andes y se produce cuando la temperatura ambiental disminuye más allá de los cero grados centígrados, generalmente durante los meses de junio, julio y agosto. Este fenómeno se origina frecuentemente en las zonas ubicadas a más de 3500 metros sobre el nivel del mar, pero podría ocurrir en zonas más bajas.

En las provincias altas de la sierra del Perú, las heladas causan efectos negativos y daños a la vida, la salud de las personas y animales como también en sus cultivos afectando la economía de muchas familias, siendo en su mayoría su único sustento.

La evaluación de los daños por heladas se hace en sobre superficie afectada, no sobre la pérdida del cultivo, esto debido a que los efectos de la helada se manifiestan en algunos meses posteriores, sobretodo en tiempo de cosecha teniendo en cuenta el rendimiento del campo.

La palabra helada hace referencia a la formación de cristales de hielo en la superficie del campo, que puede ser por la congelación del recio o por un cambio de las fases de agua en este caso de vapor a hielo; la helada se presenta cuando el aire en las cercanías del suelo desciende a menos 0 grados centígrados. Este fenómeno se presenta generalmente en la madrugada o al amanecer.

### **2.12.1. Distribución altitudinal y zonas agroecológicas**

La región altoandina del Perú presenta diferentes zonas agroecológicas con diferentes altitudes, es importante saber que en cada zona presenta diferentes modos de vida, cultivos, ganadería y otros. En el informe presentado por la FAO del análisis de los impactos de los eventos fríos del 2008 en la agricultura y ganadería altoandina del Perú señala lo siguiente:

“El sistema montañoso de los Andes del Perú representa el espacio geográfico donde se distribuyen altitudinalmente seis grandes pisos ecológicos desde los 500 hasta los 6 760 msnm y unidades hidrográficas llamadas microcuencas con vertientes hacia los océanos Pacífico y Atlántico”.

Además, en el informe presentado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, que los pisos altitudinales entre los 3500 a 4000 m.s.n.m. (Suni) y las zonas más altas que están por encima de los 4000 m.s.n.m. (Puna) son las zonas más vulnerables a los efectos de las heladas. En este rango de altitudinal se encuentran ciudades como La Oroya, Junín, Cerro de pasco, Huancavelica, Puno, Juliaca, Espinar, Ilave, Castrovirreyna y Sicuani.

### **2.12.2. Balance regional de la radiación**

La atmosfera recibe energía en forma de radiación, una fracción de esta energía es absorbida por la troposfera (capa cercana a la tierra donde se presentan los fenómenos meteorológicos), otra parte se va hacia el espacio y el resto a la superficie de la tierra.

La energía que es emitida desde la tierra, va hacia el espacio, pero en las noches con cielo cubierto por nubes esta energía es reflejada hacia el planeta, otra parte es absorbida por las nubes y otra parte se va la espacio, si alguna región en la superficie del planeta desprende mayor cantidad de calor que la recibe, ocurre un enfriamiento que favorece la formación de las heladas. Los balances de radiación en una zona de la superficie terrestre no son los mismos a lo largo del tiempo, y dependen de la ubicación sobre la Tierra, porque la inclinación de los rayos solares que llegan a la zona influye en la cantidad de energía que ésta recibe.

Los diferentes estados de la atmosfera se presentan a través de elementos como la temperatura, precipitación, humedad, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, la nubosidad y la radiación solar. Éstos varían de un lugar a otro y a lo largo del tiempo. Los principales elementos del tiempo que influyen en la formación de las heladas son el viento, nubosidad, humedad atmosférica y radiación solar.

#### a) El viento

Cumple una función importante, pues cuando hay presencia de viento estas desfavorecen la presencia de heladas, esto debido a que la corriente de aire se mezcla con el aire frío que se encuentra cerca al suelo y también con el aire caliente que esta en niveles superiores, lo que hace más difícil que se pueda presentar una helada. La temperatura del aire disminuye conforme aumenta su distancia a la superficie del suelo. Sin embargo, existe una inversión térmica cuando la temperatura es mayor conforme aumenta la elevación. Diversas condiciones meteorológicas producen las inversiones térmicas; cuando se presenta una inversión térmica, las capas de aire son arrastradas por otras descendentes y más frías. Este fenómeno se manifiesta en los valles, principalmente en invierno y está asociado con los cielos despejados y temperaturas bajas cercana a la superficie de la Tierra.

#### b) Nubosidad

El papel de las nubes es muy importante, debido a que cuando hay presencia de estas en los cielos la perdida de calor del suelo por radiación a la atmosfera es menor y se devuelve parte de ese calor a la tierra. Para que ello pueda ocurrir, la temperatura del aire en movimiento debe ser mayor a la del punto de rocío (la temperatura a la cual el aire no admite más humedad). Cuando sigue descendiendo la temperatura puede llegar a los 0°C y el vapor de agua que contiene produce una capa delgada de hielo en la superficie de la Tierra, que se conoce como escarcha blanca.

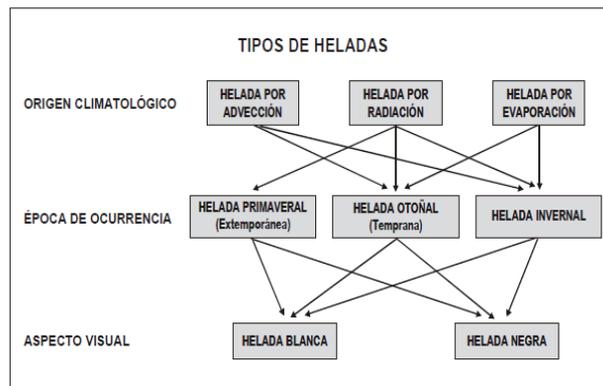
#### c) Humedad atmosférica

A mayor humedad atmosférica es menor la probabilidad de la ocurrencia de heladas, esto debido a que cuando la temperatura disminuye y el viento es escaso, el vapor de agua contenido en el aire, se condensa; con una alta humedad, ésta produce niebla y cuando tiene poco contenido de humedad, se forma la helada.

#### d) Radiación Solar

La radiación solar es variante debido a que durante el día el suelo retiene el calor y durante la noche lo pierde expulsándolo hacia la atmosfera. Sin embargo, estos procesos dependen de la nubosidad y del viento que existan sobre ciertas regiones del planeta.

### 2.12.3. Clasificaciones de heladas



**Figura 1: Tipos de heladas**

Fuente: Heladas, Matias L. 2007

#### 2.12.3.1. Por el origen Climático

##### a. Helada de Advección de Viento frío

Este tipo de helada se presenta por la ocurrencia de vientos fríos constantes, por muchas horas continuas. Este tipo de helada podría presentarse a cualquier hora del día, tiene como origen la invasión de aire frío, con una temperatura inferior al punto de congelación. Las heladas de advección se producen cuando el aire frío fluye por un área para reemplazar el aire más caliente que estaba presente antes del cambio meteorológico. Se considera que este tipo de helada está asociada con condiciones de nubosidad, vientos de moderados a fuertes, sin inversión de temperatura y baja humedad.

##### b. Helada de Radiación

Este tipo de helada se presenta cuando hay una gran pérdida de energía durante la noche en un cielo despejado, sin viento, bajas temperaturas y baja humedad.

Esa situación ocurre con mayor frecuencia en regiones de clima árido, en que la falta de vapor de agua atmosférico reduce el efecto de estufa local. “Durante el día, la temperatura en la superficie se mantiene encima del punto de congelamiento. Por eso, y por el suelo, durante la noche, la pérdida de energía de la superficie por emisión de radiación de onda larga” (ley de Stefan-Boltzmann). Las heladas de radiación suceden con frecuencia y se caracterizan por un cielo despejado, poco viento, inversión de temperatura, temperaturas del punto de rocío bajas y temperaturas del aire que normalmente caen por debajo de 0 °C

durante la noche pero que están por encima de 0 °C durante el día. (Heladas – CENAFRED, 2001).

c. Helada de Evaporación

“Se produce al evaporarse el agua depositada sobre las plantas, con el consiguiente enfriamiento al ser absorbido del aire el calor latente necesario para la evaporación. Si después de una precipitación desciende la humedad relativa del aire, lo que es frecuente después del paso de un frente frío, el agua que recubre los vegetales se evapora rápidamente. La intensidad de estas heladas depende de la cantidad de agua que se evapora, de la temperatura del aire y de la humedad relativa”. (Heladas – CENAFRED, 2001).

**2.12.3.2. Por aspecto**

d. Helada Negra

Ocurre cuando se tiene baja concentración de vapor de agua y una pérdida de calor alto en el campo, provocando un enfriamiento en el cultivo, llegando a una temperatura letal. Debido a la baja humedad de aire, no hay formación de hielo por falta de agua y lleva a la muerte del tejido de las plantas. Este tipo de helada es el más severo, pues una baja humedad del aire permite la ocurrencia de temperaturas bastante menores. (Heladas – CENAFRED, 2001).

e. Helada Blanca

Al disminuir las temperaturas por la noche se produce una condensación de vapor de agua y esta se congela sobre las plantas. Es decir, la humedad atmosférica es más alta sobre el campo de cultivo. “Cuando se tiene más humedad en el aire, primero ocurre una condensación con liberación de calor latente, hecho que ayuda a reducir la caída de la temperatura. Por lo tanto, una helada blanca es menos severa que una negra”. (Heladas – CENAFRED, 2001).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Geografía del Valle del Mantaro**

El valle del Mantaro se encuentra a 3,200 msnm. La temperatura media anual es de 11,1°C. Es una zona altamente agrícola donde se produce maíz, papa, habas, cebada, entre otros. El valle del Mantaro se encuentra situado en la región central andina del Perú, presentándose como un alto valle sedimentario de material aluvional.

El valle se orienta en sentido Norte Sur como una quebrada longitudinal a la cordillera cruzada en la misma dirección por el río Mantaro que se constituye en la columna vertebral del sistema hidrográfico al que afluyen otros ríos de menor importancia.

Las cuatro estaciones del valle del Mantaro, no se perciben nítidamente. De Enero a Marzo llueve intensamente; astronómicamente es la estación del verano. Entre Abril y Junio cesan las lluvias, el clima se enfría un tanto, es época de cosecha. Entre Julio y Septiembre se producen las intensas heladas, el cielo se torna azul, de noche hace un frío intenso a veces la temperatura desciende a 2 o 3 grados bajo cero, pero de día hace calor, es propiamente la estación de invierno, pero se le identifica como verano. De Septiembre a Diciembre mejora el clima, se torna más templado, empiezan las lluvias y también las siembras, apenas se identifica como primavera.

Dentro del valle del Mantaro podemos distinguir 4 provincias Chupaca, Concepción, Huancayo y Jauja.

#### **3.2. Área experimental**

##### **3.2.1. Ubicación del experimento**

Las cruces generadas de las dos poblaciones se sembraron en la localidad de San Juan de Yanamuco, IRD-Sierra, correspondiente a la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) situado a una altitud de 3,322 m.s.n.m., en la margen izquierda del río Mantaro

en el distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja, departamento de Junín. Su posición geográfica es 11° 50' 33" latitud sur y 75° 22' 45" longitud oeste.

### **3.3. Datos meteorológicos**

En la tabla 1 se presentan los datos meteorológicos correspondientes al área experimental durante el período vegetativo del cultivo del maíz (Diciembre del 2014 a Junio del 2015). Los datos fueron obtenidos de una Estación Meteorológica instalada en el fundo por la Cooperación Institucional Universitario (IUC) del Consejo de Universidades Flamenecas (**VLIR**).

El día 12 de diciembre del 2014, se inició con la siembra del cultivo con una temperatura máxima de 19.2 C° y una temperatura mínima de 3.5 C°, como se muestra en el anexo 5. Se sembró en el mes de Diciembre con el fin de exponer al cultivo a las heladas tempranas de Mayo y Junio.

Las temperaturas más bajas se registraron en los meses de mayo y junio; como se observa en la tabla 1 y a mayor detalle en los anexos 4 y 5; que coincidieron con el estado de maduración de la mazorca y cosecha, que se realizó el 24 de junio del 2015.

Los rangos tolerables de temperatura para el desarrollo del maíz amiláceo van desde una T° min 4 C° - T° max 25 C°, según el boletín agroclimático del cultivo de maíz amiláceo elaborado por el MINAGRI y SENAMHI el 2016. Considerando esta información, el cultivo estuvo sometido a estrés de temperatura durante todo el periodo de desarrollo.

**Tabla 1: Temperaturas promedio mensuales, máximas y mínimas de cada mes en el periodo, Diciembre 2014 – Junio 2015**

MESES	T° promedio	T° máx.	T° min.
dic-2014	11.99	21.9	3.5
ene-2015	11.14	21.2	2.4
feb-2015	11.84	21.8	3
mar-2015	11.46	20.3	2.3
abr-2015	11.00	20.1	2.9
may-2015	11.04	21.1	0
jun-2015	9.81	21.3	-2.6

Fuente: Data de la estación experimental del VLIR.

Las temperaturas máximas no variaron en los meses del desarrollo del cultivo. Sin embargo, se observa una variación marcada en las temperaturas mínimas, las cuales coinciden con los fenómenos meteorológicos que se presentan en la región sierra. Teniendo la temperatura más baja en el mes de Junio (considerar que esta temperatura fue la mínima reportada en el mes de Junio), que coincidió con la cosecha del cultivo.

### **3.4. Características del suelo**

El suelo del campo experimental, según el análisis realizado (tabla 2), es de textura franco arcilloso; presenta una conductividad eléctrica de 0.36 dS/m indicando que tiene baja conductividad; su pH de 7.69 señala su ligera alcalinidad.

El contenido de carbonato de calcio es 2.10%. El porcentaje de materia orgánica es: 2.17% que representa un suelo medio para la materia orgánica. El fósforo disponible es de 36.1 ppm, lo que representa un nivel alto de su contenido en el suelo. El potasio disponible es de 292 ppm y representa también un nivel alto en el suelo.

**Tabla 2: Características del suelo del área experimental ubicado en Jauja – Junín**

CARACTERISTICA		
	PH (1:1)	7.69
	CE (1:1) dS/m	0.36
	CaCO <sub>3</sub> %	2.10
	M.O. %	2.17
	P ppm	36.1
	K ppm	292
		Franco
	Clase textural	Arc.
	CIC	31.68
	Ca <sup>+2</sup>	25.58
Cationes cambiables	Mg <sup>+2</sup>	5.12
	K <sup>+</sup>	0.78
	Na <sup>+</sup>	0.20
	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>	0.00
	suma de cationes	31.68
	suma de bases	31.68
	% de saturación de bases	100

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNALM.

### 3.5. Materiales

#### 3.5.1. Características de las variedades Blanco Urubamba y PMD – 638

Blanco Urubamba, pertenece a la raza cuzco gigante. Se adapta a una altitud alrededor de 2800 m.s.n.m., tardío y de grano blanco amiláceo. El maíz Blanco Gigante del Cusco tiene su hábitat en el Valle de Urubamba en el Cusco, con alta fertilización y poblaciones de 55 000 plantas/ha, algunos productores de las cercanías de Yucay llegan a rendimientos en grano con 14% de humedad cercanos a 10 t/ha.

Las plantas son de mediana altura, bastante tardías, tienen 10 hojas en promedio de media longitud y ancho; el área foliar es relativamente grande, tallo grueso sin hijuelos, las vainas foliares carecen de pubescencia, de color rojo sol diluido; intermedia susceptibilidad a Roya y Helminthosporium; alto índice de color de plántulas, es decir con pigmentos antociánicos en el coleóptilo, las aurículas, la vaina de la hoja, la vena central, los márgenes y puntas de las hojas.

PMD – 638: Variedad mejorada para la sierra altoandina del Perú, se adapta a una altitud de 3000 a 3500 m.s.n.m., precoz, tolerante al frío, tolerante a la sequía, grano blanco amiláceo.

Es una variedad tolerante al frío y la sequía, pero como cualquier otro maíz necesita agua en las etapas críticas. La mazorca tiene las siguientes características, es de forma cónica, aproximadamente 12 cm de largo y 5.3 cm de ancho. En condiciones normales la planta produce una mazorca y en condiciones fértiles con riego dos mazorcas. Las mazorcas se ubican en el tercio inferior del tallo, lo que favorece su tolerancia a las bajas temperaturas. La morfología de la planta es típica de las variedades tolerantes a la sequía. Tiene pocas hojas angostas, de 6 a 10, una panoja chica con un pedúnculo largo. La altura de la planta incluyendo la panoja no pasa los 150 cm.

La variedad PMD–638 se formó cruzando la población C tolerante al frío (población C –TF) con la variedad PMS–636. En la población C-TF se incorporó previa selección todas las fuentes de tolerancia al frío que se pudo conseguir a nivel internacional (Sevilla, 1988; Santos, 1998). La variedad PMS-636 se formó cruzando la variedad San Gerónimo por Blanco Urubamba con posterior selección de líneas per se en condiciones de extremo frío durante dos ciclos de selección (Sevilla, 1988). Vega (2003) analizó las variancias de caracteres de mazorca y grano y concluyó que en esa variedad ya no es posible mejorar esos caracteres con métodos poblacionales.

### **3.5.2. Material Genético**

El material genético está constituido por las cruza directas y recíprocas generadas en la localidad de Chiquean en el año 2014, se hicieron 1000 autofecundaciones de la variedad PMD-638 y con el polen remanente se cruzó a 5 plantas de la variedad Blanco Urubamba(BU) obteniéndose 5000 cruza, de igual manera se auto fecundaron 1000 plantas de la variedad BU y con el polen remanente se cruzó a 5 plantas de la variedad PMD-638 obteniéndose 5000 cruza. Se evaluaron las plantas en campo eliminado las plantas fuera de tipo y posteriormente en laboratorio se evaluó las mazorca cosechadas seleccionando solo las mazorcas que presentaron fenotipo andino poniendo énfasis en el aspecto, ancho de coronta, eliminando las que presentan un mayor ancho de coronta y muestren menor relación entre ancho de mazorca con ancho de coronta, aplicando una intensidad de selección del

10% quedando al final 98 cruces de la variedad BUxPMD-638 y 108 cruces entre la variedad PMD-638xBU; como testigos se tuvo a las variedades originales BU y PMD-638.

### 3.5.3. Materiales de campo y gabinete

- Herramientas de laboreo.
- Abonos, herbicidas e insecticidas.
- Reglas graduadas para mediciones de altura de planta y de mazorca.
- Bolsas papel de varios tamaños.
- Estacas y etiquetas.
- Bolsa de malla de polipropileno.
- Balanza gramera.
- Escalímetro.
- Regla graduada en centímetros para las mediciones de las mazorcas.
- Cámara fotográfica.
- Cuchilla.

### 3.5.4. Parcela Experimental

Las dimensiones de la parcela experimental fueron las siguientes:

Distanciamiento. Entre surcos (m)	:	0.80
Distanciamiento. Entre golpes (m)	:	0.40
N° de golpes / surco	:	11
N° de surcos / parcela	:	1
N° de semillas / golpe	:	3
N° de plantas / golpe	:	2
Largo de parcela (m)	:	4
Ancho de parcela (m)	:	0.80
Área de Parcela (m <sup>2</sup> )	:	3.2
Densidad de siembra	:	62500 plantas/ha

## **3.6. Metodología**

### **3.6.1. Preparación del terreno**

El suelo estuvo convenientemente bien preparado lo que permitió a la semilla, en su primera etapa del proceso de germinación y emergencia, encontrar las mejores condiciones para que se cumpla este proceso.

### **3.6.2. Siembra**

Los ensayos de híbridos simples se sembraron en la localidad de Jauja IRD-Sierra el 12 de diciembre del 2014. Cada parcela fue debidamente identificada.

### **3.6.3. Manejo Agronómico**

**Abonamiento:** El abonamiento se hizo con la dosis de 160 kg/ha de Nitrógeno, 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y 90 kg/ha de  $K_2O$ ; se aplicó la mitad del nitrógeno en el primer abonamiento y la segunda aplicación fue en el aporque el 10/03/15. Como fuentes se usaron Urea, Fosfato di amónico y Cloruro de Potasio.

**Control de malezas:** Se aplicó el herbicida atrazina (GESAPRIM 90 GW) el 08/04/15 a una dosis comercial de 0.5 kg/ha, y una segunda aplicación el 19/05/15 a la misma dosis. También se realizó deshierbo manual con lampa.

**Control de insectos:** No se utilizó ningún producto químico debido a que la presencia de cogollero y otras plagas en la zona de Jauja es muy baja, ya que su ciclo de vida se ve afectado por las condiciones climáticas.

**Riego:** el cultivo se desarrolló bajo secano y se complementó con riego por gravedad.

**Cosecha:** se realizó cuando todas las plantas llegaron a la etapa de madurez fisiológica. Dentro de cada parcela se cosecharon todas las mazorcas, las cuales fueron colocadas en bolsas de malla de polipropileno debidamente identificadas según la parcela cosechada. Esta labor se realizó el 24 de Junio del 2015.

### 3.7. Evaluación de la temperatura en cada etapa fenológica

El cultivo tuvo un periodo en campo de 6 meses, se sembró el 12 de diciembre del 2014 y se cosecho el 24 de junio del 2015. Donde se tuvo diferentes rangos y promedios de temperatura para cada etapa fenológica, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3: Etapas fenológicas del cultivo y las temperaturas promedio y mínimas según cada fase de ocurrencia**

<b>Etapa fenológica</b>	<b>Ocurrencia de la fase dds</b>	<b>Rango de fechas</b>	<b>Temperatura promedio</b>	<b>Temperatura mínima</b>
Siembra		12/12/2014	11.23 C°	3.3 C°
Emergencia	8 - 12 dd	20/12/14 al 25/12/14	12.7 C°	5.1 C°
Desarrollo de hojas	90 - 100 dd	25/12/14 al 23/03/15	12.2 C°	3.2 C°
Panojamiento	100 - 115 dd	23/03/15 al 07/04/15	10.45 C°	2.3 C°
Espigamiento	115 - 135 dd	07/04/15 al 27/04/15	11.18 C°	3.6 C°
Maduración lechosa	135 - 160 dd	27/04/15 al 22/05/15	11.27 C°	0 C°
Maduración	160 dd -->	22/05/15 al 24/06/15	10.7 C°	- 2.6 C°
Cosecha		24/06/2015	7.78 C°	-2 C°

Según el análisis realizado, los días y horas más frías registradas durante todo el periodo del cultivo, fueron: el 20/05/2015 a las 05:30 a.m. con una temperatura de 0 C°, el 08/06/2015 a las 6:30 a.m. con una temperatura de -2.6 C° y el 24/06/2015 con una temperatura de -2 C°.

Las bajas temperaturas se presentaron en todas las etapas del cultivo, sin embargo, en la etapa de maduración de grano es donde se observaron la presencia de heladas, donde se pudo generar el mayor daño a las mazorcas.

### 3.8. Variables tomadas en campo

Porcentaje de Germinación: La evaluación de la germinación y tolerancia al frío en el primer estado de desarrollo, se evaluó calculando el porcentaje de emergencia a los 37 días después de la siembra.

Rendimiento: Se registró el peso de mazorca por parcela y luego se llevó a t/ha.

Tolerancia en campo por helada en planta y mazorca: En relación a la tolerancia por las heladas se ha tomado en cuenta la escala de 1 al 9, donde 1 indica muy dañado – no tolerante y 9 sin daño – muy tolerante.

Incidencia o daño en campo por helada en planta y mazorca: En relación a la incidencia por heladas se ha tomado una estimación del área afectada en cada unidad experimental por las heladas. Se calificó en porcentaje, siendo 0% sin daño y 100% totalmente dañado

### **3.9. Caracterización de la mazorca**

La evaluación de las características de las mazorcas y granos del maíz, se realizaron en las instalaciones del IRD-Sierra. Para la evaluación de las mazorcas se seleccionaron las parcelas que tuvieron mayor tolerancia y menor % de daño en planta, a la cosecha se seleccionó 44 parcelas en las cruces de BU x PMD-638 y 40 parcelas en las cruces de PMD-638 x BU. Se tomaron 15 caracteres para su evaluación, de los cuales 13 fueron cuantitativos y 2 fueron cualitativos. Los caracteres o descriptores utilizados en el presente estudio se presentan a continuación:

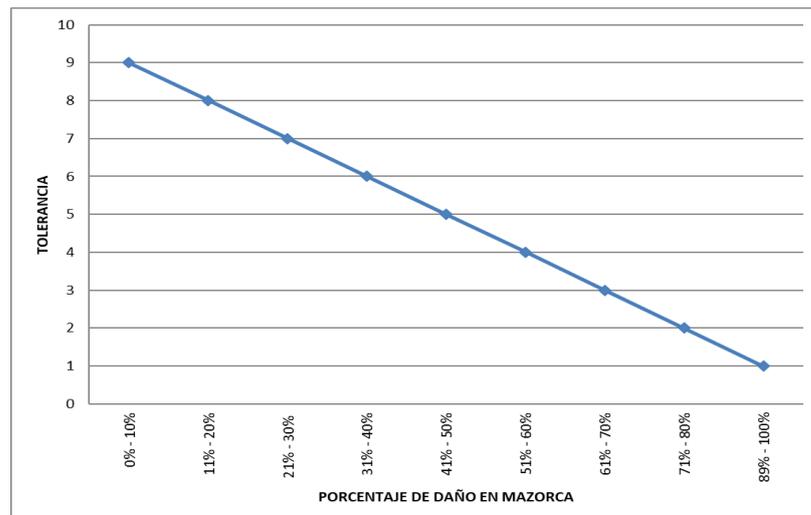
#### **3.9.1. Caracteres cuantitativos**

- Longitud de mazorca con bráctea: se evaluó este carácter en gabinete con una regla graduada en cm, tomando en forma aleatoria 10 mazorcas.
- Largo de la bráctea externa: se evaluó este carácter en gabinete con la regla graduada en cm, en 10 mazorcas.
- Ancho de la bráctea externa: se evaluó este carácter en gabinete con la regla graduada en cm se midió la parte media de la mazorca, en 10 mazorcas.
- Numero de brácteas: En gabinete se contó uno a uno las brácteas por mazorca, en 10 mazorcas.
- Longitud del pedúnculo: En gabinete se separó el pedúnculo de la mazorca y se midió con la regla graduada en cm, se hizo esta medición en 10 mazorcas.
- Ancho de la mazorca: En gabinete se midió con la regla graduada en cm el ancho de la mazorca sin bráctea por la parte media, en 10 mazorcas.

- Largo de la mazorca: En gabinete se midió con la regla graduada en cm el largo de la mazorca sin bráctea, en 10 mazorcas.
- Número de hileras: En gabinete se contó el número de hileras en 10 mazorcas.
- Número de granos por hilera: En gabinete se contó el número de granos por hileras, contando dos hileras de cada mazorca y se hizo un promedio de las dos hileras.
- Peso de la mazorca: En gabinete se pesó cada una de las 10 mazorcas, usando una balanza gramera.
- Diámetro de mazorca: En gabinete se dividieron en dos las 10 mazorcas y se midió el diámetro con la regla graduada en cm, obteniendo un promedio.
- Diámetro de coronta: En gabinete con las mazorcas divididas se midió la coronta de cada mazorca, usando el escalímetro. Obteniendo un promedio.
- Diámetro de raquis: En gabinete con las 10 mazorcas divididas se midió el raquis de cada mazorca, usando el escalímetro. Obteniendo un promedio.

### 3.9.2. Caracteres cualitativos

- Tolerancia: La tolerancia se evaluó con una escala del 1 al 9, considerando 1 (daño severo – no tolerante) y 9 (sin daño – muy tolerante),
- Porcentaje de daño: Se evaluó en porcentaje según el área afectada.



**Figura 2: Escala de evaluación de tolerancia y porcentaje de daño en la mazorca**

### 3.10. Análisis estadístico

#### 3.10.1. Diseño experimental

Las cruza de BUxPMD-638 se condujeron en un diseño experimental de látice triple 10x10. Las cruza de PMD-638xBU se condujo en un diseño experimental de látice rectangular triple 10x11.

Modelo Aditivo Lineal

$$Y_{ijk} = u + T_i + R_j + B_{k(j)} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  : Observación realizada en la unidad experimental perteneciente al i-ésimo tratamiento en el k-ésimo bloque incompleto de la j-ésima repetición.

$U$  : Media general.

$T_i$  : Efecto del i-ésimo tratamiento.

$R_k$  : Efecto de la k-ésima repetición.

$B_{k(j)}$  : Efecto del k-esimo bloque incompleto de la j-ésima repetición.

$E_{ijk}$ : Efecto aleatorio del error.

**Tabla 4: Análisis de Varianza látice triple 10x10**

Fuente de Variación	GL	SC	CM
Repeticiones	$r-1 =$	2	$SC_{rep}$
Tratamientos (sin ajustar)	$k^2-1 =$	99	$SC_{Trat}$ $CM_{Trat}$
Bloques incompletos (ajustados)	$r(k-1)=$	27	$SC_{BI}$ $CM_{BI}$ $=Eb$
Error Intra Bloque	$(k-1)(rk-k-1) =$	171	$SC_{EIB}$ $CM_{EIB}$ $=Ee$
Total	$rK^2-1 =$	299	$SC_{Total}$

**Tabla 5: Análisis de Variancia látice rectangular triple 10x11**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>
Repeticiones	$r-1 =$	2	$SC_{rep}$
Tratamientos(sin ajustar)	$k^2+k-1 =$	109	$SC_{Trat}$ $CM_{Trat}$
Bloques incompletos (ajustados)	$rk=$	30	$SC_{BI}$ $CM_{BI} =Eb$
Error Intra Bloque	$(r-1)(k^2-1)-k=$	188	$SC_{EIB}$ $CM_{EIB} =Ee$
Total	$rK^2+rk-1 =$	329	$SC_{Total}$

### 3.10.2. Análisis de la correlación

El coeficiente de correlación de Pearson es una medida de asociación entre dos variables cuantitativas. Este coeficiente toma valores desde -1 hasta 1. Su interpretación es la siguiente:

- El valor de r es independiente de las unidades en que se midan x e y.
- $r=1$ : significa una correlación perfecta positiva, todos los puntos caen sobre una línea con pendiente positiva
- $r=0$ : significa no hay correlación
- $r=-1$ : significa una correlación perfecta negativa, todos los puntos caen sobre una línea con pendiente negativa
- r mide la fuerza de una relación lineal

El análisis de correlación se realizó con las variables tomadas en la mazorca.

r= coeficiente de correlación lineal muestral

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

Prueba de hipótesis para el coeficiente de correlación de Pearson

Hipótesis

$H_0: \rho=0$  (No existe correlación entre X e Y)

$H_a: \rho \neq 0$  (Si existe correlación entre X e Y)

Estadístico de prueba

$$t_c = \frac{r}{\sqrt{(1-r^2)/(n-2)}} \sim t_{(n-2)gl}$$

La hipótesis nula se rechaza con un nivel de significación estadística  $\alpha$  si:

$$t_c < -t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-2\right)gl} \text{ o } t_c > t_{\left(\frac{\alpha}{2}, n-2\right)gl}$$

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1. Germinación**

La evaluación de la germinación de los dos ensayos sembrados en el IRD-Sierra de la UNALM se realizó el 19 y 20 de enero del 2015.

#### **4.1.1. Cruzas de BU x PMD-638**

En el tabla 6 se muestra el análisis de variancia en donde tratamientos es altamente significativo y en la figura 3 se tiene la comparación de los promedios de germinación de los 100 genotipos y se puede observar que el porcentaje de germinación vario de 88 % a 21 %, y al realizar la comparación de medias mediante la prueba de DLS se tiene que 37 genotipos destacan al 0.01 de probabilidad y superaron a las variedades parentales.

#### **4.1.2. Cruzas de PMD-638 x BU**

En la tabla 7 observamos en su análisis de variancia no se encontró significación estadística para tratamientos, lo cual nos indica que los genotipos tienen igual respuesta a la germinación. En la figura 4 al realizar la comparación de medias mediante la prueba de DLS al 0.01 de probabilidad observamos que 82 genotipos tienen una alta germinación y son similares estadísticamente; la germinación varió de 88 % a 38%.

Se puede indicar que las cruzas de la variedad PMD-638xBU presentaron la mayor cantidad de genotipos con buena germinación que las cruzas de BUxPMD-638, indicándonos una posible influencia del efecto materno, por ser la variedad PMD-638 tolerante al frío mas no la variedad Blanco Urubamba.

**Tabla 6: Análisis de Variancia para porcentaje de germinación de cruzas BUxPMD-638**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	
Repeticiones	2	1353.850	676.920	
Tratamientos (sin ajustar)	99	57914.000	584.990	**
Bloques incompletos (ajustados)	27	5813.200	215.300	
Error Intra Bloque	171	23486.000	137.340	
Total	299	88567.000		
Error (DBCA)	198	29299.150	147.976	

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Entrada	Pedigree				Promedio	Entrada	Pedigree				Promedio	Entrada	Pedigree				Promedio
90	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	454	88	70	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	248	65	76	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	280	52
43	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	122	82	5	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	015	64	1	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	002	51
44	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	124	82	39	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	114	64	14	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	038	51
81	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	304	82	6	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	022	62	8	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	026	50
42	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	119	78	25	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	090	62	45	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	129	50
60	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	205	78	67	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	226	62	86	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	364	50
52	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	145	77	74	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	275	62	35	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	107	50
33	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	100	77	10	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	029	60	85	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	363	47
56	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	161	77	53	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	146	60	88	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	435	47
64	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	213	76	75	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	279	60	87	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	404	47
68	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	232	74	28	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	094	60	31	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	098	46
51	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	143	74	84	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	360	59	63	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	212	46
59	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	168	74	18	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	046	59	94	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	113	46
34	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	106	73	66	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	216	59	83	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	315	45
46	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	134	72	26	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	092	58	22	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	086	43
12	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	034	71	99	BU				58	97	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	389	43
49	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	140	71	3	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	010	57	17	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	045	42
80	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	297	71	71	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	259	57	50	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	142	41
7	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	025	70	91	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	459	57	20	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	078	41
24	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	089	70	100	PMD-638				57	96	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	121	40
73	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	265	70	19	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	048	56	78	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	289	39
29	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	095	69	55	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	160	56	93	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	042	37
4	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	013	68	62	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	211	56	15	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	039	36
41	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	118	68	79	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	295	56	61	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	207	36
48	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	137	68	89	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	452	56	16	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	044	35
38	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	112	68	30	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	096	55	98	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	411	35
32	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	100	67	54	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	147	55	69	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	236	34
36	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	109	67	72	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	262	55	13	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	035	32
77	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	284	66	58	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	167	55	27	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	093	32
2	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	008	65	37	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	110	54	95	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	115	32
11	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	030	65	23	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	088	54	82	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	313	22
40	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	117	65	21	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	079	54	92	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	465	21
47	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	135	65	65	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	215	54	DLS al 0.01 de probabilidad				25	
57	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	164	65	9	BU	x	PMD-638-S <sub>1</sub> -	027	53	DLS al 0.05 de probabilidad				19	

**Figura 3: Porcentaje de germinación del ensayo de cruce BU x PMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra**

**Tabla 7: Análisis de Variancia para porcentaje de germinación de cruzas PMD-638 x BU**

Fuente de Variación	GL	SC	CM
Repeticiones	2	564.240	282.120
Tratamientos (sin ajustar)	109	31402.000	288.090
Bloques incompletos (ajustados)	30	9982.360	332.750
Error Intra Bloque	188	42589.000	226.540
Total	329	84537.000	
Error (DBCA)	218	52570.760	241.150

\* Significación al 0.05 de probabilidad

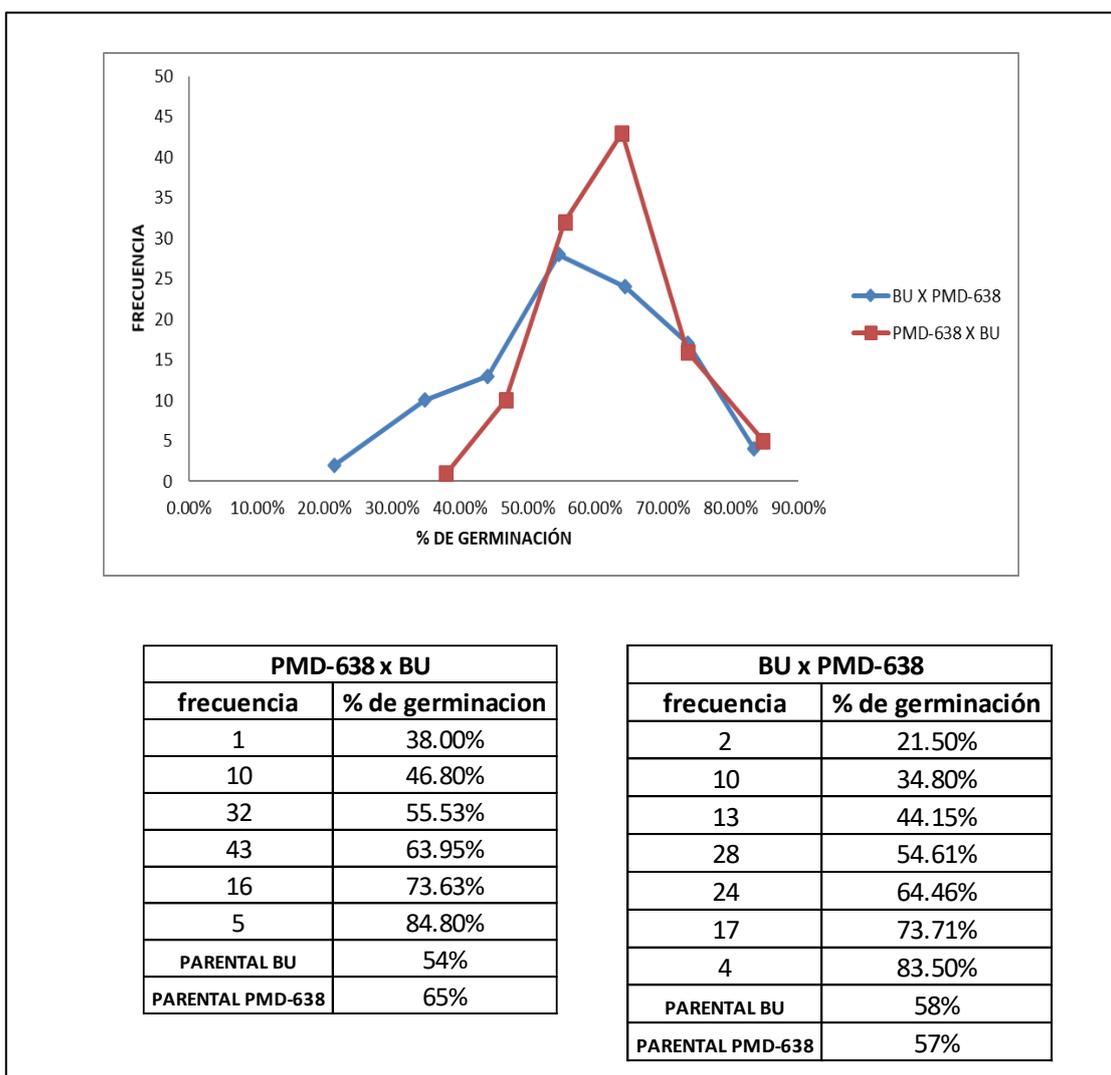
\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Entrada	Pedigree			Promedio	Entrada	Pedigree			Promedio	Entrada	Pedigree			Promedio						
102	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	574	88	19	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	045	65	5	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	013	57			
98	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	529	85	23	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	062	65	10	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	023	57			
97	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	518	84	108	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	595	65	44	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	142	57			
100	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	557	84	110	PMD-638				65	77	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	307	57			
99	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	531	83	56	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	207	64	80	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	314	57			
81	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	315	82	76	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	299	64	103	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	585	57			
35	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	125	79	41	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	136	63	33	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	111	56			
73	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	294	79	2	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	005	63	89	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	335	56			
96	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	515	79	49	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	152	63	26	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	066	55			
88	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	333	78	90	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	337	63	46	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	147	55			
84	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	328	75	95	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	514	63	31	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	104	55			
86	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	583	74	11	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	025	62	57	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	214	55			
9	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	022	73	12	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	026	62	64	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	246	55			
61	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	224	73	58	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	219	62	13	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	028	54			
8	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	018	72	7	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	016	62	3	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	006	54			
47	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	148	72	52	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	192	62	15	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	031	54			
66	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	255	72	6	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	014	61	18	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	041	54			
43	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	139	71	51	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	183	61	25	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	064	54			
101	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	573	71	54	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	200	61	27	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	074	54			
21	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	058	70	62	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	009	61	109	BU				54			
34	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	119	70	69	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	269	61	1	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	002	53			
78	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	310	70	85	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	329	61	38	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	133	53			
29	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	081	69	24	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	063	60	60	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	222	52			
40	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	135	69	65	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	250	60	105	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	590	50			
42	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	137	69	91	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	338	60	53	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	195	50			
63	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	237	69	17	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	040	60	79	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	313	49			
87	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	332	69	37	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	132	60	16	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	038	48			
14	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	030	68	71	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	271	60	50	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	153	48			
93	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	501	68	74	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	295	60	67	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	264	48			
20	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	047	68	32	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	107	59	82	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	317	48			
94	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	504	68	55	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	202	59	39	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	134	47			
30	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	103	67	68	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	265	59	48	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	150	47			
36	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	128	67	72	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	287	58	22	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	059	46			
106	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	591	67	83	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	322	58	28	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	078	44			
45	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	144	67	104	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	586	58	70	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	270	43			
75	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	298	66	107	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	592	58	59	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	220	38			
4	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	007	65	92	PMD-638	x	BU-S <sub>1</sub>	340	57									
																		DLS al 0.01 de probabilidad	31.9	
																			DLS al 0.05 de probabilidad	24.2

**Figura 4: Porcentaje de germinación de las cruzas PMD638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamucló IRD-Sierra**

En la figura 5 se observa que las ambas cruzas tienen un porcentaje de germinación similar; pero las cruzas de la variedad PMD-638 x BU tienen una frecuencia más alta, los genotipos alcanzaron un porcentaje de germinación mayor al 50% en total 96 genotipos, y su recíproco BU x PMD-638 alcanzó 73 parcelas con un porcentaje de germinación mayor a 50%. Los testigos (parentales) alcanzaron un promedio de porcentaje de germinación de 56% para BU y 61 % para la variedad PMD-638.

El porcentaje de germinación es un indicativo de la tolerancia al frío ya que ambos están asociados para su expresión.



**Figura 5: Comparación de los promedios de % de germinación de las cruzas**

En los trabajos reportados por Chávez (2005a) las variedades precoces heredan esta característica de germinación a la progenie, obteniendo mejores resultados en rendimiento frente a las bajas temperaturas. Sin embargo, Antonio (2004) sostiene que la germinación es

una etapa crítica frente a acontecimientos atmosféricos. Evaristo (1995) indica que frente a un estrés inicial de bajas temperaturas si se ve afectada la germinación.

## **4.2. Rendimiento**

Se ha tomado el peso de mazorca por parcela y luego se ha llevado a hectárea en t/ha.

### **4.2.1. Cruzas de BU x PMD-638**

En el tabla 8 del análisis de variancia se observa alta significación estadística para tratamientos, lo cual nos indica que los genotipos son diferentes y en la figura 6 se tiene la comparación de los promedios de las mazorca (t/ha) que van desde 7.977 a 1.832 t/ha respectivamente, ; al realizar la comparación de medias mediante la prueba de DLS al 0.01 de probabilidad se observa que 19 genotipos son iguales al mejor genotipo que produjo 7.977 t/ha; de los 98 genotipos se seleccionaran el 10 % de las mejores cruzas para el análisis en gabinete, teniendo en cuenta su sanidad, aspecto y fenotipo andino, los mayores rendimientos se debe al efecto materno de la variedad BU.

### **4.2.2. Cruzas de PMD-638 x BU**

En la tabla 9 del análisis de variancia se observa alta significación estadística para tratamientos, lo cual nos indica que los genotipos tienen diferente respuesta al peso de la mazorca. En la figura 7 se observa que el peso de mazorca varía de 6.155 a 2.531 t/ha respectivamente; al realizar la comparación de medias mediante la prueba de DLS al 0.01 de probabilidad se tiene 56 cruzas que son similares estadísticamente a la mejor cruz que tuvo 6.155 t/ha, de las 108 cruzas se debe de seleccionar el 10 % de las mejores cruzas para el análisis en gabinete, por su aspecto y sanidad.

Las cruzas de la variedad PMD-638xBU tuvieron un mayor número de genotipos con buen peso de mazorca que las cruzas de BUxPMD-638, esto es debido a que la variedad PMD-638 es más precoz que la variedad BU y es posible por esta razón que presentó un mayor número de genotipos con buen rendimiento, pero los mayores pesos de mazorca se obtuvo con las cruzas de BUxPMD-638 y también se puede observar claramente el efecto materno estas cruzas son mayor tamaño sus cruzas y por ello también más peso.

**Tabla 8: Análisis de Variancia para el rendimiento (t/ha) de cruzas BUxPMD-638**

Fuente de Variación	GL	SC	CM
Repeticiones	2	1.864	0.932
Tratamientos (sin ajustar)	99	336.120	3.395 **
Bloques incompletos (ajustados)	27	111.140	4.116
Error Intra Bloque	171	269.810	1.578
Total	299	718.930	
Error (DBCA)	198	380.946	1.924

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Entrada	Pedigree	Promedio	Entrada	Pedigree	Promedio	Entrada	Pedigree	Promedio
26	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 092	7.977	52	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 145	4.812	83	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 315	4.063
72	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 262	7.344	75	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 279	4.808	38	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 112	4.004
55	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 160	7.192	22	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 086	4.807	16	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 044	3.970
92	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 465	6.758	40	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 117	4.756	41	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 118	3.966
10	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 029	6.352	32	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 100	4.736	47	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 135	3.942
98	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 411	6.210	45	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 129	4.599	11	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 030	3.922
39	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 114	5.673	29	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 095	4.569	48	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 137	3.878
28	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 094	5.649	74	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 275	4.553	80	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 297	3.828
9	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 027	5.642	53	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 146	4.552	89	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 452	3.803
69	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 236	5.604	66	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 216	4.548	27	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 093	3.775
65	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 215	5.595	42	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 119	4.535	46	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 134	3.771
93	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 042	5.550	76	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 280	4.521	71	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 259	3.737
82	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 313	5.535	73	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 265	4.516	99	BU	3.720
35	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 107	5.504	59	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 168	4.511	84	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 360	3.645
58	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 167	5.495	1	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 002	4.507	44	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 124	3.577
37	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 110	5.453	51	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 143	4.497	77	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 284	3.527
33	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 100	5.381	49	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 140	4.469	25	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 090	3.522
87	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 404	5.372	57	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 164	4.465	56	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 161	3.471
94	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 113	5.213	95	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 115	4.441	5	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 015	3.466
12	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 034	5.155	60	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 205	4.396	18	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 046	3.242
31	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 098	5.154	43	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 122	4.391	2	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 008	3.189
14	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 038	5.153	97	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 389	4.372	96	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 121	3.134
23	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 088	5.070	34	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 106	4.365	81	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 304	3.106
90	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 454	5.069	19	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 048	4.362	68	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 232	3.069
7	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 025	5.016	91	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 459	4.319	70	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 248	3.033
15	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 039	5.010	50	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 142	4.247	62	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 211	2.897
21	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 079	4.988	64	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 213	4.242	79	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 295	2.770
61	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 207	4.982	13	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 035	4.211	36	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 109	2.697
8	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 026	4.959	63	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 212	4.198	85	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 363	2.558
4	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 013	4.949	78	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 289	4.182	86	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 364	2.380
3	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 010	4.921	17	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 045	4.131	100	PMD-638	2.060
88	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 435	4.846	54	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 147	4.118	6	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 022	1.832
20	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 078	4.836	24	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 089	4.107		DLS al 0.01 de probabilidad	2.782
67	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 226	4.832	30	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 096	4.064		DLS al 0.05 de probabilidad	2.108

**Figura 6: Rendimiento (t/ha) de las cruzas BU x PMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamucló IRD- Sierra**

**Tabla 9: Análisis de Variancia para rendimiento (t/ha) de cruzas PMD-638 x BU**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>
Repeticiones	2	20.394	10.197
Tratamientos (sin ajustar)	109	176.500	1.619 **
Bloques incompletos (ajustados)	30	50.545	1.685
Error Intra Bloque	188	170.990	0.910
Total	329	418.420	
Error (DBCA)	218	221.526	1.016

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Entrada	Pedigree	Promedio
21	PMD-638 x BU-SO- 058	6.155
68	PMD-638 x BU-SO- 265	5.940
51	PMD-638 x BU-SO- 183	5.873
25	PMD-638 x BU-SO- 064	5.783
79	PMD-638 x BU-SO- 313	5.543
97	PMD-638 x BU-SO- 518	5.514
105	PMD-638 x BU-SO- 590	5.281
37	PMD-638 x BU-SO- 132	5.137
27	PMD-638 x BU-SO- 074	5.135
59	PMD-638 x BU-SO- 220	5.124
14	PMD-638 x BU-SO- 030	5.098
19	PMD-638 x BU-SO- 045	5.077
56	PMD-638 x BU-SO- 207	5.029
41	PMD-638 x BU-SO- 136	5.021
81	PMD-638 x BU-SO- 315	5.010
28	PMD-638 x BU-SO- 078	4.993
15	PMD-638 x BU-SO- 031	4.907
20	PMD-638 x BU-SO- 047	4.895
63	PMD-638 x BU-SO- 237	4.889
84	PMD-638 x BU-SO- 328	4.886
16	PMD-638 x BU-SO- 038	4.855
17	PMD-638 x BU-SO- 040	4.852
75	PMD-638 x BU-SO- 298	4.824
6	PMD-638 x BU-SO- 014	4.802
22	PMD-638 x BU-SO- 059	4.782
31	PMD-638 x BU-SO- 104	4.774
107	PMD-638 x BU-SO- 592	4.740
48	PMD-638 x BU-SO- 150	4.735
71	PMD-638 x BU-SO- 271	4.726
108	PMD-638 x BU-SO- 595	4.713
23	PMD-638 x BU-SO- 062	4.599
103	PMD-638 x BU-SO- 585	4.580
7	PMD-638 x BU-SO- 016	4.562
67	PMD-638 x BU-SO- 264	4.560
32	PMD-638 x BU-SO- 107	4.501
72	PMD-638 x BU-SO- 287	4.487
33	PMD-638 x BU-SO- 111	4.482

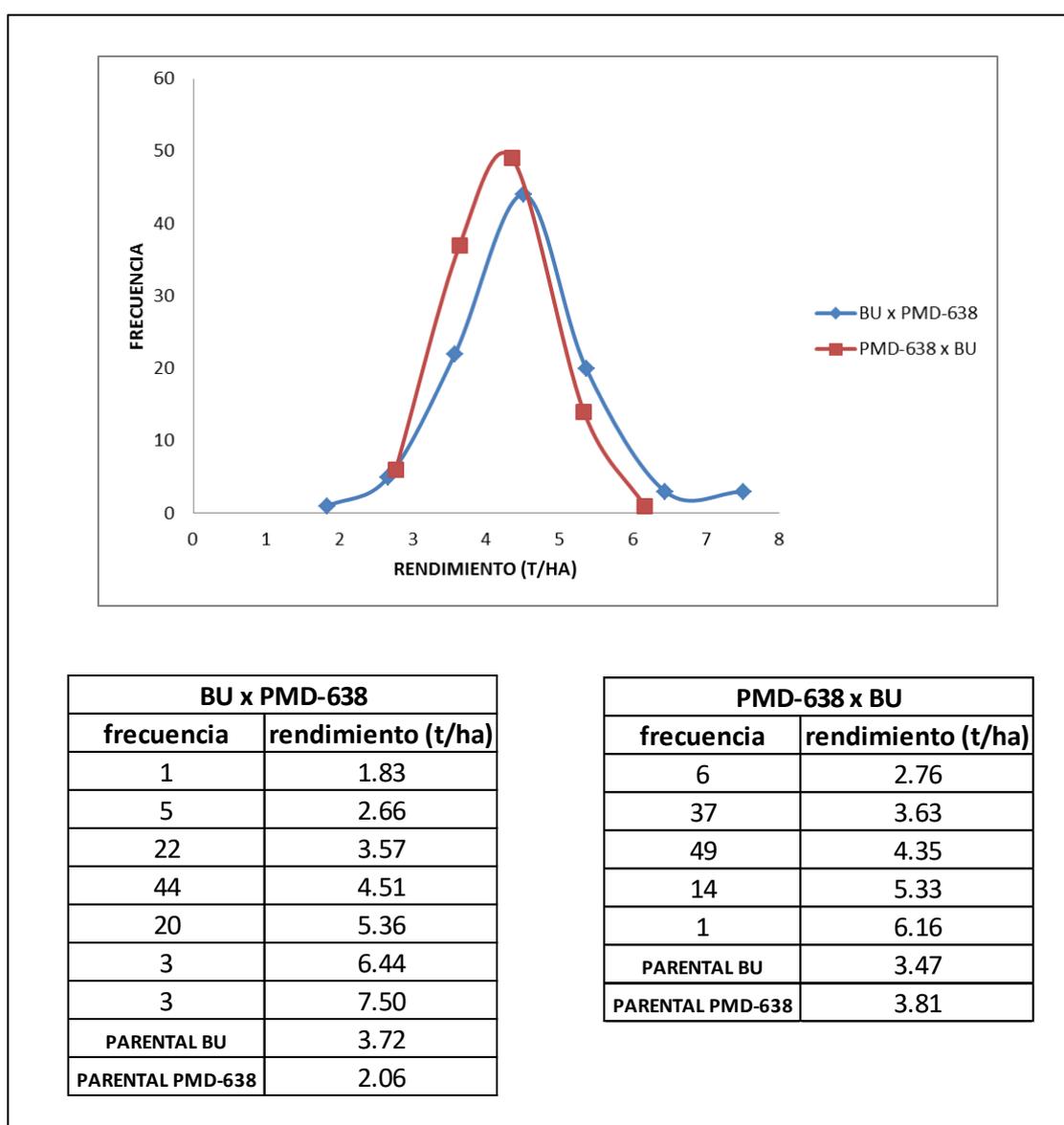
Entrada	Pedigree	Promedio
92	PMD-638 x BU-SO- 340	4.471
64	PMD-638 x BU-SO- 246	4.366
82	PMD-638 x BU-SO- 317	4.358
30	PMD-638 x BU-SO- 103	4.335
43	PMD-638 x BU-SO- 139	4.331
12	PMD-638 x BU-SO- 026	4.310
3	PMD-638 x BU-SO- 006	4.310
101	PMD-638 x BU-SO- 573	4.276
77	PMD-638 x BU-SO- 307	4.275
39	PMD-638 x BU-SO- 134	4.272
57	PMD-638 x BU-SO- 214	4.230
18	PMD-638 x BU-SO- 041	4.215
13	PMD-638 x BU-SO- 028	4.201
88	PMD-638 x BU-SO- 333	4.196
11	PMD-638 x BU-SO- 025	4.179
62	PMD-638 x BU-SO- 009	4.153
10	PMD-638 x BU-SO- 023	4.151
1	PMD-638 x BU-SO- 002	4.138
87	PMD-638 x BU-SO- 332	4.134
36	PMD-638 x BU-SO- 128	4.116
24	PMD-638 x BU-SO- 063	4.115
2	PMD-638 x BU-SO- 005	4.109
29	PMD-638 x BU-SO- 081	4.081
89	PMD-638 x BU-SO- 335	4.063
102	PMD-638 x BU-SO- 574	4.044
26	PMD-638 x BU-SO- 066	4.042
98	PMD-638 x BU-SO- 529	4.029
86	PMD-638 x BU-SO- 583	3.996
74	PMD-638 x BU-SO- 295	3.991
83	PMD-638 x BU-SO- 322	3.991
91	PMD-638 x BU-SO- 338	3.988
44	PMD-638 x BU-SO- 142	3.980
106	PMD-638 x BU-SO- 591	3.962
58	PMD-638 x BU-SO- 219	3.958
34	PMD-638 x BU-SO- 119	3.955
66	PMD-638 x BU-SO- 255	3.949
94	PMD-638 x BU-SO- 504	3.936

Entrada	Pedigree	Promedio
45	PMD-638 x BU-SO- 144	3.924
53	PMD-638 x BU-SO- 195	3.884
46	PMD-638 x BU-SO- 147	3.879
104	PMD-638 x BU-SO- 586	3.861
73	PMD-638 x BU-SO- 294	3.834
110	PMD-638	3.808
55	PMD-638 x BU-SO- 202	3.783
38	PMD-638 x BU-SO- 133	3.772
70	PMD-638 x BU-SO- 270	3.736
50	PMD-638 x BU-SO- 153	3.732
40	PMD-638 x BU-SO- 135	3.728
78	PMD-638 x BU-SO- 310	3.724
69	PMD-638 x BU-SO- 269	3.694
42	PMD-638 x BU-SO- 137	3.595
9	PMD-638 x BU-SO- 022	3.569
54	PMD-638 x BU-SO- 200	3.568
47	PMD-638 x BU-SO- 148	3.506
99	PMD-638 x BU-SO- 531	3.471
109	BU	3.465
93	PMD-638 x BU-SO- 501	3.358
90	PMD-638 x BU-SO- 337	3.265
49	PMD-638 x BU-SO- 152	3.265
5	PMD-638 x BU-SO- 013	3.250
35	PMD-638 x BU-SO- 125	3.236
80	PMD-638 x BU-SO- 314	3.235
95	PMD-638 x BU-SO- 514	3.222
100	PMD-638 x BU-SO- 557	3.201
60	PMD-638 x BU-SO- 222	3.200
52	PMD-638 x BU-SO- 192	3.090
65	PMD-638 x BU-SO- 250	3.073
76	PMD-638 x BU-SO- 299	2.995
8	PMD-638 x BU-SO- 018	2.911
85	PMD-638 x BU-SO- 329	2.851
4	PMD-638 x BU-SO- 007	2.750
61	PMD-638 x BU-SO- 224	2.539
96	PMD-638 x BU-SO- 515	2.531
DLS al 0.01 de probabilidad		2.024
DLS al 0.05 de probabilidad		1.535

**Figura 7: Rendimiento (t/ha) de las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamucló IRD-Sierra**

En la figura 8 se observa que los pesos de mazorca en ambos casos tienen un amplio rango que van desde 1.83 t/ha hasta 7.5 t/ha para BU x PMD-638 y su recíproco PMD638 x BU desde 2.76 t/ha hasta 6.16 t/ha. Se observa que para BU X PMD- 638 hay 70 cruzas que sobrepasan las 4 t/ha, mientras que para PMD638 x BU se tiene 64 cruzas.

El peso de mazorca promedio de la variedad BU fue de 3.6 t/ha y de la variedad PMD-638 fue de 2.94 t/ha. Los mayores pesos de mazorca se obtuvieron con las cruzas de BUxPMD-638 que la cruza de PMD-638xBU.



**Figura 8: Comparación de los promedios de rendimiento (t/ha) de las cruzas**

### **4.3. Evaluación de daño por helada en campo**

En relación al daño por heladas se ha tomado en cuenta la tolerancia e incidencia para cada cruza. Para la evaluación de la tolerancia se ha considerado la siguiente escala: Del 1 al 9, donde 1 indica muy dañado (no tolerante) y 9 sin daño (muy tolerante); para la incidencia la evaluación se hizo en porcentaje identificando el área afectada.

#### **4.3.1. Cruzas de BU x PMD-638**

En el tabla 10 del análisis de variancia se observa alta significación estadística para tratamientos en las variables estudiadas tolerancia en planta, mazorca y % de daño en planta, lo cual nos indica que los genotipos son diferentes en su comportamiento en las variables estudiadas; al realizar la comparación mediante la prueba de DLS al 0.01 de probabilidad se observa en la Figura 9 para tolerancia en planta 44 cruzas tienen mejor comportamiento estadísticamente al no ser afectadas por la helada; en la Tabla 11 en el % de daño en planta podemos observar que 43 cruzas fueron similares estadísticamente al que obtuvo el menor daño con 0 %; en la Figura 11 se observa la tolerancia en mazorca donde 29 cruzas tuvieron mejor comportamiento estadísticamente; en la Figura 12 se observa el % de daño en mazorca en donde 69 cruzas fueron similares estadísticamente al que tuvo menor porcentaje de daño con 48%. La tolerancia fue calificada en la escala del 1 al 9 para cada cruza y para la incidencia los promedios en porcentaje por cada cruza.

#### **4.3.2. Cruzas de PMD-638xBU**

En el análisis de variancia de la tabla 11 se observa alta significación estadística para tratamientos en las variables estudiadas tolerancia en planta, mazorca y % de daño en planta, lo cual nos indica que los genotipos tienen diferente respuesta. Al realizar la comparación de medias DLS al 0.01 de probabilidad en la Figura 13 tolerancia en planta se observa que 88 cruzas son similares estadísticamente a la cruza que presento mayor tolerancia; en la Figura 14 el daño en planta se observa que 102 cruzas son similares estadísticamente a la cruza que presentó menor porcentaje de daño con 3 %; en la Figura 15 la tolerancia en mazorca se observa que 57 cruzas son similares estadísticamente a la cruza que tuvo mayor tolerancia; en la Figura 16 al comprar las medias de % de daño en mazorca se observa que 41 cruzas son similares estadísticamente a la cruza que sufrió menor daño con 9%. La tolerancia se evaluó con la escala del 1 al 9 para cada genotipo y para la incidencia en porcentaje para cruza.

**Tabla 10: Análisis de Variancia para tolerancia, daño en planta y tolerancia y daño en mazorca de cruzas BUxPMD-638**

Fuente de Variación	GL	Cuadrados medios			
		Tolerancia planta	% de Daño en planta	Tolerancia mazorca	% de Daño en mazorca
Repeticiones	2	0.015	2.725	0.653	3.493
Tratamientos (sin ajustar)	99	0.038**	3.844**	0.346**	1.818**
Bloques incompletos (ajustados)	27	0.072	4.932	0.335	2.640
Error Intra Bloque	171	0.023	1.801	0.171	1.110
Total	299				
Error (DBCA)	198	0.029	2.228	0.193	1.318

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

**Tabla 11: Análisis de Variancia para tolerancia, daño en planta y tolerancia y daño en mazorca de cruzas PMD-638 x BU**

Fuente de Variación	GL	Cuadrados medios			
		Tolerancia planta	% de Daño en planta	Tolerancia mazorca	% de Daño en mazorca
Repeticiones	2	0.577	243.350	0.699	9.932
Tratamientos (sin ajustar)	109	0.070**	6.679**	0.355**	6.685**
Bloques incompletos (ajustados)	30	0.085	7.227	0.146	3.128
Error Intra Bloque	188	0.041	4.090	0.110	1.458
Total	329				
Error (DBCA)	218	0.047	4.522	0.115	1.688

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Entrada	Pedigree	Promedio
50	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 142	9
92	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 465	8
30	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 096	8
19	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 048	8
87	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 404	8
13	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 035	8
17	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 045	8
39	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 114	8
48	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 137	8
55	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 160	8
84	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 360	8
32	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 100	8
40	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 117	8
29	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 095	8
33	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 100	8
78	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 289	8
73	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 265	8
86	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 364	8
42	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 119	8
76	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 280	8
56	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 161	8
66	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 216	8
95	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 115	8
8	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 026	7
59	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 168	7
61	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 207	7
45	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 129	7
75	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 279	7
35	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 107	7
62	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 211	7
41	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 118	7
90	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 454	7
6	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 022	7
24	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 089	7

Entrada	Pedigree	Promedio
89	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 452	7
97	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 389	7
98	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 411	7
28	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 094	7
7	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 025	7
82	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 313	7
57	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 164	7
36	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 109	7
91	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 459	7
70	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 248	7
11	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 030	7
58	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 167	7
14	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 038	7
38	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 112	7
46	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 134	7
31	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 098	7
49	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 140	7
54	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 147	7
52	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 145	7
94	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 113	7
4	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 013	7
69	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 236	7
60	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 205	7
79	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 295	7
77	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 284	7
100	PMD-638	7
9	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 027	7
5	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 015	7
99	BU	7
83	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 315	7
25	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 090	7
34	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 106	7
20	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 078	7
80	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 297	7

Entrada	Pedigree	Promedio
47	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 135	7
67	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 226	7
64	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 213	7
74	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 275	7
16	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 044	7
93	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 042	7
53	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 146	7
15	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 039	7
81	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 304	7
44	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 124	7
22	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 086	7
12	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 034	7
1	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 002	7
51	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 143	7
85	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 363	7
18	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 046	7
63	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 212	6
96	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 121	6
37	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 110	6
65	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 215	6
23	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 088	6
71	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 259	6
3	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 010	6
2	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 008	6
43	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 122	6
88	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 435	6
21	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 079	6
10	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 029	6
27	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 093	6
68	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 232	6
72	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 262	6
26	BU x PMD-638-S <sub>0</sub> - 092	6
DLS al 0.01 de probabilidad		2
DLS al 0.05 de probabilidad		1

**Figura 9: Tolerancia en planta por helada en las cruzas BUxPMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.**

Entrada	Pedigree	Promedio
50	BU x PMD-638-SO-142	0
19	BU x PMD-638-SO-048	3
92	BU x PMD-638-SO-465	4
30	BU x PMD-638-SO-096	4
87	BU x PMD-638-SO-404	5
86	BU x PMD-638-SO-364	7
95	BU x PMD-638-SO-115	8
39	BU x PMD-638-SO-114	8
32	BU x PMD-638-SO-100	8
13	BU x PMD-638-SO-035	9
15	BU x PMD-638-SO-039	9
6	BU x PMD-638-SO-022	9
28	BU x PMD-638-SO-094	10
17	BU x PMD-638-SO-045	10
78	BU x PMD-638-SO-289	10
20	BU x PMD-638-SO-078	10
48	BU x PMD-638-SO-137	11
40	BU x PMD-638-SO-117	11
26	BU x PMD-638-SO-092	11
31	BU x PMD-638-SO-098	11
54	BU x PMD-638-SO-147	11
12	BU x PMD-638-SO-034	12
96	BU x PMD-638-SO-121	12
76	BU x PMD-638-SO-280	12
33	BU x PMD-638-SO-100	12
57	BU x PMD-638-SO-164	12
34	BU x PMD-638-SO-106	13
62	BU x PMD-638-SO-211	13
73	BU x PMD-638-SO-265	13
88	BU x PMD-638-SO-435	14
70	BU x PMD-638-SO-248	14
91	BU x PMD-638-SO-459	15
14	BU x PMD-638-SO-038	15
90	BU x PMD-638-SO-454	15

Entrada	Pedigree	Promedio
29	BU x PMD-638-SO-095	15
94	BU x PMD-638-SO-113	15
10	BU x PMD-638-SO-029	15
58	BU x PMD-638-SO-167	15
81	BU x PMD-638-SO-304	15
75	BU x PMD-638-SO-279	15
25	BU x PMD-638-SO-090	16
97	BU x PMD-638-SO-389	16
82	BU x PMD-638-SO-313	16
16	BU x PMD-638-SO-044	16
51	BU x PMD-638-SO-143	16
2	BU x PMD-638-SO-008	16
53	BU x PMD-638-SO-146	17
74	BU x PMD-638-SO-275	17
24	BU x PMD-638-SO-089	17
98	BU x PMD-638-SO-411	17
61	BU x PMD-638-SO-207	17
71	BU x PMD-638-SO-259	17
59	BU x PMD-638-SO-168	17
22	BU x PMD-638-SO-086	18
100	PMD-638	18
8	BU x PMD-638-SO-026	18
41	BU x PMD-638-SO-118	19
4	BU x PMD-638-SO-013	19
35	BU x PMD-638-SO-107	19
42	BU x PMD-638-SO-119	19
47	BU x PMD-638-SO-135	19
55	BU x PMD-638-SO-160	19
46	BU x PMD-638-SO-134	20
99	BU	20
56	BU x PMD-638-SO-161	20
37	BU x PMD-638-SO-110	20
77	BU x PMD-638-SO-284	21
67	BU x PMD-638-SO-226	21

Entrada	Pedigree	Promedio
23	BU x PMD-638-SO-088	21
60	BU x PMD-638-SO-205	22
45	BU x PMD-638-SO-129	22
52	BU x PMD-638-SO-145	22
66	BU x PMD-638-SO-216	23
83	BU x PMD-638-SO-315	23
89	BU x PMD-638-SO-452	23
9	BU x PMD-638-SO-027	23
11	BU x PMD-638-SO-030	23
69	BU x PMD-638-SO-236	24
38	BU x PMD-638-SO-112	24
36	BU x PMD-638-SO-109	24
44	BU x PMD-638-SO-124	24
1	BU x PMD-638-SO-002	25
43	BU x PMD-638-SO-122	25
72	BU x PMD-638-SO-262	25
93	BU x PMD-638-SO-042	26
49	BU x PMD-638-SO-140	27
5	BU x PMD-638-SO-015	27
84	BU x PMD-638-SO-360	27
27	BU x PMD-638-SO-093	27
18	BU x PMD-638-SO-046	30
80	BU x PMD-638-SO-297	32
3	BU x PMD-638-SO-010	34
65	BU x PMD-638-SO-215	35
7	BU x PMD-638-SO-025	35
63	BU x PMD-638-SO-212	38
21	BU x PMD-638-SO-079	39
79	BU x PMD-638-SO-295	43
64	BU x PMD-638-SO-213	44
68	BU x PMD-638-SO-232	50
85	BU x PMD-638-SO-363	56
DLS al 0.01 de probabilidad		24
DLS al 0.05 de probabilidad		18

**Figura 10: Incidencia o daño en planta por heladas (%) en las cruzas BU x PMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra.**

Entrada	Pedigree	Promedio
75	BU x PMD-638-SO-279	6
58	BU x PMD-638-SO-167	6
28	BU x PMD-638-SO-094	6
42	BU x PMD-638-SO-119	5
57	BU x PMD-638-SO-164	5
55	BU x PMD-638-SO-160	5
32	BU x PMD-638-SO-100	5
31	BU x PMD-638-SO-098	5
8	BU x PMD-638-SO-026	5
92	BU x PMD-638-SO-465	5
40	BU x PMD-638-SO-117	5
76	BU x PMD-638-SO-280	5
12	BU x PMD-638-SO-034	5
37	BU x PMD-638-SO-110	4
77	BU x PMD-638-SO-284	4
67	BU x PMD-638-SO-226	4
87	BU x PMD-638-SO-404	4
17	BU x PMD-638-SO-045	4
54	BU x PMD-638-SO-147	4
9	BU x PMD-638-SO-027	4
35	BU x PMD-638-SO-107	4
73	BU x PMD-638-SO-265	4
45	BU x PMD-638-SO-129	4
51	BU x PMD-638-SO-143	4
33	BU x PMD-638-SO-100	4
60	BU x PMD-638-SO-205	4
59	BU x PMD-638-SO-168	4
95	BU x PMD-638-SO-115	4
65	BU x PMD-638-SO-215	4
89	BU x PMD-638-SO-452	3
66	BU x PMD-638-SO-216	3
22	BU x PMD-638-SO-086	3
3	BU x PMD-638-SO-010	3
91	BU x PMD-638-SO-459	3

Entrada	Pedigree	Promedio
34	BU x PMD-638-SO-106	3
36	BU x PMD-638-SO-109	3
74	BU x PMD-638-SO-275	3
29	BU x PMD-638-SO-095	3
39	BU x PMD-638-SO-114	3
4	BU x PMD-638-SO-013	3
100	PMD-638	3
78	BU x PMD-638-SO-289	3
14	BU x PMD-638-SO-038	3
30	BU x PMD-638-SO-096	3
16	BU x PMD-638-SO-044	3
25	BU x PMD-638-SO-090	3
6	BU x PMD-638-SO-022	3
11	BU x PMD-638-SO-030	3
80	BU x PMD-638-SO-297	3
27	BU x PMD-638-SO-093	3
83	BU x PMD-638-SO-315	3
53	BU x PMD-638-SO-146	3
49	BU x PMD-638-SO-140	3
43	BU x PMD-638-SO-122	3
98	BU x PMD-638-SO-411	3
52	BU x PMD-638-SO-145	3
38	BU x PMD-638-SO-112	3
99	BU	3
47	BU x PMD-638-SO-135	3
44	BU x PMD-638-SO-124	3
5	BU x PMD-638-SO-015	3
23	BU x PMD-638-SO-088	3
46	BU x PMD-638-SO-134	3
1	BU x PMD-638-SO-002	3
21	BU x PMD-638-SO-079	3
69	BU x PMD-638-SO-236	3
72	BU x PMD-638-SO-262	3
97	BU x PMD-638-SO-389	3

Entrada	Pedigree	Promedio
94	BU x PMD-638-SO-113	3
50	BU x PMD-638-SO-142	3
7	BU x PMD-638-SO-025	2
19	BU x PMD-638-SO-048	2
93	BU x PMD-638-SO-042	2
26	BU x PMD-638-SO-092	2
56	BU x PMD-638-SO-161	2
13	BU x PMD-638-SO-035	2
15	BU x PMD-638-SO-039	2
71	BU x PMD-638-SO-259	2
90	BU x PMD-638-SO-454	2
82	BU x PMD-638-SO-313	2
79	BU x PMD-638-SO-295	2
88	BU x PMD-638-SO-435	2
41	BU x PMD-638-SO-118	2
61	BU x PMD-638-SO-207	2
20	BU x PMD-638-SO-078	2
63	BU x PMD-638-SO-212	2
81	BU x PMD-638-SO-304	2
96	BU x PMD-638-SO-121	2
2	BU x PMD-638-SO-008	2
10	BU x PMD-638-SO-029	1
24	BU x PMD-638-SO-089	1
48	BU x PMD-638-SO-137	1
85	BU x PMD-638-SO-363	1
18	BU x PMD-638-SO-046	1
64	BU x PMD-638-SO-213	1
84	BU x PMD-638-SO-360	1
86	BU x PMD-638-SO-364	1
62	BU x PMD-638-SO-211	1
68	BU x PMD-638-SO-232	1
70	BU x PMD-638-SO-248	1
DLS al 0.01 de probabilidad		3
DLS al 0.05 de probabilidad		2

**Figura 11: Tolerancia en mazorca por la helada en las cruzas BUxPMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra**

Entrada	Pedigree	Promedio
9	BU x PMD-638-S0-027	48
67	BU x PMD-638-S0-226	51
55	BU x PMD-638-S0-160	52
58	BU x PMD-638-S0-167	53
37	BU x PMD-638-S0-110	54
87	BU x PMD-638-S0-404	55
57	BU x PMD-638-S0-164	55
92	BU x PMD-638-S0-465	55
31	BU x PMD-638-S0-098	57
77	BU x PMD-638-S0-284	58
75	BU x PMD-638-S0-279	59
76	BU x PMD-638-S0-280	60
28	BU x PMD-638-S0-094	61
91	BU x PMD-638-S0-459	62
32	BU x PMD-638-S0-100	62
95	BU x PMD-638-S0-115	62
54	BU x PMD-638-S0-147	63
42	BU x PMD-638-S0-119	63
35	BU x PMD-638-S0-107	63
4	BU x PMD-638-S0-013	65
73	BU x PMD-638-S0-265	66
49	BU x PMD-638-S0-140	66
17	BU x PMD-638-S0-045	66
12	BU x PMD-638-S0-034	67
33	BU x PMD-638-S0-100	67
74	BU x PMD-638-S0-275	68
40	BU x PMD-638-S0-117	68
45	BU x PMD-638-S0-129	69
100	PMD-638	69
59	BU x PMD-638-S0-168	70
98	BU x PMD-638-S0-411	72
22	BU x PMD-638-S0-086	73
66	BU x PMD-638-S0-216	73
65	BU x PMD-638-S0-215	74

Entrada	Pedigree	Promedio
60	BU x PMD-638-S0-205	74
89	BU x PMD-638-S0-452	75
97	BU x PMD-638-S0-389	75
6	BU x PMD-638-S0-022	75
80	BU x PMD-638-S0-297	75
8	BU x PMD-638-S0-026	75
23	BU x PMD-638-S0-088	76
3	BU x PMD-638-S0-010	78
41	BU x PMD-638-S0-118	78
29	BU x PMD-638-S0-095	78
13	BU x PMD-638-S0-035	78
14	BU x PMD-638-S0-038	78
26	BU x PMD-638-S0-092	78
38	BU x PMD-638-S0-112	78
21	BU x PMD-638-S0-079	79
24	BU x PMD-638-S0-089	79
83	BU x PMD-638-S0-315	79
90	BU x PMD-638-S0-454	79
53	BU x PMD-638-S0-146	79
51	BU x PMD-638-S0-143	79
36	BU x PMD-638-S0-109	79
52	BU x PMD-638-S0-145	80
34	BU x PMD-638-S0-106	81
39	BU x PMD-638-S0-114	81
27	BU x PMD-638-S0-093	82
78	BU x PMD-638-S0-289	82
79	BU x PMD-638-S0-295	82
93	BU x PMD-638-S0-042	82
43	BU x PMD-638-S0-122	83
70	BU x PMD-638-S0-248	83
25	BU x PMD-638-S0-090	83
94	BU x PMD-638-S0-113	84
11	BU x PMD-638-S0-030	84
10	BU x PMD-638-S0-029	84

Entrada	Pedigree	Promedio
48	BU x PMD-638-S0-137	84
46	BU x PMD-638-S0-134	85
56	BU x PMD-638-S0-161	85
16	BU x PMD-638-S0-044	85
71	BU x PMD-638-S0-259	85
99	BU	85
47	BU x PMD-638-S0-135	86
30	BU x PMD-638-S0-096	86
44	BU x PMD-638-S0-124	86
50	BU x PMD-638-S0-142	87
82	BU x PMD-638-S0-313	87
5	BU x PMD-638-S0-015	87
1	BU x PMD-638-S0-002	88
15	BU x PMD-638-S0-039	88
7	BU x PMD-638-S0-025	88
69	BU x PMD-638-S0-236	88
88	BU x PMD-638-S0-435	88
2	BU x PMD-638-S0-008	91
19	BU x PMD-638-S0-048	91
81	BU x PMD-638-S0-304	92
63	BU x PMD-638-S0-212	93
68	BU x PMD-638-S0-232	94
20	BU x PMD-638-S0-078	95
61	BU x PMD-638-S0-207	96
72	BU x PMD-638-S0-262	96
85	BU x PMD-638-S0-363	96
18	BU x PMD-638-S0-046	96
84	BU x PMD-638-S0-360	96
96	BU x PMD-638-S0-121	97
62	BU x PMD-638-S0-211	97
64	BU x PMD-638-S0-213	98
86	BU x PMD-638-S0-364	100
DLS al 0.01 de probabilidad		36
DLS al 0.05 de probabilidad		27

**Figura 12: Incidencia o daño en mazorca por helada (%) en las cruzas BUxPMD-638 en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra**

Entrada	Pedigree	Promedio
90	PMD-638 x BU-S0 337	9
100	PMD-638 x BU-S0 557	8
104	PMD-638 x BU-S0 586	8
55	PMD-638 x BU-S0 202	8
80	PMD-638 x BU-S0 314	8
108	PMD-638 x BU-S0 595	8
29	PMD-638 x BU-S0 081	8
78	PMD-638 x BU-S0 310	8
23	PMD-638 x BU-S0 062	8
83	PMD-638 x BU-S0 322	8
110	PMD-638	8
63	PMD-638 x BU-S0 237	8
95	PMD-638 x BU-S0 514	8
43	PMD-638 x BU-S0 139	8
89	PMD-638 x BU-S0 335	8
87	PMD-638 x BU-S0 332	8
107	PMD-638 x BU-S0 592	8
45	PMD-638 x BU-S0 144	8
17	PMD-638 x BU-S0 040	8
76	PMD-638 x BU-S0 299	8
12	PMD-638 x BU-S0 026	8
102	PMD-638 x BU-S0 574	8
61	PMD-638 x BU-S0 224	8
47	PMD-638 x BU-S0 148	8
79	PMD-638 x BU-S0 313	8
64	PMD-638 x BU-S0 246	8
49	PMD-638 x BU-S0 152	8
93	PMD-638 x BU-S0 501	8
51	PMD-638 x BU-S0 183	8
8	PMD-638 x BU-S0 018	8
5	PMD-638 x BU-S0 013	8
3	PMD-638 x BU-S0 006	8
53	PMD-638 x BU-S0 195	8
103	PMD-638 x BU-S0 585	8
96	PMD-638 x BU-S0 515	7
21	PMD-638 x BU-S0 058	7
52	PMD-638 x BU-S0 192	7

Entrada	Pedigree	Promedio
88	PMD-638 x BU-SC 333	7
68	PMD-638 x BU-SC 265	7
20	PMD-638 x BU-SC 047	7
9	PMD-638 x BU-SC 022	7
105	PMD-638 x BU-SC 590	7
84	PMD-638 x BU-SC 328	7
94	PMD-638 x BU-SC 504	7
91	PMD-638 x BU-SC 338	7
34	PMD-638 x BU-SC 119	7
73	PMD-638 x BU-SC 294	7
38	PMD-638 x BU-SC 133	7
14	PMD-638 x BU-SC 030	7
75	PMD-638 x BU-SC 298	7
82	PMD-638 x BU-SC 317	7
50	PMD-638 x BU-SC 153	7
48	PMD-638 x BU-SC 150	7
40	PMD-638 x BU-SC 135	7
56	PMD-638 x BU-SC 207	7
10	PMD-638 x BU-SC 023	7
46	PMD-638 x BU-SC 147	7
39	PMD-638 x BU-SC 134	7
35	PMD-638 x BU-SC 125	7
74	PMD-638 x BU-SC 295	7
69	PMD-638 x BU-SC 269	7
67	PMD-638 x BU-SC 264	7
22	PMD-638 x BU-SC 059	7
15	PMD-638 x BU-SC 031	7
24	PMD-638 x BU-SC 063	7
66	PMD-638 x BU-SC 255	7
1	PMD-638 x BU-SC 002	7
85	PMD-638 x BU-SC 329	7
28	PMD-638 x BU-SC 078	7
37	PMD-638 x BU-SC 132	7
42	PMD-638 x BU-SC 137	7
13	PMD-638 x BU-SC 028	7
7	PMD-638 x BU-SC 016	7
57	PMD-638 x BU-SC 214	7

Entrada	Pedigree	Promedio
62	PMD-638 x BU-S0 009	7
16	PMD-638 x BU-S0 038	7
27	PMD-638 x BU-S0 074	6
92	PMD-638 x BU-S0 340	6
99	PMD-638 x BU-S0 531	6
19	PMD-638 x BU-S0 045	6
32	PMD-638 x BU-S0 107	6
11	PMD-638 x BU-S0 025	6
106	PMD-638 x BU-S0 591	6
44	PMD-638 x BU-S0 142	6
41	PMD-638 x BU-S0 136	6
65	PMD-638 x BU-S0 250	6
70	PMD-638 x BU-S0 270	6
60	PMD-638 x BU-S0 222	6
77	PMD-638 x BU-S0 307	6
4	PMD-638 x BU-S0 007	6
98	PMD-638 x BU-S0 529	6
81	PMD-638 x BU-S0 315	6
25	PMD-638 x BU-S0 064	6
72	PMD-638 x BU-S0 287	6
54	PMD-638 x BU-S0 200	6
86	PMD-638 x BU-S0 583	6
97	PMD-638 x BU-S0 518	6
59	PMD-638 x BU-S0 220	6
26	PMD-638 x BU-S0 066	6
58	PMD-638 x BU-S0 219	6
71	PMD-638 x BU-S0 271	6
31	PMD-638 x BU-S0 104	6
33	PMD-638 x BU-S0 111	6
109	BU	6
30	PMD-638 x BU-S0 103	6
18	PMD-638 x BU-S0 041	5
36	PMD-638 x BU-S0 128	5
6	PMD-638 x BU-S0 014	5
101	PMD-638 x BU-S0 573	5
2	PMD-638 x BU-S0 005	5
DLS al 0.01 de probabilidad		2.3
DLS al 0.05 de probabilidad		1.7

**Figura 13: Tolerancia en planta por la helada en las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra**

Entrada	Pedigree	Promedio
47	PMD-638 x BU-SC 148	3
90	PMD-638 x BU-SC 337	3
23	PMD-638 x BU-SC 062	7
45	PMD-638 x BU-SC 144	7
80	PMD-638 x BU-SC 314	7
83	PMD-638 x BU-SC 322	7
96	PMD-638 x BU-SC 515	7
100	PMD-638 x BU-SC 557	7
43	PMD-638 x BU-SC 139	8
17	PMD-638 x BU-SC 040	10
20	PMD-638 x BU-SC 047	10
53	PMD-638 x BU-SC 195	10
55	PMD-638 x BU-SC 202	10
64	PMD-638 x BU-SC 246	10
78	PMD-638 x BU-SC 310	10
95	PMD-638 x BU-SC 514	10
104	PMD-638 x BU-SC 586	10
106	PMD-638 x BU-SC 591	10
110	PMD-638	10
28	PMD-638 x BU-SC 078	12
12	PMD-638 x BU-SC 026	13
57	PMD-638 x BU-SC 214	13
61	PMD-638 x BU-SC 224	13
76	PMD-638 x BU-SC 299	13
79	PMD-638 x BU-SC 313	13
93	PMD-638 x BU-SC 501	13
15	PMD-638 x BU-SC 031	15
21	PMD-638 x BU-SC 058	15
51	PMD-638 x BU-SC 183	15
4	PMD-638 x BU-SC 007	17
14	PMD-638 x BU-SC 030	17
22	PMD-638 x BU-SC 059	17
35	PMD-638 x BU-SC 125	17
44	PMD-638 x BU-SC 142	17
49	PMD-638 x BU-SC 152	17
50	PMD-638 x BU-SC 153	17
52	PMD-638 x BU-SC 192	17

Entrada	Pedigree	Promedio
63	PMD-638 x BU-SC 237	17
65	PMD-638 x BU-SC 250	17
3	PMD-638 x BU-SC 006	20
13	PMD-638 x BU-SC 028	20
29	PMD-638 x BU-SC 081	20
37	PMD-638 x BU-SC 132	22
77	PMD-638 x BU-SC 307	22
8	PMD-638 x BU-SC 018	23
32	PMD-638 x BU-SC 107	23
56	PMD-638 x BU-SC 207	23
41	PMD-638 x BU-SC 136	27
42	PMD-638 x BU-SC 137	27
54	PMD-638 x BU-SC 200	27
60	PMD-638 x BU-SC 222	27
62	PMD-638 x BU-SC 009	27
68	PMD-638 x BU-SC 265	27
97	PMD-638 x BU-SC 518	27
107	PMD-638 x BU-SC 592	27
24	PMD-638 x BU-SC 063	28
1	PMD-638 x BU-SC 002	30
9	PMD-638 x BU-SC 022	30
10	PMD-638 x BU-SC 023	30
34	PMD-638 x BU-SC 119	30
36	PMD-638 x BU-SC 128	30
39	PMD-638 x BU-SC 134	30
84	PMD-638 x BU-SC 328	30
87	PMD-638 x BU-SC 332	30
89	PMD-638 x BU-SC 335	30
102	PMD-638 x BU-SC 574	30
101	PMD-638 x BU-SC 573	32
5	PMD-638 x BU-SC 013	33
19	PMD-638 x BU-SC 045	33
25	PMD-638 x BU-SC 064	33
27	PMD-638 x BU-SC 074	33
40	PMD-638 x BU-SC 135	33
48	PMD-638 x BU-SC 150	33
58	PMD-638 x BU-SC 219	33

Entrada	Pedigree	Promedio
69	PMD-638 x BU-S0 269	33
74	PMD-638 x BU-S0 295	33
86	PMD-638 x BU-S0 583	33
88	PMD-638 x BU-S0 333	33
105	PMD-638 x BU-S0 590	33
108	PMD-638 x BU-S0 595	33
38	PMD-638 x BU-S0 133	35
85	PMD-638 x BU-S0 329	37
91	PMD-638 x BU-S0 338	37
94	PMD-638 x BU-S0 504	37
6	PMD-638 x BU-S0 014	40
7	PMD-638 x BU-S0 016	40
33	PMD-638 x BU-S0 111	40
66	PMD-638 x BU-S0 255	40
67	PMD-638 x BU-S0 264	40
73	PMD-638 x BU-S0 294	40
75	PMD-638 x BU-S0 298	40
2	PMD-638 x BU-S0 005	43
16	PMD-638 x BU-S0 038	43
26	PMD-638 x BU-S0 066	43
46	PMD-638 x BU-S0 147	43
59	PMD-638 x BU-S0 220	43
72	PMD-638 x BU-S0 287	43
82	PMD-638 x BU-S0 317	43
103	PMD-638 x BU-S0 585	43
11	PMD-638 x BU-S0 025	47
18	PMD-638 x BU-S0 041	47
99	PMD-638 x BU-S0 531	47
98	PMD-638 x BU-S0 529	50
92	PMD-638 x BU-S0 340	53
30	PMD-638 x BU-S0 103	57
31	PMD-638 x BU-S0 104	57
70	PMD-638 x BU-S0 270	57
81	PMD-638 x BU-S0 315	57
109	BU	60
71	PMD-638 x BU-S0 271	77
DLS al 0.01 de probabilidad		43
DLS al 0.05 de probabilidad		33

**Figura 14: Incidencia o daño en planta por helada (%) en las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra**

Entrada	Pedigree	Promedio
12	PMD-638 x BU-S0 026	8
17	PMD-638 x BU-S0 040	8
14	PMD-638 x BU-S0 030	8
51	PMD-638 x BU-S0 183	8
93	PMD-638 x BU-S0 501	8
106	PMD-638 x BU-S0 591	8
29	PMD-638 x BU-S0 081	7
58	PMD-638 x BU-S0 219	7
23	PMD-638 x BU-S0 062	7
37	PMD-638 x BU-S0 132	7
43	PMD-638 x BU-S0 139	7
65	PMD-638 x BU-S0 250	7
68	PMD-638 x BU-S0 265	7
53	PMD-638 x BU-S0 195	7
55	PMD-638 x BU-S0 202	7
75	PMD-638 x BU-S0 298	7
83	PMD-638 x BU-S0 322	7
100	PMD-638 x BU-S0 557	7
5	PMD-638 x BU-S0 013	6
78	PMD-638 x BU-S0 310	6
84	PMD-638 x BU-S0 328	6
110	PMD-638	6
1	PMD-638 x BU-S0 002	6
22	PMD-638 x BU-S0 059	6
36	PMD-638 x BU-S0 128	6
39	PMD-638 x BU-S0 134	6
76	PMD-638 x BU-S0 299	6
3	PMD-638 x BU-S0 006	6
62	PMD-638 x BU-S0 009	6
102	PMD-638 x BU-S0 574	6
104	PMD-638 x BU-S0 586	6
8	PMD-638 x BU-S0 018	5
25	PMD-638 x BU-S0 064	5
26	PMD-638 x BU-S0 066	5
40	PMD-638 x BU-S0 135	5
56	PMD-638 x BU-S0 207	5
73	PMD-638 x BU-S0 294	5

Entrada	Pedigree	Promedio
87	PMD-638 x BU-S0 332	5
88	PMD-638 x BU-S0 333	5
89	PMD-638 x BU-S0 335	5
91	PMD-638 x BU-S0 338	5
92	PMD-638 x BU-S0 340	5
4	PMD-638 x BU-S0 007	5
16	PMD-638 x BU-S0 038	5
52	PMD-638 x BU-S0 192	5
66	PMD-638 x BU-S0 255	5
94	PMD-638 x BU-S0 504	5
95	PMD-638 x BU-S0 514	5
9	PMD-638 x BU-S0 022	5
10	PMD-638 x BU-S0 023	5
27	PMD-638 x BU-S0 074	5
33	PMD-638 x BU-S0 111	5
34	PMD-638 x BU-S0 119	5
77	PMD-638 x BU-S0 307	5
79	PMD-638 x BU-S0 313	5
86	PMD-638 x BU-S0 583	5
99	PMD-638 x BU-S0 531	5
6	PMD-638 x BU-S0 014	4
7	PMD-638 x BU-S0 016	4
15	PMD-638 x BU-S0 031	4
32	PMD-638 x BU-S0 107	4
38	PMD-638 x BU-S0 133	4
44	PMD-638 x BU-S0 142	4
45	PMD-638 x BU-S0 144	4
46	PMD-638 x BU-S0 147	4
60	PMD-638 x BU-S0 222	4
74	PMD-638 x BU-S0 295	4
97	PMD-638 x BU-S0 518	4
11	PMD-638 x BU-S0 025	4
18	PMD-638 x BU-S0 041	4
21	PMD-638 x BU-S0 058	4
24	PMD-638 x BU-S0 063	4
31	PMD-638 x BU-S0 104	4
41	PMD-638 x BU-S0 136	4

Entrada	Pedigree	Promedio
13	PMD-638 x BU-SC 028	4
30	PMD-638 x BU-SC 103	4
42	PMD-638 x BU-SC 137	4
48	PMD-638 x BU-SC 150	4
49	PMD-638 x BU-SC 152	4
50	PMD-638 x BU-SC 153	4
57	PMD-638 x BU-SC 214	4
59	PMD-638 x BU-SC 220	4
61	PMD-638 x BU-SC 224	4
71	PMD-638 x BU-SC 271	4
82	PMD-638 x BU-SC 317	4
105	PMD-638 x BU-SC 590	4
108	PMD-638 x BU-SC 595	4
19	PMD-638 x BU-SC 045	3
47	PMD-638 x BU-SC 148	3
54	PMD-638 x BU-SC 200	3
64	PMD-638 x BU-SC 246	3
72	PMD-638 x BU-SC 287	3
80	PMD-638 x BU-SC 314	3
81	PMD-638 x BU-SC 315	3
98	PMD-638 x BU-SC 529	3
101	PMD-638 x BU-SC 573	3
35	PMD-638 x BU-SC 125	3
63	PMD-638 x BU-SC 237	3
70	PMD-638 x BU-SC 270	3
103	PMD-638 x BU-SC 585	3
109	BU	3
20	PMD-638 x BU-SC 047	3
67	PMD-638 x BU-SC 264	3
85	PMD-638 x BU-SC 329	3
96	PMD-638 x BU-SC 515	3
107	PMD-638 x BU-SC 592	3
2	PMD-638 x BU-SC 005	2
69	PMD-638 x BU-SC 269	2
28	PMD-638 x BU-SC 078	2
90	PMD-638 x BU-SC 337	2
DLS al 0.01 de probabilidad		3
DLS al 0.05 de probabilidad		2

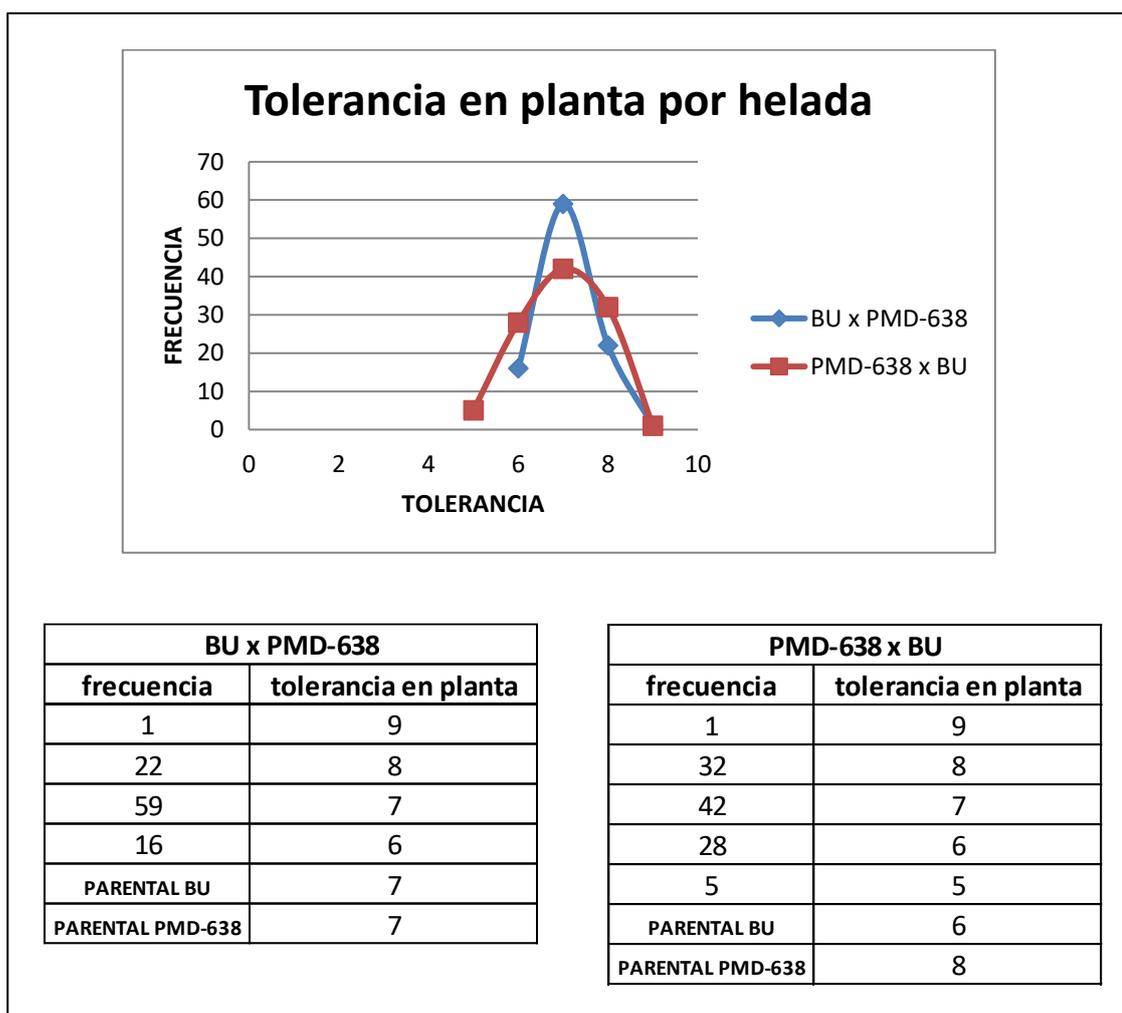
**Figura 15: Tolerancia en mazorca por la helada en las cruzas PMD-638xBU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra**

Entrada	Pedigree	Promedio
58	PMD-638 x BU-S0 219	9
93	PMD-638 x BU-S0 501	12
106	PMD-638 x BU-S0 591	15
51	PMD-638 x BU-S0 183	16
12	PMD-638 x BU-S0 026	18
83	PMD-638 x BU-S0 322	18
29	PMD-638 x BU-S0 081	18
65	PMD-638 x BU-S0 250	19
14	PMD-638 x BU-S0 030	20
53	PMD-638 x BU-S0 195	24
5	PMD-638 x BU-S0 013	26
17	PMD-638 x BU-S0 040	29
37	PMD-638 x BU-S0 132	31
26	PMD-638 x BU-S0 066	31
94	PMD-638 x BU-S0 504	33
75	PMD-638 x BU-S0 298	35
43	PMD-638 x BU-S0 139	35
4	PMD-638 x BU-S0 007	35
55	PMD-638 x BU-S0 202	35
91	PMD-638 x BU-S0 338	36
36	PMD-638 x BU-S0 128	36
1	PMD-638 x BU-S0 002	37
22	PMD-638 x BU-S0 059	37
39	PMD-638 x BU-S0 134	37
73	PMD-638 x BU-S0 294	37
3	PMD-638 x BU-S0 006	38
100	PMD-638 x BU-S0 557	38
88	PMD-638 x BU-S0 333	39
11	PMD-638 x BU-S0 025	39
15	PMD-638 x BU-S0 031	39
110	PMD-638	40
76	PMD-638 x BU-S0 299	42
104	PMD-638 x BU-S0 586	42
89	PMD-638 x BU-S0 335	42
23	PMD-638 x BU-S0 062	42
16	PMD-638 x BU-S0 038	43
78	PMD-638 x BU-S0 310	43
92	PMD-638 x BU-SC 340	43
84	PMD-638 x BU-SC 328	43
8	PMD-638 x BU-SC 018	43
102	PMD-638 x BU-SC 574	44
9	PMD-638 x BU-SC 022	47
68	PMD-638 x BU-SC 265	47
79	PMD-638 x BU-SC 313	48
56	PMD-638 x BU-SC 207	48
99	PMD-638 x BU-SC 531	48
74	PMD-638 x BU-SC 295	49
7	PMD-638 x BU-SC 016	50
87	PMD-638 x BU-SC 332	50
13	PMD-638 x BU-SC 028	51
62	PMD-638 x BU-SC 009	51
40	PMD-638 x BU-SC 135	51
95	PMD-638 x BU-SC 514	52
10	PMD-638 x BU-SC 023	54
25	PMD-638 x BU-SC 064	55
6	PMD-638 x BU-SC 014	55
49	PMD-638 x BU-SC 152	56
77	PMD-638 x BU-SC 307	58
31	PMD-638 x BU-SC 104	58
34	PMD-638 x BU-SC 119	58
38	PMD-638 x BU-SC 133	59
27	PMD-638 x BU-SC 074	60
24	PMD-638 x BU-SC 063	62
97	PMD-638 x BU-SC 518	62
21	PMD-638 x BU-SC 058	63
80	PMD-638 x BU-SC 314	63
45	PMD-638 x BU-SC 144	64
66	PMD-638 x BU-SC 255	64
52	PMD-638 x BU-SC 192	65
32	PMD-638 x BU-SC 107	65
18	PMD-638 x BU-SC 041	65
59	PMD-638 x BU-SC 220	65
64	PMD-638 x BU-SC 246	65
86	PMD-638 x BU-SC 583	65
44	PMD-638 x BU-SC 142	67
107	PMD-638 x BU-SC 592	68
54	PMD-638 x BU-SC 200	68
41	PMD-638 x BU-SC 136	68
47	PMD-638 x BU-SC 148	68
61	PMD-638 x BU-SC 224	68
105	PMD-638 x BU-SC 590	70
42	PMD-638 x BU-SC 137	70
60	PMD-638 x BU-SC 222	70
19	PMD-638 x BU-SC 045	70
71	PMD-638 x BU-SC 271	70
20	PMD-638 x BU-SC 047	70
82	PMD-638 x BU-SC 317	70
63	PMD-638 x BU-SC 237	72
46	PMD-638 x BU-SC 147	72
33	PMD-638 x BU-SC 111	73
57	PMD-638 x BU-SC 214	73
30	PMD-638 x BU-SC 103	73
101	PMD-638 x BU-SC 573	74
81	PMD-638 x BU-SC 315	74
108	PMD-638 x BU-SC 595	75
98	PMD-638 x BU-SC 529	76
50	PMD-638 x BU-SC 153	76
85	PMD-638 x BU-SC 329	77
103	PMD-638 x BU-SC 585	77
96	PMD-638 x BU-SC 515	79
90	PMD-638 x BU-SC 337	80
109	BU	81
72	PMD-638 x BU-SC 287	83
28	PMD-638 x BU-SC 078	83
67	PMD-638 x BU-SC 264	84
35	PMD-638 x BU-SC 125	84
48	PMD-638 x BU-SC 150	84
2	PMD-638 x BU-SC 005	86
70	PMD-638 x BU-SC 270	87
69	PMD-638 x BU-SC 269	88
DLS al 0.01 de probabilidad		35
DLS al 0.05 de probabilidad		27

**Figura 16: Incidencia o daño en mazorca por helada (%) en las cruzas PMD-638 x BU en la localidad de San Juan de Yanamuco IRD-Sierra**

### 4.3.3. Análisis de las tablas con los resultados de la evaluación de tolerancia e incidencia en planta y mazorca.

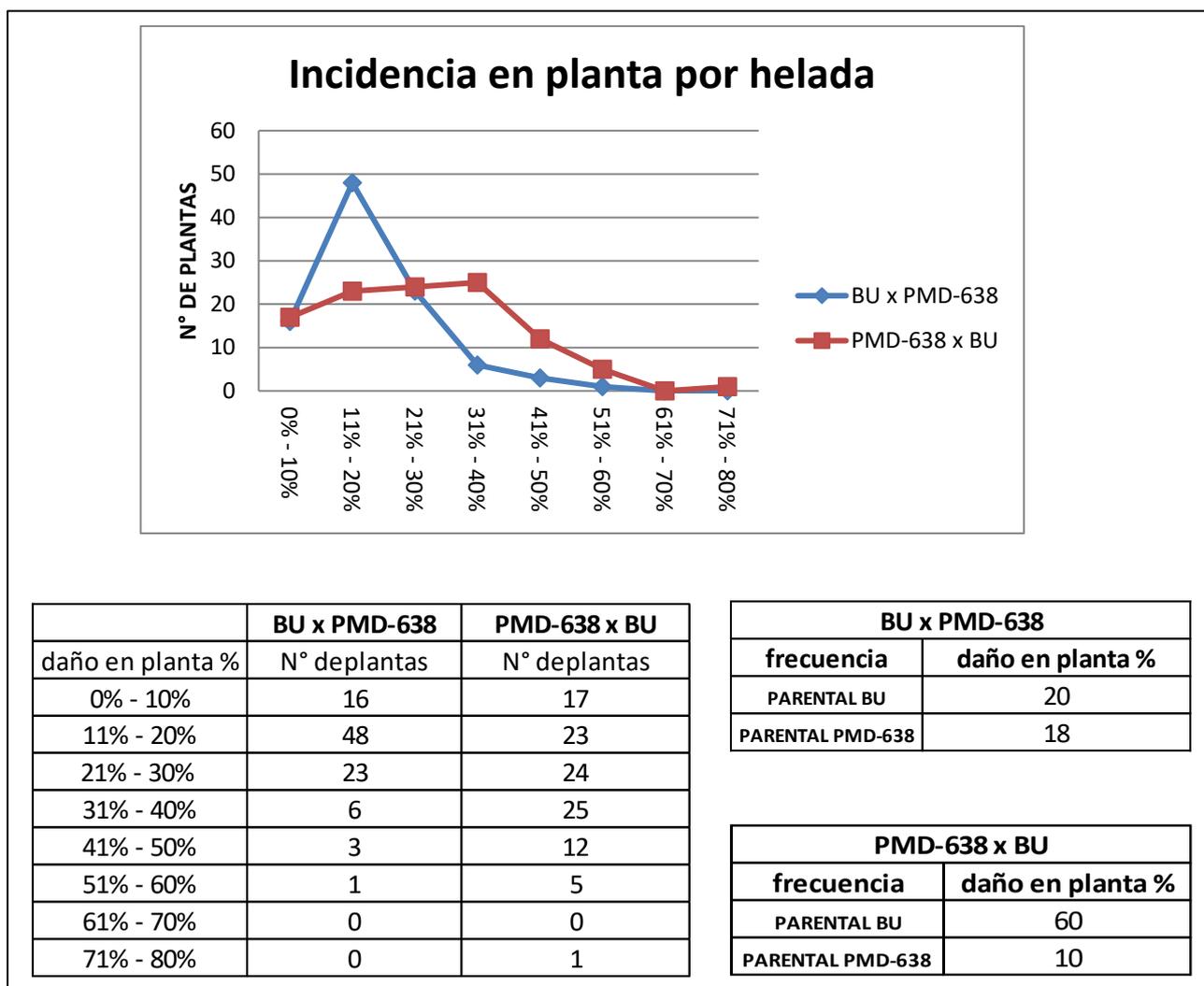
En la figura 17 observamos que en ambas cruzas hubo una respuesta positiva frente a las bajas temperaturas, para ambas cruzas la calificación de la tolerancia se mantuvo sobre 5 en las cruzas de PMD-638xBU. Sin embargo, se observa que para las cruzas BU x PMD-638 hay mayor número de genotipos con una calificación de 7 a 9, es decir fue más afectado por las bajas temperaturas. Para los parentales la tolerancia es muy similar.



**Figura 17: Comparación de la tolerancia en planta por helada en las cruzas**

En la figura 18 se observa para la cruz PMD638 x BU hay un mayor número de cruzas con menor porcentaje de daño por helada, mientras que su recíproco BU x PMD-638 presenta mayor daño por la helada. Sin embargo, para ambos casos no hubo un daño significativo por bajas temperaturas en los genotipos.

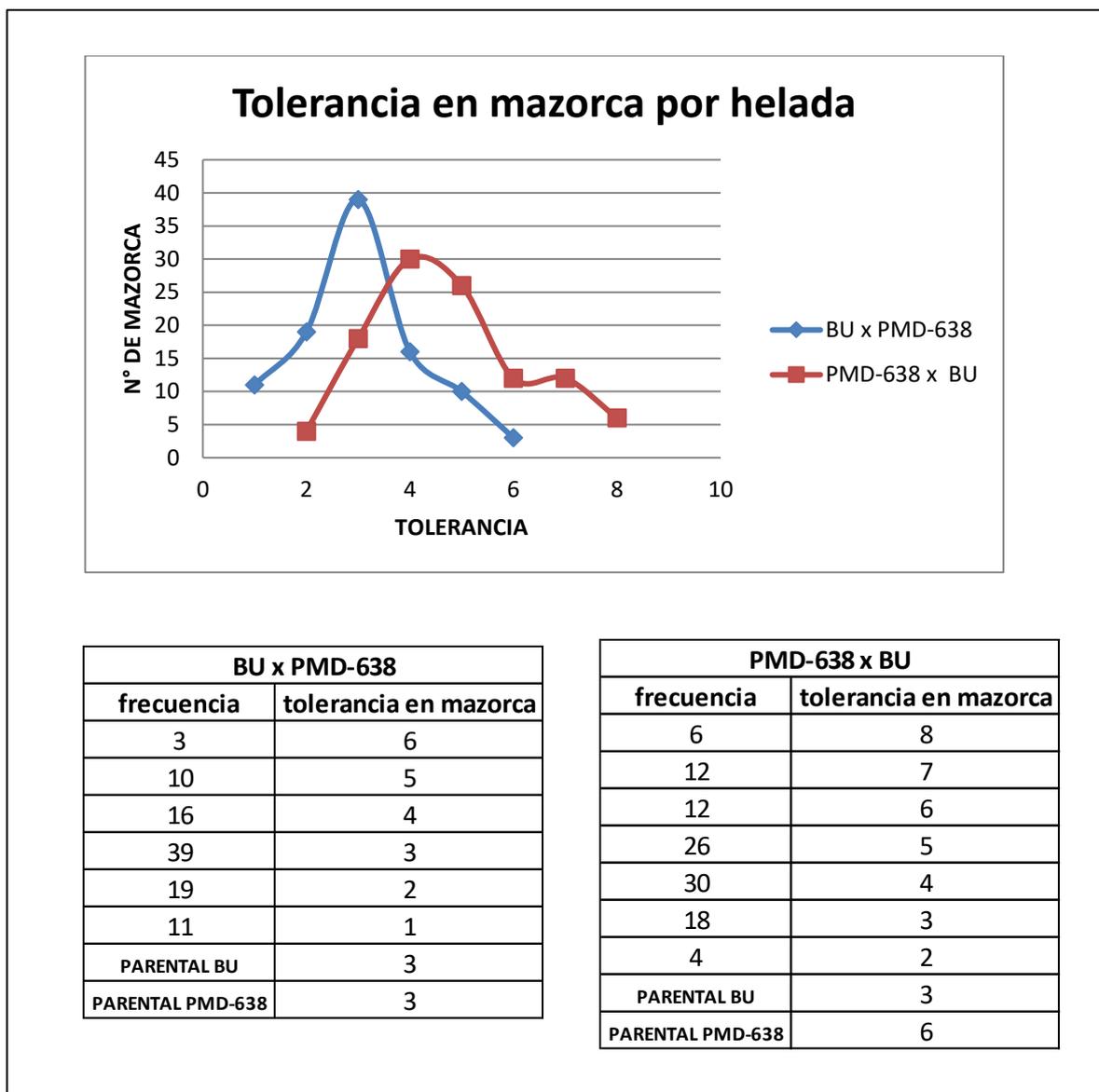
Para los testigos se tuvo un mayor daño en la variedad BU con promedio de daño del 40% de daño, mientras que para PMD-638 solo se tuvo un promedio de daño de 14% de daño.



**Figura 18: Comparación de los promedios de la incidencia en planta por helada**

En la figura 19 se observa que las cruces BUxPMD-638 tiene una menor tolerancia a las bajas temperaturas en la mazorca, y su recíproco PMD-638xBU muestra una mejor tolerancia.

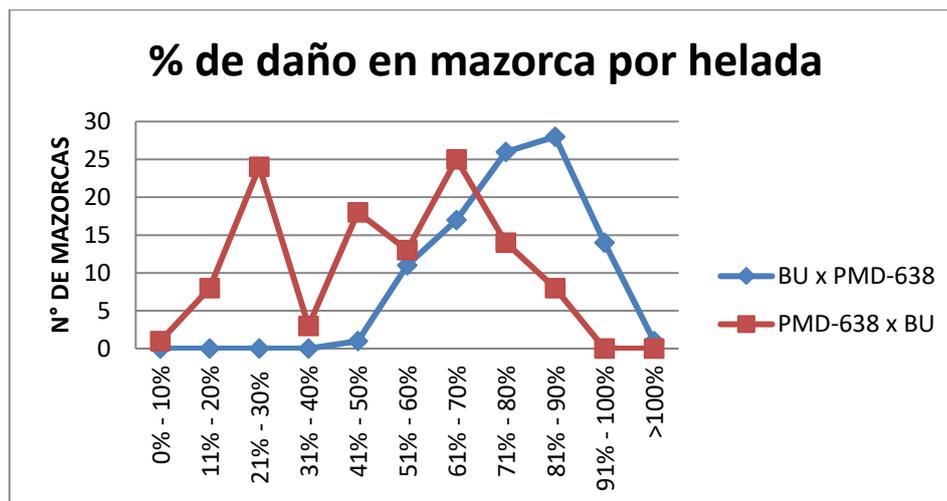
En los parentales se observa que para BU la tolerancia se mantiene en 3 para cada cruz, mientras que PMD-638 tiene un promedio de 4.5.



**Figura 19: Comparación de los promedios de tolerancia en mazorca**

En la figura 20 se observa que hay un mayor daño de mazorca para las cruzas BU x PMD-638, las mazorcas evaluadas presentaron un daño superior al 40%, llegando a un pico de 28 mazorcas entre 81% y 90% de daño, mientras que su recíproco PMD-638 x BU presenta una mejor respuesta frente a las bajas temperaturas. Observando que las características de tolerancia al frío de la variedad PMD-638 se manifiestan mejor como herencia materna.

Los parentales presentaron diferentes respuestas frente a la helada en cada repetición, teniendo un promedio para BU de 72.5% de daño, y para PMD-638 un promedio de 39.5% de daño.



	BU x PMD-638	PMD-638 x BU
daño en mazorca %	N° de mazorcas	N° de mazorcas
0% - 10%	-	1
11% - 20%	-	8
21% - 30%	-	24
31% - 40%	-	3
41% - 50%	1	18
51% - 60%	11	13
61% - 70%	17	25
71% - 80%	26	14
81% - 90%	28	8
91% - 100%	14	-
>100%	1	-

PMD-638 x BU	
frecuencia	daño en mazorca %
PARENTAL BU	60
PARENTAL PMD-638	10

BU x PMD-638	
frecuencia	daño en mazorca %
PARENTAL BU	85
PARENTAL PMD-638	69

**Figura 20: Comparación de los promedios de los porcentajes de daño en mazorca**

#### 4.4. Evaluación de mazorcas

Para la evaluación de las mazorcas se seleccionaron las parcelas que tuvieron mayor tolerancia y menor daño en planta se tomaron 44 parcelas en las cruzas de BU x PMD-638 y 40 parcelas en las cruzas de PMD-638 x BU, como se muestra en los anexos 8 y 10. Con los datos obtenidos por mazorca se hizo la correlación de todas las variables tomadas con respecto a la tolerancia y el porcentaje de daño por mazorca tabla 12. Para la evaluación de la tolerancia se consideró una escala de 1 (no tolerante - daño muy severo) y 9 (muy tolerante - sin daño).

Las correlaciones obtenidas se presentan a continuación:

**Tabla 12: Datos de valores correlativos para cada carácter evaluado, para cada ensayo**

Cruza	caracter	Media	Valor mínimo	Valor máximo	correlación		
					Tolerancia	% de daño	
BU x PMD-638	LCP	20.64	15.9	25	-0.37	0.57	**
PMD-638 x BU		22.66	18	27.3	-0.03	-0.21	
BU x PMD-639	LPEX	19.85	15.4	22.9	-0.21	0.47	*
PMD-638 x BU		20.79	17	24	-0.11	-0.11	
BU x PMD-640	APEX	11.44	8.7	15.7	0.34	-0.31	
PMD-638 x BU		10.56	7.5	13.7	0.36	-0.38	
BU x PMD-641	NPANCA	7.41	5.5	9.5	-0.14	0.18	
PMD-638 x BU		8.55	6.6	10.8	-0.03	-0.03	
BU x PMD-642	LPED	7.6	3.78	12.3	0.04	0.09	
PMD-638 x BU		7.62	4.60	12.3	0.10	-0.25	
BU x PMD-643	AMZ	4.51	3.07	5.5	0.49	* -0.54	*
PMD-638 x BU		4.26	2.90	6	0.29	-0.42	*
BU x PMD-644	LMZ	10.82	8.3	14.5	-0.21	0.39	*
PMD-638 x BU		11.43	8.8	14.2	-0.10	0.06	
BU x PMD-645	NHILE	11.52	9.2	14	0.67	** -0.68	**
PMD-638 x BU		9.63	8	11.2	0.20	-0.32	
BU x PMD-646	NGHIL	14.99	10.7	18.6	-0.15	0.23	
PMD-638 x BU		16.32	10.9	21.4	0.16	-0.13	
BU x PMD-647	PMZ	84.45	38.9	151	0.10	-0.08	
PMD-638 x BU		85.35	34.3	140.1	0.47	* -0.59	**
BU x PMD-648	DMZ	48.83	34.03	107.7	0.34	-0.23	
PMD-638 x BU		43.8	32.5	55.2	0.49	* -0.67	**
BU x PMD-649	DCOR	29.18	22.11	34.5	0.23	-0.25	
PMD-638 x BU		25.24	21.6	32	0.31	-0.52	*
BU x PMD-650	DRAQ	17.94	11.9	29.1	0.26	-0.26	
PMD-638 x BU		17.59	13.95	24.82	0.35	-0.48	*

#### 4.4.1. Longitud de la mazorca con bráctea

La cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 20.64 cm y para la cruza PMD-638 x BU 22.66 cm para longitud de mazorca con bráctea (LCP); en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño, solo se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño	
BU x PMD-638	longitud de la mazorca con bráctea	-0.37179	0.57215	**
PMD-638 x BU	longitud de la mazorca con bráctea	-0.03227	-0.20564	

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Se obtuvo alta significación estadística para la cruza BU x PMD-638 respecto al % de daño. Ambas cruzas tienen una relación inversa con la tolerancia es decir a mayor LCP menor la tolerancia a bajas temperaturas. Además, hay un mayor daño en la cruza BU x PMD-638 por tener una relación directa. Siendo más sensible a las bajas temperaturas.

#### 4.4.2. Longitud de la bráctea externa

La variable longitud de la bráctea externa presenta un promedio de 19.85 cm para la cruza BU x PMD-638 y para la cruza PMD-638 x BU presentó 20.79 cm. Al realizar las correlaciones de la longitud de la bráctea externa (LPEX) con tolerancia y % de daño en mazorca en la cruza BU x PMD-638 y PMD-638 x BU se observa los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño	
BU x PMD-638	longitud de la bráctea externa	-0.21286	0.46516	*
PMD-638 x BU	longitud de la bráctea externa	-0.11038	-0.10934	

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Para ambas cruzas se tiene una relación inversa con la tolerancia, es decir a mayor LPEX menor tolerancia a las bajas temperaturas. Observándose una mayor sensibilidad de daño a la cruza BU x PMD-638.

#### 4.4.3. Ancho de bráctea externa

La variable ancho de bráctea externa presenta un promedio de 11.44 cm para la cruza BU x PMD-638 y para la cruza PMD-638 x BU presentó 10.56 cm. Al realizar las correlaciones del ancho de la bráctea externa (APEX) con la tolerancia y % de daño en mazorca para ambas cruzas se obtuvieron los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño
BU x PMD-638	ancho de bráctea externa	0.33702	-0.31316
PMD-638 x BU	ancho de bráctea externa	0.35994	-0.38200

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Para ambas cruzas BU x PMD-638 y PMD-638 x BU se tiene una relación directa con la tolerancia e inversa con el % de daño, es decir a mayor ancho de bráctea externa mayor la tolerancia a bajas temperaturas y menor % daño por bajas temperaturas o viceversa.

En trabajos anteriores como el de Evaristo (1995) concluyó que de todas las características estudiadas en su trabajo el ancho de bráctea externa era la que más correlacionaba de manera inversa frente a las bajas temperaturas, coincidiendo con lo reportado en el presente trabajo.

#### 4.4.4. Número de brácteas por mazorca

La variable número de brácteas por mazorca presenta un promedio de 7.41 unidades para la cruza BU x PMD-638 y para la cruza PMD-638 x BU presentó 8.55 unidades. Al realizar las correlaciones del número de brácteas (NPANCA) con la tolerancia y % de daño en mazorca en la cruza BU x PMD-638 y PMD-638 x BU se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño
BU x PMD-638	número de brácteas por mazorca	-0.14373	0.17524
PMD-638 x BU	número de brácteas por mazorca	-0.02941	-0.02868

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Ambas cruzas presentan una relación inversa con la tolerancia es decir a mayor número de brácteas menor la tolerancia a las bajas temperaturas.

Estos resultados pueden deberse a que la variedad Blanco Urubamba (BU) es una variedad que presenta mayor número de brácteas, sin embargo, las brácteas no ayudan a mantener el calor en la mazorca, debido a que no dejan un espacio considerable entre mazorca y bráctea para resguardar aire caliente, adicional a eso las brácteas de la variedad BU son lisas generando que el aire frío pase libremente. La mazorca de la variedad PMD-638 es circular generando un espacio entre la mazorca y las brácteas, manteniendo el aire caliente en el interior. Además de tener las brácteas rugosas. Ambas hipótesis se plantean considerando que la herencia materna se manifiesta en las mazorcas para ambas cruzas.

#### 4.4.5. Longitud del pedúnculo

La variable longitud de pedúnculo presenta un promedio de 7.60 cm para la cruz BU x PMD-638 y para la cruz PMD-638 x BU presentó un promedio de 7.62 cm. Al realizar las correlaciones de la longitud de pedúnculo (LPED) se encontró que no presenta significancia para la tolerancia ni para el % de daño en mazorca en ninguna de las cruzas, el cual se observa a continuación:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño
BU x PMD-638	longitud de pedúnculo	0.04213	0.0858
PMD-638 x BU	longitud de pedúnculo	0.10395	-0.25384

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Ambas cruzas presentan una relación directa con la tolerancia.

#### 4.4.6. Ancho de mazorca

Para la variable ancho de mazorca (AMZ) La cruz BU x PMD-638 presentó un promedio de 4.51 cm y para la cruz PMD-638 x BU 4.26 cm; al realizar la correlación se obtuvieron los siguientes datos:

Cruza	Variable	Tolerancia		% de daño	
BU x PMD-638	ancho de mazorca	0.48704	*	-0.54242	*
PMD-638 x BU	ancho de mazorca	0.29079		-0.42141	*

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

En la cruza BU x PMD-638 y PMD-638 x BU, la correlación con tolerancia es directa es decir a más ancho de mazorca mayor la tolerancia a bajas temperaturas y % de daño en mazorca tiene una asociación inversa es decir a mayor AMZ menor el daño por bajas temperaturas.

#### 4.4.7. Largo de mazorca

Para la variable largo de mazorca (LMZ) la cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 10.82 cm y para la cruza PMD-638 x BU 11.43 cm; en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño en mazorca se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia		% de daño	
BU x PMD-638	largo de mazorca	-0.20882		0.39021	*
PMD-638 x BU	largo de mazorca	-0.10362		0.05759	

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

En ambas cruzas se tiene una relación inversa con la tolerancia es decir a mayor largo de mazorca menor la tolerancia a bajas temperaturas, la correlación el % de daño tiene una asociación directa es decir a mayor LMZ mayor el daño por bajas temperaturas.

La característica largo de mazorca es predominante en la variedad BU, esta característica genera que no haya un espacio entre la mazorca y la bráctea por tal no conserva el aire caliente y puede verse afectado considerablemente por las bajas temperaturas.

#### 4.4.8. Número de hileras

Para la variable número de hileras (NHILE) la cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 11.52 y para la cruza PMD-638 x BU presento 16.32; en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño en mazorca se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia		% de daño	
BU x PMD-638	número de hileras	0.66958	**	-0.68451	**
PMD-638 x BU	número de hileras	0.20347		-0.31859	

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

En la cruza BU x PMD-638 hay una alta significancia para la variable tolerancia, además ambas cruzas presentan una relación directa con la tolerancia e inversa con el % de daño, es decir a mayor NHILE mayor tolerancia a las bajas temperaturas y menor % de daño.

Podríamos indicar que el NHILE está relacionado con el ancho de la mazorca, que es una característica que también presento significancia para la cruza BU x PMD-638 y en ambos casos se observa una relación directa frente a la tolerancia a las bajas temperaturas.

#### 4.4.9. Número de granos por hilera

Para la variable número de granos por hileras (NGHIL) la cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 14.99 y para la cruza PMD-638 x BU presentó 16.32; en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño en mazorca se obtuvieron los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño
BU x PMD-638	número de granos por hileras	-0.1514	0.22882
PMD-638 x BU	número de granos por hileras	0.16322	-0.12599

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

Ninguna de las cruzas presento significancia, y además para ambas cruzas la relación con la tolerancia y % de daño son opuestas.

#### 4.4.10. Peso de Mazorca

Para la variable peso de mazorca (PMZ) la cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 84.45 gr y para la cruza PMD-638 x BU presento 85.35 gr; en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño en mazorca se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia		% de daño	
BU x PMD-638	peso de mazorca	0.10149		-0.07733	
PMD-638 x BU	peso de mazorca	0.46703	*	-0.59365	**

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

La cruza PMD-638 x BU presenta significancia para ambas variables, además una relación directa con la tolerancia e inversa con el % de daño. Es decir, a mayor peso de la mazorca mayor la tolerancia a bajas temperaturas y menor % de daño, la cruza reciproca presenta la misma relación. Según lo observado en la evaluación, las mazorcas más afectadas por las bajas temperatura presentan menor peso, indicando que esta variable es una consecuencia de las bajas temperaturas.

#### 4.4.11. Diámetro de mazorca

Para la variable diámetro de mazorca (DMZ) la cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 48.83 mm y para la cruza PMD-638 x BU presento 43.8 mm; en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño en mazorca se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia		% de daño	
BU x PMD-638	diámetro de mazorca	0.34396		-0.22756	
PMD-638 x BU	diámetro de mazorca	0.49134	*	-0.67405	**

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

La cruza PMD-638 x BU presenta significancia para ambas variables y una correlación directa con tolerancia e inversa con el % de daño en mazorca, es decir a mayor diámetro de

mazorca mayor tolerancia a bajas temperaturas y menor % de daño en mazorca, con la cruza BU x PMD-638 se tiene la misma relación con las variables.

#### 4.4.12. Diámetro de coronta

Para la variable diámetro de coronta (DCOR) la cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 29.18 mm y para la cruza PMD-638 x BU presento 25.24 mm; en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño en mazorca se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño	
BU x PMD-638	diámetro de coronta	0.22747	-0.2528	
PMD-638 x BU	diámetro de coronta	0.31441	-0.52004	*

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

En ambas cruzas se tiene una relación directa con la tolerancia e inversa con el % de daño en mazorca, es decir a mayor DCOR mayor tolerancia y menor daño por bajas temperaturas.

Esta variable también está relacionada con el ancho de mazorca, número de hileras y diámetro de mazorca, las cuales guardan la misma relación con las variables.

#### 4.4.13. Diámetro de raquis

Para la variable diámetro de raquis (DRAQ) la cruza BU x PMD-638 presentó un promedio de 17.94 mm y para la cruza PMD-638 x BU presento 17.59 mm; en donde al realizar la correlación con la variable tolerancia y % de daño en mazorca se obtuvo los siguientes resultados:

Cruza	Variable	Tolerancia	% de daño	
BU x PMD-638	diámetro de raquis	0.2608	-0.2592	
PMD-638 x BU	diámetro de raquis	0.34833	-0.48411	*

\* Significación al 0.05 de probabilidad

\*\* Significación al 0.01 de probabilidad

En ambas cruzas se tiene una relación directa con la tolerancia e inversa con el % de daño en mazorca, es decir a mayor DRAQ mayor tolerancia y menor daño por bajas temperaturas.

Esta variable también está relacionada con el ancho de mazorca, número de hileras, diámetro de mazorca y diámetro de coronta las cuales guardan la misma relación con las variables.

## V. CONCLUSIONES

- El mayor peso de mazorca se obtuvo con las cruzas de BU x PMD-638 llegando a 7.50 t/ha, las cruzas PMD638 x BU presentaron solo 6.16 t/ha.
- Las cruzas PMD-638 x BU presentaron mayor tolerancia al frío que las cruzas BU x PMD-638, considerando que predominó la herencia materna de la variedad PMD-638.
- En las cruzas BUxPMD-638 las variables longitud de mazorca con bráctea, longitud de la bráctea externa, ancho de la mazorca, largo de la mazorca, número de hileras presentaron significancia, indicando que están asociados con la tolerancia y % de daño en mazorca.
- Los caracteres el ancho de bráctea externa, ancho de mazorca, número de hileras, diámetro de mazorca y diámetro de coronta en las cruzas directas y recíprocas tuvieron una misma asociación con la tolerancia y el % de daño en mazorca.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Seguir trabajando en la mejora genética de variedades de maíz amiláceo, por ser importante en la zona altoandina del Perú. Considerando que el cambio climático puede afectar el desarrollo de las variedades hasta ahora usadas.
- Repetir los experimentos en zonas alto andinas del Perú.
- Evaluar en qué etapa fenológica hay un mayor porcentaje de daño por bajas temperaturas.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Abendroth, L.J., R.W. Elmore, M.J. Boyer, and S.K. Marlay. (2012). Corn growth and development. Iowa state University.
- Alarcón, C. Trebejo I. (2010). Atlas de Heladas del Perú. Convenio de Cooperación Técnica Interinstitucional SENAMHI-FAO. Lima, Perú.
- Afuakwa, J.J.; R.K. Crookston; R.J. Jones. 1984. Effect of Temperature and Sucrose Availability on Kernel Black Layer Formation in Maize.
- Antonio Velazques, C. 2004. "Detección no destructiva de los periodos críticos del maíz". Centro de investigación y de estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México.
- Arbués Osés, A. Efecto de heladas en post-floración del maíz, en la producción y calidad de la cosecha. Septiembre 2011 – País Vasco, España.
- Balcarce, A. 2006. Calidad del grano del maíz. Departamento de Producción Animal y Vegetal. Univ. Nacional de la Plata, Argentina.
- Bechoux, N.; G. Bernier; P. Lejeune. 2000. Environmental effects on the early stages of tassel morphogenesis in maize (*Zea mays* L.). *Plant, Cell & Environment*.
- Benz, B. 2006. "Maize in the Americas" In J. Staller, R. H. Tykot, B. Benz (eds.) *Histories of Maize: Multidisciplinary Approaches to the Prehistory*. Esmerald Group Publishing. USA.
- Bird R. 1994. Manual for the measurement of maize cobs. En: *Corn and Culture in the Prehistoric New World*. Eds: S. Johannessen y C. Hastorf. Westview. USA.

- Bremer J. E.; C.D. Coffman; S.D. Livingston. 1995. Assessing Hail and Freeze Damage to Field Corn and Sorghum. Texas Agricultural Extension Service. USA.
- Catacora E. 1987. Selección para resistencia al Puka-punchu en poblaciones heterogéneas de maíz en la Sierra del Perú. Tesis Mg. Scientiae. UNA La Molina. Lima, Perú.
- Castro de la Cruz, M. 2007 Densidad poblacional de cebada y fertilización para control de heladas en una nueva variedad choclera de maíz (*zea mays* l.) en la sierra central – Universidad nacional del centro del Perú.
- Carlos Gómez, G. M. 2010. Las heladas en el Perú y el mundo - 2010. Huancayo – Perú.
- Carter, P.R. 1995. Late-Spring Frost and Postfrost Clipping Effects on Corn Growth and Yield J. Prod. Agric.
- Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo, 2013. Reporte anual Maiz CRP. CIMMYT. México.
- Centro nacional de prevención de desastres, 2001. Fasciculo – Heladas. CENAPRED. México.
- Chavez, R; M. Aduviri; J. C. Linares y A García. 2005a. "Respuestas fenotípicas de híbridos y variedades de maíz (*Zea mays* L.) al estrés de salinidad y toxicidad de boro bajo condiciones de laboratorios y campo". IDESIA Vol. N° 22. Chile.
- Chavez, R., W. Schmidt; K. Martínez, J. Flores; H. Tamayo; M. Aduviri; G. Gutiérrez, V. Yufra; O. Segovia y A. García. 2005b. "Espectro de variabilidad genética del germoplasma nativo de maíz (*Zea mays* L.) de la zona altoandina del sur del Perú". IDESIA Vol. N° 23. Chile.
- Chura J., J. Castillo y R. Sevilla. 1995. Evaluación de germoplasma de maíz para resistencia a enfermedades virósicas. En III Reunión Latinoamericana y XVI Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Cochabamba/Santa Cruz, Bolivia. Pp: 429-441.

- Davelois, J.; R. Sevilla; A. Valdez; H. Sanchez. 2003. "El proceso de investigación agronómica y niveles tecnológicos de producción de maíz en el Perú". Documento preliminar publicado en las memorias de 50 años del PCIM-UNALM. Lima -Perú.
- Dirección General de Políticas Agrarias DGPA · MINAGRI, Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria DEEIA · MINAGRI y Dirección General de Agrometeorología DGA · SENAMHI, 2016. Boletín monitoreo agroclimático del cultivo de maíz amiláceo en la sierra sur.
- Estrada, R.N. 2000. La Biodiversidad en el Mejoramiento Genético de la papa. Bill Hardy, Emma Martinez (eds.) La Paz, Bolivia.
- Evaristo J. 1995. Características morfológicas de la mazorca de maíz (*Zea mays* L.) asociadas a la tolerancia al frío en germoplasma peruano y foráneo. Tesis Mg Scientiae. UNA La Molina. Lima, Perú.
- Farooq, M; T. Aziz; A. Wahid; D.J. Leec; K. Siddique. 2009. Chilling tolerance in maize: agronomic and physiological Approaches. *Crop & Pasture Science*.
- Galinat, W.C. 1970. the cupule and its role in the origin and evolution of maize. Univ. Mass. Agric. Expt. Sta.Bull. No. 585. USA.
- Greenblatt I. 1985. The ear of maize as a heat conserving device. En: Northeastern Corn Improvement Conference. University of Massachusetts. USA.
- Grobman , A., W. Salhuana and. R. Sevilla. 1961. Races of maize in Perú, their origens, evolution and classification. In collaboration with Paul C. Mangelsdorf. National Academy of Science Natural Research Council. Publication N° 915. USA.
- Grobman A., Bonavia D., Tom D. Dillehay, Dolores R. Piperno, José Iriarte, and Irene Holst. Article Preceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. PNAS January 31, 2012. USA.

- Guadalupe M.; L. Matías Ramírez; O.A. Fuentes Mariles; I. García Jiménez. 2001. Heladas. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación, México D.F.
- Gutierrez Chávez, Gabriela. "Transferencia de genes de precocidad y tolerancia al frío a poblaciones híbridas de maíz en zonas altoandinas del sur del Perú" – 2009. Tacna – Perú.
- Hoseney, R.C. 1991. Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. Ed. Acribia. Zaragoza – España.
- Jugenheimer, R. W. 1987. "Maíz-Varietades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas". Editorial Limusa S.A. México D.F., México.
- Kiesselback T.A.1949. The structure and reproduction of corn. University Nebraska College of Agricultural Experiment Station. USA.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, New York, NY.
- Lugo Cruz, E. Efecto del estrés hídrico sobre componentes de la pared celular en pericarpio de maíz (zea mays l.). Julio 2014 – Mexico.
- Magaña García, A. Evaluación integral de los impactos de la variabilidad y el cambio climático en la agricultura de maíz en el estado de Michoacán. 2014, Tijuana – México.
- Matías L., A. Fuentes y F. García (2007). Heladas. En: [http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/1412008Fasc.\\_Heladas\\_2007.pdf](http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/1412008Fasc._Heladas_2007.pdf)
- Matías Ramírez L., Fuentes Mariles O. y García Jiménez, F. 2001. HELADAS. Centro nacional de prevención de desastres. Mexico, DF. 2001.

- Mangelsdorf, P. 1974. "Maiz: its origin, evolution and improvement". La prensa de Belknap de Harvard Univ. Prensa. Cambridge, Massachusetts. Estados Unidos.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri). (2024). Boletín Estadístico Mensual El Agro en Cifras diciembre 2023
- Nielsen, R. L. (2013). Field Drydown of Mature Corn Grain. Purdue University, Department of Agronomy. Corny News Network.
- Oscanoa C. Sevilla, R. 2010. Resúmenes del Primer Congreso Peruano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola. Diversidad de razas de maíz en sierra central del Perú (Junín, Huancavelica y Ayacucho) Instituto Nacional de Innovación Agraria-Huancayo.
- Ortíz Ríos, R.O. 1985.Efecto ambiental, interacción genotipo medio ambiente y heredabilidad de las características morfológicas usada en la clasificación racial de maíz en la sierra del Perú. Tesis (Mag Sc). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- Quispe, J. J. Nakhodo y R. Sevilla.2000. Heterosis en variedades precoces de maíz de sierra alta. IV congreso Peruano de Genética. UNALM. Lima
- Rawson, H.M.; M. Zajac; L.D.J. Penrose. 1998. Effect of seedling temperature and its duration on development of wheat genotypes differing in vernalization response.
- Ritchie, S.W.; J.J. Hanway; G. Benson. 1993. ¿Cómo se desarrolla una planta de maíz?. Universidad Estatal de Iowa CES Informe Especial.
- Rosales A. Susana y Caminada V. Romina - "El eterno retorno del fenómeno de las heladas en el Perú: ¿existen adecuadas políticas para combatir dicho fenómeno en el Perú? 2016.
- Romo, G.; R. Arteaga. 1989. Meteorología agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Irrigación, México.

- Ruiz Velasquez, Jerson E. – “identificación de variedades nativas de papa (*Solanum Sp.*) tolerantes a las heladas frente al cambio climático”. 2014, Jauja – Perú.
- Santos H. 1998. Selección mazorca-hilera modificada en la variedad de maíz PMD-638 en la Sierra Central. Tesis Ing. Agrónomo. UNA La Molina. Lima, Perú.
- Schmidt, W. 2005. "Metas y estrategias y primeros éxitos en la selección de maíz energético".
- Sevilla R. y W. Salhuana. 1970. Comportamiento de semilla de la variedad Blanco Urubamba producida en cuatro ambientes distintos de la Sierra del Perú. *Fitotecnia Latinoamericana*. Vol 8, N°1
- Sevilla, R., y J. Sotomayor., 1974. Selección de variedades de maíz para zonas de alto riesgo en presencia y ausencia de fertilización. *Fitotecnia Latinoamericana*.
- Sevilla R. 1988. Selección para tolerancia al frío en maíz. En: Tercer Seminario: Mejoramiento para Tolerancia a factores ambientales adversos en el cultivo de Maíz. PROCIANDINO. Quito, Ecuador.
- Sevilla, R. 1990. "Comprobación de la tecnología desarrollada para el cultivo de maíz en la sierra del Perú". En: Curso corto: sistema de producción, investigación en Campos de Agricultores. Guaranda, Ecuador.
- Sevilla, R. 1991. Diversidad del maíz en la región andina. En: Experiencias en el cultivo de maíz en el área andina. Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina (PROCIANDINO). Quito – Ecuador.
- Sevilla R. (1994). Variación en el maíz andino moderno y su implicación para los patrones prehistóricos. En: maíz y cultura en el nuevo mundo prehistórico.
- Sevilla R. 1995. Germoplasma foráneo de maíz tolerante al frío en los primeros estados de desarrollo para adaptar las variedades de la Sierra del Perú a siembras tempranas.

III Reunión Latinoamericana XVI Reunión de Maiceros de la Zona Andina.  
Cochabamba/Santa Cruz, Bolivia.

Sevilla, R. 2006. Descriptores para la caracterización del cultivo de maíz. En: Manual para la caracterización in situ de cultivos nativos. R. Estrada, T. Medina, A. Roldán. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA).

Sevilla R. 2009. STC-CGIAR (Grupo consultivo sobre investigación agrícola internacional). Estrategias para mejorar la oferta de maíz amiláceo. UNALM 2009.

SIEA 2017, Boletín estadístico de producción agrícola y ganadera. IV trimestre 2017. Sistema integrado de estadística agraria.

Thakur, P.; S. Kumar; J.A. Malik; J.D. Berger; H. Nayyar. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview Environmental and Experimental Botany.

Vega Celedonio, J.A. 2003 Caracterización de la mazorca y selección de la variedad de maíz PMS-636 en la sierra central del Perú. Tesis (Ing Agr). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú).

Villegas P y R. Sevilla. 1977. Evaluación del segundo ciclo de selección recurrente para resistencia a roya en el Compuesto PMC-561. Informativo del Maíz N° 18. UNA La Molina, Lima Perú.

Vorst, J.V. 1990. Assessing hail damage to corn. National Corn Handbook NCH. USA.

Wilkes, G. 2004. "Com, Strange and Marvelous: But Is a Definitive Origin Known?" In W. Smith, J. Betrán, E.C.a. Runge, eds. Corn: Origin, Technology, and Production. John Wiley and Sons, UK.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Mazorcas de la parcela 1078, cruza PMD-638 x BU**



**Anexo 2: Mazorcas de la parcela 3080, cruza BU x PMD-638**



**Anexo 3: Corte transversal de mazorcas. Al lado derecho mazorca de la cruza BU x PMD-638, del lado izquierdo mazorca de la cruza PMD-638 x BU**



**Anexo 4: Campo experimental, ensayos BU x PMD-638 y PMD-638 x BU**



**Anexo 5: Temperaturas y humedad promedio cada media hora del día 12 de diciembre del 2014, día que se realizó la siembra**

Día	Hora	T° prom.	H%
12/12/2014	12:00 a.m.	6.3	96
12/12/2014	12:30 a.m.	5.7	97
12/12/2014	01:00 a.m.	5.6	98
12/12/2014	01:30 a.m.	5.1	98
12/12/2014	02:00 a.m.	4.9	99
12/12/2014	02:30 a.m.	5	98
12/12/2014	03:00 a.m.	4.7	98
12/12/2014	03:30 a.m.	4.5	98
12/12/2014	04:00 a.m.	4.1	98
12/12/2014	04:30 a.m.	3.5	98
12/12/2014	05:00 a.m.	3.7	99
12/12/2014	05:30 a.m.	3.5	99
12/12/2014	06:00 a.m.	3.6	99
12/12/2014	06:30 a.m.	4.1	100
12/12/2014	07:00 a.m.	5.3	100
12/12/2014	07:30 a.m.	6.5	97
12/12/2014	08:00 a.m.	9.1	86
12/12/2014	08:30 a.m.	10.2	82
12/12/2014	09:00 a.m.	11.4	73
12/12/2014	09:30 a.m.	12.4	65
12/12/2014	10:00 a.m.	13.6	65
12/12/2014	10:30 a.m.	14.7	61
12/12/2014	11:00 a.m.	15.4	61
12/12/2014	11:30 a.m.	16.2	54
12/12/2014	12:00 p.m.	17.1	54
12/12/2014	12:30 p.m.	17.8	52
12/12/2014	01:00 p.m.	18	49
12/12/2014	01:30 p.m.	18.5	44
12/12/2014	02:00 p.m.	19.2	44
12/12/2014	02:30 p.m.	18.9	41
12/12/2014	03:00 p.m.	18.7	44
12/12/2014	03:30 p.m.	18.8	46
12/12/2014	04:00 p.m.	17.7	50
12/12/2014	04:30 p.m.	17.4	49
12/12/2014	05:00 p.m.	17.3	51
12/12/2014	05:30 p.m.	17.1	49
12/12/2014	06:00 p.m.	16.5	52
12/12/2014	06:30 p.m.	14.9	51
12/12/2014	07:00 p.m.	14.6	52
12/12/2014	07:30 p.m.	14.2	56
12/12/2014	08:00 p.m.	12.4	66
12/12/2014	08:30 p.m.	12.8	68
12/12/2014	09:00 p.m.	12.2	70
12/12/2014	09:30 p.m.	10.8	72
12/12/2014	10:00 p.m.	9.9	78
12/12/2014	10:30 p.m.	9.1	82
12/12/2014	11:00 p.m.	8.4	87
12/12/2014	11:30 p.m.	7.5	91

**Anexo 6: Temperaturas mínimas registradas en el mes de mayo del 2015**

Día	Hora	T° min
01/05/2015	06:00 a.m.	4.8
02/05/2015	06:00 a.m.	3.2
03/05/2015	05:30 a.m.	1.6
04/05/2015	06:00 a.m.	2.5
05/05/2015	05:00 a.m.	2.9
06/05/2015	06:00 a.m.	2.6
07/05/2015	04:30 a.m.	6.4
08/05/2015	06:00 a.m.	8.8
09/05/2015	06:00 a.m.	7.2
10/05/2015	05:30 a.m.	2.6
11/05/2015	06:00 a.m.	0.8
12/05/2015	05:00 a.m.	9.2
13/05/2015	04:30 a.m.	7.7
14/05/2015	04:30 a.m.	6.1
15/05/2015	06:00 a.m.	5.9
16/05/2015	06:00 a.m.	6.7
17/05/2015	05:00 a.m.	1.4
18/05/2015	06:00 a.m.	5.8
19/05/2015	05:30 a.m.	3.8
20/05/2015	05:00 a.m.	0.1
21/05/2015	06:00 a.m.	1.4
22/05/2015	06:00 a.m.	0.8
23/05/2015	05:30 a.m.	4.6
24/05/2015	06:00 a.m.	4.6
25/05/2015	06:00 a.m.	0.8
26/05/2015	06:00 a.m.	2.3
27/05/2015	05:00 a.m.	6.6
28/05/2015	04:30 a.m.	3.3
29/05/2015	06:00 a.m.	3.9
30/05/2015	04:30 a.m.	2
31/05/2015	06:00 a.m.	6.7

**Anexo 7: Temperaturas mínimas registradas en el mes de junio del 2015**

Día	Hora	T° min
01/06/2015	05:30 a.m.	6.8
02/06/2015	05:00 a.m.	5.5
03/06/2015	05:00 a.m.	2.8
04/06/2015	04:30 a.m.	5.9
05/06/2015	04:30 a.m.	4.7
06/06/2015	06:00 a.m.	0.9
07/06/2015	06:00 a.m.	-1.4
08/06/2015	05:30 a.m.	-2.3
09/06/2015	06:00 a.m.	1.3
10/06/2015	06:00 a.m.	-0.3
11/06/2015	04:30 a.m.	1.9
12/06/2015	04:30 a.m.	6.2
13/06/2015	06:00 a.m.	1.1
14/06/2015	05:30 a.m.	1.1
15/06/2015	06:00 a.m.	2.1
16/06/2015	06:00 a.m.	4.3
17/06/2015	04:30 a.m.	4.6
18/06/2015	06:00 a.m.	2.8
19/06/2015	04:30 a.m.	5.2
20/06/2015	06:00 a.m.	6.3
21/06/2015	06:00 a.m.	-0.4
22/06/2015	05:30 a.m.	0
23/06/2015	06:00 a.m.	-1.9
24/06/2015	06:00 a.m.	-1.8

**Anexo 8: Parcelas seleccionadas de la cruz BUxPMD-638, para los análisis en laboratorio de las características morfológicas de la mazorca**

PARCELA	long. Con panca	largo de la panca externa	ancho de la panca externa	N° de pancas	long. Del pedunculo	Ancho de mazorca	Largo de mazorca	N° de hileras	N° de granos por hilera	Tolerancia	% de daño	Peso de mazorca	Diametro de mazorca	Diametro de coronta	Diametro de raquis	Entrada
1005	23.8	20.3	13.4	8.8	7.3	4.5	10.8	10.2	16.0	3.0	62.0	78.4	46.4	28.6	16.8	89
1010	18.5	16.5	8.7	6.4	4.1	3.6	8.3	9.8	11.3	4.0	33.0	42.9	38.0	22.1	12.4	83
1027	25.0	21.8	12.7	7.6	9.2	4.8	11.2	12.4	13.6	8.0	36.0	96.3	48.8	30.7	17.4	37
1032	22.3	20.9	12.4	7.5	7.0	5.0	11.8	12.6	16.7	5.0	36.5	118.4	51.4	30.8	19.5	75
1042	21.8	19.1	12.4	7.4	7.2	5.0	10.3	14.0	14.6	8.0	21.5	93.3	51.3	32.3	19.3	12
1043	19.9	18.6	11.7	7.7	8.4	5.1	11.1	12.8	16.0	8.0	17.0	94.8	51.3	34.5	23.0	14
1047	22.5	21.8	12.9	8.9	11.4	5.1	12.2	10.2	16.6	5.0	52.0	115.4	51.6	32.1	20.6	15
1048	21.0	20.4	10.4	8.4	8.3	4.3	12.3	9.8	16.8	4.0	67.0	94.4	45.9	29.0	19.0	20
1050	22.1	20.2	12.1	6.8	6.8	4.5	9.9	12.0	14.9	8.0	26.5	76.7	45.7	28.9	16.1	17
1055	20.3	20.2	10.2	6.8	9.0	3.9	12.5	10.0	16.1	7.0	46.0	70.1	41.6	26.2	16.4	43
1057	19.9	18.7	8.7	7.0	4.8	3.1	9.4	9.2	11.7	1.0	90.0	38.9	34.0	22.5	11.9	47
1064	23.4	21.8	11.3	6.9	7.9	4.0	11.6	9.8	15.6	1.0	73.8	76.9	42.0	26.1	16.4	107
1068	17.2	17.6	12.8	5.5	3.8	4.3	9.5	13.2	14.1	7.0	27.0	61.9	45.6	29.5	17.7	104
1073	19.1	19.1	9.7	6.4	5.9	4.2	10.5	12.1	13.4	4.0	42.5	59.0	43.1	29.0	16.2	55
1078	18.0	19.1	13.3	8.3	10.5	5.2	9.9	13.6	14.9	8.0	7.5	111.8	52.6	32.0	20.3	51
1079	17.7	17.9	12.4	7.6	6.5	4.5	9.2	11.8	11.6	7.0	25.0	74.3	46.8	30.4	17.9	53
1095	21.8	20.9	12.7	7.2	9.0	4.5	11.2	12.0	16.6	9.0	47.0	92.3	46.0	29.6	19.0	68
1097	24.0	22.9	12.8	8.3	8.1	4.9	12.0	10.8	15.8	3.0	64.4	94.2	47.4	31.8	20.0	64
1103	20.3	20.0	11.2	7.2	7.6	4.7	10.0	13.8	13.2	7.0	57.0	86.5	47.8	30.9	19.0	21
1104	19.4	18.6	11.3	6.3	4.3	3.7	8.6	10.7	10.7	9.0	50.0	66.3	42.5	26.2	14.2	23
1106	17.1	17.0	10.9	6.1	4.8	4.6	8.8	12.4	13.5	9.0	12.5	53.1	44.4	26.9	15.5	29
1107	22.4	21.4	10.6	6.5	8.5	4.0	12.5	9.8	16.4	3.0	59.0	87.7	45.0	29.1	16.0	25
3008	19.2	20.6	10.4	7.1	7.1	4.8	11.4	12.8	17.1	9.0	31.5	51.4	42.2	28.5	18.1	55
3015	25.0	22.6	10.2	9.5	9.6	4.2	10.8	10.2	18.6	1.0	75.5	94.9	45.3	29.3	18.6	21
3016	21.1	20.3	11.2	9.0	8.6	4.6	11.3	12.8	16.7	9.0	34.0	47.5	107.7	30.0	17.7	75
3017	22.4	21.8	10.9	8.6	9.4	4.4	12.9	9.2	18.0	1.0	70.0	90.4	45.1	29.3	18.0	20
3019	20.3	20.9	11.3	6.8	8.3	4.4	12.7	10.7	17.4	9.0	33.9	89.3	45.6	30.7	18.4	43
3027	21.8	21.4	10.1	8.6	10.7	4.7	11.5	10.8	15.7	7.0	41.5	104.5	46.5	30.4	19.8	68
3028	20.8	21.0	15.7	7.4	10.6	5.5	13.0	12.8	17.7	9.0	26.0	151.0	52.0	31.4	20.7	14
3044	23.3	21.9	10.4	7.3	9.0	4.1	14.5	10.6	17.3	2.0	77.5	98.6	45.3	29.8	17.9	28
3045	20.7	21.2	11.7	7.6	9.1	4.9	12.0	11.2	14.8	9.0	31.0	110.0	50.0	31.6	19.4	17
3050	18.0	19.9	14.0	6.1	6.2	5.0	10.1	13.0	13.9	7.0	15.0	99.3	52.8	33.5	19.3	104
3051	21.3	20.6	11.9	8.8	7.7	5.4	11.9	11.8	16.8	8.0	20.0	135.2	52.5	33.8	20.0	23
3055	16.5	15.4	10.9	6.2	5.5	4.5	8.5	12.2	12.6	9.0	6.1	52.3	44.3	27.1	16.2	12
3065	22.1	19.9	10.5	6.4	6.5	4.0	11.2	10.0	14.7	5.0	62.0	71.8	40.5	25.0	14.7	47
3066	20.9	20.9	13.1	7.5	7.3	5.3	11.5	13.2	14.7	7.0	37.0	122.6	52.8	32.8	20.3	37
3069	19.6	17.9	10.7	7.2	7.1	4.4	9.7	9.2	12.7	2.0	44.0	79.9	44.6	29.1	17.4	15
3075	18.2	17.1	9.1	8.0	5.0	4.5	8.6	12.6	13.1	9.0	16.0	61.3	45.8	26.9	19.5	53
3078	21.5	20.4	11.9	6.7	6.5	4.3	10.6	10.9	13.9	4.0	60.0	76.7	45.7	28.0	15.6	107
3080	19.1	17.5	9.1	7.3	5.7	3.8	9.9	11.0	15.8	1.0	58.0	61.5	43.7	28.1	16.6	64
3088	19.7	18.2	10.6	7.9	6.2	4.1	8.4	12.8	12.1	8.0	23.0	58.3	42.5	25.2	15.0	89
3091	15.9	17.4	12.5	7.6	6.8	4.9	10.8	12.8	16.2	7.0	20.0	93.5	51.1	29.8	17.7	29
3104	21.1	19.8	11.6	8.1	12.3	4.9	10.8	12.8	15.4	8.0	26.5	111.4	49.5	30.5	29.1	51
3108	22.2	21.7	11.1	6.8	8.9	4.4	10.4	10.6	14.5	9.0	13.5	70.8	43.7	24.3	15.0	83

**Anexo 9: Valores estadísticos para las variables de la cruz BU x PMD-638, para las características morfológicas de la mazorca**

Variable	Media	Dev std	Mínimo	Máximo
LCP	20.64	2.20	15.90	25.00
LPEX	19.85	1.77	15.40	22.90
APEX	11.44	1.44	8.70	15.70
NPANCA	7.41	0.92	5.50	9.50
LPED	7.60	1.98	3.80	12.30
AMZ	4.51	0.51	3.10	5.50
LMZ	10.82	1.42	8.30	14.50
NHILE	11.52	1.39	9.20	14.00
NGHIL	14.99	1.94	10.70	18.60
TOL*	9.00	----	1.00	9.0
INC	40.34	21.19	6.10	90.0
PMZ	84.45	24.95	38.90	151.0
DMZ	48.82	12.12	34.00	107.70
DCOR	29.18	2.81	22.10	34.50
DRAQ	17.95	2.83	11.90	29.10

Longitud de mazorca con bráctea (LCP), Longitud de la bráctea externa (LPEX), Ancho de la bráctea externa (APEX), Número de brácteas por mazorca (NPANCA), Longitud de pedúnculo (LPED), Ancho de mazorca (AMZ), Largo de mazorca (LMZ). Número de hileras (NHILE), Número de granos por hilera (NGHIL), Peso de mazorca (PMZ), Diámetro de mazorca (DMZ), Diámetro de coronta (DCOR), Diámetro de raquis (DRAQ).

\* Para la tolerancia (TOL) se tomó la moda y no el promedio.

**Anexo 10: Parcelas seleccionadas de la cruza PMD-638xBU, para los análisis en laboratorio de las características morfológicas de la mazorca**

PARCELA	long. Con panca	largo de la panca externa	ancho de la panca eterna	N° de pancas	long. Del pedunculo	Ancho de mazorca	Largo de mazorca	N° de hileras	N° de granos por hilera	Tolerancia	% de daño	Peso de mazorca	Diametro de mazorca	Diametro de coronta	Diametro de raquis	Entrada
1009	23.2	22.1	10.6	7.8	4.6	3.8	9.9	9.6	11.8	1.0	71.0	51.7	38.8	26.5	16.04	70
1016	24.6	21.6	11.0	8.8	9.4	4.7	11.7	9.8	17.6	5.0	49.0	95.5	45.6	27.1	16.77	28
1018	23.9	21.1	9.6	9.0	7.1	4.5	10.2	10.2	13.6	1.0	52.0	95.1	45.7	27.8	16.36	24
1023	21.5	19.2	11.1	8.8	7.6	3.8	11.4	9.0	13.6	2.0	73.0	75.0	39.5	24.3	14.81	33
1026	23.4	21.4	10.8	9.2	9.2	4.7	10.8	10.4	16.0	7.0	36.5	98.0	45.9	29.3	17.98	40
1028	23.2	22.3	12.6	9.4	8.4	4.5	13.4	9.0	16.6	6.0	71.0	97.1	43.7	28.3	17.51	39
1029	20.4	20.1	11.7	8.6	6.6	4.5	11.9	8.8	16.0	7.0	50.5	89.8	42.2	24.5	16.02	32
1033	23.4	19.7	9.2	10.2	9.5	4.1	12.2	8.9	15.8	4.0	52.8	93.9	42.7	22.9	15.70	76
1039	20.0	19.3	11.8	7.9	5.2	4.2	10.3	9.4	16.0	8.0	61.5	75.0	43.5	22.4	14.97	75
1043	19.0	19.1	12.6	7.8	5.2	4.3	11.1	10.1	15.0	5.0	60.6	84.2	44.5	22.3	15.31	4
1057	22.4	22.3	11.9	9.1	7.6	4.3	10.0	10.0	10.9	3.0	70.0	76.4	44.4	23.2	15.52	12
1067	21.4	18.0	8.7	9.8	6.9	4.3	11.4	9.6	16.7	7.0	47.8	97.9	44.9	22.6	16.40	87
1072	24.2	19.7	8.9	9.7	9.5	4.7	14.2	10.0	20.0	3.0	74.2	112.7	45.8	23.5	15.82	98
1073	24.9	22.7	9.8	10.3	9.8	4.5	12.7	10.0	18.0	5.0	52.5	105.6	47.9	23.5	18.12	92
1077	24.4	22.0	11.3	7.5	7.1	4.2	10.3	9.7	17.5	6.0	53.3	84.5	45.2	22.9	17.46	95
1088	21.7	21.3	12.7	7.2	5.1	4.3	10.7	9.4	14.4	4.0	48.5	76.6	43.5	22.4	17.47	49
1089	21.3	20.3	12.7	8.8	5.3	4.3	12.0	10.2	16.8	6.0	53.9	100.3	45.8	23.5	18.08	42
1090	25.0	21.4	8.0	7.2	6.2	3.0	12.4	8.0	17.8	1.0	82.0	34.3	33.3	21.7	13.95	48
1099	23.3	21.4	13.7	9.1	10.2	4.9	12.6	9.8	17.6	8.0	30.0	125.1	51.5	30.9	23.70	58
1100	24.8	22.9	8.5	8.5	12.3	5.4	13.9	11.2	16.4	8.0	36.0	140.1	55.2	32.0	24.28	55
3001	23.7	22.8	9.7	7.6	10.0	4.6	12.8	10.4	19.1	3.0	59.5	109.3	48.9	27.7	19.37	55
3002	24.9	22.5	11.4	6.6	6.3	4.4	11.1	9.1	16.0	7.0	56.4	85.7	46.1	28.9	20.52	75
3006	24.3	22.4	9.7	7.6	6.2	3.6	10.2	9.0	15.0	1.0	76.9	53.7	37.3	24.7	19.09	95
3020	19.8	17.0	8.0	6.6	5.1	3.4	8.8	8.4	14.2	1.0	74.0	61.3	40.4	23.1	15.13	87
3024	22.4	21.9	10.6	8.3	5.2	4.1	12.6	9.0	17.5	1.0	68.8	43.7	43.7	24.7	18.37	70
3026	20.4	18.5	10.6	7.5	6.2	4.3	10.5	8.7	17.0	8.0	46.5	80.4	44.6	26.4	18.03	40
3034	24.8	20.2	8.9	8.9	9.7	3.6	10.9	9.0	14.7	7.0	37.5	66.6	38.7	22.1	15.76	76
3041	21.2	17.8	9.5	8.3	6.9	4.1	9.5	10.2	16.5	8.0	64.5	80.1	43.7	25.1	18.65	12
3047	27.3	23.3	11.7	8.3	8.7	4.8	12.8	10.0	17.7	7.0	30.0	123.6	50.4	29.5	19.82	92
3049	19.8	18.4	9.0	8.6	5.0	3.6	9.2	9.8	14.7	4.0	61.0	57.6	40.0	22.2	15.66	32
3050	21.8	19.8	8.7	8.4	5.9	3.6	10.1	9.8	16.8	8.0	59.5	64.2	39.5	21.8	15.94	42
3056	23.4	22.4	12.3	8.6	8.2	4.7	10.8	10.0	16.3	8.0	21.0	107.3	50.5	30.9	21.56	24
3057	18.0	17.7	11.2	9.9	7.5	6.0	11.9	9.8	17.4	1.0	80.5	75.7	42.4	24.1	19.01	4
3062	22.0	20.4	11.0	9.4	7.7	4.1	12.4	10.9	17.6	2.0	76.7	87.1	43.1	26.8	18.73	98
3064	22.9	22.0	7.5	8.2	7.8	2.9	11.7	8.0	11.2	1.0	93.3	37.0	32.5	21.6	15.33	48
3066	22.8	20.3	10.9	8.9	8.6	4.5	10.8	10.0	17.1	8.0	35.0	99.3	46.9	26.6	18.39	28
3070	22.2	20.9	12.9	8.1	8.6	4.4	10.4	10.0	18.0	7.0	44.0	82.0	45.6	26.2	18.41	58
3079	20.3	19.7	11.9	8.5	6.7	4.2	11.2	9.6	17.4	8.0	47.5	93.1	41.3	25.6	17.23	33
3091	22.8	21.7	9.7	10.8	10.4	4.6	12.8	10.6	21.4	1.0	78.5	108.1	45.1	26.1	18.52	39
3092	25.7	24.0	10.0	8.5	11.3	4.1	13.6	10.0	19.3	1.0	75.5	89.5	41.9	24.0	17.81	49

**Anexo 11: Valores estadísticos para las variables de la cruza PMD-638 x BU, para las características morfológicas de la mazorca**

Variable	Media	Dev std	Mínimo	Máximo
LCP	22.66	2.00	18.00	27.30
LPEX	20.79	1.72	17.00	24.00
APEX	10.56	1.56	7.50	13.70
NPANCA	8.58	0.96	6.60	10.80
LPED	7.62	1.94	4.60	12.30
AMZ	4.27	0.57	2.90	6.00
LMZ	11.43	1.31	8.80	14.20
NHILE	9.64	0.71	8.00	11.20
NGHIL	16.33	2.18	10.90	21.40
TOL*	1.00	----	1.00	8.00
INC	57.82	16.73	21.00	93.30
PMZ	85.35	23.48	34.30	140.10
DMZ	43.81	4.46	32.50	55.20
DCOR	25.24	2.84	21.60	32.00
DRAQ	17.59	2.26	13.95	24.28

Longitud de mazorca con bráctea (LCP), Longitud de la bráctea externa (LPEX), Ancho de la bráctea externa (APEX), Número de brácteas por mazorca (NPANCA), Longitud de pedúnculo (LPED), Ancho de mazorca (AMZ), Largo de mazorca (LMZ). Número de hileras (NHILE), Número de granos por hilera (NGHIL), Peso de mazorca (PMZ), Diámetro de mazorca (DMZ), Diámetro de coronta (DCOR), Diámetro de raquis (DRAQ).

\* Para la tolerancia (TOL) se tomó la moda y no el promedio.