

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**GRADOS DE TEMPERATURA, INTENSIDADES DE LUZ Y
PORCENTAJES DE HUMEDAD RELATIVA EN LA
GERMINACIÓN DE LA CAÑIHUA (*Chenopodium canihua* Cook)**
TESIS

PRESENTADA POR:

BLADIMIR CRUZ CALIZAYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

GRADOS DE TEMPERATURA, INTENSIDADES DE LUZ Y PORCENTAJES DE HUMEDAD RELATIVA EN LA GERMINACIÓN DE LA CAÑIHUA

(*Chenopodium canihua* Cook)

TESIS PRESENTADA POR:

BLADIMIR CRUZ CALIZAYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

D.Sc. Eleodoro Placido Chahuares Velásquez

PRIMER MIEMBRO

Ing. Mario Ángel Solano Larico

SEGUNDO MIEMBRO

Dr. Félix Alonso Astete Maldonado

DIRECTOR/ASESOR

D.Sc. Ernesto Javier Chura Yupanqui

Área : Ciencias Agrícolas

Tema : Manejo Agronómico de Cultivos

FECHA DE SUSTENTACION: 15 DE AGOSTO DEL 2019

DEDICATORIA

*A Dios por darme la vida y bendición,
otorgándome la oportunidad de vivir y
por estar conmigo en cada paso que
doy y alcanzar mis metas trazadas.*

*A mis padres, Modesto Cruz Acero y
Bernardina Calizaya Ramos, por el apoyo
incondicional en mi formación profesional,
a mi hermano Henry Cruz Calizaya y a mi
hermana Soledad Cruz Calizaya, gracias
por su apoyo incondicional.*

*Al Dr. Ernesto Javier Chura Yupanqui
por su gran colaboración y confianza
necesaria para realizar el presente
trabajo de investigación.*

Bladimir.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por acogerme y haberme formado profesional en esta casa superior de estudios

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por guiarme y enseñarme durante los años de estudio.

A los miembros del jurado: D.Sc. Eleodoro Placido Chahuares Velásquez, Ing. Mario Ángel Solano Larico y Dr. Félix Alonso Astete Maldonado, por su riguridad, correcciones y comprensión.

Al personal administrativo de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano, por las facilidades brindadas en los laboratorios durante mi formación profesional.

Bladimir.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
I. INTRODUCCIÓN	18
II. REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1. Origen de la cañihua.....	21
2.2. Posición taxonómica	22
2.3. Descripción botánica	22
2.4. Morfología de las semillas de canihua	22
2.5. Variabilidad genética.....	23
2.5.1. <i>Chenopodium canihua</i> variedad Cupi	23
2.5.2. <i>Chenopodium canihua</i> Variedad Ramis	24
2.5.3. <i>Chenopodium canihua</i> Variedad Illpa INIA 406	25
2.6. Valor nutritivo de la canihua	26
2.7. La germinación de las semillas	26
2.7.1. La germinación en los cultivos.....	29
2.8. Factores externos en el proceso del germinado.....	30
2.8.1. Humedad.....	31
2.8.2. Temperatura.....	31
2.8.3. Luz.....	33
2.8.4. Oxígeno	33
2.9. Dormancia de semillas	34
2.10. Factores internos en el proceso del germinado	34
2.11. Poder germinativo	35
2.12. Vigor de la semilla	36
2.13. Energía germinativa	36
2.14. Valor cultural.....	37
2.15. Pureza de la semilla.....	37
2.16. Antecedentes de investigación	39
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1. Localización	42
3.2. Material experimental	42

3.3. Factores en estudio	42
3.4. Características del estudio	42
3.5. Diseño estadístico.....	42
3.6. Modelo	43
3.7. Metodología del experimento.....	43
3.8. Características del equipo germinador	44
3.9. Variable respuesta	44
3.9.1. Germinación	44
3.9.2. Energía germinativa.....	45
3.10. Análisis estadísticos	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. Análisis de germinación a las 24 horas de evaluación	46
4.1.1. Efecto de la temperatura en la germinación de cañihua	47
4.1.2. Efecto de la humedad en la germinación de cañihua	48
4.1.3. Efecto de la Intensidad de luz en la germinación de cañihua.....	48
4.1.4. Efecto de la temperatura y humedad en la germinación de cañihua ..	49
4.1.5. Efecto de humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua	50
4.1.6. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua	51
4.2. Análisis de germinación a las 48 horas de evaluación	53
4.2.1. Efecto de la temperatura en la germinación de cañihua	54
4.2.2. Efecto de la humedad en la germinación de cañihua	55
4.2.3. Efecto de la Intensidad de luz en la germinación de cañihua.....	56
4.2.4. Efecto de la temperatura y humedad en la germinación de cañihua ..	57
4.2.5. Efecto de temperatura e Intensidad de luz en la germinación de cañihua.....	58
4.2.6. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua	59
4.3. Análisis de germinación a las 72 horas de evaluación	60
4.3.1. Efecto de la temperatura en la germinación de cañihua	61
4.3.2. Efecto de la humedad en la germinación de cañihua	62
4.3.3. Efecto de la Intensidad de luz en la germinación de cañihua.....	63

4.3.4.	Efecto de la temperatura y humedad en la germinación de cañihua ..	64
4.3.5.	Efecto de temperatura e Intensidad de luz en la germinación de cañihua.....	65
4.3.6.	Efecto de humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua	66
4.3.7.	Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua	67
4.4.	Características físicas de las semillas de canihua procedente de muestras para los tratamientos en estudio.....	69
4.5.	Energía germinativa y valor cultural	70
4.5.1.	Energía germinativa a las 48 horas.....	70
4.5.1.1.	Efecto de la temperatura en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas	70
4.5.1.2.	Efecto de la humedad en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas	71
4.5.1.3.	Efecto de la Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas	72
4.5.1.4.	Efecto de la temperatura y humedad en la energía germinativa de cañihua.....	73
4.5.1.5.	Efecto de temperatura e Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua	74
4.5.1.6.	Efecto de humedad e Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas	75
4.5.1.7.	Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas	76
4.5.2.	Valor cultural.....	77
4.5.2.1.	Efecto de la temperatura en el valor cultural de cañihua	78
4.5.2.2.	Efecto de la humedad en el valor cultural de cañihua.....	79
4.5.2.3.	Efecto de la Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua	80
4.5.2.4.	Efecto de la temperatura y humedad en el valor cultural de cañihua	

4.5.2.5. Efecto de temperatura e Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua.....	81
4.5.2.6. Efecto de humedad e Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua.....	82
4.5.2.7. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua.....	83
4.5.3. Promedio de poder germinativa, energía germinativa y valor cultural	84
V. CONCLUSIONES.....	87
VI. RECOMENDACIONES.....	88
VII. REFERENCIAS.....	89
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Efecto del factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.	47
Figura 2. Efecto del factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.	48
Figura 3. Efecto del factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.	49
Figura 4. Efecto del factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.	50
Figura 5. Efecto del factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.	51
Figura 6. Efecto del factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.	53
Figura 7. Efecto del factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.	54
Figura 8. Efecto del factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.	55
Figura 9. Efecto del factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.	56
Figura 10. Efecto del factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.	57
Figura 11. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.	59
Figura 12. Efecto del factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.	60
Figura 13. Efecto del factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.	62
Figura 14. Efecto del factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.	63
Figura 15. Efecto del factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.	64

Figura 16. Efecto del factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.	65
Figura 17. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.....	66
Figura 18. Efecto del factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.....	67
Figura 19. Efecto del factor para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72horas de evaluación.	69
Figura 20. Efecto del factor temperatura sobre sobre energía germinativa a las 48 horas.	71
Figura 21. Efecto del factor humedad sobre sobre energía germinativa a las 48 horas..	72
Figura 22. Efecto del factor Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas	73
Figura 23. Efecto del factor temperatura y humedad sobre sobre energía germinativa a las 48 horas	73
Figura 24. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas.....	75
Figura 25. Efecto del factor humedad e Intensidad de sobre energía germinativa a las 48 horas	76
Figura 26. Efecto del factor para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas	77
Figura 27. Efecto del factor temperatura sobre sobre valor cultural.	79
Figura 28. Efecto del factor humedad sobre sobre valor cultural.	79
Figura 29. Efecto del factor Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.	80
Figura 30. Efecto del factor temperatura y humedad sobre sobre valor cultural.....	81
Figura 31. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.	82
Figura 32. Efecto del factor humedad e Intensidad de sobre valor cultural.	83
Figura 33. Efecto del factor para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre Valor Cultural.....	84
Figura 34. Poder Germinativo, Valor Cultural y Energía Germinativa de los tratamientos en estudio.	85
Figura 35. Germinadoras usadas para la investigación.....	97

Figura 36. Preparado de los tratamientos en estudio	97
Figura 37. Tratamientos en estudio sin intensidad de luz.....	97
Figura 38. Tratamientos en estudio con luz	98
Figura 39. Tratamientos en estudio sin luz a las 24 horas de evaluación	98
Figura 40. Evaluación de germinación a las 48 horas sin luz.....	99
Figura 41. Evaluación de germinación a las 72 horas con luz.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de varianza para porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.....	46
Tabla 2. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación	47
Tabla 3. Prueba de Tukey para factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación	48
Tabla 4. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación	49
Tabla 5. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación	50
Tabla 6. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación	51
Tabla 7. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación	52
Tabla 8. Análisis de varianza para porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.....	54
Tabla 9. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación	54
Tabla 10. Prueba de Tukey para factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación	55
Tabla 11. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación	56
Tabla 12. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación	57
Tabla 13. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación	58
Tabla 14. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación	59
Tabla 15. Análisis de varianza para porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.....	61

Tabla 16. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.....	61
Tabla 17. Prueba de Tukey para factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación	62
Tabla 18. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación	63
Tabla 19. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación	64
Tabla 20. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación	65
Tabla 21. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación	67
Tabla 22. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación	68
Tabla 23. Características físicas de semillas de canihua por tratamiento	69
Tabla 24. Análisis de varianza para energía germinativa a las 48 horas	70
Tabla 25. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre energía germinativa a las 48 horas.	71
Tabla 26. Prueba de Tukey para factor humedad sobre sobre energía germinativa a las 48 horas	71
Tabla 27. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas	72
Tabla 28. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre energía germinativa a las 48 horas	73
Tabla 29. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas	74
Tabla 30. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre energía germinativa a las 48 horas	75
Tabla 31. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas	76
Tabla 32. Análisis de varianza para valor cultural.....	78
Tabla 33. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre valor cultural	78
Tabla 34. Prueba de Tukey para factor humedad sobre sobre valor cultural.....	79

Tabla 35. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.	80
Tabla 36. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre valor cultural. ...	81
Tabla 37. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.....	82
Tabla 38. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre valor cultural.	83
Tabla 39. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.....	84
Tabla 40. Datos evaluados de número de semillas germinadas a las 24 horas de evaluación.....	94
Tabla 41. Datos evaluados de número de semillas germinadas a las 48 horas de evaluación.....	94
Tabla 42. Datos evaluados de número de semillas germinadas a las 72 horas de evaluación.....	95
Tabla 43. Datos evaluados de energía germinativa.	95
Tabla 44. Datos evaluados de valor cultural.....	96

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

F.V. = Fuente de variación

Fc = F calculada

G.L. = Grados de libertad

C.M. = Cuadrados medios

CV = Coeficiente de variación o coeficiente de variabilidad

S.C. = Suma de cuadrados

n.s. = No significativo

* = Es significativo

** = Es altamente significativo

RESUMEN

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Los objetivos fueron: 1) Evaluar el efecto de la temperatura a 15°C y 35 °C en la germinación de cañihua, 2) Evaluar el efecto de la humedad a 75% y 95%) en la germinación de cañihua y 3) Evaluar el efecto de la intensidad de luz (permanente y oscura) en la germinación de cañihua. Como material experimental, se utilizaron semillas de cañihua variedad Cupi procedentes del CIP Illpa, perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano. Los factores en estudio fueron dos rangos de temperatura (15 y 35°C), dos rangos de humedad (75 y 95%) y dos intensidades de luz permanente (con Intensidad de Luz y sin luz). Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el diseño irrestricto al azar, con un arreglo factorial de 2x2x2 haciendo un total de 8 tratamientos, y 4 repeticiones con un total de 32 unidades experimentales. La germinación se realizó en placas Petri en las que se colocaron 100 semillas utilizando como sustrato el papel filtro; en cuanto a las evaluaciones de las variables de respuesta se realizó diariamente hasta que culmine la geminación de las semillas de las unidades experimentales. Los resultados obtenidos fueron 1) La mejor temperatura para la germinación de cañihua fue la de 15°C donde se obtuvo 97.44% de porcentaje de germinación a comparación con la temperatura de 35°C donde se tuvo solo el 88.19% de porcentaje de germinación, 2) En humedad , la mejor germinación de cañihua se produjo con 95% de humedad relativa que se obtuvo 96.00% de porcentaje de germinación diferenciándose de la germinación con la humedad relativa del 75% que produjo 88.63% de porcentaje de germinación y 3) Respecto a la intensidad de luz, la mejor intensidad de luz fue con Intensidad de Luz permanente con el que se obtuvo 94.19% de porcentaje de germinación a comparación sin intensidad de luz, con el que se obtuvo 91.44% de porcentaje de germinación. Además, el tratamiento conformado por la temperatura de 15°C, más la humedad del 95% y sin intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 98.75%, seguido del tratamiento conformado por la temperatura de 15°C, más la humedad del 75% y sin intensidad de luz tuvo un porcentaje de germinación del 98.50%.

Palabras Clave: Cañihua, Germinación, Humedad, Luz, Temperatura.

ABSTRACT

The research work was carried out in the pasture and forage laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of the Altiplano-Puno. The objectives were: a) Evaluate the effect of temperature at 15°C and 35°C on the germination of cañihua, b) Evaluate the effect of humidity at 75% and 95%) on the germination of cañihua and c) Evaluate the effect of light intensity (permanent and dark) in the germination of cañihua. As experimental material, Cupi cane seeds from CIP Illpa, belonging to the National University of the Altiplano, were used. The factors under study were two temperature ranges (15 and 35°C), two humidity ranges (75 and 95%) and two light intensities (with Light Intensity and no light). For the statistical analysis of the data the random unrestricted design was used, with a factorial arrangement of 2x2x2 making a total of 8 treatments, and 4 repetitions with a total of 32 experimental units. Germination was carried out in Petri dishes in which 100 seeds were sown using filter paper as a substrate; As for the evaluations of the response variables, it was carried out daily until the germination of the seeds of the experimental units is completed. The results obtained were a) The best temperature for the germination of cañihua was that of 15°C with which 97.44% of germination percentage was obtained compared to the temperature of 35°C with which 88.19% of germination percentage was obtained, b) In relative humidity, the best germination of cañihua was produced with 95% relative humidity, which obtained 96.00% germination percentage, differing from the relative humidity of 75% that produced 88.63% germination percentage and c) Regarding the light intensity, the best light intensity was with Light Intensity with which 94.19% of germination percentage was obtained compared to no light intensity, with which 91.44% of germination percentage was obtained. In addition, the treatment conformed by the temperature of 15°C, plus the humidity of 95% and without light intensity had a higher germination percentage with 98.75%, followed by the treatment conformed by the temperature of 15°C, plus the humidity of 75% and without intensity of light had a germination percentage of 98.50%.

Keywords: canihua, germination, humidity, light, temperature.

I. INTRODUCCIÓN

La germinación y la emergencia son las dos etapas más importantes en el ciclo de vida de las plantas. Estas determinan el eficiente uso de los nutrientes y captación de agua disponible para las plantas, para que puedan competir por un nicho ecológico. Adverso a la germinación y la emergencia, afectan directamente en el desarrollo y sobrevivencia de las plántulas. La germinación es el proceso en el que se forma una planta a partir de una semilla, abarcando todos los eventos que van desde la reactivación de la maquinaria metabólica en la semilla hasta la emergencia de la radícula y plúmula (Bewley y Bradford, 2013).

Los eventos de germinación y emergencia son controlados por factores propios de la semilla (intrínsecos) y por las características del entorno (extrínsecos). Los factores intrínsecos influyen tanto en el estado de la semilla en el momento de su maduración, como cualquier cambio fisiológico, morfológico y físico que precede a la germinación. De todos los factores involucrados, la dormancia y viabilidad de semillas son las que influyen en mayor grado en este proceso. La dormancia es un mecanismo que impide a la semilla germinar en un espacio y tiempo específicos, por lo general, cuando las condiciones ambientales no son propicias para la germinación. Este mecanismo involucra cambios en diferentes aspectos de la semilla, tanto físicos como bioquímicos. En la mayoría de los casos, involucra el engrosamiento de la cubierta de la semilla y la impermeabilización de la misma con la finalidad de impedir la entrada de agua y oxígeno e impedir que el embrión se expanda durante la germinación (Adkins *et al.*, 2007).

Los factores ambientales, como la temperatura, la intensidad de luz y la disponibilidad de agua son conocidos por tener un rol clave en los eventos de germinación y emergencia. De todos los factores involucrados, la temperatura juega un papel importante en la determinación de la periodicidad de la germinación de semillas y, por tanto, afecta las tasas de crecimiento y el metabolismo celular en el embrión. Estudios han demostrado que la tasa de germinación aumenta linealmente con la temperatura, al menos en un rango establecido, y disminuye bruscamente a temperaturas más altas. Adicionalmente, se sabe que no todas las semillas germinan en el mismo rango de temperaturas, incluso las que provienen de una misma planta. Es por esto que no

sorprende que los eventos germinativos asociados a eventos térmicos estén relacionados con la distribución ecológica y geográfica de especies y ecotipos. Por lo general, las semillas presentan un rango de temperatura óptimo dentro del cual pueden germinar. Comúnmente, este rango está entre los 18°C y 25°C, aunque hay otras especies que necesitan temperaturas por encima de los 28°C o por debajo de los 4°C, e incluso algunas necesitan alternancias abruptas en la temperatura para poder germinar (Baskin y Baskin, 2014).

Entre las principales limitaciones que presenta este cultivo está la alta mortalidad de plántulas debido a las duras condiciones ambientales. Las heladas nocturnas y el retraso de las lluvias son las principales causas de mortalidad temprana, y en la mayoría de los casos, obliga a los productores a resembrar. Teniendo en cuenta que el inicio de la germinación de semillas es un factor clave en la supervivencia y establecimiento de plantas, y que predecir el momento de la emergencia de las plántulas es un componente crítico en el manejo de cultivos, sería de gran interés entender cómo estos eventos se ven afectados por las condiciones ambientales. Cabe destacar que, aunque existe un interés comercial que ha ido creciendo en los últimos 10 años, aspectos como los mencionados anteriormente no se han estudiado aún. Si bien existen trabajos asociados con el manejo agronómico del cultivo, hasta la fecha existen muy pocos trabajos que estén enfocados en las primeras fases de desarrollo de la cañihua.

En este trabajo se determinara el efecto de la temperatura, luz y la humedad en la germinación de semillas de cañihua, ya que esta fase del cultivo es primordial para el éxito de otras fases fenológicas, ya que hoy en día vivimos un tiempo cambiante; ya que no encontramos estudios sobre la influencia de la temperatura, luz y humedad en la germinación de cañihua, consideramos que conocer las condiciones ideales de estos factores para garantizar la germinación es elemental para agricultores, estudiantes y técnicos dedicados al estudio de este cultivos.

Objetivo general

Determinar el efecto de diferentes grados de temperatura, intensidades de luz y porcentajes de humedad en la germinación de la cañihua

(Chenopodium canihua Cook)

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la Temperatura a 15°C y 35 °C en la germinación de cañihua.
- Evaluar el efecto de la intensidad de luz (permanente y oscura) en la germinación de cañihua.
- Evaluar el efecto de la humedad a 75% y 95% en la germinación de cañihua.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen de la cañihua

La cañihua es originaria de los Andes del Sur del Perú y de Bolivia, propia del Altiplano andino, fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanaco, en la meseta del Collao. Se distribuye en las regiones semiáridas más altas de los Andes centrales en Perú y Bolivia con mayor concentración en la región del Altiplano, en donde se producen para la alimentación humana en altitudes entre 3800 y 4300 m.s.n.m. siendo muy resistente al frío en sus diferentes fases fenológicas. (Hernández y León 1992)

La hoya del Lago Titicaca entre Perú y Bolivia, se considera como el sub-centro de origen, habiéndose encontrado una mayor variabilidad genética en la zona de Cupi Macari en la Provincia de Melgar, Departamento de Puno-Perú, otro sub-centro de origen se considera a la zona de Cochabamba-Bolivia. (Mujica, *et al* 2002).

El cultivo de la cañihua se concentra principalmente en la zona norte del Altiplano peruano en la provincia de Melgar, departamento de Puno, encontrándose áreas de distribución más pequeñas hasta el norte del departamento de Oruro, también se ha encontrado una menor área de distribución en las zonas altas del departamento de Cochabamba en Bolivia (Lescano, 1997).

El cultivo esta expandido en las zonas altas de Arequipa, Cusco y el Altiplano de la Región Puno, a altitudes de 3812 a 4100 msnm. A pesar de ser el Altiplano Perú-Bolivia, el centro de origen de esta especie y contar con gran variedad genética y morfológica, no se cuenta con variedades comerciales que satisfagan las expectativas de los agricultores y la agroindustria y es producida con la aplicación de criterios y tecnología tradicional, las mismas que se traducen en bajos rendimientos generando así niveles mínimos de ingresos económicos a los agricultores dedicados al cultivo de cañihua (Apaza, 2010).

2.2. Posición taxonómica

La cañihua está considerada dentro de la siguiente clasificación botánica, según el sistema de Adolph Engler, citado por Solano (2017):

Reino : Vegetal
Sub reino : Phanerogamae
División : Angiospermae
Clase : Dicotyledoneae
Sub clase : Archychlamydeae
Orden : Centrospermales
Familia : Chenopodiaceae
Género : *Chenopodium*
Especie : *Chenopodium canihua Cook*

2.3. Descripción Botánica

La cañihua es una planta terofita herbácea de porte bajo, de 20 a 80 cm de alto, erguida o ramificada, cuyo fruto es un aquenio más pequeño que la quinua, cubierto de un perigonio y con ausencia de saponina, de forma lenticular de uno a 1,2 mm, a su vez (Hernández y León, 1992) manifiestan que el diámetro del grano es de 0,5 a 1,5 mm de diámetro. Existe una gran variación de colores y estos se relacionan con su mayor o menor resistencia a las heladas, los de colores claros, blancos, amarillos y anaranjados, resisten menos que las de colores oscuros, como las moradas, rojas o negras.

Sinonimias.- La cañihua, botánicamente es conocida como *Chenopodium pallidicaule* Aellen, en el Perú se le conoce como Kanihua y en Bolivia como canahua; en el altiplano de Perú es conocido con diferentes nombres según el idioma, las zonas homogéneas de producción y el uso; así en quechua se denomina kanihua. canahua, canigua qaniua y en aymara como kanahua, canihua, canahua, Kanihua.

2.4. Morfología de las semillas de cañihua

El grano no contiene saponina, es de forma subcilíndrica, cónica, sublenticular, subcónica y subelipsoidal de 1.0 a 1.2 mm de diámetro, el embrión es curvo y periforme, el epispermo muy fino y puntiagudo de color negro, castaño o castaño claro. El fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris de pericarpio muy fino y translúcido.

Las semillas no presentan dormancia y pueden germinar sobre la propia planta al tener humedad suficiente (Apaza, 2010).

2.5. Variabilidad genética

La cañihua tiene una gran variabilidad genética bien representada en la colección de la Estación Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno). Consiste en 339 accesiones de Perú y 26 accesiones de Bolivia. (Lescano, 1997).

Una variedad de cañihua es definida como un grupo de plantas similares que debido a sus características morfológicas y comportamiento, se puede diferenciar de otras a sus características morfológicas y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie. Como la cañihua es una planta con una tasa de autofecundación entre 64 y 89%, las variedades mejoradas pueden obtenerse por los métodos de selección, considerando su gran variabilidad genética (INIA, 2004).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha logrado obtener las variedades Ramis, Cupi e Illpa INIA, consideradas como las primeras obtenidas mediante los métodos de mejoramiento por selección individual (panoja surco) y estudios de estabilidad de rendimiento (INIA, 2004).

A continuación, describimos las características más sobresalientes de las tres variedades de cañihua (Apaza, 2010):

2.5.1. *Chenopodium canihua* Var. Cupi

- Hábito de crecimiento: Saiwa
- Altura de planta 60 cm.
- Diámetro del tallo central medido en la parte media del tercio inferior de la planta en madurez fisiológica: 4.0 mm.
- Color de estrías: púrpura pálido.
- Color del tallo en madurez fisiológica de la planta: púrpura pálido.
- Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta: nueve.
- Cobertura vegetativa medida en madurez fisiológica, considerando la cobertura más ancha de la planta: 24 cm.

- Forma de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: ancha ovada.
- Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 5 a 6.
- Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración: siete mm.
- Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.62 cm.
- Ancho máximo de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.40 cm.
- Color de la hoja a la madurez fisiológica: púrpura pálido.
- Grado de dehiscencia cuando alcanza a la madurez fisiológica: regular.
- Aspecto del perigonio la madurez fisiológica: cerrado.
- Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica: gris crema suave.
- Color del epispermo: café claro.
- Diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm.
- Peso de 1000 granos 0.5510 g (Apaza, 2010).

2.5.2. *Chenopodium canihua* Var. Ramis

- Hábito de crecimiento de la planta: Saiwa
- Altura de planta: 52 cm. Diámetro del tallo central: 4.5 mm.
- Color de estrías: púrpura.
- Color del tallo en madurez fisiológica: púrpura.
- Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta: 15.
- Cobertura vegetativa medida a la madurez fisiológica, considerando la cobertura más ancha de la planta: 26 cm.
- Forma de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: ancha ovada.
- Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 3 a 5.
- Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración: 8 mm.
- Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 2.03 cm.

- Ancho máximo de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.70 cm.
- Color de la hoja a la madurez fisiológica: púrpura pálido.
- Grado de dehiscencia cuando alcanza la madurez fisiológica: ligera.
- Aspecto del perigonio a la madurez fisiológica: semiabierto.
- Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica: gris oscuro.
- Color del epispermo: café oscuro.
- Diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.1 a 1.2 mm.
- Peso de 1000 granos 0.8566 g (Apaza, 2010).

2.5.3. *Chenopodium canihua* Var. Illpa INIA 406

- Hábito de crecimiento de la planta: Saiwa.
- Altura de planta: 67 cm.
- Diámetro del tallo central: 5.0 mm.
- Color de estrías: rojo.
- Color del tallo en madurez fisiológica: anaranjado.
- Número de ramas primarias desde la base hasta el segundo tercio de la planta: 33.
- Cobertura vegetativa medida a la madurez fisiológica considerando la cobertura más ancha de la planta: 31 cm.
- Forma de lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: ancha ovada.
- Número de dientes de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 5 a 7.
- Longitud del peciolo de hojas del tercio medio de la planta en plena floración: 12 mm.
- Longitud máxima de la lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 2.40 cm.
- Ancho máximo de lámina foliar del tercio medio de la planta en plena floración: 1.73 cm.
- Color de la hoja a la madurez fisiológica: anaranjado.
- Grado de dehiscencia cuando alcanza la madurez fisiológica: ligera.
- Aspecto del perigonio en la madurez fisiológica: Cerrado.
- Color del perigonio registrado a la madurez fisiológica: crema suave.
- Color del epispermo: café claro.

- Diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm.
- Peso de 1000 granos: 0.5511 g (Apaza, 2010).

2.6. Valor nutritivo de la cañihua

El grano de cañihua tiene un elevado contenido en proteínas de 15 a 19 % y al igual que la quinua tiene una proporción importante de aminoácidos azufrados. A su vez se distinguen por su buen contenido de minerales, pero su verdadero valor radica en la calidad de la proteína, estos granos contienen aproximadamente el doble de lisina y metionina que los cereales como trigo, arroz, maíz y cebada, a su vez la canihua tiene la ventaja de no poseer saponinas, a diferencia de la quinua, lo cual facilita su utilización y calidad nutricional. (FAO, 2000).

En la composición química de la canihua, existe una gran variación en la composición química de estos granos, la que depende de su variedad genética, edad de maduración de la planta, localización del cultivo y la fertilidad del suelo. (FAO, 2000).

El valor nutritivo de una proteína depende de la medida en que aporte las cantidades de nitrógeno y aminoácidos requeridas para satisfacer las necesidades del organismo. Así pues, en teoría, evaluar la calidad de una proteína consiste en comparar el contenido de aminoácidos de un alimento y las necesidades de aminoácidos del cuerpo humano. El grano de cañihua al igual que la quinua y la kiwicha, presenta una proporción importante de aminoácidos azufrados. (Mujica, *et al* 2002). El Contenido de Aminoácidos esenciales de la cañihua, es de vital importancia para efectuar una comparación con el patrón de aminoácidos esenciales para todas las edades a excepción de los menores de un año. (Huanatico, 2008).

2.7. La germinación de las semillas

La germinación es un proceso que puede abarcar diferentes periodos, de manera que quedaría definido como aquel periodo que comienza con la imbibición de la semilla seca y que concluye con la elongación del eje embrionario; en otras palabras la germinación es el proceso mediante el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en una planta. La señal visible que indica el final de la germinación, es la emergencia de la radícula y los procesos que ocurren posteriormente, incluida la movilización de las

sustancias de reserva, están relacionados con el crecimiento de la plántula (Bewley, 1997).

Se denomina germinación a los eventos que comienzan con la entrada de agua a la semilla y terminan con la elongación del eje embrionario hasta la emergencia radicular (Bewle y Black, 1994). La entrada de agua a la semilla muestra un patrón trifásico. La fase I o de imbibición corresponde a la entrada inicial de agua asociada a la acción de las fuerzas mátricas de las paredes celulares y los contenidos celulares de las semillas secas que pueden alcanzar potenciales agua de hasta -100 MPa. En esta etapa, la entrada de agua es independiente de que la semilla esté despierta o dormida, viable o no viable, incrementándose el tamaño de la semilla de 2 a 3 veces. Se producen cambios estructurales a nivel de membranas y se inician los procesos de reparación de la maquinaria metabólica. Durante la fase II, la entrada de agua a la semilla se estabiliza y ocurren numerosos procesos metabólicos para permitir los procesos post-germinativos. El inicio de la fase III está asociado a la emergencia de la radícula a través de las estructuras que recubren al embrión. En esta fase, se observa un nuevo ingreso de agua a la semilla. En condiciones naturales, el grado de imbibición está determinado por las características de la semilla, el tipo de suelo y el grado de contacto entre ambos (Harper, 1977).

Para que la germinación tenga lugar, es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula. Sin embargo, hay ocasiones en las que la semilla es incapaz de germinar a pesar de que las condiciones para ello sean las adecuadas, debido a que se encuentra en estado de latencia o dormición. Este proceso de germinación consta de tres fases que a continuación se describen García y Primo, (1993):

- **Fase I: Hidratación:** es el periodo durante el cual la semilla embebe agua, provocando el hinchamiento de la misma y el aumento de su peso fresco. Esta rápida absorción de agua va acompañada de un aumento proporcional de la respiración.

- **Fase II: Germinación:** una vez que el agua atraviesa las envueltas seminales y llega al embrión en cantidad suficiente, éste se activa y comienzan los procesos metabólicos necesarios para su crecimiento y transformación en una planta autónoma. En esta fase, la toma de agua y de oxígeno se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse.
- **Fase II: Crecimiento:** se asocia a la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible), movilización de las reservas y desarrollo de la plántula. Durante este periodo vuelve a incrementarse la absorción de agua, así como la actividad respiratoria.

La duración de cada fase depende de ciertas propiedades de la semilla, como su contenido en compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno. Pero en estas fases, también intervienen las condiciones del medio, el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, etc. Otro aspecto interesante, es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla, de manera que, la primera fase se produce tanto en semillas vivas como muertas, pero la segunda y tercera sólo se produce en aquellas semillas viables. Los principales procesos metabólicos según Barceló *et al.*, (2001) relacionados con la germinación son la respiración y la movilización de sustancias de reserva, los cuales se describen a continuación:

A. Respiración:

El proceso respiratorio de la semilla puede dividirse en cuatro fases:

- **Fase I:** se caracteriza por el rápido incremento de la respiración, que suele producirse antes de transcurridas 12 h desde el inicio de la imbibición y puede atribuirse en parte a la activación e hidratación de enzimas mitocondriales. El aumento de la actividad respiratoria es proporcional al incremento de la hidratación de los tejidos de la semilla.
- **Fase II:** la actividad respiratoria se estabiliza entre las 12 y 24 horas desde el inicio de la imbibición, y esto es debido en parte a que las cubiertas seminales, que todavía permanecen intactas, limitan la entrada de O₂. Durante esta fase, la hidratación de la semilla se ha completado y todos los enzimas preexistentes se han activado. Además, probablemente se ha producido un ligero ascenso en enzimas respiratorias o en el número de mitocondrias.

- **Fase III:** aquí se produce un segundo incremento en la actividad respiratoria, que se asocia a la mayor disponibilidad de O₂ como consecuencia de la ruptura de la testa, producida por la emergencia de la radícula. Otro factor que contribuye a ese aumento, es la actividad de las mitocondrias y enzimas respiratorias, recientemente sintetizadas en las células del eje embrionario en desarrollo. El número de mitocondrias en cotiledones también aumenta, frecuentemente en asociación con la movilización de los compuestos de reserva.
- **Fase IV:** en esta última fase tiene lugar una acusada disminución de la respiración, producida por la desintegración de los cotiledones una vez exportadas las reservas almacenadas.

La inhibición de las semillas también es un requisito para la germinación. El grado de inhibición puede afectar la expansión radicular, disminuyendo la tasa de germinación y la cantidad total de semillas germinadas. El efecto del potencial agua sobre la germinación está incorporado en el concepto de tiempo hidrotérmico propuesto por Bradford (1990).

El tiempo hidrotérmico es una constante definida como el producto de la diferencia entre el potencial agua de incubación y el potencial agua base para que ocurra el proceso, y el tiempo requerido para la germinación de un determinado porcentaje de la población. Lo interesante de esta aproximación es que los tiempos de germinación pueden ser normalizados, considerando el ajuste osmótico que muchas veces manifiestan las semillas ante condiciones de estrés hídrico (Bradford, 1995).

2.7.1. La germinación en los cultivos

En el caso del cultivo de quinua, la germinación se inicia a pocas horas de obtener humedad, primero se alarga la radícula que continúa creciendo y da lugar a una raíz pivotante vigorosa que puede llegar hasta 30 cm de profundidad. A unos pocos centímetros del cuello empieza a ramificarse en raíces secundarias, terciarias, etc; de las cuales salen las raicillas que también se ramifican en varias partes. (Tapia, 1979, citado en Apaza, 2014). Un parámetro que nos puede ayudar a determinar la profundidad de la raíz es que la raíz aproximadamente mide un 1/3 de la altura de la planta (INIA, 2012).

Para que la germinación se realice, se necesita que la semilla sea viable, o sea, que tenga un embrión vivo capaz de crecer, se tenga la temperatura, aireación y humedad adecuada para el proceso y se eliminen los bloqueos fisiológicos presentes en las semillas, que impidan la germinación. Los factores que afectan a la germinación los podemos dividir en dos tipos, factores internos (intrínsecos) propios de la semilla como la madurez y viabilidad de las semillas; factores externos (extrínsecos) que dependen del ambiente como el agua, temperatura y gases (Camacho, 1994).

2.8. Factores externos en el proceso del germinado

Producir semillas con calidad y en la cantidad requerida por los agricultores es uno de los principales desafíos de la industria semillera. Se sabe que una región que presenta condiciones favorables para la producción de granos no siempre reúne condiciones satisfactorias para la producción de semillas, generando la necesidad de producirlas en una determinada región y transportarlas a otras zonas. La producción de semillas se concentra en regiones que reúnen condiciones más favorables para tal fin. Las condiciones de temperatura y del régimen hídrico están entre los principales aspectos a ser observados en la elección de la zona para producir semillas. Técnicamente, es posible producir semillas en cualquier zona apta para el cultivo, pero los riesgos de obtener una calidad lejana a la deseada, son grandes, además de presentar altos costos para generar artificialmente condiciones que minimicen las chances de fracasar (Eduardo, 2019).

También se suma a las dificultades que el sector enfrenta, la logística de distribución de la región productora hasta las regiones de consumo. Para que la semilla llegue con calidad hasta el agricultor, quien es el consumidor final, se requiere de planificación y adopción de un riguroso control de calidad, el que es viabilizado a través de personal debidamente calificado y capacitado en todas las fases (producción, cosecha, pos-cosecha, almacenamiento y distribución).

De acuerdo a lo mencionado, se destacan factores que afectan directamente la calidad de las semillas, independientemente de la zona de producción, como son el agua (tanto la ausencia como el exceso) y la temperatura (principalmente la alta, aunque en algunos casos, la temperatura baja también perjudica a las semillas, sobre todo en la fase de campo). Los términos agua y humedad, para fines de este texto, serán considerados sinónimos (Eduardo, 2019).

Los niveles de humedad y temperatura considerados adecuados varían en cada fase del desarrollo del cultivo. Por ejemplo, en el crecimiento vegetativo, la humedad adecuada es diferente de aquella deseada en la fase de pos maduración fisiológica. Del mismo modo, para cada cultivo la adaptación a los niveles de humedad es totalmente diferente; tal vez el ejemplo más claro sea el cultivo del arroz bajo riego, que tolera suelos totalmente encharcados, mientras que en otras especies, como la soya y el maíz, la tolerancia al encharcamiento del suelo es de apenas algunos días, comprometiendo el desarrollo si ello ocurre por períodos mayores. En relación a la temperatura, se considera la misma lógica, sobre todo en cuanto a la adaptación de los diferentes cultivos. Cereales de invierno, como el trigo, toleran obviamente temperaturas bastante más bajas que los cultivos que crecen de forma predominante en primavera/verano, como es el caso del maíz (Eduardo, 2019).

2.8.1. Humedad

La absorción es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación; para que recupere su metabolismo es la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua a la semilla se debe a una diferencia exclusivamente a una diferencia potencial hídrica entre la semilla y el medio que le rodea. Aunque es necesario el agua para hidratación de las semillas, un exceso de humedad actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada del oxígeno al embrión (Racines, 2011).

El agua es necesaria para que se produzca la germinación. Durante el periodo de latencia, la semilla está muy deshidratada es decir que contienen muy poca agua. (Hernández, 2011).

2.8.2. Temperatura

La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación; además, afecta la actividad metabólica celular, la absorción de agua y nutrientes, el intercambio gaseoso, la producción y gasto de carbohidratos y los reguladores del crecimiento, entre otros (Santamarina *et al.*, 1997). Además, es un factor en el proceso de germinación ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de

la hidratación. La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficiente airado que permita una adecuada disponibilidad O_2 (Nieto 2005, citado por Esquivel, 2012).

Numerosos estudios han contribuido a entender el efecto de la temperatura sobre la germinación (Probert, 1992). La culminación de la germinación puede ocurrir en pocas horas o después de muchas semanas, dependiendo de la especie y de las condiciones de incubación. La tasa de germinación es afectada por el tiempo y la temperatura. Se define tiempo térmico a una constante que es el producto de la diferencia de la temperatura promedio diaria y la temperatura base del proceso, y el tiempo necesario para que germine un determinado porcentaje de la población de semillas.

Las semillas de especies tropicales suelen germinar mejor a temperaturas elevadas, superiores a $25\text{ }^\circ\text{C}$. Las máximas temperaturas están entre $40\text{ }^\circ\text{C}$ y $50\text{ }^\circ\text{C}$ como el pepino *Cucumis sativus*, que germina a, $48\text{ }^\circ\text{C}$. Sin embargo, las semillas de las especies de las zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas, entre $5\text{ }^\circ\text{C}$ y $15\text{ }^\circ\text{C}$ (Racines, 2011).

Las semillas sólo germinan dentro de un cierto rango de temperatura, y varía de una especie a otra. La temperatura mínima es aquella donde la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula igualmente el proceso. La temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible. Por otra parte, se sabe que la alternancia de las temperaturas entre el día noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación. Por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y el de la fase de crecimiento no tienen por qué coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la fase de crecimiento. Esta alternancia de temperaturas es muy parecida a la que ocurre en la naturaleza diariamente, pues existen diferencias entre el día y la noche; este rango varía según la estación del año, la latitud y también en función del microambiente, según esté más o menos sombreado. (Parra, 2006).

Algunas referencias sobre la influencia de la temperatura en cultivo andinos, se cita a Bois *et al* (2006) evaluaron diez cultivares de quinua y encontraron que la velocidad de germinación disminuye con bajas temperaturas, la mayoría de los cultivares

presentaron comportamientos similares, como el caso del cultivar Surumi que alcanzó el 100% de germinación en 10 horas a 20°C, y bajo 2°C tardó 65 horas para alcanzar su germinación. Así mismo Chilo *et al* (2009) determinaron una disminución del poder germinativo, la velocidad de germinación y el crecimiento de las plantas cuando las variedades evaluadas (Cica y Real) se sometieron a un descenso de temperatura y aumento de salinidad.

2.8.3. Luz

Muchas semillas silvestres tienen comportamientos diferenciales con respecto a la luz. Existen aquellas que sólo germinan en la oscuridad, aquellas que sólo germinan bajo luz continua, otras que requieren de un periodo breve de iluminación para germinar y otras más que son indiferentes a la presencia de luz u oscuridad. Al igual que en el caso de las temperaturas alternantes, las semillas encuentran en la naturaleza ambientes lumínicos muy diversos: bajo la vegetación, en un hueco, bajo la hojarasca, bajo tierra, etcétera. Ecológicamente la luz es un factor de gran importancia. Determina la posición en el suelo donde va a germinar una semilla; controla la germinación bajo el dosel de las ramas de los árboles, y al interactuar con la temperatura participa en el control estacional del rompimiento de la latencia. Algunas semillas sólo requieren luz para germinar cuando están recién colectadas, mientras que en otras este efecto persiste hasta por un año y en otras más, se desarrolla durante el almacenamiento. Por lo tanto, es un factor en el cual la edad de la semilla también es determinante (Moreno, 1996).

2.8.4. Oxígeno

El oxígeno es muy necesario para que activen una serie de procesos metabólicos que inicien el crecimiento. La absorción del oxígeno está relacionada con la temperatura y humedad a mayor temperatura el oxígeno es menos soluble en el agua y la semilla la absorbe con mayor dificultad. El aumento de humedad disminuye la absorción de oxígeno (Hernández, 2011).

La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de oxígeno y un 0.03% de CO₂. Sin embargo, existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de oxígeno por debajo del 20%. Para

que la germinación tenga éxito, el O₂ disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión. Es necesario para que se produzca la alta intensidad (Cruz, 2017).

de la respiración en la semilla al germinar. Por ello es necesario que la semilla no se encuentre a mucha profundidad, sino en una zona muy cercana a la superficie, de forma que haya renovación de aire donde ella esté. Si hay mucha agua la semilla no germina, al faltarle el oxígeno, y se pudre (Racine, 2011).

2.9. Dormancia de semillas

Existen numerosas razones por las que una semilla no germina en un periodo corto de tiempo, aun teniendo las condiciones ambientales a su favor. Por lo que, al estado en que se encuentra una semilla viable sin que germine, aunque disponga de suficiente humedad para embeberse, una aireación similar a la de las primeras capas de un suelo bien ventilado, y una temperatura que se encuentre entre 10° y 30°C, se le llama dormición, y que es sinónimo de dormancia, letargo, latencia, reposo y vida latente. La dormancia de una semilla se relaciona con factores internos y externos a ella, como lo son la temperatura, la humedad, la dureza de su cubierta, su genética, maduración y características que hacen la diferencia entre ellas, Camacho (1994) menciona los mecanismos causantes de la dormancia.

- Impermeabilidad al agua
- Baja permeabilidad a los gases
- Resistencia mecánica al crecimiento del embrión
- Permeabilidad selectiva a los reguladores del crecimiento
- Bloqueos metabólicos
- Presencia de inhibidores
- Embriones rudimentarios
- Adquisición de mecanismos inhibidores

2.10. Factores internos en el proceso del germinado

a) *Madurez de semillas*

Decimos que una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo. Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo

incapaces de germinar porque necesitan experimentar una serie de transformaciones fisiológicas. Donde requieran la pérdida de sustancias inhibidoras de la germinación o la acumulación de sustancias promotoras de crecimiento. En general, necesitan reajustes en el equilibrio hormonal de la semilla y/o en la sensibilidad de su tejido para las distintas sustancias activas (Santamarina *et al.*, 1997). La madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica, como en la mayoría de las especies cultivadas; o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas (Parra, 2006).

b) Viabilidad de las semillas:

La viabilidad de las semillas es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un periodo variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. Atendiendo a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, puede haber semillas que germinan, después de decenas o centenas de

años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas. El caso más extremo de retención de viabilidad es el de las semillas de *Nelumbo nucifera* encontradas en Manchuria con una antigüedad de unos 250 a 400 años. En el extremo opuesto tenemos las que no sobreviven más que algunos días o meses, como es el caso de las semillas de arce (*Acer*), sauces (*Salix*) y chopos (*Populus*) que pierden su viabilidad en unas semanas; o los olmos (*Ulmus*) que permanecen viables 6 meses. En general, la vida media de una semilla se sitúa entre 5 y 25 años (Santamarina *et al.*, 1997).

2.11. Poder germinativo

Es el porcentaje de semillas que germinó y se desarrolló plántulas normales, cuando se colocó en condiciones ambientales óptimas para su crecimiento (Lallana *et al.*, y Borrajo, 2006). En un tiempo dado (Courtis, 2013).

$$PG \% = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas puestas a germinar}} \times 100$$

El poder germinativo (%PG) debe estar por encima del 98% en campo o en laboratorio. Se determina el poder germinativo de la semilla, colocando 100 semillas en papel bien mojado por tres días, bajo condiciones del campo (especialmente temperatura)

donde se va cultivar la cañihua. El número de semillas germinadas corresponde al porcentaje de germinación (Gimenes, 2017).

2.12. Vigor de la semilla

Es la suma de aquellas propiedades que determinan la actividad y comportamiento de los lotes de semillas con germinación aceptable, en un amplio rango de ambientes. El vigor incluye la tasa y uniformidad de la germinación y crecimiento de las plántulas; capacidad de emergencia de las semillas, bajo condiciones ambientales desfavorables; y comportamiento después del almacenaje, especialmente la mantención de la capacidad de germinar (SAG, 2005).

El vigor de un lote de semillas se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y posterior emergencia de las plántulas. Las semillas con buen comportamiento se consideran semillas de alto vigor. El vigor de un lote de semillas es el resultado de la interacción de toda una serie de características de las semillas:

- Constitución genética.
- Condiciones ambientales y nutricionales a que ha estado sometida la planta madre durante el periodo de formación.
- Grado de madurez.
- Tamaño, peso y densidad.
- Integridad mecánica.
- Grado de deterioro y envejecimiento.
- Contaminación por organismos patógenos.

Dado que un lote de semillas de alto vigor producirá más plántulas normales y con tasas elevadas de crecimiento, los ensayos que se utilizan para evaluar el vigor de las semillas consideran el número y las características de las plántulas obtenidas, como son su apariencia, malformaciones y velocidad de crecimiento (Pérez y Pita, 2006).

2.13. Energía germinativa

Es el número de días requeridos para conseguir un porcentaje determinado de semillas germinadas (Courtis, 2013). Energía germinativa o vigor, representa la velocidad de germinación y la rapidez de la semilla para desarrollar una plántula normal. El tiempo

estipulado para calcular porcentaje de semillas que germinó varía con la especie (Borrajo, 2006). La energía germinativa (EG), se relaciona con el porcentaje de semillas que germinan hasta llegar a un momento de máxima germinación, y se determina con el porcentaje acumulado de semillas germinadas hasta el día que se produce el valor máximo (William, 1991) y se calcula con la siguiente formula:

$$EG = \% \text{ de germinación} \times 2/3 \text{ En } 1/3 \text{ del tiempo}$$

2.14. Valor cultural

Sánchez (2014), asevera que el valor cultural permite conocer la verdadera calidad de la semilla de una determinada variedad, debido a que en él se conjugan dos parámetros de la calidad, la pureza y el poder germinativo, que divididos por 100 expresan el porcentaje del valor cultural, conocidos también como el valor real o valor potencial de la semilla.

El Valor Cultural (%VC), denominado más recientemente como Semilla Pura Germinable (%SPG), es un parámetro que se calcula relacionando la pureza y la germinación y nos da una idea de la calidad de la semilla que vamos a sembrar. Es recomendable no sembrar semillas de pasturas subtropicales que posean valores inferiores al 39% de VC o SPG (Borrajo, 2006).

$$VC \text{ ó } SPG \% = \frac{\% \text{ Pureza} \times \% \text{ PG}}{100}$$

2.15. Pureza de la semilla

Borrajo (2006), manifiesta que, además de las semillas del cultivar que deseamos sembrar, tenemos otras semillas de otros cultivares o especies, malezas, e incluso, una proporción de materiales que no son semillas, denominado “materiales inertes”, como tierra, paja, glumas, insectos. Esos materiales inertes debemos tenerlos en cuenta, ya que suman al peso total de la muestra, y en consecuencia, habrá menor proporción de la semilla deseada.

Los podemos determinar a través de:

- Porcentaje de pureza (%P): es el porcentaje en peso, de la semilla de la especie deseada respecto al total de la muestra. Además se evalúan los restantes componentes de la muestra teniendo en cuenta su peso.
 - * Semilla pura: es la semilla de la especie deseada.
 - * Semillas extrañas: que involucra semillas de otras plantas cultivadas y de malezas; éstas últimas se subdividen en malezas comunes, malezas invasoras y plagas de la agricultura.
 - * Material inerte: paja, glumas, polvo, restos vegetales, animales (ej: gorgojo), piedras, terroncillos, etc.

- Pureza genética ó varietal: es el porcentaje en peso del cultivar deseado respecto al total de la muestra. Es recomendable utilizar semilla fiscalizada que califica el cultivar. En algunas especies existen análisis de laboratorio que nos permiten identificar la variedad

Se recomienda el uso de semilla por lo menos seleccionada, libre de semilla de otras especies, de restos de rastrojo u otras impurezas. La pureza debe ser superior a 98,5%. Según la experiencias, es posible aplicar algunos tratamientos a la semilla, por ejemplo, para que la semilla pueda soportar el estrés hídrico se puede emplear algunos bioestimulantes orgánicos, estos productos se aplican rociando a la semilla dos horas antes de la siembra, según las indicaciones de cada producto (Giménez, 2017).

Las semillas se consideran limpias cuando pertenecen a la especie en cuestión indicada por el solicitante, o como el predominante en la muestra. Además, se deben incluir todas las variedades botánicas y cultivares de la especie (Ministerio de Agricultura, Pecuaria e Abastecimiento, 2009). Autores como McDonald y Copeland citados por Barros (2003) mencionan que lo ideal es que el 100 por ciento de un lote de semillas que se comercializa sea elegido, pero que en muchos casos existen contaminantes presentes en los lotes adquiridos. Por ello, existen formas para medir la cantidad de estos contaminantes, tales como la pureza física, método que ayuda a establecer el porcentaje de semillas que efectivamente corresponden al cultivar en cuestión, a otras especies, a malezas y a materia inerte. De igual modo, se evalúa también la pureza genética del lote, que es una medida de la cantidad de semillas compradas que poseen la misma composición genética que el cultivar elegido.

2.16. Antecedentes de investigación

Apaza (2006), manifiesta que, en una investigación titulada “Evaluación comparativa del comportamiento agronómico de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano norte”, al realizar la prueba de germinación de variedades de quinua en laboratorio, mediante la prueba de Duncan al 5% de significancia para el porcentaje de germinación en laboratorio, mostró que:

- A las 12 horas de evaluación se presentaron seis grupos; donde, no se encontraron diferencias significativas entre las variedades 4 (Huganda), 9 (Toledo rojo) y 6 (Agro 2000) que fueron las que registraron los mayores porcentajes de germinación 21.2, 19.8 y 17% respectivamente, la variedad 3 (Kamiri) fue la que registró un porcentaje bajo de germinación 1.2%.
- A las 36 horas de evaluación, se registraron cuatro grupos, donde no se encontraron diferencias significativas entre las variedades 5 (Jiwaki), 4 (Huganda), 7 (Toledo naranja) y 9 (Toledo rojo) las que registraron los mayores porcentaje de germinación en un rango de 98.4 a 94.6%, mientras las variedades 8 (Real blanca) y 1 (Chucapaca) mostraron los menores porcentajes de germinación 80.6 y 79.6% respectivamente, las demás variedades registraron porcentajes en un rango de 92.2 a 88.2%.
- A las 72 horas de evaluación, se presentaron cuatro grupos, donde no se encontraron diferencias significativas entre las variedades 5 (Jiwaki), 4 (Huganda), 9 (Toledo rojo), 10 (K'ellu), 7 (Toledo naranja), 3 (Kamiri) y 1 (Chucapaca) las cuales mostraron porcentajes en un rango de 99.2 a 94.6%, la variedad 8 (Real blanca) fue la que registró un menor porcentaje 86.4%, las demás variedades registraron valores en un rango de 94 a 92.8%.

- Al finalizar la prueba de germinación en laboratorio se puede apreciar que las diez variedades evaluadas registraron porcentajes de germinación por encima del 90%, excepto la variedad 8 (Real blanca) que fue la que registró un menor porcentaje (86.4%), atribuible a las características genéticas de cada variedad ya que no existió la influencia de otros factores como el ambiente o la temperatura que fueron constantes y homogéneos durante la prueba.

Gutiérrez (2003), reportó porcentajes de germinación del 93 y 98% para la variedad Surumi y Blanca de Yanamuyu respectivamente, menor al reportado en el

presente trabajo respecto a la variedad Surumi con 94%, atribuyendo las diferencias a las características genéticas en cuanto al proceso germinativo.

Reyes-Bautista y Rodríguez (2005), en la investigación titulada “Efecto de la luz, temperatura y tamaño de semilla en la germinación de *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl”, donde se estudió la influencia de factores individuales y sus interacciones en la germinación de semillas de la especie *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. Se investigaron los siguientes factores y niveles: temperatura (20, 25 y 30 °C), luz (permanente y oscuridad), tamaño de semillas (grande -3.6 mm de longitud media y pequeña -3.2 mm), y tratamiento pregerminativo de remojo (durante 24 h y sin remojo). La semilla tiene forma ovoide y mide 3.4 mm de largo y 2.65 mm de ancho. Se determinaron 59131 semillas/kg-1, con 83.9% de pureza y 9.8% de contenido de humedad, base anhidra. También se realizaron pruebas de viabilidad, por flotación (100%) y teñido con sales de tetrazolio (100%). Las interacciones temperatura y luz ($P = 0.0001$), tamaño y luz ($P = 0.069$), y tamaño y temperatura ($P = 0.0173$) resultaron significativas. El porcentaje de germinación fue elevado en ausencia de luz y a 20 °C (87.5%) y 25 °C (88.1%), y declinó a 30 °C (15.8%). En presencia de luz, a mayor temperatura hubo menor germinación. En cuanto a la energía germinativa (número de días para alcanzar 75% de la germinación final), la interacción luz y temperatura fue significativa ($P = 0.0001$). Con 20 °C sin luz, se tuvo un valor de 15.5 días, mientras que a la misma temperatura, pero con luz, fue de 19.7 días. A 25 °C, tales valores fueron iguales a 15.3 y 26 días, respectivamente. A 30°C, estos fueron iguales a 22.5 y a 1.6 días. Los resultados anteriores sugieren que los microsítios sombreados favorecen la germinación de la semilla de esta especie.

Caroca *et al* (2015), en la investigación titulada “Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogea* L.)”, en donde, se evaluó el efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogea* L.) identificados como L3, L6, L18 y L20. Con cada genotipo se estableció un ensayo con un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones de 50 semillas cada uno. Las temperaturas de germinación consideradas en cada ensayo fueron 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36 y 38°C. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación y determinación de temperatura base, óptima y máxima de germinación. En general los resultados obtenidos para los cuatro genotipos, tanto en el porcentaje como el índice de velocidad de germinación a

temperaturas entre 30 a 32°C, fueron significativamente superiores a los obtenidos en las temperaturas extremas de 12°C y 38°C. Para los genotipos evaluados la temperatura óptima de germinación (T_o) se encontró en el rango de temperaturas de 30,5 a 33,4°C, con valores base (T_b) de 11,3 a 12,5°C y máximos (T_m) de 40,8 a 44,9°C.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Pastos y Forrajes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

3.2. Material experimental

Se utilizaron semillas de cañihua (*Chenopodium canihua* var. cupi) procedentes del CIP Illpa, perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano.

3.3. Factores en estudio

3.3.1. Temperatura

- Temperatura de 15 °C
- Temperatura de 35 °C

3.3.2. Humedad

- Humedad al 75%
- Humedad al 95%

3.3.3. Intensidad de Luz

- Con Intensidad de luz
- Sin Intensidad de luz

3.4. Características del estudio

- . Número de tratamientos: 8 (temperatura, luz y humedad)
- . Número de repeticiones: 4
- . Unidades experimentales: 32 placas Petri

3.5. Diseño estadístico

Para el trabajo de investigación se aplicó el Diseño Irrestricto al Azar (DIA), con un arreglo factorial de 2x2x2 haciendo un total de 8 tratamientos, y 4 repeticiones con un

total de 32 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformada de una placa Petri con 100 semillas de cañihua. La recolección de datos fue de manera observacional directa, el tipo de investigaciones corresponde a la investigación experimental.

3.6. Modelo

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño irrestricto al azar con arreglo factorial:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + H_j + I_k + (TH)_{ij} + (TI)_{ik} + (HI)_{jk} + (THI)_{ijk} + E_{ijkl}$$

$$j=1,2,\dots,r$$

Y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto de la i -ésima nivel de temperatura

H_j = Efecto de la j -ésima nivel de humedad

I_k = Efecto de la k -ésima nivel de intensidad de luz

$(TH)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i -ésima nivel de temperatura y de la j -ésima nivel de humedad

$(TI)_{ik}$ = Efecto de la interacción de la i -ésima nivel de temperatura y de la k -ésima nivel de intensidad de luz

$(HI)_{jk}$ = Efecto de la interacción de la j -ésima nivel de humedad y de la k -ésima nivel de intensidad de luz

$(THI)_{ijk}$ = Efecto de la interacción de la i -ésima nivel de temperatura más la j -ésima nivel de humedad y de la k -ésima nivel de intensidad de luz

E_{ijkl} = Error experimental

3.7. Metodología del experimento

3.7.1. Las semillas

Las semillas de la cañihua (*Chenopodium canihua* var. cupi) que se utilizaron en la investigación se cosecharon durante el mes de mayo de 2018, en el Centro de Investigación y Producción de Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.7.2. Germinación de las semillas

La germinación se realizó en placas Petri en las que se colocaron 100 semillas utilizando como sustrato papel filtro; en cuanto a las evaluaciones de las variables de respuesta se realizó diariamente hasta que culmine la geminación de las unidades experimentales; la instalación y evaluación se llevó a cabo en diferentes momentos de acuerdo a los factores en estudio ya que solo tendremos un equipo germinador a nuestra disposición; en donde cada unidad experimental fue representado por una placa con 100 semillas de cañihua, papel filtro y agua destilada. Una vez preparadas las placas se colocaron en el equipo de germinación programando las respectivas condiciones de cada factor en estudio.

3.8. Características del equipo germinador

Marca: Achieva Germinators

Modelo: A-3920-T

Serie: SDA-8700-T

Equipo completamente automático con registro de: Temperatura , Intensidad de luz , Humedad.

3.9. Variable respuesta

La evaluación consistió en hacer un registro diario de semillas germinadas por placa. El criterio para considerar la semilla germinada fue la aparición de la radícula. Se reportarán las siguientes variables:

3.9.1. Germinación

Es la proporción de semillas germinadas sobre el total de Semillas, se evaluará diariamente. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$PG \% = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas puestas a germinar}} \times 100$$

3.9.2. Energía germinativa

El vigor o la energía germinativa es el porcentaje de semilla que ha germinado durante una prueba hasta el momento en que la cantidad de semilla que germina por día ha llegado a su máximo. La cantidad de días requeridos para alcanzar este máximo es el período energético.

$$EG \% = \Sigma \text{ total de semillas germinadas} \times 2/3$$

3.10. Análisis estadísticos

Las variables de respuesta, fueron sometidos al análisis de varianza, de acuerdo al modelo lineal descrito en el ítem 3.6, siendo las fuentes de variación que mostraron significación estadística fueron llevados a las correspondientes pruebas de Tukey (Vásquez, 1990).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de germinación a las 24 horas de evaluación

En la tabla 1, se observa el análisis de varianza a las 24 horas de evaluación del porcentaje de germinación, en donde se observa que para el factor Temperatura (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias entre las temperaturas sobre el porcentaje de germinación; para el factor Humedad (H), también se observa diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que existe diferentes en las humedades en estudio sobre el porcentaje de germinación; para el factor Intensidad de luz (L), existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que existe diferencias entre los niveles de Intensidad de luz en estudio. Para las interacciones T x H, H x L y T x H x L, existe diferencias estadísticas altamente significativas, con lo cual se entiende que los factores actúan conjuntamente sobre el porcentaje de germinación por cada interacción. Para la interacción T x L, no existe diferencias estadísticas significativas, con lo cual se entiende que los factores no actúan conjuntamente sobre el porcentaje de germinación. Además el CV igual a 20.56% nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 1. Análisis de varianza para porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.05	Sig.
Temperatura (T)	1	1035.125	1035.125	264.29	4.26	7.82	**
Humedad (H)	1	231.125	231.125	59.01	4.26	7.82	**
Intensidad de luz (L)	1	18.000	18.000	4.60	4.26	7.82	*
T x H	1	220.500	220.500	56.30	4.26	7.82	**
T x L	1	15.125	15.125	3.86	4.26	7.82	n.s.
H x L	1	171.125	171.125	43.69	4.26	7.82	**
T x H x L	1	84.500	84.500	21.57	4.26	7.82	**
Error	24	94.000	3.917				
Total correcto	31	1869.500					

CV=20.56%

$\bar{X} = 9.63$

4.1.1. Efecto de la temperatura en la germinación de cañihua

En la tabla 2, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación, en donde se observa que la temperatura de 35°C tuvo mayor porcentaje de germinación con 15.31%, el cual es estadísticamente superior a la temperatura de 15°C.

Tabla 2. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	35	15.31	a
2	15	3.94	b

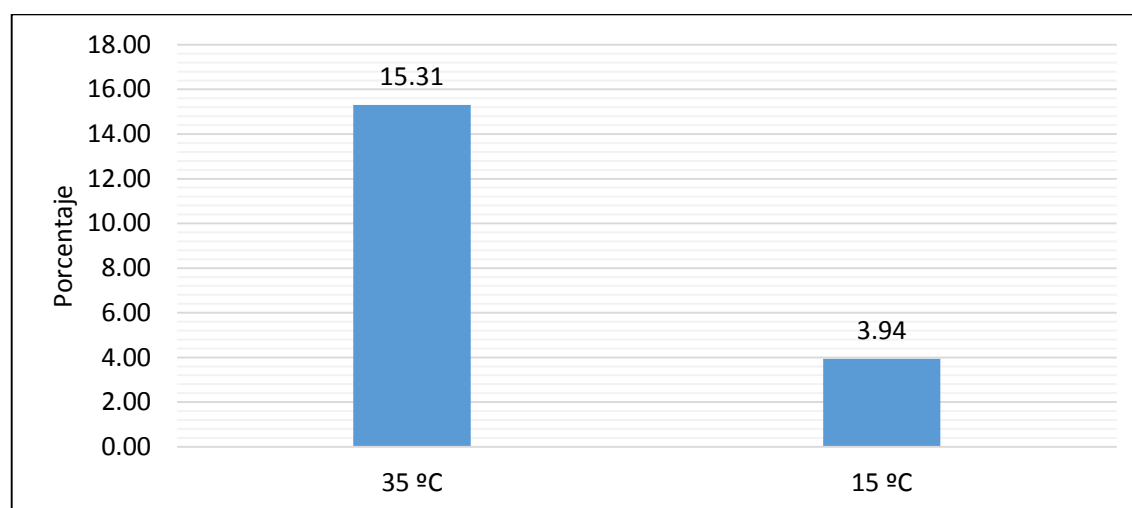


Figura 1. Efecto del factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos son respaldados por Rajjou *et al.*, (2012), quienes indican que la temperatura sobre la germinación estaría relacionada con las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla tras su rehidratación. Además la germinación de una semilla se produce dentro de un rango determinado de temperatura, donde es posible identificar: temperatura base, óptima y máxima de germinación, las que pueden ser determinadas experimentalmente germinación rápida a mayor temperatura (Finch-Savage, 2004).

4.1.2. Efecto de la humedad en la germinación de cañihua

En la tabla 3, se observa la prueba de Tukey para factor Humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación, en donde se observa que la humedad al 95% tuvo mayor porcentaje de germinación con 12.31%, el cual es estadísticamente superior a la humedad de 75% con 6.94% de germinación.

Tabla 3. Prueba de Tukey para factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación

Orden de mérito	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	12.31	a
2	75	6.94	b

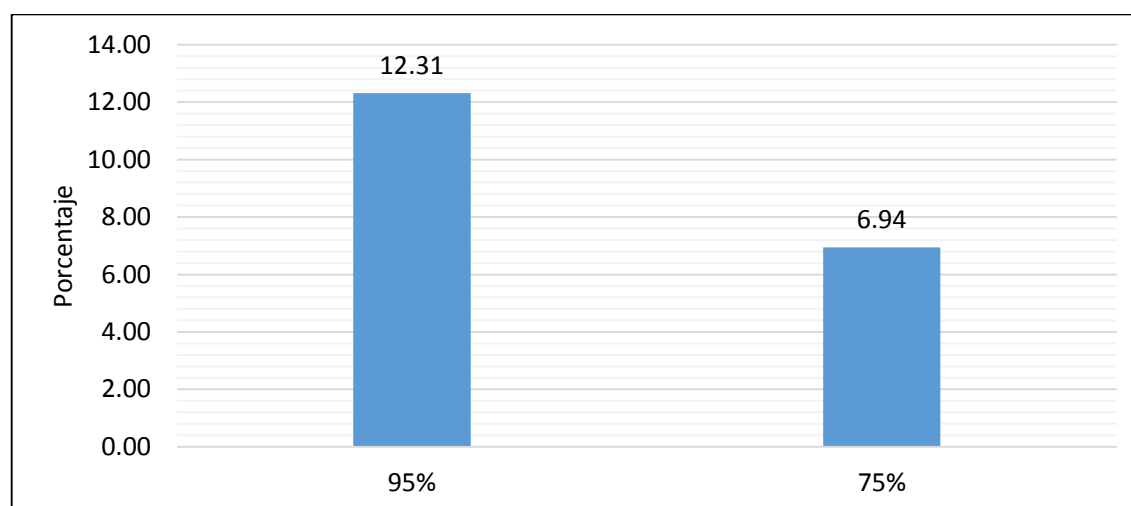


Figura 2. Efecto del factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

4.1.3. Efecto de la Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 4, se observa la prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación, hay germinación rápida a mayor humedad en donde se observa que sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 10.38%, el cual es estadísticamente superior a con Intensidad de luz con 8.88%.

Tabla 4. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación

Orden de mérito	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	Sin Intensidad de luz	10.38	a
2	Con Intensidad de luz	8.88	b

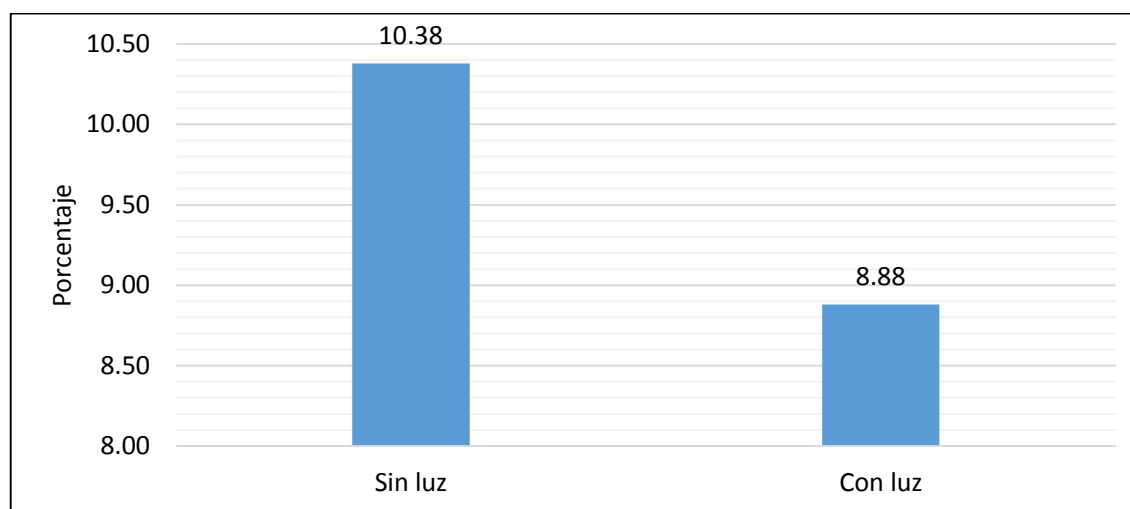


Figura 3. Efecto del factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos son respaldados en cierta forma por Orozco-Almanza *et al.*, (2003), quienes sostienen que en otras especies no se ha encontrado un efecto de la luz por lo que se presumen que bajo condiciones de campo las semillas pueden germinar a la sombra sin luz germinaron rápidamente.

4.1.4. Efecto de la temperatura y humedad en la germinación de cañihua

En la tabla 5, se observa la prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción temperatura de 35 °C más la humedad de 95% tuvo mayor porcentaje de germinación con 20.63%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacciones de temperatura de 15°C más humedad al 95% y temperatura de 15°C más humedad de 75% con valores de 4.00 y 3.88% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares.

Tabla 5. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	35	95	20.63	a
2	35	75	10.00	b
3	15	95	4.00	c
4	15	75	3.88	c

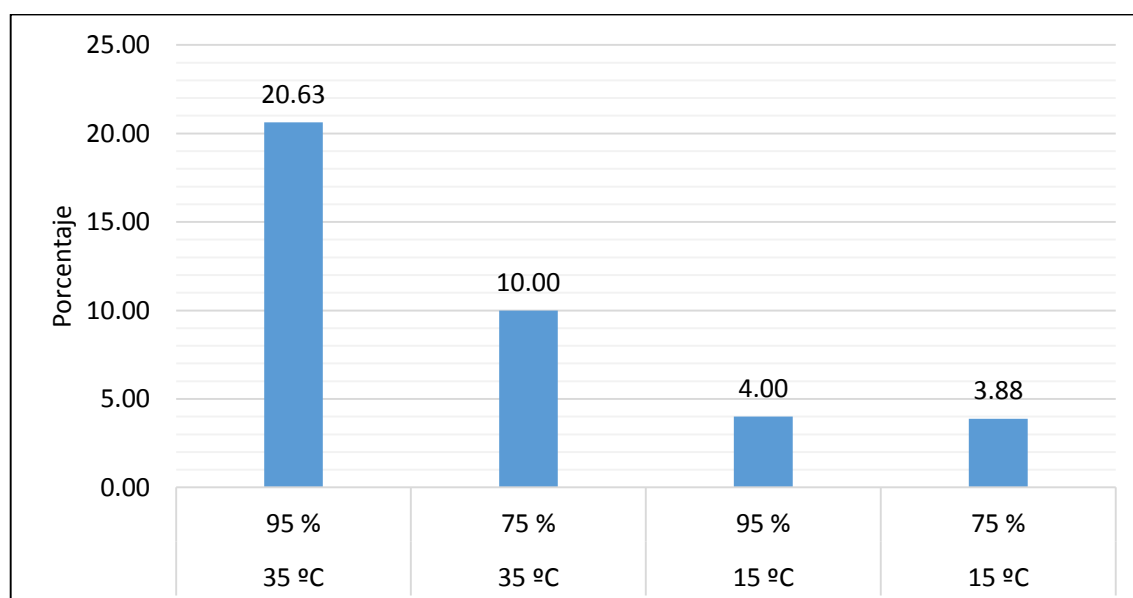


Figura 4. Efecto del factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

4.1.5. Efecto de humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 6, se observa la prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción humedad de 95% más con Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 13.88%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacción de la humedad al 75% y con Intensidad de luz con un valor 3.88%.

Tabla 6. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación

Orden de mérito	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	Con Intensidad de luz	13.88	a
2	95	Sin Intensidad de luz	10.75	b
3	75	Sin Intensidad de luz	10.00	b
4	75	Con Intensidad de luz	3.88	c

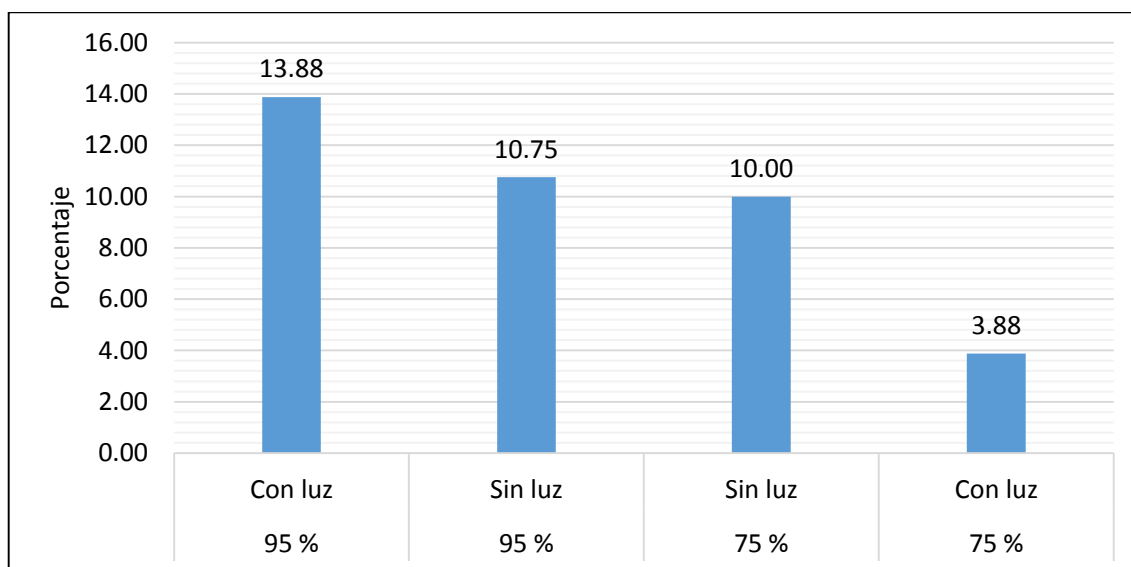


Figura 5. Efecto del factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

4.1.6. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 7, se observa la prueba de Tukey para los factores temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción conformada por temperatura de 35°C más la humedad de 95% y con Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación

con 24.50%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacción temperatura de 15°C más la humedad al 95% y con Intensidad de luz con 3.25%, y la interacción temperatura de 15°C más la humedad al 75% y con Intensidad de luz con 1.75%.

Tabla 7. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	35	95	Con Intensidad de luz	24.50	a
2	35	95	Sin Intensidad de luz	16.75	b
3	35	75	Sin Intensidad de luz	14.00	b
4	15	75	Sin Intensidad de luz	6.00	c
5	35	75	Con Intensidad de luz	6.00	c
6	15	95	Sin Intensidad de luz	4.75	c
7	15	95	Con Intensidad de luz	3.25	c
8	15	75	Con Intensidad de luz	1.75	c

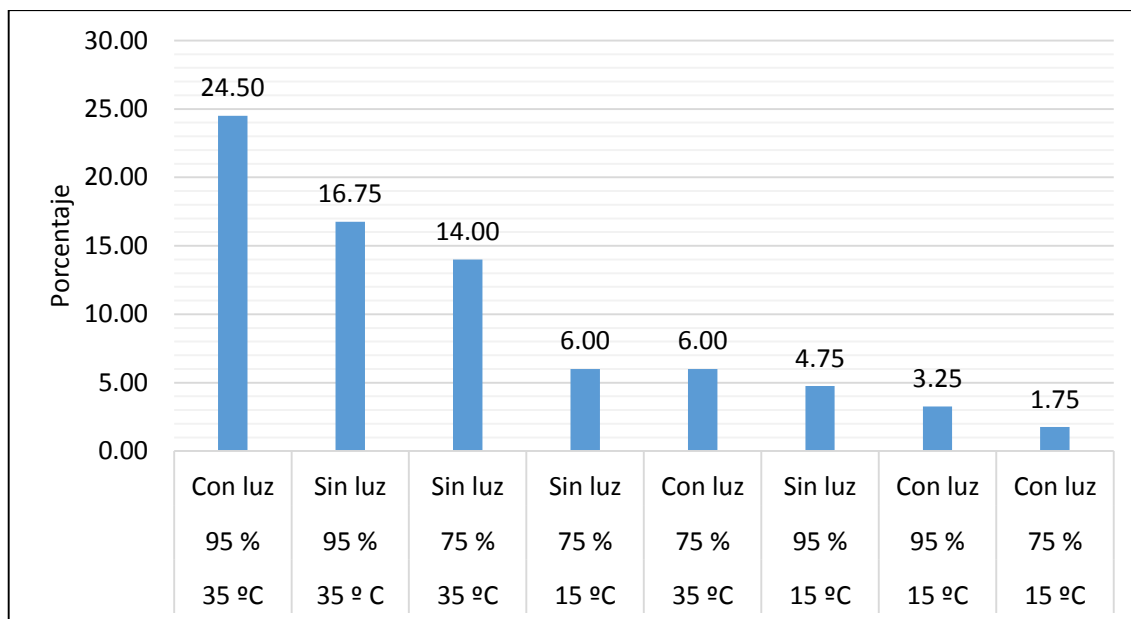


Figura 6. Efecto del factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

Los resultados son respaldados por Patiño *et al*, 1983 quienes afirman que el intervalo de temperaturas consideradas como propicias para la germinación de una gran cantidad de especias fluctúa de 20 a 35°C, lo indica que existirá diferencias en porcentaje de germinación entre ese rango de temperatura.

4.2. Análisis de germinación a las 48 horas de evaluación

En la tabla 8, se observa el análisis de varianza a las 48 horas de evaluación del porcentaje de germinación, en donde se observa que para el factor Temperatura (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias entre las temperaturas sobre el porcentaje de germinación; para el factor Humedad (H), también se observa diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que existe diferentes en las humedades en estudio sobre el porcentaje de germinación; para el factor Intensidad de luz (L), existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que existe diferencias entre los niveles de Intensidad de luz en estudio. Para las interacciones T x H, T x L y T x H x L, existe diferencias estadísticas altamente significativas, con lo cual se entiende que los factores actúan simultáneamente sobre el porcentaje de germinación en cada interacción. Para la interacción H x L, no existe diferencias estadísticas significativas, con lo cual se entiende que los factores no actúan simultáneamente sobre el porcentaje de germinación. Además, el CV igual a 11.20% nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 8. Análisis de varianza para porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.05	Sig.
Temperatura (T)	1	639.031	639.031	60.92	4.26	7.82	**
Humedad (H)	1	1845.281	1845.281	175.92	4.26	7.82	**
Intensidad de luz (L)	1	871.531	871.531	83.09	4.26	7.82	*
T x H	1	318.781	318.781	30.39	4.26	7.82	**
T x L	1	569.531	569.531	54.29	4.26	7.82	**
H x L	1	0.781	0.781	0.07	4.26	7.82	n.s.
T x H x L	1	294.031	294.031	28.03	4.26	7.82	**
Error	24	251.750	10.489				
Total correcto	31	4790.719					

CV=11.20% $\bar{X} = 28.91$

4.2.1. Efecto de la temperatura en la germinación de cañihua

En la tabla 9, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación, en donde se observa que la temperatura de 35°C tuvo mayor porcentaje de germinación con 33.38%, el cual es estadísticamente superior a la temperatura de 15°C con 24.44%.

Tabla 9. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	35	33.38	a
2	15	24.44	b

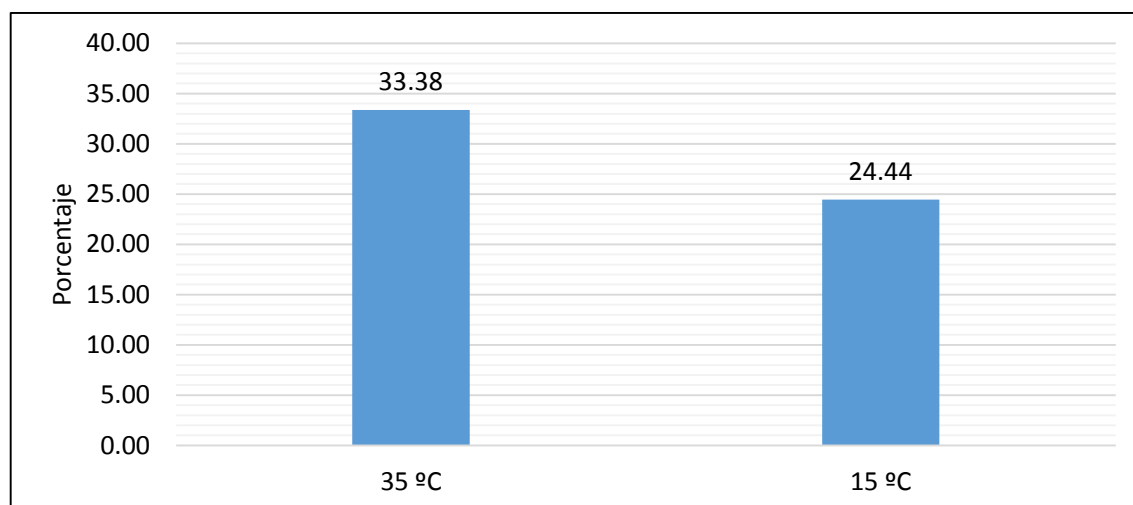


Figura 7. Efecto del factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos son avalados por Carvalho y Nakagawa (2000), quienes indican que para cierto rango de temperaturas elevadas, la velocidad de absorción de agua y de las reacciones químicas es mayor y las semillas germinan más rápidamente. Además, cuando las temperaturas fueron más bajas (12°C) el proceso de germinación fue más lento y se obtuvo un bajo porcentaje de germinación. Esto coincide con lo señalado por Fernández *et al.* (2006), quienes indican que las temperaturas bajas afectan la germinación de un cultivo, siendo la temperatura uno de los factores determinantes para su desarrollo.

4.2.2. Efecto de la humedad en la germinación de cañihua

En la tabla 10, se observa la prueba de Tukey para factor Humedad sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación, en donde se observa que la humedad al 95% tuvo mayor porcentaje de germinación con 36.50%, el cual es estadísticamente superior a la humedad al 75% con 21.31%.

Tabla 10. Prueba de Tukey para factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación

Orden de mérito	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	36.50	a
2	75	21.31	b

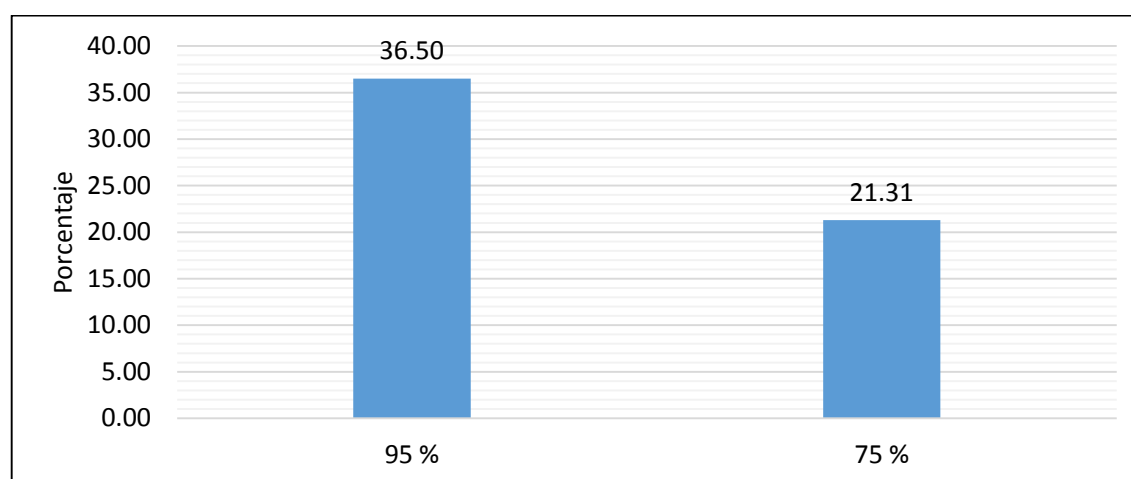


Figura 8. Efecto del factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 24 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos en humedad son avalados por Lines *et al.*, (2006), quienes bajo diferentes contenidos de humedad, observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, resultando más adecuado el de 26,3%, pues presenta el promedio de germinación más alto (17,9%), mientras que semillas almacenadas con 4,8% de contenido de humedad no lograron germinar, en una especie forestal “cedro maría.”

4.2.3. Efecto de la Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 11, se observa la prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación, en donde se observa que sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 34.13%, el cual es estadísticamente superior a con Intensidad de luz con 23.69%.

Tabla 11. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación

Orden de mérito	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	Sin Intensidad de luz	34.13	a
2	Con Intensidad de luz	23.69	b

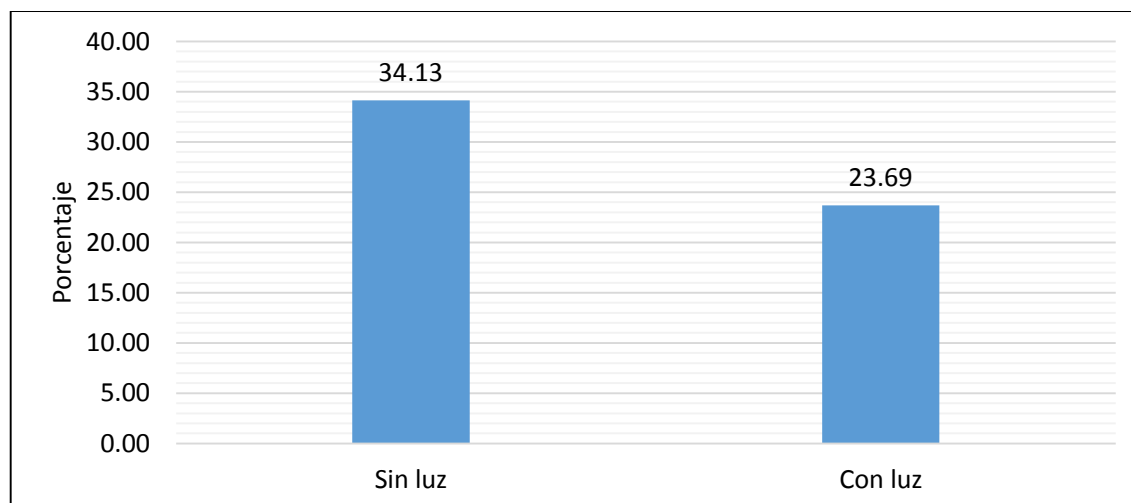


Figura 9. Efecto del factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.

4.2.4. Efecto de la temperatura y humedad en la germinación de cañihua

En la tabla 12, se observa la prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción temperatura de 35 °C más la humedad de 95% tuvo mayor porcentaje de germinación con 44.13%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacciones de temperatura de 35°C más humedad al 75% y la interacción de temperatura de 15°C más humedad de 75% con valores de 22.63 y 20.00% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares.

Tabla 12. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	35	95	44.13	a
2	15	95	28.88	b
3	35	75	22.63	c
4	15	75	20.00	c

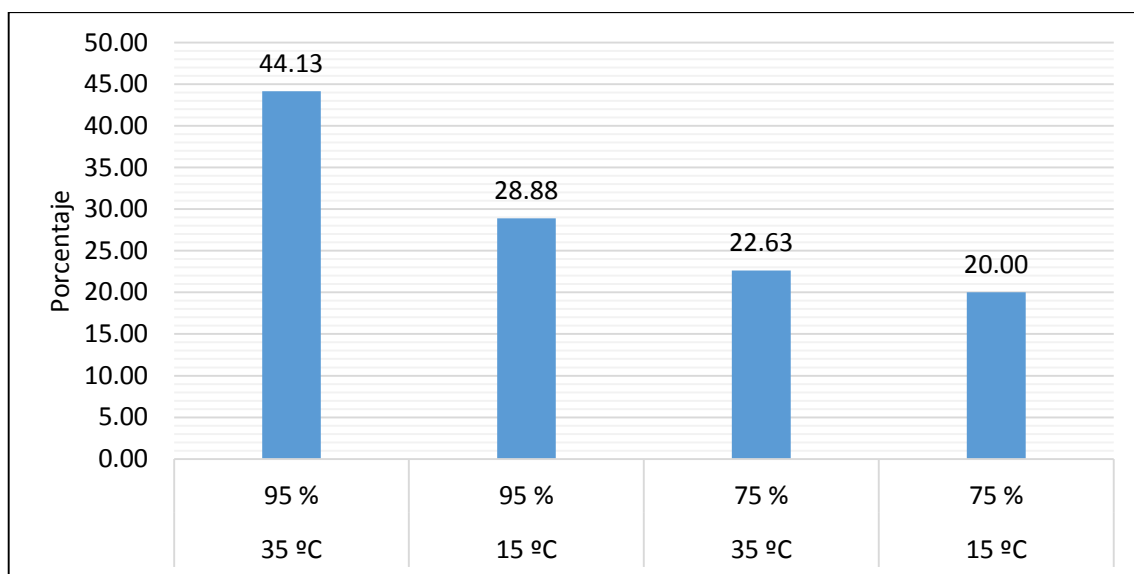


Figura 10. Efecto del factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.

Los resultados de la interacción temperatura y humedad sobre el porcentaje de germinación se explica por la manifestado por Lines *et al.*, (2006), quienes afirman que, en forma general, existe una influencia significativa de la temperatura, el contenido de

humedad y el tiempo, sobre la viabilidad de almacenamiento de semillas. Básicamente, la viabilidad se incrementa conforme la temperatura y la humedad de almacenamiento aumentan.

4.2.5. Efecto de temperatura e Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 13, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción temperatura de 35°C más con Sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 34.38%, seguido de las interacciones temperatura 15°C más sin Intensidad de luz, interacción temperatura 35 °C con Intensidad de luz con valores de 33.88 y 32.88% los cuales estadísticamente son similares y superiores a la interacción de la temperatura de 15°C y con Intensidad de luz con un valor 15.00%.

Tabla 13. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	35	Sin Intensidad de luz	34.38	a
2	15	Sin Intensidad de luz	33.88	a
3	35	Con Intensidad de luz	32.38	a
4	15	Con Intensidad de luz	15.00	b

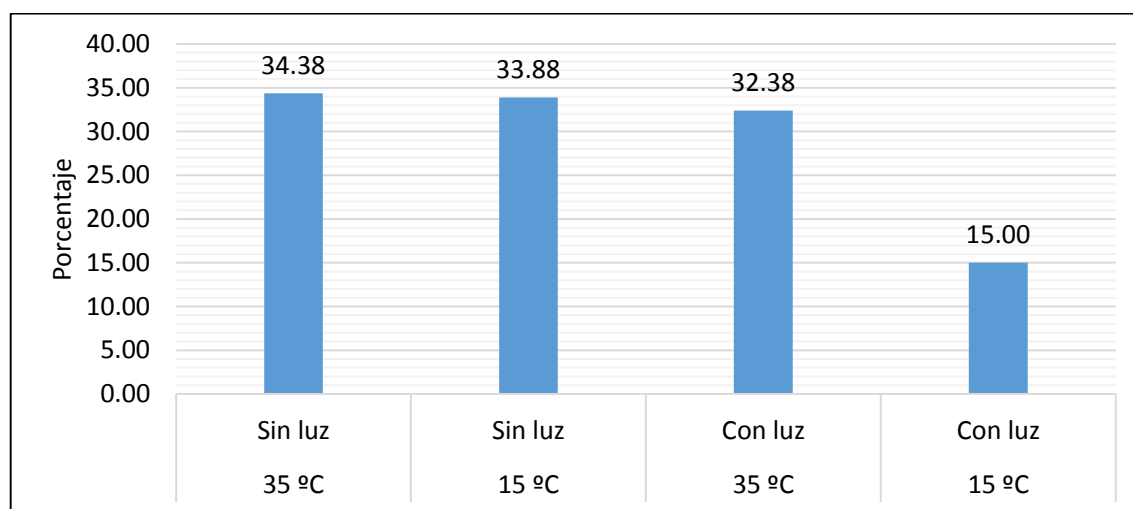


Figura 11. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.

4.2.6. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua a las 48 horas

En la tabla 14, se observa la prueba de Tukey para los factores temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción conformada por temperatura de 35°C más la humedad de 95% y con Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 24.50%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacción temperatura de 15°C más la humedad al 95% y con Intensidad de luz con 3.35%, y la interacción temperatura de 15°C más la humedad al 75% y con Intensidad de luz con 1.75%.

Tabla 14. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	35	95	Con Intensidad de luz	46.00	a
2	35	95	Sin Intensidad de luz	42.25	a
3	15	95	Sin Intensidad de luz	41.50	a
4	35	75	Sin Intensidad de luz	26.50	b
5	15	75	Sin Intensidad de luz	26.25	b c
6	35	75	Con Intensidad de luz	18.75	c d
7	15	95	Con Intensidad de luz	16.25	d
8	15	75	Con Intensidad de luz	13.75	d

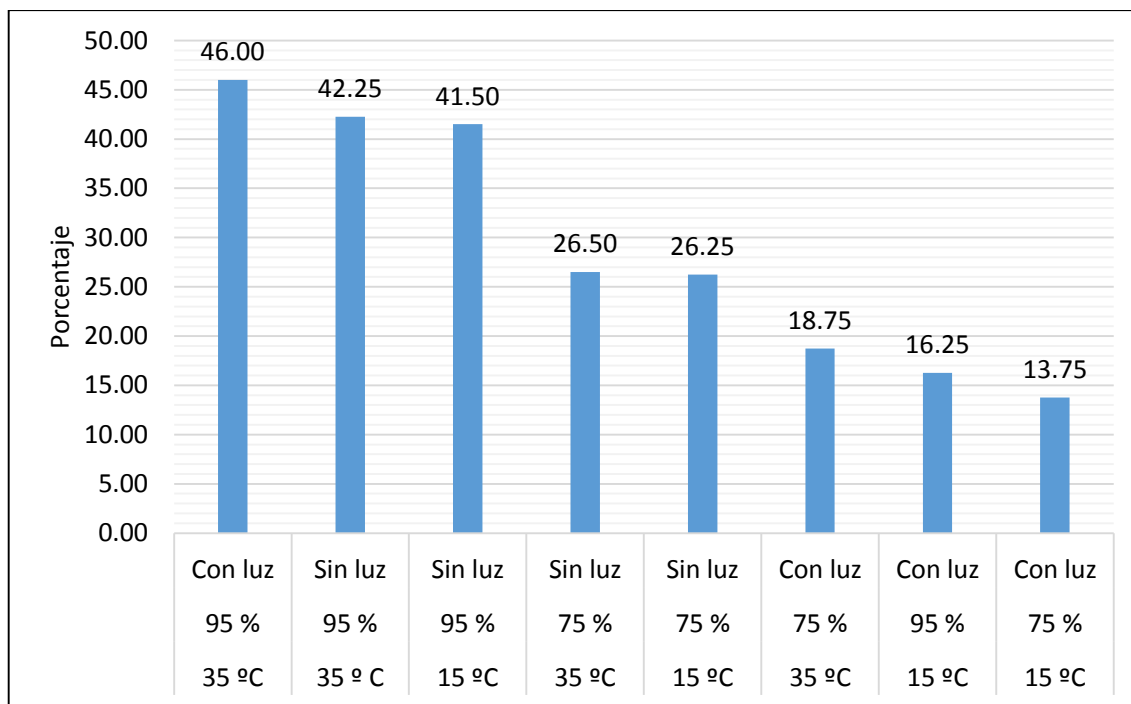


Figura 12. Efecto del factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 48 horas de evaluación.

Lines *et al.*, (2003), demostraron que los factores que inciden sobre la germinación de las semillas son el sustrato, la temperatura y la iluminación. Siendo la temperatura es uno de los factores más decisivos en la germinación de las semillas en laboratorio y por ello debe ser objeto de comprobaciones periódicas. La cantidad de horas luz no ejerció influencia sobre la germinación de las semillas; lo cual se explica que en todas las especies van a reaccionar de igual forma en el porcentaje de germinación por diversos factores del medio ambiente.

4.3. Análisis de germinación a las 72 horas de evaluación

En la tabla 15, se observa el análisis de varianza a las 72 horas de evaluación del porcentaje de germinación, en donde se observa que para el factor Temperatura (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias entre las temperaturas sobre el porcentaje de germinación; para el factor Humedad (H), también se observa diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que existe diferentes en las humedades en estudio sobre el porcentaje de germinación; para el factor Intensidad de luz (L), existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que existe diferencias entre los niveles de Intensidad de luz en estudio. Para las interacciones T x H, T x L, H x L y T x H x L, existe diferencias estadísticas altamente significativas,

con lo cual se entiende que los factores actúan simultáneamente sobre el porcentaje de germinación en cada interacción. Además, el CV igual a 2.76% nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 15. Análisis de varianza para porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.05	Sig.
Temperatura (T)	1	684.500	684.500	103.97	4.26	7.82	**
Humedad (H)	1	325.125	325.125	49.39	4.26	7.82	**
Intensidad de luz (L)	1	60.500	60.500	9.19	4.26	7.82	**
T x H	1	512.000	512.000	77.77	4.26	7.82	**
T x L	1	210.125	210.125	31.92	4.26	7.82	**
H x L	1	112.500	112.500	17.09	4.26	7.82	**
T x H x L	1	28.125	28.125	4.27	4.26	7.82	*
Error	24	158.000	6.583				
Total correcto	31	2090.875					

CV=2.76%

$\bar{X} = 92.81$

4.3.1. Efecto de la temperatura en la germinación de cañihua

En la tabla 16, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación, en donde se observa que la temperatura de 15°C tuvo mayor porcentaje de germinación con 97.44%, el cual es estadísticamente superior a la temperatura de 35°C con 88.19%.

Tabla 16. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	97.44	a
2	35	88.19	b

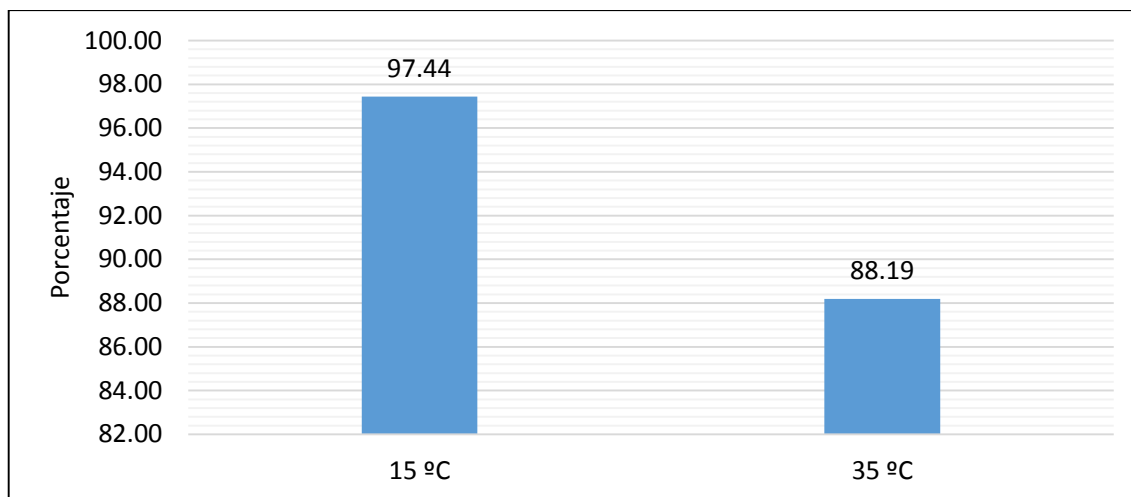


Figura 13. Efecto del factor temperatura sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos son avalados, ya que el efecto de la temperatura sobre la germinación estaría relacionado con las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla tras su rehidratación (Rajjou *et al.*, 2012). Además la germinación de una semilla se produce dentro de un rango determinado de temperatura, donde es posible identificar: temperatura base, óptima y máxima de germinación, las que pueden ser determinadas experimentalmente (Finch-Savage, 2004).

4.3.2. Efecto de la humedad en la germinación de cañihua

En la tabla 17, se observa la prueba de Tukey para factor Humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación, en donde se observa que la humedad al 95% tuvo mayor porcentaje de germinación con 96.00%, el cual es estadísticamente superior a la humedad al 75% con 89.63%.

Tabla 17. Prueba de Tukey para factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación

Orden de mérito	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	96.00	a
2	75	89.63	b

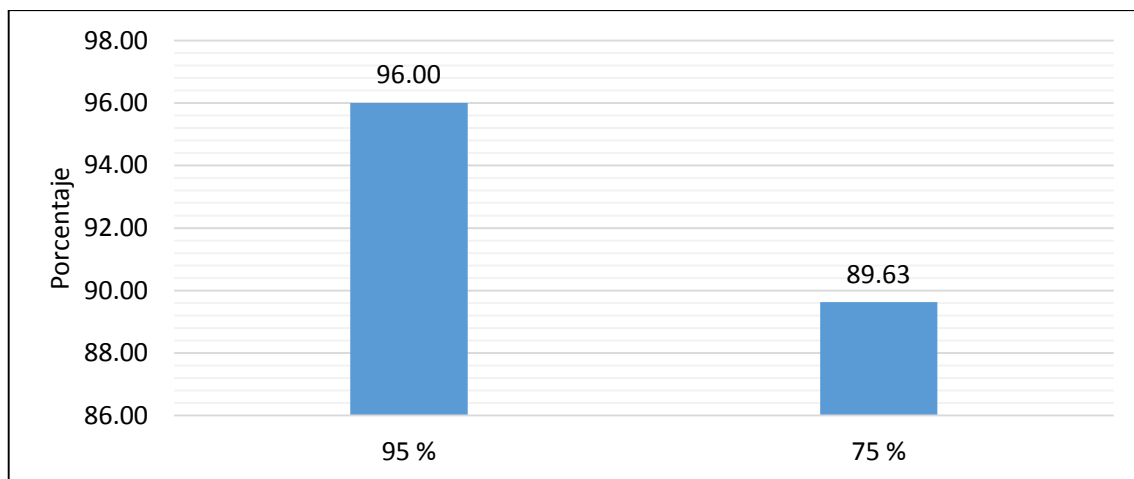


Figura 14. Efecto del factor humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.

4.3.3. Efecto de la Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 18, se observa la prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación, en donde se observa que con Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 94.19%, el cual es estadísticamente superior a sin Intensidad de luz con 91.44%.

Tabla 18. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación

Orden de mérito	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	Con Intensidad de luz	94.19	a
2	Sin Intensidad de luz	91.44	b

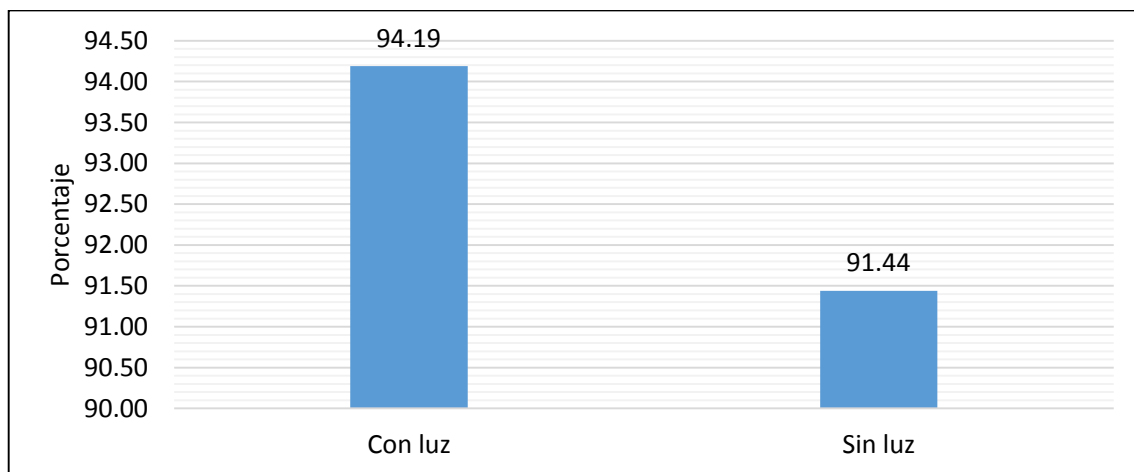


Figura 15. Efecto del factor Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos pueden relacionarse con el efecto inhibitorio de la Intensidad de luz constante, particularmente la radiación infrarroja (o rojo lejano) en la germinación de la semilla de diversas especies (Copeland y McDonald, 1995), lo cual ha influido en los valores de germinación.

Considera que la variedad en respuestas a la Intensidad de luz, en la germinación de las semillas entre especies, puede deberse a las variaciones en la cantidad y tipo de fitocromo. En esencia, el fitocromo (F) es una cromoproteína hidrofílica verde-azul (Grill y Spruit, 1972), que existe en dos formas principales: Fr y Frl, con picos de absorción a 660 y 730 nm, respectivamente, y son interconvertibles

4.3.4. Efecto de la temperatura y humedad en la germinación de cañihua

En la tabla 19, se observa la prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción temperatura de 15 °C más la humedad de 75% tuvo mayor porcentaje de germinación con 98.25%, seguido de las interacciones temperatura 15 °C más humedad del 95% y la interacción temperatura 35°C más humedad 95% con valores de 96.63 y 95.38% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares; en último lugar se ubica la interacción de temperatura de 35°C más humedad al 75% con 81.00% de germinación.

Tabla 19. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	75	98.25	a
2	15	95	96.63	a
3	35	95	95.38	a
4	35	75	81.00	b

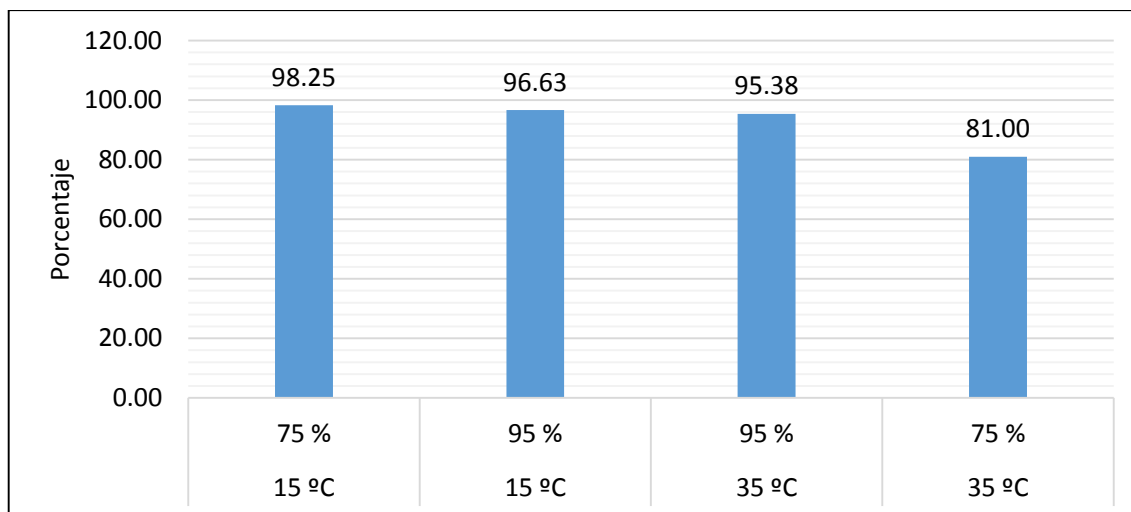


Figura 16. Efecto del factor temperatura y humedad sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos por la influencia de los factores humedad y temperatura son los más determinantes en el proceso de germinación, y cuando la humedad no es limitante, la tasa y el porcentaje de germinación dependen de la temperatura (Hadas, 2004).

4.3.5. Efecto de temperatura e Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 20, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción temperatura de 15°C más Sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 98.63%, seguido de las interacción temperatura 15°C más con Intensidad de luz con 96.25% de germinación, los cuales estadísticamente son similares y superiores a la interacción de la temperatura de 35°C y sin Intensidad de luz con un valor 84.25% de germinación.

Tabla 20. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	Sin Intensidad de luz	98.63	a
2	15	Con Intensidad de luz	96.25	a
3	35	Con Intensidad de luz	92.13	b
4	35	Sin Intensidad de luz	84.25	c

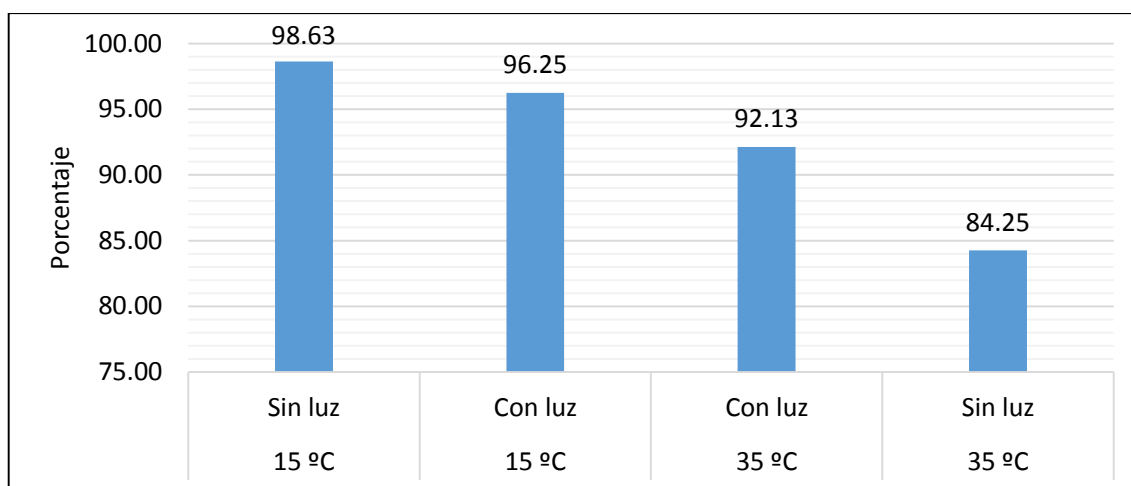


Figura 17. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.

Los resultados obtenidos difieren a lo reportado por Reyes-Bautista y Rodríguez (2005), quienes al realizar pruebas de germinación con semillas de *Nolina parviflora*. La interacción Intensidad de luz y temperatura es la más significativa, no sólo estadísticamente, también ecológicamente (en relación con factores limitativos), de los que se presentaron. A 20 °C, la semilla respondió de manera semejante a la influencia de la Intensidad de luz (87.5% sin Intensidad de luz y 85% con Intensidad de luz). A 25 °C, hubo mayor respuesta sin Intensidad de luz, que con Intensidad de luz (88.1% y 42.3%, respectivamente). Sin embargo, a 30 °C, la germinación se redujo considerablemente, aunque las semillas no expuestas a Intensidad de luz mostraron una mejor respuesta que aquéllas con luz (15.8% y 0.6%, respectivamente)

Al respecto de acuerdo con Copeland y McDonald (1995), el factor luz afecta la germinación por su intensidad, duración (fotoperiodo) y calidad. Esta última se refiere a la longitud de onda. Halló que la luz roja (660 a 700 nm) promovió la germinación de la lechuga, pero la luz infrarroja (>700 nm) la inhibió. Copeland y McDonald (1995) señalan que este efecto se ha encontrado en semillas de algunas especies de pino.

4.3.6. Efecto de humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 21, se observa la prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción humedad de 95% más sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 96.50%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones;

en último lugar se ubica las interacción de la humedad al 75% y sin Intensidad de luz con un valor 86.38% de germinación.

Tabla 21. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación

Orden de mérito	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	Sin Intensidad de luz	96.50	a
2	95	Con Intensidad de luz	95.50	b
3	75	Con Intensidad de luz	92.88	b
4	75	Sin Intensidad de luz	86.38	c

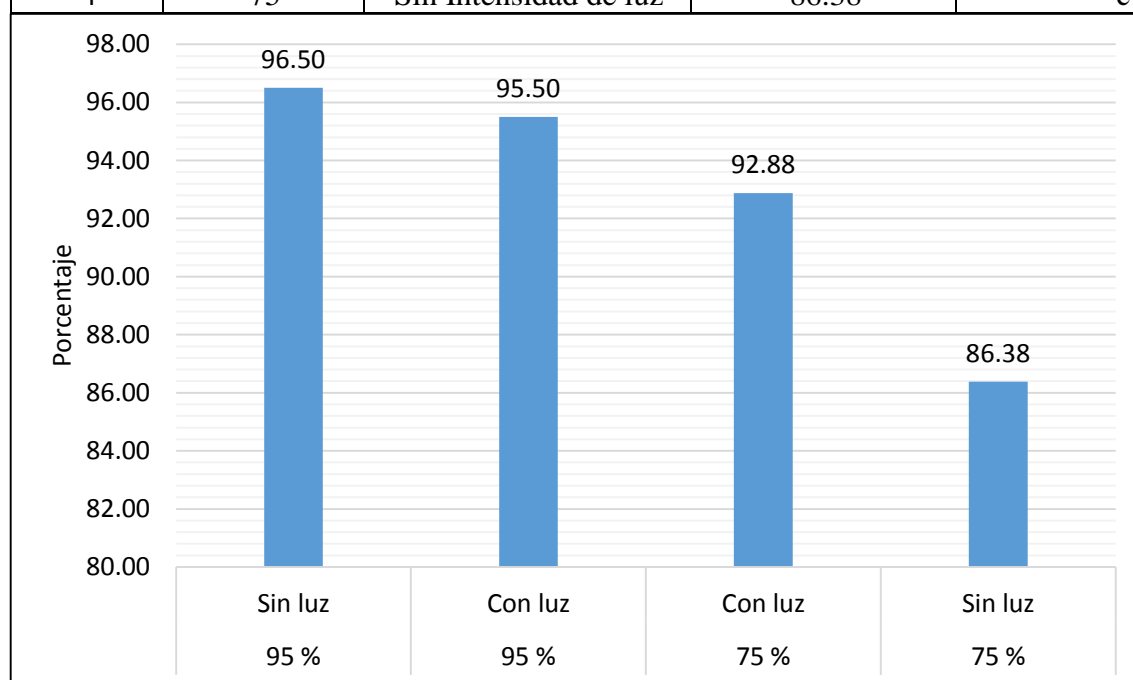


Figura 18. Efecto del factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación.

4.3.7. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la germinación de cañihua

En la tabla 22, se observa la prueba de Tukey para los factores temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación, en donde se observa que la interacción conformada por temperatura de 15°C más la humedad de 95% y sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 98.75%, seguido de las interacciones temperatura de 15°C más humedad al 75% y sin Intensidad de luz con 98.59%, la interacción de temperatura de 15°C más 75% de

humedad y con Intensidad de luz con 98.00% de germinación, los cuales estadísticamente son similares y superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacción temperatura de 35°C más la humedad al 75% y sin Intensidad de luz con 74.25% de germinación.

Tabla 22. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72 horas de evaluación

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de germinación (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	95	Sin Intensidad de luz	98.75	a
2	15	75	Sin Intensidad de luz	98.50	a
3	15	75	Con Intensidad de luz	98.00	a
4	35	95	Con Intensidad de luz	96.50	a
5	15	95	Con Intensidad de luz	94.50	a
6	35	95	Sin Intensidad de luz	94.25	a
7	35	75	Con Intensidad de luz	87.75	b
8	35	75	Sin Intensidad de luz	74.25	c

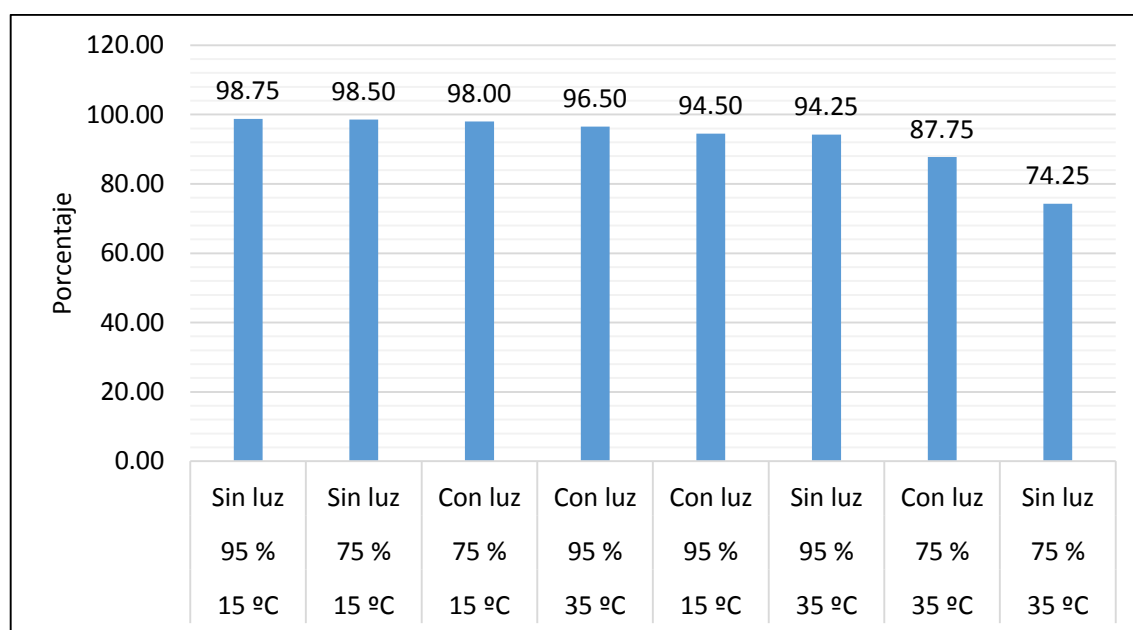


Figura 19. Efecto del factor para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de germinación a las 72horas de evaluación.

La diferencia en la respuesta germinativa de las semillas en estudio, se deben al efecto de la luz, la cual está asociado con el fitocromo, que controla la mayoría si no todas las respuestas de las semillas a la luz (Duke, 1985).

La germinación fue influenciada por la temperatura, tal como lo afirman Azcón-Bieto & Talón (2008) demostrando que la temperatura influye directamente sobre las reacciones químicas catalizadas por enzimas, existiendo por tanto rangos óptimos para cada especie (Barceló *et al.* 2005); para cañihua se comprueba que la germinación también se da a 30°C lo que la convierte en una especie promisorio para ser adaptada a condiciones de costa.

4.4. Características físicas de las semillas de cañihua procedente de muestras para los tratamientos en estudio

En la tabla 23, se observa que todos los tratamientos en estudio tuvieron una muestra de 5 gr. Variando en el porcentaje de impurezas en el rango de 0.19 g a 0.28 g; teniendo semilla pura en el rango de 4.69 a 4.81 g; siendo la pureza de semilla en el rango del 93.70% a 96.20%, y las impurezas en el rango de 3.80% a 6.30%.

Tabla 23. Características físicas de semillas de cañihua por tratamiento

Característica	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Muestra (gr)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Impurezas (gr)	0.28	0.22	0.19	0.21	0.19	0.30	0.32	0.23
Semilla pura (gr)	4.72	4.78	4.81	4.79	4.81	4.70	4.69	4.78
% Pureza	94.40%	95.60%	96.20%	95.80%	96.20%	94.00%	93.70%	95.50%
% Impureza	5.60%	4.40%	3.80%	4.20%	3.80%	6.00%	6.30%	4.50%

El porcentaje de pureza, según Borrajo (2006), indica que, es el porcentaje en peso de la semilla de la especie estudiada respecto al total de la muestra. Poulsen (1998), manifiesta que, las muestras de semillas pueden contener impurezas como, malezas, piedrecillas, semillas de otras especies y estructuras vegetales desprendidas de las semillas la cual influye en la calidad de semilla; esta afirmación respalda las diferencias encontradas en pureza e impurezas de semillas de una muestra.

4.5. Energía germinativa y valor cultural

4.5.1. Energía germinativa a las 48 horas

En la tabla 15, se observa el análisis de varianza para energía germinativa, en donde se observa que para el factor Temperatura (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias entre las temperaturas sobre el porcentaje de energía germinativa; para el factor Humedad (H), también se observa diferencias estadísticas altamente significativas, dando a conocer que existe diferentes en las humedades en estudio sobre el porcentaje de energía germinativa; para el factor Intensidad de luz (L), existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que existe diferencias entre los niveles de Intensidad de luz en estudio. Para las interacciones T x H, T x L, H x L y T x H x L, existe diferencias estadísticas altamente significativas, con lo cual se entiende que los factores actúan simultáneamente sobre el porcentaje de energía germinativa en cada interacción. Además, el CV igual a 2.763 % nos indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 24. Análisis de varianza para energía germinativa a las 48 horas

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.05	Sig.
Temperatura (T)	1	304.366	304.366	104.11	4.26	7.82	**
Humedad (H)	1	144.543	144.543	49.44	4.26	7.82	**
Intensidad de luz (L)	1	26.846	26.846	9.18	4.26	7.82	**
T x H	1	227.538	227.538	77.83	4.26	7.82	**
T x L	1	93.400	93.400	31.95	4.26	7.82	**
H x L	1	49.975	49.975	17.09	4.26	7.82	**
T x H x L	1	12.488	12.488	4.27	4.26	7.82	*
Error	24	70.165	2.924				
Total correcto	31	929.319					

CV=2.763%

$\bar{X} = 61.87$

4.5.1.1. Efecto de la temperatura en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas

En la tabla 25, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura sobre porcentaje de energía germinativa, en donde se observa que la temperatura de 15°C tuvo mayor porcentaje con 64.96%, el cual es estadísticamente superior a la temperatura de 35°C que tuvo 58.79%.

Tabla 25. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre energía germinativa a las 48 horas.

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Promedio de porcentaje de energía germinativa (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	64.96	a
2	35	58.79	b

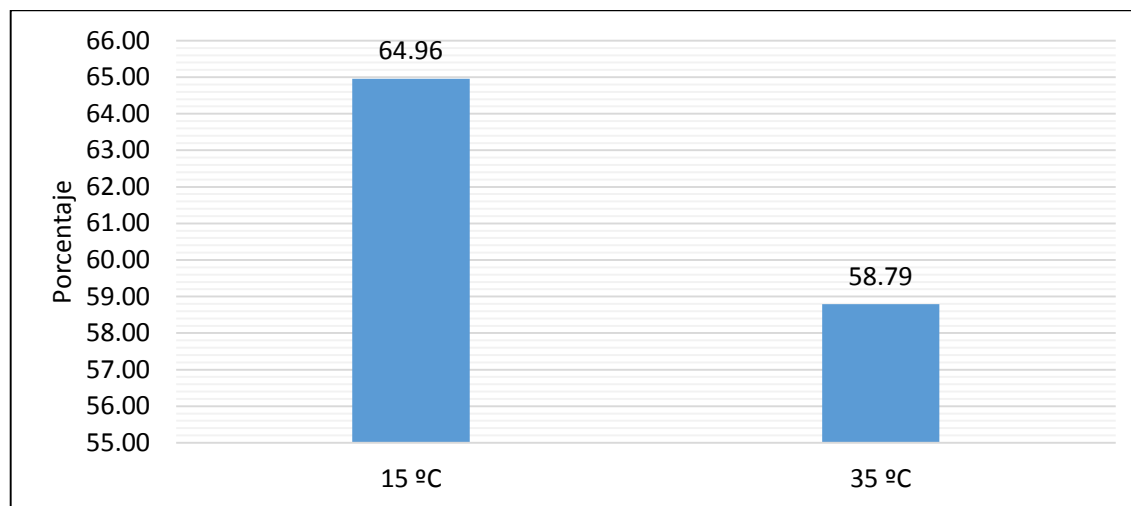


Figura 20. Efecto del factor temperatura sobre energía germinativa a las 48 horas.

4.5.1.2. Efecto de la humedad en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas

En la tabla 26, se observa la prueba de Tukey para factor Humedad sobre porcentaje de energía germinativa, en donde se observa que la humedad al 95% tuvo mayor porcentaje de energía germinativa con 64.00%, el cual es estadísticamente superior a la humedad al 75% con 59.75%.

Tabla 26. Prueba de Tukey para factor humedad sobre energía germinativa a las 48 horas

Orden de mérito	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de energía germinativa (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	64.00	a
2	75	59.75	b

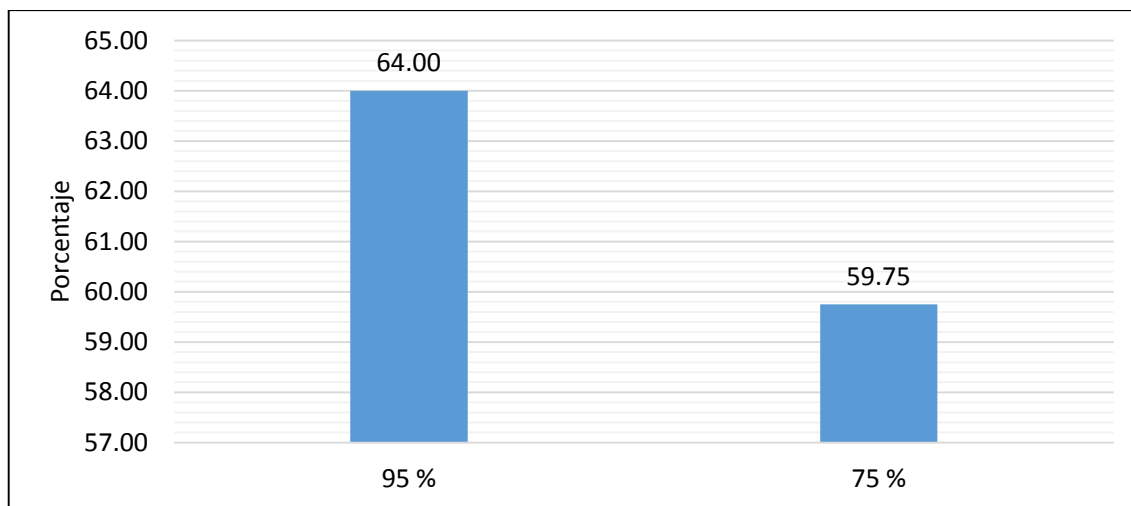


Figura 21. Efecto del factor humedad sobre sobre energía germinativa a las 48 horas.

4.5.1.3. Efecto de la Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas

En la tabla 27, se observa la prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de energía germinativa, en donde se observa que con Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de energía germinativa con 62.79%, el cual es estadísticamente superior a sin Intensidad de luz con 60.96%.

Tabla 27. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas

Orden de mérito	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de energía germinativa (%)	Sig. ≤ 0.05
1	Con Intensidad de luz	62.79	a
2	Sin Intensidad de luz	60.96	b

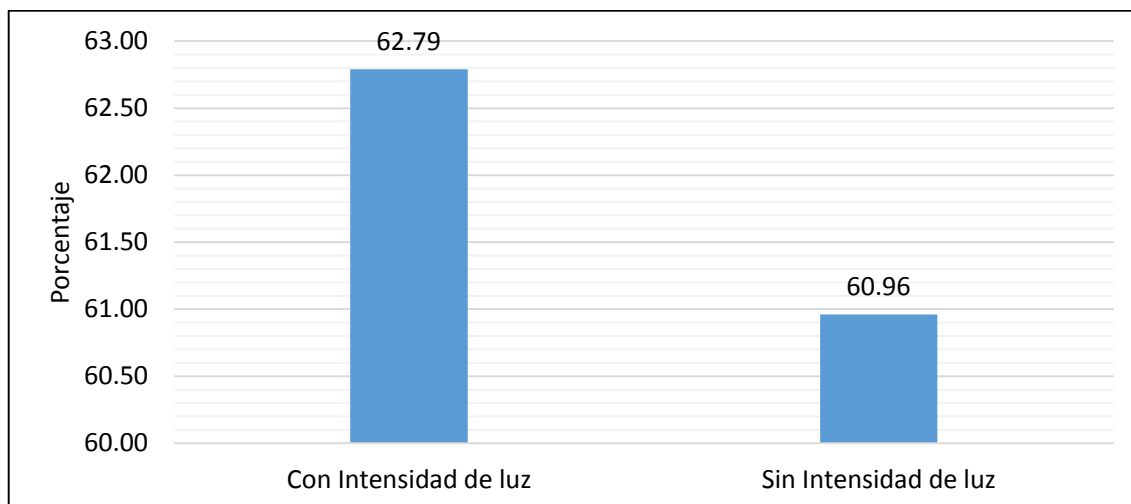


Figura 22. Efecto del factor Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas

4.5.1.4. Efecto de la temperatura y humedad en la energía germinativa de cañihua a los 48 horas

En la tabla 28, se observa la prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de energía germinativa, en donde se observa que la interacción temperatura de 15 °C más la humedad de 75% tuvo mayor porcentaje de energía germinativa con 65.50%, seguido de las interacciones temperatura 15 °C más humedad del 95% y la interacción temperatura 35°C más humedad 95% con valores de 64.42 y 63.58% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares; en último lugar se ubica la interacción de temperatura de 35°C más humedad al 75% con 54.00% de energía germinativa.

Tabla 28. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre energía germinativa a las 48 horas

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de energía germinativa (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	75	65.50	a
2	15	95	64.42	a
3	35	95	63.58	a
4	35	75	54.00	b

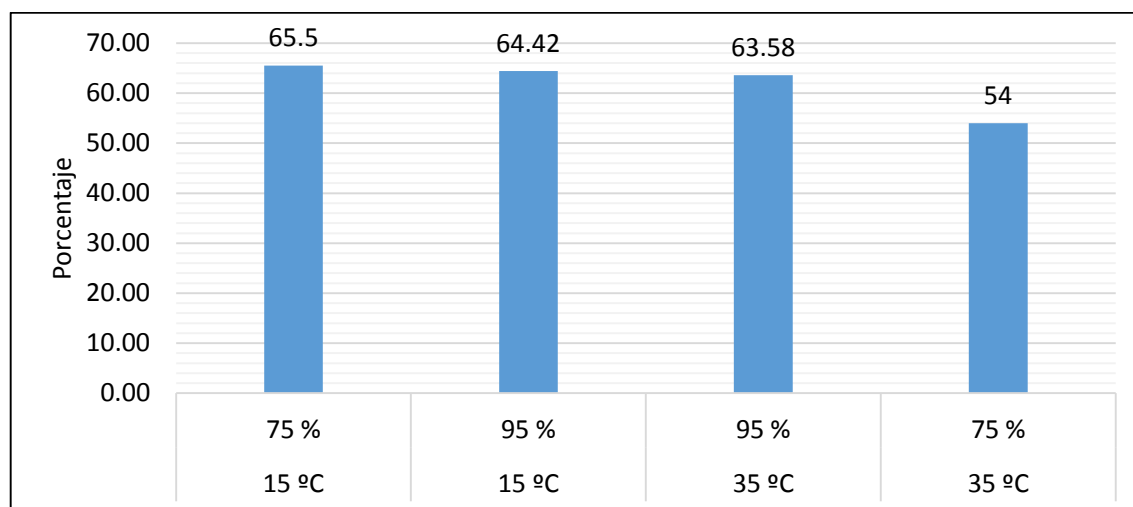


Figura 23. Efecto del factor temperatura y humedad sobre sobre energía germinativa a las 48 horas

4.5.1.5. Efecto de temperatura e Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua

En la tabla 29, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de energía germinativa, en donde se observa que la interacción temperatura de 15°C más Sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de energía germinativa con 98.63%, seguido de las interacción temperatura 15°C más con Intensidad de luz con 96.25% de germinación, los cuales estadísticamente son similares y superiores a la interacción de la temperatura de 35°C y sin Intensidad de luz con un valor 84.25% de energía germinativa.

Tabla 29. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre energía germinativa a las 48 horas

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de energía germinativa (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	Sin Intensidad de luz	65.75	a
2	15	Con Intensidad de luz	64.17	a
3	35	Con Intensidad de luz	61.42	b
4	35	Sin Intensidad de luz	56.17	c

Reyes y Rodríguez (2005), obtuvieron diferencias estadísticas en la interacción de temperatura y luz en semillas de *Nolina parviflora*, indicando que, en presencia de luz la germinación declinó linealmente a mayores temperaturas, pero la energía germinativa alcanzó su mayor valor a 25 °C (26 días) y el menor valor a 30 °C (1.6 días). Asimismo, en ausencia de luz tuvo una elevada germinación a 20 °C y 25 °C, y declinó a 30°C, en tanto que la energía germinativa fue semejante a 20 °C y 25 °C (15.5 y 15.3 días, respectivamente), pero tuvo un mayor valor a 30 °C (22.5 días); estos resultados afirman que la energía germinativa es afectada por los factores temperatura y luz.

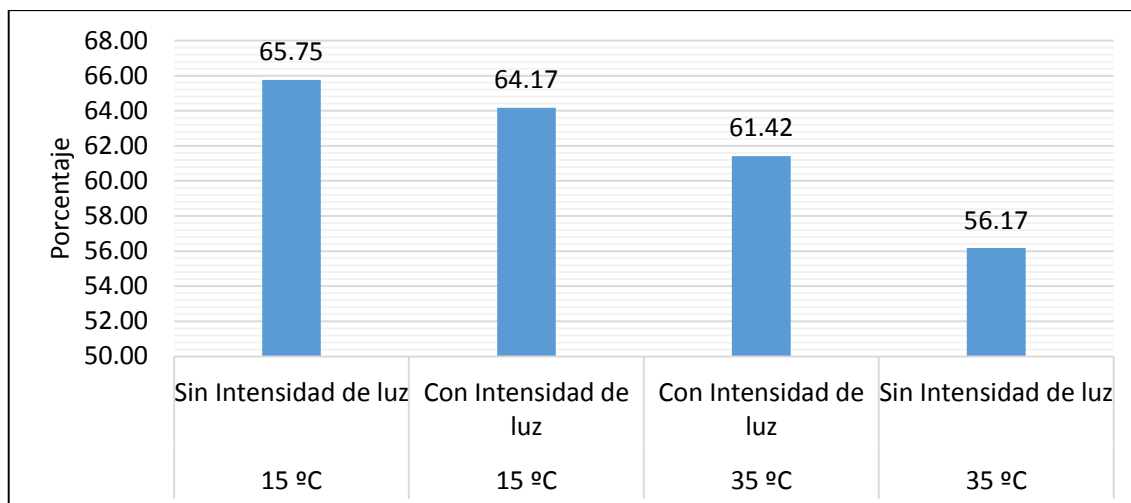


Figura 24. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas

4.5.1.6. Efecto de humedad e Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas

En la tabla 30, se observa la prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de energía germinativa, en donde se observa que la interacción humedad de 95% más sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de energía germinativa con 64.33%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacción de la humedad al 75% y sin Intensidad de luz con un valor 57.58% de energía germinativa.

Tabla 30. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre energía germinativa a las 48 horas

Orden de mérito	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de energía germinativa (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	Sin Intensidad de luz	64.33	a
2	95	Con Intensidad de luz	63.67	b
3	75	Con Intensidad de luz	61.92	b
4	75	Sin Intensidad de luz	57.58	c

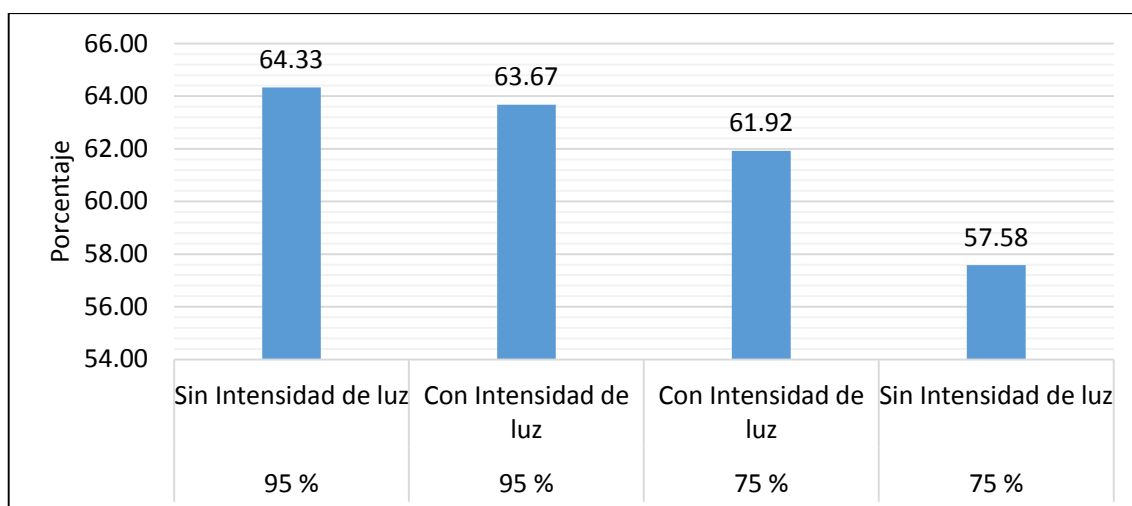


Figura 25. Efecto del factor humedad e Intensidad de sobre energía germinativa a las 48 horas

4.5.1.7. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en la energía germinativa de cañihua a las 48 horas

En la tabla 31, se observa la prueba de Tukey para los factores temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de energía germinativa, en donde se observa que la interacción conformada por temperatura de 15°C más la humedad de 95% y sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de energía germinativa con 65.84%, seguido de las interacciones temperatura de 15°C más humedad al 75% y sin Intensidad de luz con 65.67%, la interacción de temperatura de 15°C más 75% de humedad y con Intensidad de luz con 65.33% de germinación, los cuales estadísticamente son similares y superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacción temperatura de 35°C más la humedad al 75% y sin Intensidad de luz con 49.50% de energía germinativa.

Tabla 31. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de energía germinativa (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	95	Sin Intensidad de luz	65.84	a
2	15	75	Sin Intensidad de luz	65.67	a
3	15	75	Con Intensidad de luz	65.33	a

4	35	95	Con Intensidad de luz	64.33	a
5	15	95	Con Intensidad de luz	63.00	a
6	35	95	Sin Intensidad de luz	62.83	a
7	35	75	Con Intensidad de luz	58.50	b
8	35	75	Sin Intensidad de luz	49.50	c

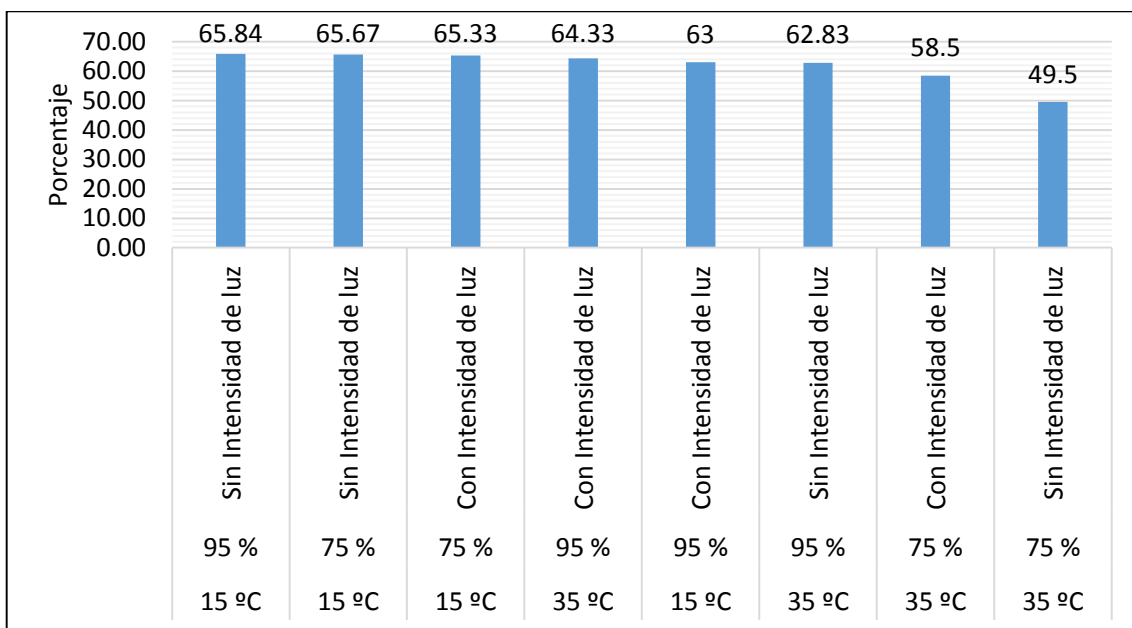


Figura 26. Efecto del factor para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre energía germinativa a las 48 horas

Hartmann y Kester (1989), dan a conocer que las temperaturas bajas, las semillas germinan con lentitud, pero el porcentaje de germinación es alto. A temperaturas más elevadas, las tasas de germinación son más aceleradas, pero el porcentaje de germinación disminuye en proporción al incremento de temperatura; esta afirmación avala los resultados obtenidos en la investigación.

4.5.2. Valor cultural

En la tabla 32, se observa el análisis de varianza para valor cultural, en donde se observa que para el factor Temperatura (T) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que existe diferencias entre las temperaturas sobre el porcentaje de valor cultural; para el factor Humedad (H), también se observa diferencias

estadísticas altamente significativas, dando a conocer que existe diferentes en las humedades en estudio sobre el porcentaje de valor cultural; para el factor Intensidad de Luz (L), existe diferencias estadísticas significativas, demostrando que existe diferencias entre los niveles de Intensidad de luz en estudio sobre el porcentaje de valor cultural. Para las interacciones T x H, T x L, H x L y T x H x L, existe diferencias estadísticas altamente significativas, con lo cual se entiende que los factores actúan simultáneamente sobre el porcentaje de sobre el porcentaje de valor cultural en cada interacción. Además, el CV igual a 2.759 % no indica que los datos evaluados son confiables.

Tabla 32. Análisis de varianza para valor cultural.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.05	Sig.
Temperatura (T)	1	705.0012500	705.0012500	118.56	4.26	7.82	**
Humedad (H)	1	314.0018000	314.0018000	52.80	4.26	7.82	**
Intensidad de luz (L)	1	46.8996125	46.8996125	7.89	4.26	7.82	**
T x H	1	375.1060500	375.1060500	63.08	4.26	7.82	**
T x L	1	207.5703125	207.5703125	34.91	4.26	7.82	**
H x L	1	131.9500125	131.9500125	22.19	4.26	7.82	**
T x H x L	1	73.9936125	73.9936125	12.44	4.26	7.82	*
Error	24	142.717300	5.946554				
Total correcto	31	1997.239950					

CV=2.759%

$\bar{X} = 88.35$

4.5.2.1. Efecto de la temperatura en el valor cultural de cañihua

En la tabla 33, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura sobre porcentaje de valor cultural, en donde se observa que la temperatura de 15°C tuvo mayor porcentaje con 93.05%, el cual es estadísticamente superior a la temperatura de 35°C que tuvo 83.66% de valor cultural.

Tabla 33. Prueba de Tukey para factor temperatura sobre valor cultural.

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Promedio de porcentaje de valor cultural (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	93.05	a
2	35	83.66	b

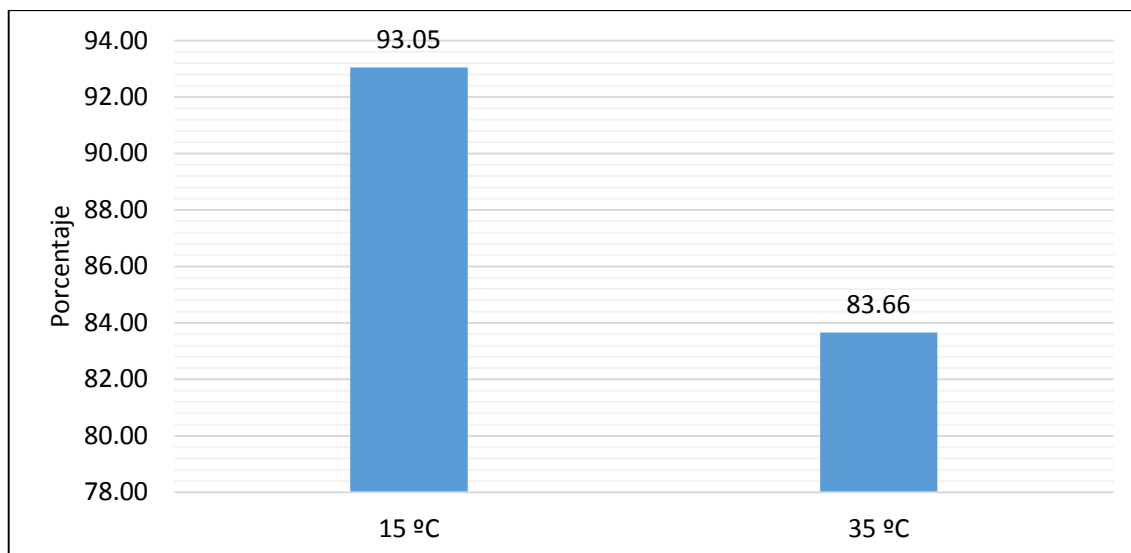


Figura 27. Efecto del factor temperatura sobre sobre valor cultural.

4.5.2.2. Efecto de la humedad en el valor cultural de cañihua

En la tabla 34, se observa la prueba de Tukey para factor Humedad sobre porcentaje de valor cultural, en donde se observa que la humedad al 95% tuvo mayor porcentaje de energía germinativa con 64.00%, el cual es estadísticamente superior a la humedad al 75% con 59.75% de valor cultural.

Tabla 34. Prueba de Tukey para factor humedad sobre sobre valor cultural.

Orden de mérito	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de valor cultural (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	91.49	a
2	75	85.22	b

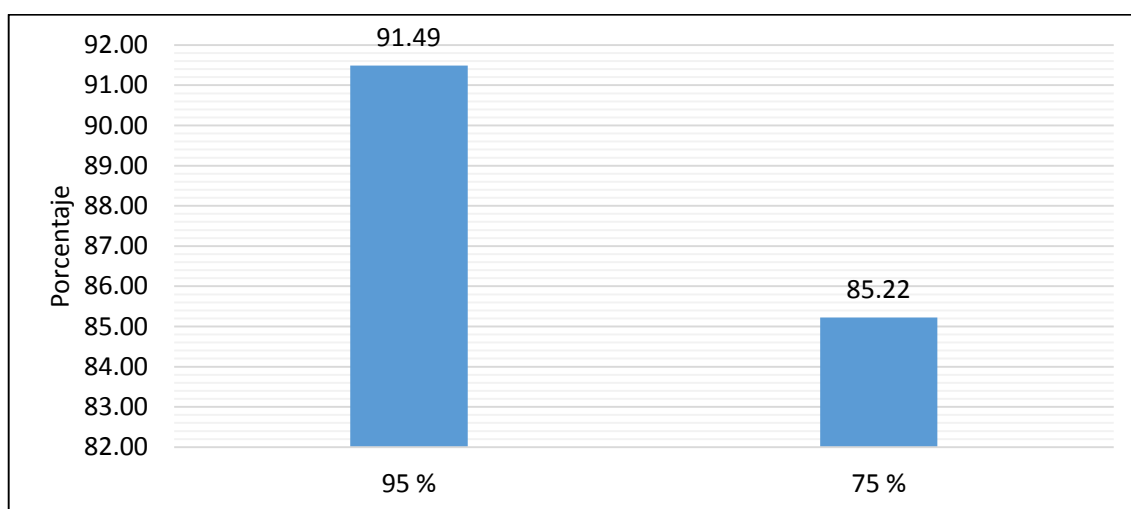


Figura 28. Efecto del factor humedad sobre sobre valor cultural.

4.5.2.3. Efecto de la Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua

En la tabla 27, se observa la prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre porcentaje de valor cultural, en donde se observa que con Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de valor cultural con 89.56%, el cual es estadísticamente superior a sin Intensidad de luz con 87.14% de valor cultural.

Tabla 35. Prueba de Tukey para factor Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.

Orden de mérito	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de valor cultural (%)	Sig. ≤ 0.05
1	Con Intensidad de luz	89.56	a
2	Sin Intensidad de luz	87.14	b

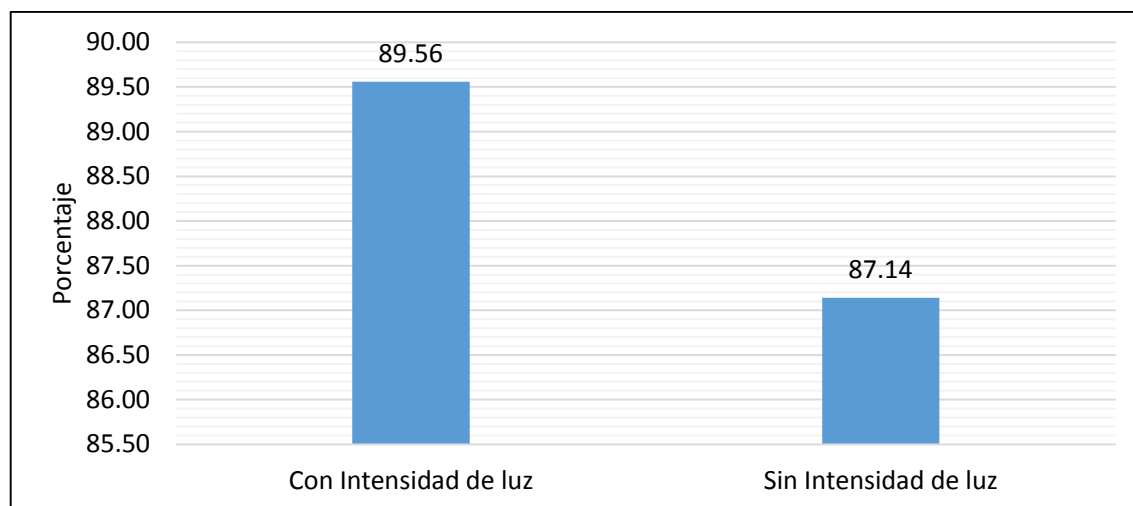


Figura 29. Efecto del factor Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.

4.5.2.4. Efecto de la temperatura y humedad en el valor cultural de cañihua

En la tabla 36, se observa la prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre porcentaje de valor cultural, en donde se observa que la interacción temperatura de 15 °C más la humedad de 75% tuvo mayor porcentaje de valor cultural con 93.34%, seguido de las interacciones temperatura 15 °C más humedad del 95% y la interacción temperatura 35°C más humedad 95% con valores de 92.76 y 90.22% respectivamente, los cuales estadísticamente son similares; en último lugar se ubica la interacción de temperatura de 35°C más humedad al 75% con 77.10% de valor cultural.

Tabla 36. Prueba de Tukey para factor temperatura y humedad sobre valor cultural.

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Promedio de porcentaje de valor cultural (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	75	93.34	a
2	15	95	92.76	a
3	35	95	90.22	a
4	35	75	77.10	b

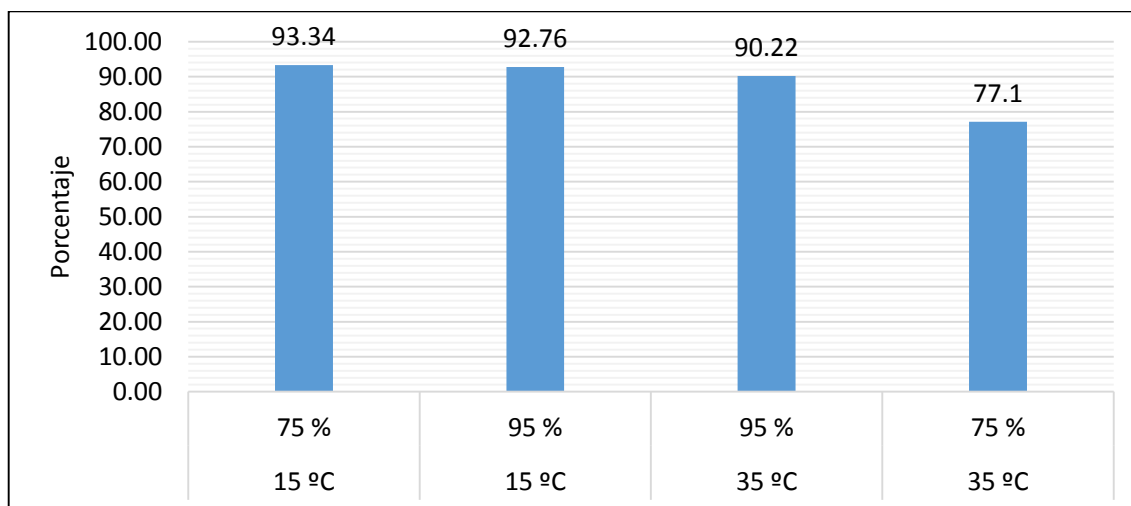


Figura 30. Efecto del factor temperatura y humedad sobre sobre valor cultural.

4.5.2.5. Efecto de temperatura e Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua

En la tabla 37, se observa la prueba de Tukey para factor Temperatura e Intensidad de luz sobre porcentaje de valor cultural, en donde se observa que la interacción temperatura de 15°C más Sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de valor cultural con 94.38%, seguido de las interacción temperatura 15°C más con Intensidad de luz con 91.71% de germinación, los cuales estadísticamente son similares y superiores a la interacción de la temperatura de 35°C y sin Intensidad de luz con un valor 79.90% de valor cultural.

Tabla 37. Prueba de Tukey para factor temperatura e Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de valor cultural (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	Sin Intensidad de luz	94.38	a
2	15	Con Intensidad de luz	91.71	a
3	35	Con Intensidad de luz	87.42	b
4	35	Sin Intensidad de luz	79.90	c

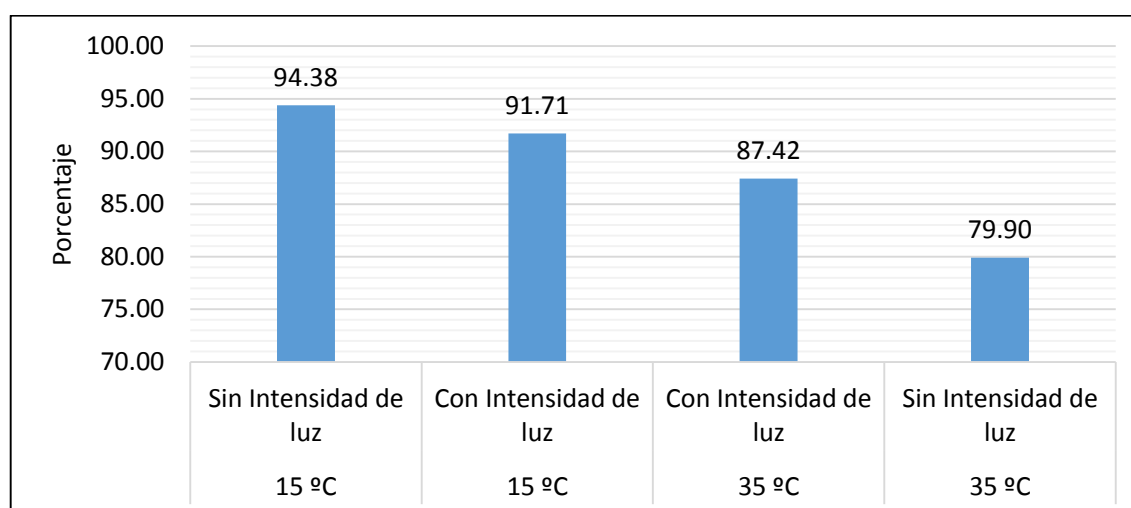


Figura 31. Efecto del factor temperatura e Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.

4.5.2.6. Efecto de humedad e Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua

En la tabla 38, se observa la prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de valor cultural, en donde se observa que la interacción humedad de 95% más sin Intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de valor cultural con 92.31%, el cual es estadísticamente superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica la interacción de la humedad al 75% y sin Intensidad de luz con un valor 81.98% de valor cultural.

Tabla 38. Prueba de Tukey para factor humedad e Intensidad de luz sobre valor cultural.

Orden de mérito	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de valor cultural (%)	Sig. ≤ 0.05
1	95	Sin Intensidad de luz	92.31	a
2	95	Con Intensidad de luz	90.67	b
3	75	Con Intensidad de luz	88.46	b
4	75	Sin Intensidad de luz	81.98	c

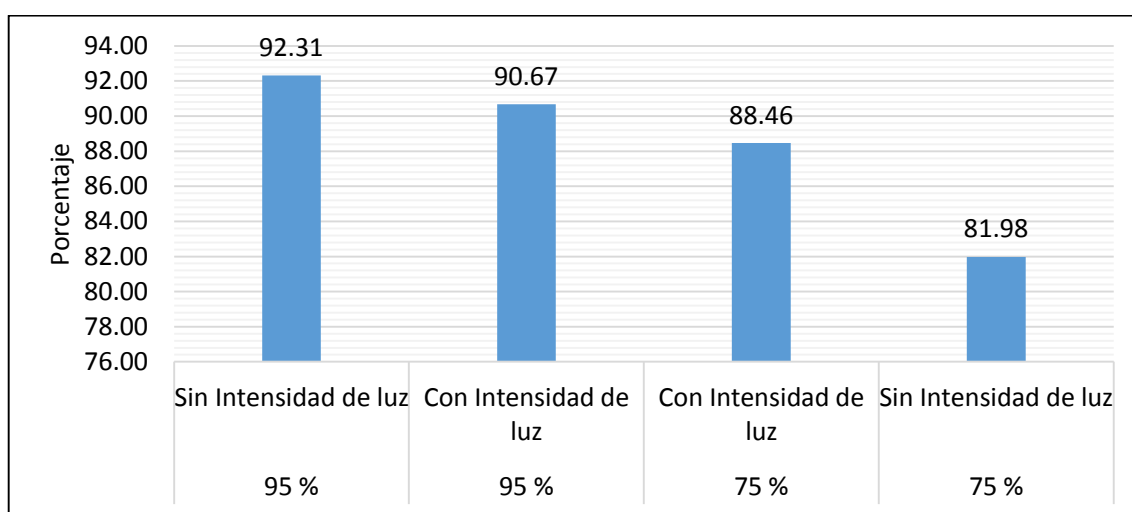


Figura 32. Efecto del factor humedad e Intensidad de sobre valor cultural.

4.5.2.7. Efecto de temperatura, humedad e Intensidad de luz en el valor cultural de cañihua

En la tabla 39, se observa la prueba de Tukey para los factores temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre porcentaje de valor cultural, en donde se observa que la interacción conformada por temperatura de 15°C más la humedad de 95% y sin Intensidad de luz tuvo mayor de valor cultural con 94.60%, seguido de las interacciones temperatura de 15°C más humedad al 75% y sin Intensidad de luz con 94.17%, la interacción de temperatura de 15°C más 75% de humedad y con Intensidad de luz con 92.51% de germinación, los cuales estadísticamente son similares y superior a las demás interacciones; en último lugar se ubica las interacción temperatura de 35°C más la humedad al 75% y sin Intensidad de luz con 69.80% de valor cultural.

Tabla 39. Prueba de Tukey para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.

Orden de mérito	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Intensidad de luz	Promedio de porcentaje de valor cultural (%)	Sig. ≤ 0.05
1	15	95	Sin Intensidad de luz	94.60	a
2	15	75	Sin Intensidad de luz	94.17	a
3	15	75	Con Intensidad de luz	92.51	a
4	35	95	Con Intensidad de luz	90.91	a
5	15	95	Con Intensidad de luz	90.42	a
6	35	95	Sin Intensidad de luz	90.01	a b
7	35	75	Con Intensidad de luz	84.41	b
8	35	75	Sin Intensidad de luz	69.80	c

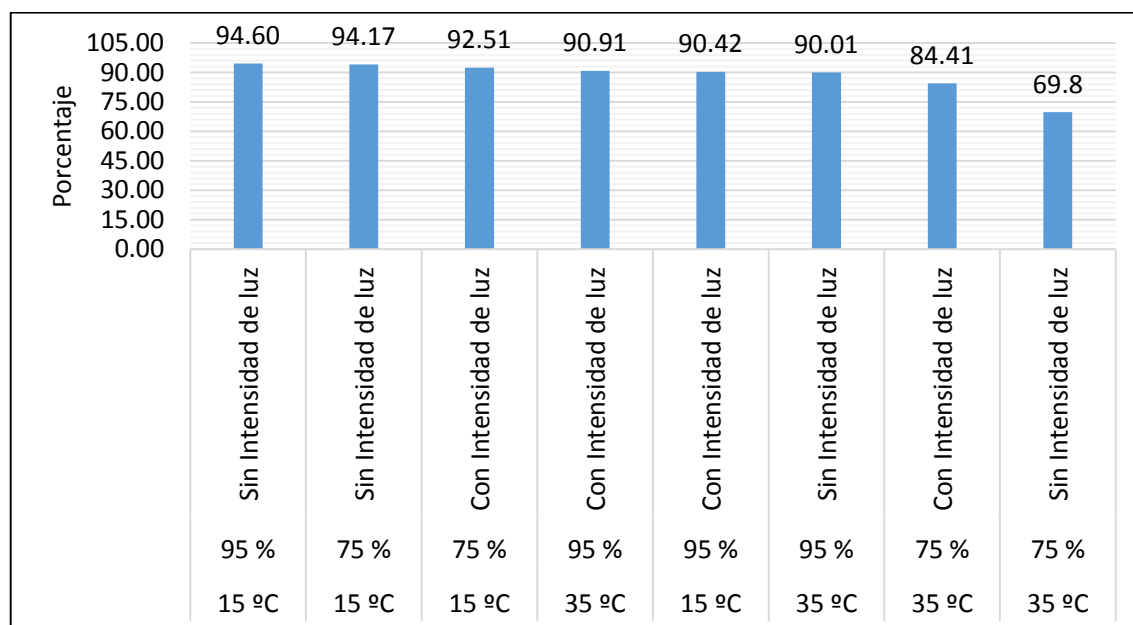


Figura 33. Efecto del factor para factor temperatura, humedad e Intensidad de luz sobre sobre valor cultural.

4.5.3. Promedio de poder germinativo, energía germinativa y valor cultural

En la figura 20, se observa que el tratamiento conformado por la temperatura de 15°C más la humedad del 95% y sin Intensidad de luz tuvo mayor poder germinativo con

98.75%, seguido del tratamiento conformado por la temperatura de 15°C más la humedad del 75% y sin Intensidad de luz tuvo 98.50% de poder germinativo.

Respecto al valor cultural a las 72 horas de evaluación, el tratamiento conformado por la temperatura de 15°C más la humedad del 95% y sin Intensidad de luz tuvo mayor poder germinativo con 94.60%, seguido del tratamiento conformado por la temperatura de 15°C más la humedad del 75% y sin Intensidad de luz tuvo 94.17% de poder germinativo.

La energía germinativa a las 48 horas de evaluación., el tratamiento conformado por la temperatura de 15°C más la humedad del 95% y sin Intensidad de luz tuvo mayor poder germinativo con 65.83%, seguido del tratamiento conformado por la temperatura de 15°C más la humedad del 75% y sin Intensidad de luz tuvo 65.67% de poder germinativo.

Días de evaluacion	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8	
	T 15 °C								T 35 °c							
	H 75%				H 95%				H 75%				H 95%			
	Con luz		Sin luz		Con luz		Sin luz		Con luz		Sin luz		Con luz		Sin luz	
1	1.8	1.8	2.0	6.0	2.0	3.4	2.0	4.8	2.0	6.0	2.0	14.0	2.0	24.5	2.0	16.8
2	12.0	13.8	20.3	26.3	12.9	16.3	36.8	41.5	12.8	18.8	12.5	26.5	21.5	46.0	25.5	42.3
3	84.3	98.0	72.3	98.5	78.3	94.5	57.3	98.8	69.0	87.8	47.8	74.3	50.5	96.5	52.0	94.3
Total Semillas germinadas	98.0		98.5		94.5		98.8		87.8		74.3		96.5		94.3	
Poder germinativo:	98.00%		98.50%		94.50%		98.75%		87.75%		74.25%		96.50%		94.25%	
Valor cultural (VC):	92.51%		94.17%		90.91%		94.60%		84.42%		69.80%		90.42%		90.01%	
Vigor o energia germinativa:	65.33		65.67		63.00		65.83		58.50		49.50		64.33		62.83	

Figura 34. Poder germinativo, valor cultural y energía germinativa de los tratamientos en estudio.

Los resultados obtenidos son diferentes a lo reportado por Reyes-Bautista y Rodríguez (2005), quien manifiesta que la relación con la interacción Temperatura e Intensidad de luz, en presencia de Intensidad de luz la germinación declinó linealmente a mayores temperaturas, pero la energía germinativa alcanzó su mayor valor a 25 °C (26

días) y el menor valor a 30 °C (1.6 días). Asimismo, en ausencia de Intensidad de luz tuvo una elevada germinación a 20 °C y 25 °C, y declinó a 30°C, en tanto que la energía germinativa fue semejante a 20 °C y 25 °C (15.5 y 15.3 días, respectivamente), pero tuvo un mayor valor a 30 °C (22.5 días). Lo anterior corresponde a lo planteado por Hartmann y Kester (1989), quienes refieren que a temperaturas bajas, las semillas germinan con lentitud pero el porcentaje de germinación es alto. A temperaturas más elevadas, las tasas de germinación son más aceleradas, pero el porcentaje de germinación disminuye en proporción al incremento de temperatura.

El incremento de la temperatura tuvo un efecto positivo en el índice de velocidad germinativa de los cuatro genotipos. Esto concuerda con lo expresado por Grey *et al.* (2011), quienes indican que, para la mayoría de los casos, la velocidad de germinación se incrementa al aumentar la temperatura, aunque también temperaturas muy altas tienden a disminuirla, en ese rango es posible encontrar la temperatura óptima de germinación. Con temperaturas sobre 32°C disminuye el índice de velocidad germinativa de las semillas en estudio. Sin embargo, independientemente del genotipo, el aumento de la temperatura hasta 38°C disminuyó significativamente la velocidad de germinación.

Según Carvalho y Nakagawa (2000), las temperaturas bajo la óptima tienden a reducir la velocidad del proceso germinativo, exponiendo a las semillas a factores adversos, pudiendo llevar incluso a la reducción total de la germinación. Según Carvalho y Nakagawa (2000) los requerimientos de temperatura óptima para la germinación de las semillas no siempre coinciden con la temperatura para alcanzar la máxima velocidad de germinación.

V. CONCLUSIONES

1.-La mejor temperatura para la germinación de cañihua fue la de 15°C con lo que se obtuvo 97.44% de porcentaje de germinación a comparación de la temperatura de 35°C que tuvo 88.19% de porcentaje de germinación.

2.-En humedad para la germinación de cañihua, el mejor tratamiento el de 95% con el que se obtuvo 96.00% de porcentaje de germinación a comparación de la humedad con el tratamiento de 75% que tuvo 88.63% de porcentaje de germinación.

3.-Respecto al requerimiento de la Intensidad de luz, el mejor fue con Intensidad de luz para la germinación de cañihua fue 15°C que tuvo 94.19% de porcentaje de germinación a comparación sin Intensidad de luz que tuvo 91.44% de porcentaje de germinación.

4.-El tratamiento conformado por la temperatura de 15°C, más la humedad del 95% y sin intensidad de luz tuvo mayor porcentaje de germinación con 98.75%, seguido del tratamiento conformado por la temperatura de 15°C, más la humedad del 75% y sin intensidad de luz tuvo un porcentaje de germinación del 98.50%, y la menor germinación se dio en el tratamiento conformado por la temperatura de 35°C, más la humedad al 75% y sin intensidad e luz con 74.25% de germinación.

VI. RECOMENDACIONES

1.-Por los resultados obtenidos se recomienda conservar la semilla a condiciones ambientales adecuadas para obtener buen porcentaje de germinación.

2.-Se recomienda realizar estudios con adición de diferentes especies de micorrizas sobre las semillas para determinar su efecto sobre la germinación de semillas.

3.-Se recomienda realizar estudios de caracterización de semillas germinadas en lo referente a calidad nutritiva para transformarlo a productos germinados de granos.

4.-Se encomienda realizar estudios de diferentes especies con carácter económico para tener seguridad alimentaria en el País.

VII. REFERENCIAS

- Adkins, S. W., Ashmore, S., & Navie, S. C. (2007). *Seeds: Biology, Development and Ecology*. CABI. Trowbridge, UK. Chaps. 19-20, 35-36.
- Alexis, J. (2014). *Cañihua (Chenopodium canihua O.F.Cook)*. Disponible en: <http://alexisjuliocr.wordpress.com/2014/04/28/canihua/>. Consultado el 7 de julio de 2014.
- Apaza, V. (2010). *Manejo y Mejoramiento de Cañihua*. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA, Bioversity International y el International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú.
- Apaza, R. (2006). *Evaluación comparativa del comportamiento agronómico de diez variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Altiplano Norte*. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 113 p.
- Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill - Interamericana de España. 2º ed. Barcelona. 651 p.
- Barceló, J.; Rodrigo, G.; Sabater, B. & Sánchez, R. (2005). *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide. Madrid. 566 p.
- Barros, M. (2003). *Pruebas de vigor en semillas de lechuga (Lactuca sativa L.) y su correlación con la emergencia*. Ciencia e Investigación 32, 3-II.
- Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B., y Sánchez, R. (2001). *Maduración y germinación de las semillas: Fisiología Vegetal*, Luca de Tena J.I. Ediciones Pirámide, España, pp. 477-503.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Second Edition. Elsevier Inc. USA. Chaps. 1-2, 8.
- Bewley, J. D., & Bradford, K. J. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer. London, UK. Chaps. 4, 7-8.
- Bewley, I. D. and Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York: Plenum Press.
- Bewley, J.D. (1997). *Germinación de semillas y latencia*. La célula vegetal. Revista American Society of Plant Physiologists, pp. 1055 - 1066.

- Bois, J. P., Lhomme, J., Raffillac, J. P., & Rocheteau, A. (2006). *Response of some Andean cultivars of quinoa (**Chenopodium quinoa** Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing*. *European Journal of Agronomy*, 25, 299-308.
- Bradford, K. I. (1995). *Water relations in seed germination*. In *Seed Development and Germination* (ed. M. Negbi, G. Galili and J. Kigel). New York: Marcel Dekker Publication.
- Borrajo, C. (2006). *Importancia de la calidad de semillas*. Curso internacional en ganadería bovina subtropical. Reconquista, 17 de Septiembre de 2017. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de web:
http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/79-semilla.pdf
- Camacho, M. F. (1994). *Dormición de semillas, causas y tratamientos*. TRILLAS, S. A. de C. V. México, D. F. pp. 9-60.
- Caroca, R., Zapata, N. y Vargas, M. (2015). *Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (**Arachis hypogea** L.)*. Artículo científico. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2016) 32(2): 94-101.
- Carvalho, N.M. e E.J. Nakagawa. (2000). *Sementes: ciencia, tecnologia e producao*. Jaboticabal, Funep, Brasil.
- Copeland, L. O.; Mc Donald, M. B. (1995). *Seed science and technology*. Chapman and Hall. New York, NY. 409 p.
- Courtis, A.C. (2013). *Germinación de semillas*. Cátedra de Fisiología vegetal. México. 23 p.
- Costa S. (2014). *Variabilidad genética de **Chenopodium quinoa** Willd. en el Noroeste Argentino y su relación con la dispersión de la especie*. 2014. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Argentina.
- Cuculiza, P. (1956). *Propagación de Plantas*. La Molina. Lima, Perú. 265 p.
- Cruz, N.V. (2017). *Valoración De las cualidades nutricionales de germinados de tres variedades de Cañahua (**Chenopodium pallidicaule** Aellen) bajo dos condiciones de laboratorio de la Estación Experimental De Choquenaira*. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia. 88 p.

- Chilo, G. M., Vacca Molina, M., Carbajal, R., & Ochoa, M. (2009). *Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de **Chenopodium quinoa***. *Agriscientia*, 26(1), 15-22.
- Duke, S. O. (1985). *Reproduction and ecophysiology*. In: DUKE, S. O. (Ed.). *Weed Physiology*. Boca Raton: CRC Press Inc., p.165.
- Doria, J. (2010). *Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento*. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85.
- Eduardo, G. (2019). Calidad de las semillas: humedad y temperatura. SEEDnews - Artigos. Recuperado de web: <https://seednews.com.br/edicoes/artigo/490-calidad-de-las-semillas:-humedad-y-temperatura-edicao-novembro-2014>
- Esquibel, Y. 2012. *Biocontrol de salmonella durante la producción hidropónico de germinado de alfalfa*, Universidad Autonoma Querétaro Facultad de Química Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de Republica (PROPAC) Maestría en Ciencia y Tecnología de alimentos, Queretaro-Mexico, 2 p.
- FAO, (2000): Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación "*Manual sobre Utilización de los Cultivos Andinos Subexplotados en la Alimentación*". Santiago-Chile.
- Finch-Savage, W.E. 2004. The use of population-based threshold models to describe and predict the effects of seedbed environment on germination and seedling emergence of crops. p. 51-96.
- García, P., y Primo, E. (1993). *Germinación de las semillas*. En: *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. McGraw Hill Interamericana. España.
- Giménez, F. F. y Mamani, W.C.(2017). *El Arte de Cultivar Cañahua*.
- Grey, TL, J.P. Beasley, T.M. Webster, and C.Y. Chen. 2011. Peanut seed vigor evaluation using a thermal gradient. *Int. J. Agron.* 2011:1-7.
- Grill, R.; Spruit C., J. P. (1972). *Properties of phytochrome in gymnosperms*. *Planta* 108: 203-213.
- Hadas, A. (2004). *Seedbed preparation: The soil physical environment of germinating seeds*. p. 3-49. In R.L. Benech-Arnold and R.A. Sanchez (eds.). *Handbook of Seed Physiology: Applications to Agriculture*. Food Product Press, New York, USA.
- Harper, J. (1977). *Populations Biology of Plants*. London: Academic Press.
- Hartmann, H. T.; Kester, D. E. (1989). *Propagación de plantas*. Compañía Editorial Continental. México, D. F. 760 p.

- Hernández, E. (2011). *Implementación de germinados en granja avícola de postura en Salvador Tlanchinol Hidalgo*, Universidad Tecnología de la Huasteca Hidalguense, pag 10p.
- Hernández, J. E. y León, J. (1992): “*Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492*” Colección FAO: *Producción y protección vegetal No 26* Roma, Italia.
- INATEC (2016). *Viveros y semilleros*. Manual del protagonista. Nicaragua. 84 p.
- INIA, 2012, *Importancia del Cultivo de Quinoa Hacia el Año Internacional 2013*, consultado el 11 de Junio del 2018, Disponible en:
<http://www.huanucoagrario.gob.pe/sites/default/files/boletines/QUINUA.pdf>
- INIA (2004). *Expediente técnico de liberación de nueva variedad de Kañiwa "INIA 406 Illpa"*. Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos Estación Experimental Illpa; Puno– Perú.
- Lines, K.; Herrera, J. y Vásquez, W. (2006). *Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (Calophyllum brasiliense)*. Tecnología en Marcha. Vol. 19-1 Recuperado de web:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835736.pdf>
- Lescano, J. (1997): “*Cultivo de Canihua*”. IX Congreso Internacional de cultivos andinos “Oscar Blanco Galdos” 22-25 de Abril de 1997. Resúmenes. Curso Pre Congreso. Arariwa, CICA. Cusco-Perú.
- Moreno, P. (1996). *Vida y obra de granos y semillas*. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. (Ver: <http://biblioteca.digital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/146/htm/vidayob.htm>).
- Mujica, A. y otros (2002): “*La Canihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en la Nutrición Humana del Perú*”. Puno-Peru.
- Orozco-Almanza, M.; Ponce de León-García, L.; Grether, R.; y E. García-Moya. (2003). *Germination de four species of the genus Mimosa (Leguminosae) in a semi-arid zone of Central México*. Journal Of Arid Enviroments 55:72-92.
- Parra, G. C. (2006). *Efecto del ácido giberélico sobre la capacidad de germinación de semillas de chiltepín (Capsicum frutescens)*, pp. 1-73.
- Pérez, F., y Pita, J. M. (1998). *Germinación de Semillas*. España: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Poulsen, K. (1998). *Análisis de semillas*. Recuperado de web:
<http://www.bionica.info/biblioteca/PoulsenAnalysisSemillas.pdf> Consultado 07/12/2018. Hora 18:00 pm.

- Probert, R. I. (1992). *The role of temperature in germination ecophysiology*. In Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities (ed. M. Fenner). Oxford: CAB International.
- Racines, A. (2011). *Investigaciones de los germinados de lenteja, quinua, Zanahoria, mostaza y su aplicación a la gastronomía actual*, Universidad Tecnología Equinoccial, Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Hotelería y Gastronomía, Ecuador 19 p.
- Rajjou, L., M. Duval, K. Gallardo, J. Catusse, J. Bally, C. Job, and D. Job. 2012. Seed germination and vigour. *Annual Review of Plant Biology* 63:507-33.
- Reyes-Bautista, Z., & Rodríguez Trejo, D. (2005). *Efecto de la luz, temperatura y tamaño de semilla en la germinación de Nolina parviflora (H.B.K.) Hemsl.*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 11 (2), 99-104
- SAG (2005). *Instructivo técnico para el análisis de germinación en semillas*. Chile. 41 p. Recuperado de web: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/chi60728anx.pdf>
- Santamarina, P.; García, F.J.; Roselló, J. y Vilella, V. (1997). *Biología y Botánica (Tomo I). Parte III, Tema 14, 16 y 17*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. (ver <http://www.euita.upv.es./varios/biologia/programa.htm#Parte%20III:%20Fisiología%20Vegetal>).
- Solano, (1999). *Botánica Sistemática*. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano.
- Vásquez, V. (1990). *Experimentación Agrícola*. Amaru editores. Lima, Perú.
- William, R.L. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos*. FAO Montes 20/2. 502.

ANEXOS

Tabla 40. Datos evaluados de número de semillas germinadas a las 24 horas de evaluación.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rep	T 15 °c				T 35 °c			
	H 75%		H 95%		H 75%		H 95%	
	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz
	1	2	6	3	4	4	17	20
2	3	5	3	6	6	14	26	18
3	2	6	4	5	8	12	30	17
4	0	7	3	4	6	13	22	16
Total	7	24	13	19	24	56	98	67
prom.	1.75	6	3.25	4.75	6	14	24.5	16.75
prom. T	3.94				15.31			
Prom. H	6.94				12.31			
Prom. Luz	8.88				10.38			

Tabla 41. Datos evaluados de número de semillas germinadas a las 48 horas de evaluación.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rep	T 15 °c				T 35 °c			
	H 75%		H 95%		H 75%		H 95%	
	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz
	1	16	27	16	48	24	24	46
2	12	28	18	40	16	28	48	48
3	14	24	16	36	18	26	44	36
4	13	26	15	42	17	28	46	39
Total	55	105	65	166	75	106	184	169
prom.	13.75	26.25	16.25	41.5	18.75	26.5	46	42.25
prom. T	24.44				33.38			
Prom. H	21.31				36.50			
Prom. Luz	23.69				34.13			

Tabla 42. Datos evaluados de número de semillas germinadas a las 72 horas de evaluación.

Rep	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	T 15 °c				T 35 °c			
	H 75%		H 95%		H 75%		H 95%	
	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz
1	98	98	90	98	86	70	96	94
2	97	99	96	100	87	76	98	92
3	98	100	98	100	92	80	94	96
4	99	97	94	97	86	71	98	95
Total	392	394	378	395	351	297	386	377
prom.	98	98.5	94.5	98.75	87.75	74.25	96.5	94.25
prom. T	97.44				88.19			
Prom. H	89.63				96.00			
Prom. Luz	94.19				91.44			

Tabla 43. Datos evaluados de energía germinativa.

Rep	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	T 15 °c				T 35 °c			
	H 75%		H 95%		H 75%		H 95%	
	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz	Intensidad de Luz	Sin Intensidad de Luz
1	65.33	65.33	60.00	65.33	57.33	46.67	64.00	62.67
2	64.67	66.00	64.00	66.67	58.00	50.67	65.33	61.33
3	65.33	66.67	65.33	66.67	61.33	53.33	62.67	64.00
4	66.00	64.67	62.67	64.67	57.33	47.33	65.33	63.33
Total	261.33	262.67	252.00	263.33	234.00	198.00	257.33	251.33
prom.	65.33	65.67	63.00	65.83	58.50	49.50	64.33	62.83
prom. T	64.96				58.79			
Prom. H	59.75				64.00			
Prom. Luz	62.79				60.96			

Tabla 44. Datos evaluados de valor cultural.

Rep	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	T 15 °c				T 35 °c			
	H 75%		H 95%		H 75%		H 95%	
	Luz Permanente	Luz oscuro	Luz Permanente	Luz oscuro	Luz Permanente	Luz oscuro	Luz Permanente	Luz oscuro
1	92.51	93.69	86.58	93.88	82.73	65.80	89.95	89.77
2	91.57	94.64	92.35	95.80	83.69	71.44	91.83	87.86
3	92.51	95.60	94.28	95.80	88.50	75.20	88.08	91.68
4	93.46	92.73	90.43	92.93	82.73	66.74	91.83	90.73
Total	370.05	376.66	363.64	378.41	337.66	279.18	361.68	360.04
prom.	92.51	94.17	90.91	94.60	84.42	69.80	90.42	90.01
prom. T	93.05				83.66			
Prom. H	85.22				91.49			
Prom. Luz	89.56				87.14			

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 35. Germinadoras usadas para la investigación



Figura 36. Preparado de los tratamientos en estudio

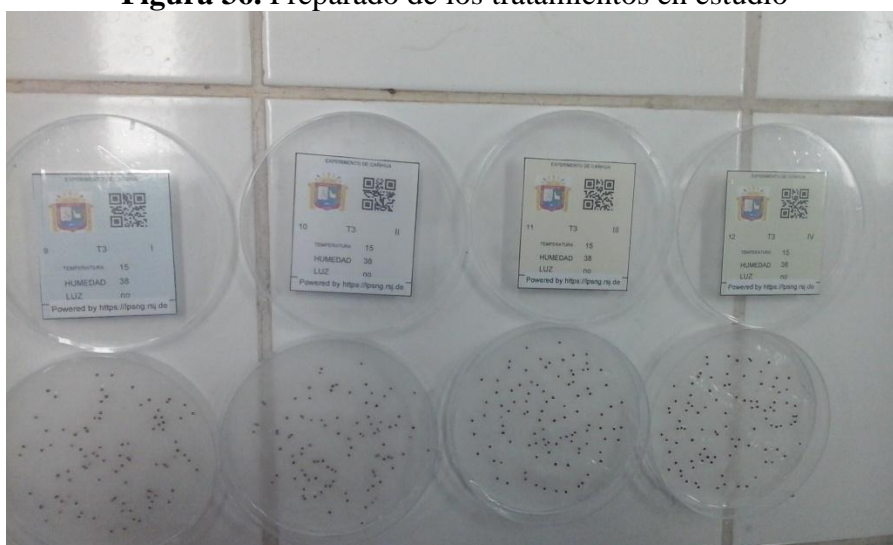


Figura 37. Tratamientos en estudio sin intensidad de luz



Figura 38. Tratamientos en estudio con luz



Figura 39. Tratamientos en estudio sin luz a las 24 horas de evaluación

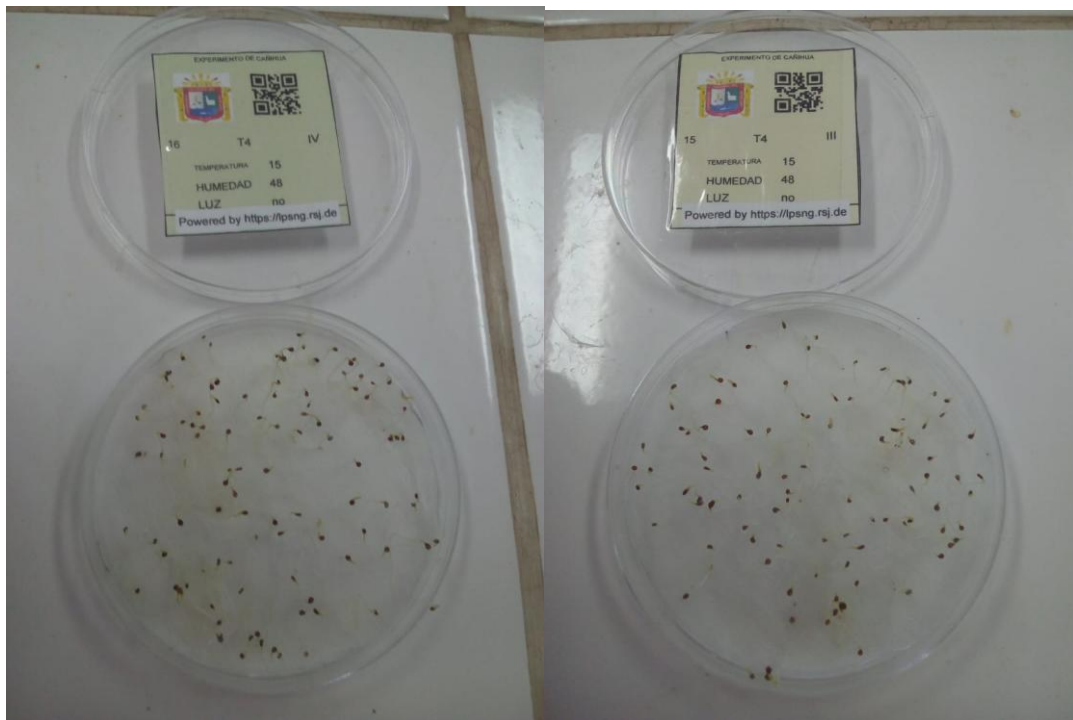


Figura 40. Evaluación de germinación a las 48 horas sin luz

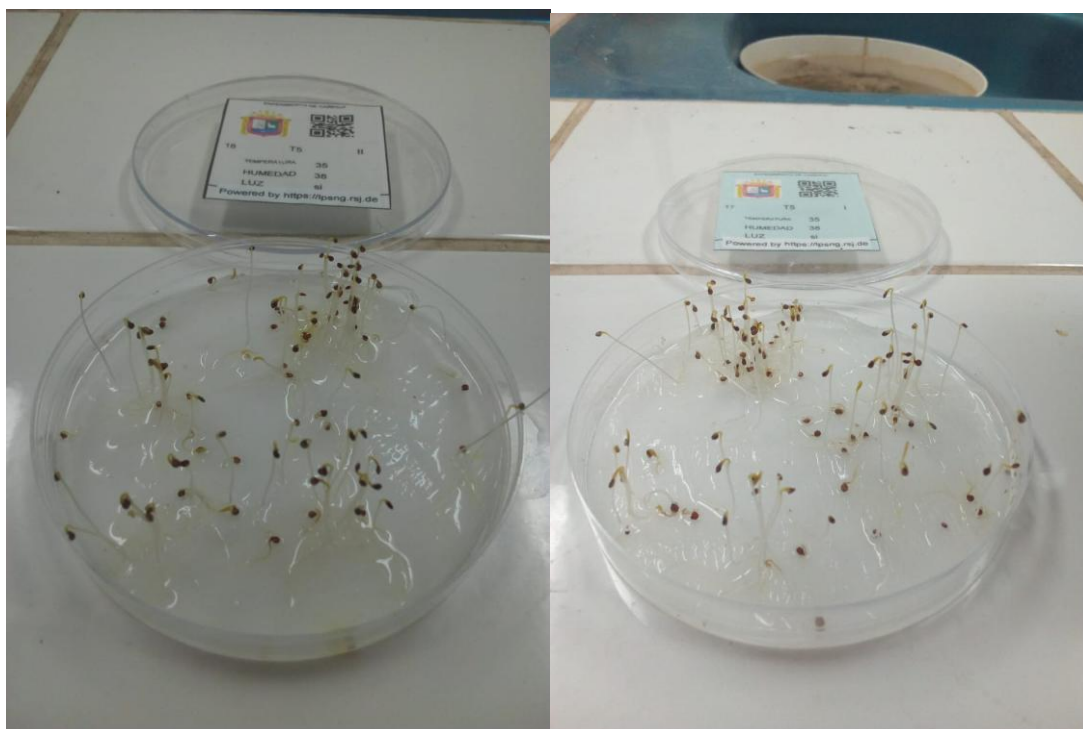


Figura 41. Evaluación de germinación a las 72 horas con luz