



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**



## **TESIS**

**“Efecto de tecnologías de iluminación e intensidades de luz sobre el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial en la región Lambayeque”.**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**PERSI VASQUEZ SILVA**

**LAMBAYEQUE, PERÚ – 2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



## **TESIS**

**“Efecto de tecnologías de iluminación e intensidades de luz sobre el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial en la región Lambayeque”.**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**PERSI VASQUEZ SILVA**

**LAMBAYEQUE, PERÚ**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**TESIS**



“Efecto de tecnologías de iluminación e intensidades de luz sobre el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial en la región Lambayeque”.

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**PERSI VASQUEZ SILVA**

Aprobada por:

---

**Dr. CESAR ESTELA CAMPOS**

Presidente

---

**Dr. WILFREDO NIETO**

DELGADO

Secretario

---

**In. Mg. VICTOR GUSTAVO**

**HERNANDEZ JUMENEZ**

Vocal

---

**Ing. M.Sc. EDUARDO EXEQUIEL**

**DEZA LEÓN**

Patrocinador

## I. DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia, por su apoyo constante e incondicional, a mi Madre Filonila Silva Dávila que siempre creyó en mí, quien me inculco los valores, me enseñó las cosas del bien y desde el cielo me guía cuida y protege siempre en cada paso que doy, a mi padre Jorge Vásquez Cubas por su apoyo incondicional, por su lucha constante, por el esfuerzo y sacrificio, por su comprensión y generosidad, , porque ellos hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis objetivos, alcanzar mis metas, por motivarme y darme la mano en los momentos difíciles.

A mis hermanos, Shimy Alexander, Maritza y Sintia Liceth por su confianza, apoyo, paciencia, y sobre todo porque con su amor me ayudaron a salir adelante.

A Maribel, mí enamorada por su comprensión, su apoyo incondicional, por motivarme siempre para superarme y ser cada día mejor.

## **II. AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su amor y bondad, por ser el que siempre nos guía e ilumina para dar los pasos correctos y por permitirme concluir con este trabajo de manera satisfactoria.

Muchas personas han contribuido en la realización de este estudio, mi gratitud hacia ellos, a mí asesor M. Sc. Eduardo Deza León por la guía en la elaboración de este trabajo, especialmente al Dr. Leopoldo Vásquez Núñez y al Ing. Percy Vásquez Arca por las enseñanzas y la motivación a desarrollar esta investigación.

Mi agradecimiento a los miembros del jurado, al Dr. Cesar Estela Campos Cesar, al Dr. Wilfredo Nieto Delgado y al Ing. Víctor Gustavo Hernández Jiménez, por sus enseñanzas durante mi época universitaria y sus recomendaciones y aportes durante la ejecución de este trabajo de investigación.

Del mismo modo agradecer a la ASOCIACION DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS DE MAIZ AMARILLO DURO Y OTROS CULTIVOS MOROPE Y a la ASOCIACION DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS DE CUSUPE las cuales contribuyeron con sus experiencias para durante la ejecución de este trabajo.

Por ultimo doy las gracias a todas aquellas personas que de alguna forma directa o indirectamente me apoyaron durante mi época universitaria y en el desarrollo del presente trabajo que he nombrado; pero que siempre los tendré presente.

### III. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó durante los meses de agosto a noviembre del 2016, en el la región Lambayeque, Provincia de Chiclayo, Distrito de José Leonardo Ortiz, respecto al cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) el cual requiere de condiciones específicas para su desarrollo. Una de ellas en el manejo del fotoperiodo, pues es una planta de días cortos (noches largas) para inducir la floración, por tal motivo es imprescindible el uso de iluminación complementaria para lograr características comerciales.

Para el desarrollo del trabajo de investigación se comparó las tecnologías de iluminación incandescente, fluorescente y LED con tres intensidades cada una de 1200 lúmenes, 800 lúmenes y 600 lúmenes, y los cultivares de crisantemo 'White Polaris', 'Yellow Polaris', 'White Spider' y 'Yellow Spider', haciendo 40 tratamientos cada uno con seis repeticiones. El fotoperiodo se complementará con dos horas de luz artificial, esta se administró desde las 11:00 pm hasta la 1:00 am y se implementó desde el día uno de siembra hasta el día 45.

Los resultados han determinado que en relación a la longitud de vara floral, todos los tratamientos que recibieron iluminación fueron superiores a los testigos, el cultivar 'White Polaris' (69.99 cm) fue el que alcanzo mayor altura presentando diferencias significativas con los cultivares 'Yellow Polaris' (66.91 cm), 'White Spider' ( 61.99 cm) y 'Yellow Spider' (63.92 cm), la tecnología LED (77.67 cm) fue superior significativamente a la Incandescente (64.75 cm) y Fluorescente (63.79 cm) y la intensidad de 1200 lúmenes (78.92 cm) fue superior a la de 800 lúmenes (75.23 cm) y 600 lúmenes (52.18 cm).

La tecnología de iluminación LED es la que incurre en menos costos, logrando un ahorro de 90.91% (focos LED de 9 w) y 93.54% (focos LED de 6.5 w) en comparación a la tecnología incandescente de 100 watts que es la utilizada por la mayoría de productores de crisantemo en Lambayeque.

#### IV. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Equivalencias lumínicas respecto a los tipos de lámpara .....	24
Tabla 2. Tipos y características de lámparas empleadas en iluminación de invernaderos .....	26
Tabla 3. Datos de temperatura, humedad relativa, precipitación y horas de sol durante los meses en que se llevó a cabo la investigación .....	37
Tabla 4. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'White Polaris'. .....	52
Tabla 5. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'Yellow Polaris'. .....	53
Tabla 6. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'White Spider'. .....	54
Tabla 7. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'Yellow Spider'. .....	55
Tabla 8. Tratamientos investigados en el experimento.....	56
Tabla 9. Diseño experimental.....	58
Tabla 10. Consumo eléctrico por tecnología de iluminación.....	69
Tabla 11. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo. Chiclayo, 2016. ....	73
Tabla 12. Análisis de varianza para longitud de vara floral. Chiclayo, 2016 ...	79
Tabla 13. Efecto del cultivar sobre la longitud de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	80
Tabla 14. Efecto de las tecnologías de iluminación sobre la longitud de vara floral de crisantemo. (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	81
Tabla 15. Efecto de la Intensidad de luz sobre la longitud de vara floral de crisantemo. (Tukey 5 %).Chiclayo, 2016. ....	82
Tabla 16. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la vara de crisantemo. Chiclayo, 2016. ....	86
Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de vara floral. Chiclayo, 2016. ...	92
Tabla 18. Efecto de cultivar y sobre el diámetro de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	93

Tabla 19. Efecto de las tecnologías de iluminación sobre el diámetro de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	94
Tabla 20. Efecto de las intensidades de luz sobre el diámetro de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	95
Tabla 21. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo. Chiclayo, 2016. ....	98
Tabla 22. Análisis de varianza para diámetro de capítulo (Inflorescencia). Chiclayo, 2016. ....	104
Tabla 23. Efecto de los cultivares sobre diámetro de capítulo de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	105
Tabla 24. Efecto de las tecnologías de iluminación sobre diámetro de capítulo de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	106
Tabla 25. Efecto de las intensidad de luz sobre diámetro de capítulo de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016. ....	107
Tabla 26. Comparación der costos de los diferentes sistemas de iluminación, consumo energético y gasto total que genera para iluminar una hectárea para la producción de crisantemos. Chiclayo, 2016. ....	114
Tabla 27. Duración de campañas de iluminación. Chiclayo, 2016. ....	115
Tabla 28. Comparación de tecnologías de iluminación. Chiclayo, 2016. ....	115



## V. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro de luz visible y el fitocromo.....	10
Figura 2. Fitocromo en sus formas Pr y Pfr ( $P_{660}$ y $P_{730}$ ) .....	10
Figura 3. Ubicación del Distrito de José Leonardo Ortiz.....	35
Figura 4. Temperaturas registradas durante la conducción experimental. Chiclayo, 2016. ....	37
Figura 5. Precipitación, humedad relativa y horas de sol durante la conducción experimental. Chiclayo, 2016. ....	38
Figura 6. Diferentes tipos de hojas en crisantemos .....	41
Figura 7. Capítulos de los cultivares polaris, spider y marble .....	41
Figura 8. Diferentes formas y tamaños de las inflorescencias liguladas y tubuladas en los capítulos de los cultivares polaris, spider y marble. ....	42
Figura 9. Inflorescencia tubular, pistilo y estambres de la variedad marble. ....	42
Figura 10. Esquejes de crisantemos .....	46
Figura 11. Esquejes de crisantemos enraizados .....	47
Figura 12. Desarrollo inicial del crisantemo .....	47
Figura 13. Formación de ramas .....	48
Figura 14. Botoneo del crisantemo.....	48
Figura 15. Apertura de inflorescencias .....	49
Figura 16. Apertura de inflorescencias en toda la planta.....	49
Figura 17. Inflorescencias de crisantemo .....	50
Figura 18. Total de inflorescencias de crisantemo extendidas .....	51
Figura 19. Preparación del sustrato .....	59
Figura 20. Trasplante de los esquejes .....	60
Figura 21. Instalación del tutorado .....	60
Figura 22. Tecnología de iluminación.....	61
Figura 23. Riego .....	62
Figura 24. Fertilización .....	62
Figura 25. Aplicación del control Fitosanitario .....	63
Figura 26. Despunte.....	64
Figura 27. Brotes laterales .....	64
Figura 28. Poda .....	65
Figura 29. Desbotonado.....	66
Figura 30. Apertura de cabezuelas .....	66

Figura 31. Floración total de los crisantemos .....	67
Figura 32. Cosecha de las varas florales .....	67
Figura 33. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo ‘White Polaris’ (pompo blanco). Chiclayo, 2016.....	74
Figura 34. Efecto de las tecnologías de iluminación intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo ‘Yellow Polaris’ (pompo amarillo). Chiclayo, 2016.....	75
Figura 35. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo ‘White Spider’ (araña blanco). Chiclayo, 2016.....	76
Figura 36. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara floral de crisantemo ‘Yellow Spider’ (araña amarillo). Chiclayo, 2016 .....	77
Figura 37. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara floral de los cuatro cultivares de crisantemo. Chiclayo, 2016 .....	78
Figura 38. Longitud de vara floral según el cultivar. Chiclayo, 2016 .....	80
Figura 39. Longitud de vara floral según tecnología de iluminación. Chiclayo, 2016.....	81
Figura 40. Longitud de vara floral según la intensidad de luz. Chiclayo, 2016...	82
Figura 41. Efecto de las tecnologías de iluminación intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo ‘White Polaris’ (pompo blanco). Chiclayo, 2016. ....	87
Figura 42. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo ‘Yellow Polaris’ (pompo amarillo). Chiclayo, 2016. ....	88
Figura 43. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo ‘White Spider’ (araña blanco). Chiclayo, 2016. ....	89
Figura 44. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo ‘Yellow Spider’ (araña amarillo). Chiclayo, 2016. ....	90

Figura 45. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de los cuatro cultivares de crisantemo. Chiclayo, 2016.....	91
Figura 46. Diámetro de vara floral según el cultivar. Chiclayo, 2016 .....	93
Figura 47. Diámetro de vara floral según la tecnología de iluminación. Chiclayo, 2016 .....	94
Figura 48. Diámetro de vara floral según la intensidad de luz. Chiclayo, 2016	95
Figura 49. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'White Polaris' (pompo blanco). Chiclayo, 2016. ....	99
Figura 50. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'Yellow Polaris' (pompo amarillo). Chiclayo, 2016.....	100
Figura 51. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'White Spider' (araña blanco). Chiclayo, 2016.....	101
Figura 52. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'Yellow Spider' (araña amarillo). Chiclayo, 2016. ....	102
Figura 53. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la capítulo de los cuatro cultivares de crisantemo .Chiclayo, 2016.....	103
Figura 54. Diámetro capítulo según el cultivar. Chiclayo, 2016 .....	105
Figura 55. Diámetro capítulo según la tecnología de iluminación. Chiclayo, 2016.....	106
Figura 56. Diámetro capítulo según la intensidad de luz. Chiclayo, 2016 .....	107
Figura 57. Consumo de energía eléctrica en kwh durante los 45 días de iluminación para cultivo de crisantemo. Chiclayo, 2016 .....	112

## VI. ANEXOS

Anexo 01. Comparaciones por parejas de acuerdo al cultivar, tipo de lámpara e intensidad de luz a los 90 días de cultivo.....	123
Anexo 02. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Longitud según el Cultivar .....	127
Anexo 03. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Longitud según el Tipo de lámpara .....	128
Anexo 04. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Longitud según la Intensidad de luz .....	129
Anexo 05. Comparaciones por parejas de acuerdo al cultivar, tipo de lámpara e intensidad de luz a los 90 días de cultivo.....	129
Anexo 06. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Diámetro del Tallo según el Cultivar.....	134
Anexo 07. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Diámetro del Tallo según el Tipo de lámpara .....	134
Anexo 08. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Diámetro del Tallo según la Intensidad de luz .....	135
Anexo 09. Comparaciones por parejas de acuerdo al cultivar, tipo de lámpara e intensidad de luz a los 90 días de cultivo.....	135
Anexo 10. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Diámetro de la inflorescencia según el Cultivar .....	140
Anexo 11. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Diámetro de la inflorescencia según el Tipo de lámpara.....	140
Anexo 12. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Diámetro de la inflorescencia según la Intensidad de luz .....	141

## VII.INDICE

I.	DEDICATORIA .....	III
II.	AGRADECIMIENTOS .....	IV
III.	RESUMEN .....	V
IV.	LISTA DE TABLAS.....	VI
V.	LISTA DE FIGURAS .....	VIII
VI.	ANEXOS .....	XI
VII.	INDICE .....	i
I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	3
2.1.	HISTORIA.....	3
2.2.	LA LUZ Y EL FOTOPERIODO .....	4
A)	FOTOPERIODO .....	4
B)	CLASIFICACIÓN DE LAS PLANTAS SEGÚN SU FOTOPERIODO ..	7
C)	EL PERIODO OSCURO: EL SISTEMA FITOCROMO Y LA IMPORTANCIA DE SU INTERRUPCIÓN CON LA LUZ SUPLEMENTARIA	8
D)	EL FOTOPERIODO Y LA INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN.....	12
E)	FLORÍGENO.....	15
2.3.	LA LUZ SUPLEMENTARIA EN EL CULTIVO DE CRISANTEMOS.....	15
A)	DURACIÓN DEL PERIODO DE DÍAS LARGOS.....	18
B)	MANEJO DE LA ILUMINACIÓN SUPLEMENTARA DURANTE EL CULTIVO DEL CRISANTEMO.....	19
C)	SISTEMAS DE ILUMINACIÓN SUPLEMENTARIA.....	22
-	FLUJO LUMINOSO .....	22
-	EFICACIA LUMINOSA (Lumen / vatio) .....	23
-	ILUMINANCIA E (lux) .....	23

D)	EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.1.	ÁREA EXPERIMENTAL.....	35
3.1.1.	UBICACIÓN.....	35
3.1.2.	CLIMA .....	35
3.1.2.1.	Humedad Relativa.....	36
3.1.2.2.	Precipitación .....	36
3.1.2.3.	Horas de Sol .....	36
3.1.2.4.	Temperatura .....	36
3.2.	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	39
3.2.1.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CRISANTEMO SEGUN ARTHUR CRONQUIST.....	39
3.2.2.	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y HORTICOLAS DEL CRISANTEMO .....	39
3.2.3.	REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....	43
3.2.3.1.	Temperatura .....	43
3.2.3.2.	Iluminación.....	43
3.2.3.3.	Luz y fotoperiodo.....	44
3.2.3.4.	Humedad relativa .....	44
3.2.3.5.	Suelo.....	45
3.2.4.	FENOLOGÍA.....	45
3.3.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	56
3.3.1.	Tratamientos en estudio .....	56
3.3.2.	Diseño Experimental.....	57
3.3.3.	Características del área experimental.....	57
3.4.	EJECUCIÓN EXPERIMENTAL.....	59
3.4.1.	Preparación del sustrato .....	59
3.4.2.	Trasplante .....	59

3.4.3.	Tutorado .....	60
3.4.4.	Iluminación artificial .....	61
3.4.5.	Riegos .....	61
3.4.6.	Fertilización .....	62
3.4.7.	Aplicación de reguladores de crecimiento.....	63
3.4.8.	Control Fitosanitario.....	63
3.4.9.	Despunte .....	63
3.4.10.	Formación de brotes laterales .....	64
3.4.11.	Poda.....	65
3.4.12.	Botoneo.....	65
3.4.13.	Desbotonado .....	65
3.4.14.	Apertura de cabezuelas.....	66
3.4.15.	Floración total.....	66
3.4.16.	Corte (cosecha).....	67
3.5.	EVALUACIONES .....	68
3.5.1.	Longitud de vara floral .....	68
3.5.2.	Diámetro basal de vara floral .....	68
3.5.3.	Diámetro de capitulo floral (inflorescencia) .....	68
3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	69
3.7.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	69
3.7.1.	Cálculo del consumo eléctrico .....	69
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	71
4.1.	EFFECTO DE LAS TECNOLOGIAS DE ILUMINACION E INTENSIDAD DE LUZ SOBRE LA LONGITUD DE VARA FLORAL DE CRISANTEMO. ..	71
4.2.	EFFECTO DE LAS TECNOLOGIAS DE ILUMINACION E INTENSIDAD DE LUZ SOBRE EL DIAMETRO DE LA VARA DE CRISANTEMO. ....	85

4.3. EFECTO DE LAS TECNOLOGIAS DE ILUMINACION E INTENSIDAD  
DE LA LUZ SOBRE EL DIÁMETRO DEL CAPITULO ( INFLORESCENCIA).

97

4.4. ANALISIS ECONÓMICO.....	109
V. CONCLUSIONES .....	116
VI. RECOMENDACIONES .....	118
VII. BIBLIOGRAFIA .....	119
VIII. ANEXOS .....	123



## **I. INTRODUCCIÓN**

El crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat), después de la rosa, es la flor de corte más cultivada y vendida del mundo, principalmente en Europa; en Holanda, Gran Bretaña y Francia, en América; Colombia, Estados Unidos y Canadá y en Asia; en donde en Japón tiene un valor simbólico.

En el Perú, la producción de crisantemos es irregular debido al bajo desarrollo tecnológico y casi empírico el cual no permite el despegue de este producto a nivel de productividad y calidad. Las principales zonas productoras a nivel nacional son Lima, Ancash y La Libertad, que conforman la cosa central y abastece la demanda en toda la nación.

El cultivo de crisantemo en Lambayeque se convierte en una opción productiva, interesante y competitiva, para los pequeños productores durante todo el año ya que presenta las condiciones edafoclimáticas ideales para su desarrollo. Su demanda en la región al 2015 fue de 467,578 docenas la cual no es abastecida por la producción local ya provee también a los mercados de Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas, existiendo una demanda insatisfecha de 69.22%, que es cubierta por las zonas productoras de Lima, La Libertad y Ancash.

El área productiva de crisantemos al 2015 en Lambayeque fue de 8.92 has (GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA LAMBAYEQUE, GRA), operadas con tecnologías deficientes y precarias sobretodo en el manejo de periodos adecuados de iluminación para obtener varas florales de crisantemo de longitud comercial, lo cual trae como consecuencia cosechas de baja calidad y bajos niveles de productividad con altos costos de producción, que finalmente es lo que incide en la reducida oferta de este producto.

El cultivo de crisantemo requiere de condiciones específicas para su desarrollo. Una de ellas es el manejo del fotoperiodo, pues es una planta que requiere de días cortos (noches largas) para inducir la floración. Por lo tanto, bajo nuestras condiciones, las plantas florecen naturalmente durante todo el año sin alcanzar las características de tamaño de vara adecuada para una inflorescencia de corte. Por esta razón, la utilización de un sistema de iluminación artificial nocturna es un aspecto básico para lograr una buena longitud de tallo.

Experiencias de este tipo se implementan en la costa central y de manera incipiente en Lambayeque, en donde los productores suministran aproximadamente cuatro horas de luz suplementaria de forma continua para mantener el estado vegetativo de la planta y aumentar su tamaño de vara final, utilizando focos incandescentes tradicionales de 1200 lm, que representan un mayor consumo de energía eléctrica y mayores costos de producción, desconociendo que existen tecnologías de iluminación de bajo costos como la fluorescente y los LED que se vienen aplicando en otros países como Colombia y Japón. Es por ello que la presente investigación tiene como objetivos: Determinar el efecto de tres tecnologías de iluminación y tres intensidades de luz en el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial, evaluar el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo, **‘White Polaris’ (pompón blanco)**, **‘Yellow Polaris’ (pompón amarillo)**, **‘White Spider’ (araña blanca)** y **‘Yellow Spider’ (araña amarilla)**, determinar la tecnología de iluminación más adecuada para el desarrollo vegetativo, analizar y comparar los costos en que se incurre por la utilización de los tres sistemas de iluminación, analizar y comparar el consumo de energía eléctrica en los tres sistemas de iluminación, aportar en el manejo tecnológico del cultivo de crisantemo en la región Lambayeque.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1. HISTORIA**

El crisantemo es una planta ornamental oriunda del Japón, de tal forma que dicho país la considera su inflorescencia nacional (Palacios, 2006) y es mencionada por primera vez con el nombre de "inflorescencia amarilla" en el siglo III a.C. en China, es decir que es cultivado en el extremo oriente asiático desde hace más de 2,000 años (Salmerón, 1975). Menciona este autor también que a partir del siglo IV de nuestra era ya se cultivaba como planta ornamental y en el siglo V surgen las primeras variedades blancas con el nombre de "Crisantemo dulce" y en el siglo VIII aparece la variedad púrpura. En el siglo XVIII una enciclopedia china reporta 274 variedades de crisantemos.

El crisantemo llega a Europa en 1688, específicamente a Holanda en donde se cultivan variedades de color rojo, blanco, púrpura, amarillo, rosado y carmesí (Palacios, 2006). En Francia se reporta su manejo en 1789, con el cultivo de variedades de color blanco, violeta y púrpura, de las cuales solo sobrevivió la última. Ya en 1827, se encontraron semillas maduras y Bernet obtuvo nuevos cultivares. En 1846 existían ya 500 especies y en España se tiene noticias de que las primeras plantas llegaron de Francia a finales del siglo XVIII (Salmerón, 1975). En Inglaterra, la importación de crisantemos japoneses se inició en 1862, cuando Robert Fortune introdujo varios cultivares, alguno de los cuales eran moteados y rayados, otros de formas fantásticas llamados Dragones y otros con inflorescencias notablemente blancas y con la apariencia más de un clavel que de un crisantemo (Palacios, 2006).

El mismo autor menciona que posiblemente el crisantemo fue introducido en América en 1875, después de su desarrollo en Inglaterra, aunque se supone que en Estados Unidos el cultivo ya era

conocido desde mucho antes. El interés creció rápidamente y ya para el año 1829 habían de 17 a 18 cultivares reconocidos. A comienzos de 1889, el desarrollo del crisantemo fue promovido por el trabajo de Elmer Smith, quien mostró sus primeros cultivares en una exhibición en Indianápolis en el otoño de 1889. Las inflorescencias mostradas fueron de tamaño mediano, incurvado y muy similar a los actuales pompos spray. De allí en adelante E. Smith desarrolló más de 500 cultivares, muchos de los cuales se han mantenido durante años y aún conservan el favor del público. El trabajo de E. Smith fue seguido por varios hibridadores que produjeron cultivares de gran valor comercial. En la actualidad anualmente son introducidos muchos nuevos cultivares. El negocio de desarrollar nuevos cultivares de crisantemo, producir plantas libres de enfermedades y vender esquejes enraizados es uno de los grandes objetivos en la industria de inflorescencias. Yoder Brothers, Inc. y otras organizaciones similares han ido incrementando su participación en este mercado desde 1940.

En la actualidad continua la hibridación comercial para el mejoramiento de cultivares, tanto en América, Asia y Europa. La selección está basada no solamente en la forma de la inflorescencia y su color, sino también a la adaptabilidad de las plantas a programas de cultivo durante todo el año y a su respuesta a post-cosecha.

## **2.2. LA LUZ Y EL FOTOPERIODO**

### **A) FOTOPERIODO**

Barceló (1980) citado por Cárdenas (2011), el término “fotoperiodo” tiene su origen en las raíces griegas de las palabras “luz” y “duración del tiempo” y comprende la regulación de distintos procesos del desarrollo de la planta por la duración relativa del día y

de la noche. Otros autores como Langhas (1964) definen al fotoperiodo de una forma más sencilla como el número de horas de luz por día, mientras que para Kofranek (1992) el día dura mientras exista una intensidad lumínica solar de 15 bujías-pie (b-p), que equivalen a  $0,6456 \text{ wm}^{-2}$  (Cockshull, 1987) (citado por Cardenas 2001)

La idea de la importancia que ejercía la luz en el proceso de crecimiento de las plantas era una causa de investigación ya hace mucho tiempo atrás, por ejemplo Ingenhousz (1779) reconocía que la luz intervenía activamente en el proceso de fotosíntesis y a partir de este momento se produjo un lento pero continuo progreso hacia el reconocimiento de los procesos regulados por la luz en relación al crecimiento de las plantas (citado en Cárdenas, 2001).

Barcelo (1980) menciona en su obra que durante el siglo XIX varios fisiólogos sugirieron la participación del día en el desarrollo de las plantas. Por ejemplo, Henfrey en 1852, indicó que la distribución natural de las plantas se debía en parte a las variaciones en la duración de los días de verano con respecto a las diferentes latitudes. Tournouis, en 1952 y Klebs en 1913 también realizaron experimentos controlados de floración en distintas especies (citado en Cárdenas, 2001).

Diversos autores tales como Bornas y de Urcullú (1961); Devlin (1980) y Salisbury (1982) mencionan que el concepto actual de fotoperiodo se estableció en 1920, cuando Garner Y Allard reconocieron su influencia en la regulación de distintos procesos fisiológicos, definiendo el fotoperiodo como la respuesta de las plantas (Floración, crecimiento vegetativo, alargamiento de entrenudos, germinación de semillas, caídas de hojas, etc.), a longitudes relativas del día o de la noche (citado de Donoyan, 1987).

Se reconoce al crisantemo como una planta que exhibe una respuesta a la duración relativa del día y la noche, y que dependiendo de dicha duración crecerá o floreará. Tomando esto en cuenta, en un principio el crisantemo se cultivaba solamente teniendo como referencia las estaciones. Estudios sobre el fotoperiodo realizados posteriormente, como el de Langans (1964) hicieron posible el cultivo durante todo el año, gracias al uso de la luz suplementaria nocturna (citado en Cárdenas, 2001).

De acuerdo a sus requerimientos fotoperiodicos, para florecer Nelson (1985) citado por Donoyan (1987) clasifica al crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) como planta de días cortos o de días largos. Su longitud crítica nocturna para iniciar la floración ha sido determinado en 9 ½ horas, es decir que florece cuando la duración de la noche supera 9 ½ horas continuas. Para esto se necesita de iluminación suplementaria, la cual representa para el floricultor un importante costo de producción, porque implica el uso de instalaciones eléctricas, lámparas y accesorios, además del consumo de energía eléctrica. Se estima que solo el consumo de energía eléctrica representa aproximadamente un 10% del costo total del cultivo.

En nuestras condiciones, por la ubicación geográfica no observamos mayores variaciones de fotoperiodo durante el año, las noches tienen siempre una duración superior a las 9 ½ horas críticas; por lo tanto, si no se realiza un control artificial del fotoperiodo, el crisantemo puede florecer en cualquier época del año, con el riesgo de obtener tallos demasiado cortos de poco valor comercial. Creando artificialmente condiciones de noches cortas, mediante la ruptura de las noches largas con una iluminación suplementaria continua, puede mantenerse al cultivo en estado vegetativo en un inicio, hasta asegurar un tamaño de tallo comercialmente adecuado.

## B) CLASIFICACIÓN DE LAS PLANTAS SEGÚN SU FOTOPERIODO

Existen diversas formas de clasificar a las plantas por su respuesta al fotoperiodo. Salisbury (1985) menciona que autores como Langhans (1964) y Mastalerz (1977) presentan en sus trabajos la clasificación hecha por Garner y Allard en 1920, plantas de días cortos (PDC), plantas de días largos (PDL) y plantas de días neutros (PDN). Las plantas de días cortos son aquellas que florecen cuando la duración del día es menor a un fotoperiodo crítico, y las plantas de días largos son las que florecen cuando la duración del día es mayor que un fotoperiodo crítico. Se entiende como periodo crítico al umbral que por encima o debajo del él se dan diferentes reacciones, es decir que las plantas florecen o no (citado en Cárdenas, 2001).

Por otro lado Nelson (1978) citado en Donoyan (1987), indica que ya que es el periodo oscuro el importante en el comportamiento fotoperiódico es mejor clasificar a las plantas de días cortos en plantas de noches largas (PNL) y plantas de noches cortas (PNC) a las plantas de días largos.

Más adelante Devlin (1980) incluye la definición de plantas indiferentes, como aquellas que florecen después de un cierto periodo de crecimiento vegetativo, independientemente del fotoperiodo. Además, menciona que existen algunas plantas que exigen para florecer un cierto fotoperiodo largo seguido de un corto; y otras pocas plantas que florecen cuando hay fotoperiodos cortos seguidos de fotoperiodos largos (citado en Cárdenas, 2001).

Sobre el crisantemo, diversos autores (Kofranek, 1980; Mastalerz, 1977; Salisbury, 1985) clasifican a todo el género *Chrysanthemum* como PDC y a la especie *C. moriflorum* como PDC cuantitativa. Langton (1977), reporta también la existencia de algunos

cultivares de crisantemo de días largos y otro de días neutros (citado en Cárdenas, 2001).

Por otro lado, Post (1959) citado en Donoyan (1987), hace referencia a dos fotoperiodos críticos del crisantemo, a los cuales nombra etapas críticas: 14 ½ horas el punto crítico para la iniciación de la yema o botón floral y 13 ½ horas para el desarrollo floral. Por lo tanto, para que se inicien los botones florales el día debe ser menor que 14 ½ horas y menor que 13 ½ horas para que éstos se desarrollen.

Según Cathey (1957), las etapas críticas del crisantemo varían de acuerdo a los cultivares, así por ejemplo un cultivar que demora en florear 10 semanas como el Encore, necesitara 14 ½ horas de día para la iniciación floral y de 13 horas de día para el desarrollo floral y un cultivar que demora 8 semanas para florear como el Pristine, necesitara de 15 ¼ y 13 horas de día para la iniciación y el desarrollo de la inflorescencia respectivamente (citado en Cárdenas, 2001).

### **C) EL PERIODO OSCURO: EL SISTEMA FITOCROMO Y LA IMPORTANCIA DE SU INTERRUPCIÓN CON LA LUZ SUPLEMENTARIA**

Barcello (1980), menciona en su obra, que las experiencias de Flint y Mcalister en 1935 fueron un paso decisivo en la línea de investigaciones que condujeron al descubrimiento del fitocromo. Estos investigadores al estudiar el efecto de diferentes longitudes de onda del espectro visible sobre la germinación de las semillas de lechuga, comprobaron que la longitud de onda más eficiente para inducir la germinación era la luz roja de 670 nm y que por el contrario, la zona del espectro más activa para inhibir esta germinación poseía su eficiencia máxima a 760 nm. Ville (1987) indica que la respuesta a estos fenómenos de periodicidad es debida a un pigmento sensible a la luz



denominado fitocromo. El fitocromo fue aislado por primera vez en 1959 por Butler (citado en Cardenas 2001).

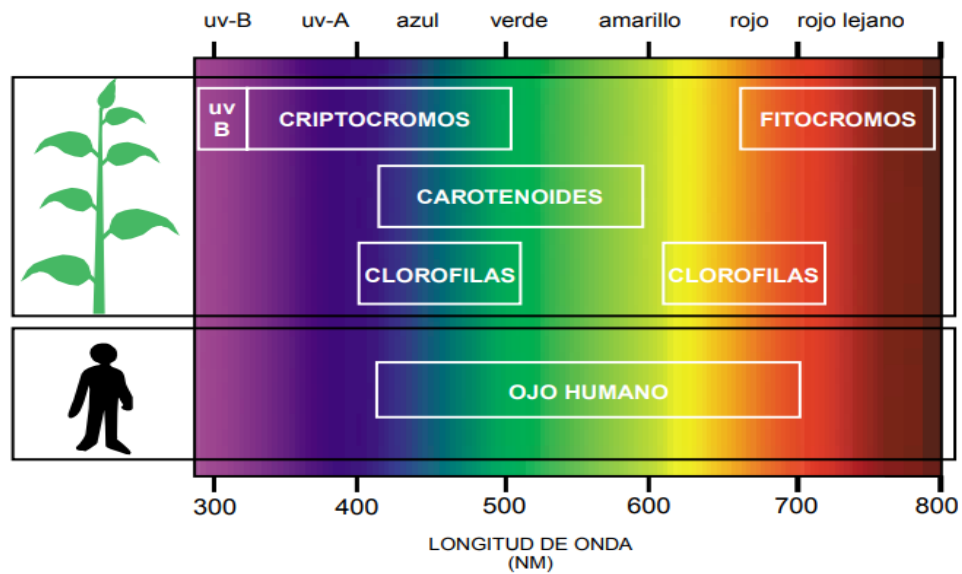
Diversos trabajos, como los de Hammer y Bonner, citados por Bidwell (1983), demuestran que una breve interrupción del periodo oscuro, iluminándolo, nulifica el efecto de la noche larga en plantas de días cortos, evidenciando que las plantas miden la duración de la oscuridad, inhibiendo la floración en las PDC y la promueve en las PDL. (citado en Donoyan, 1987)

Sin embargo la interrupción del periodo oscuro es más eficiente cuando se da cerca de la mitad del periodo oscuro (cuando se trata de un periodo oscuro de 12 a 16 horas), rompiendo la noche larga en dos ineficientes noches cortas, teniendo diversos efectos ( Thomas y vince-Prue, 1985; Barcelo, 1980) (citado en Donoyan 1987).

Para Salisbury (1985), la cantidad total de energía lumínica (intensidad de luz por tiempo de aplicación) es más importante que el nivel de intensidad de luz usado. Por otro lado, Devlin (1980) indica que la luz roja es la más efectiva induciendo respuestas fotoperiódicas y que esto está íntimamente relacionado con el pigmento “fitocromo” (citado en Donoyan 1987).

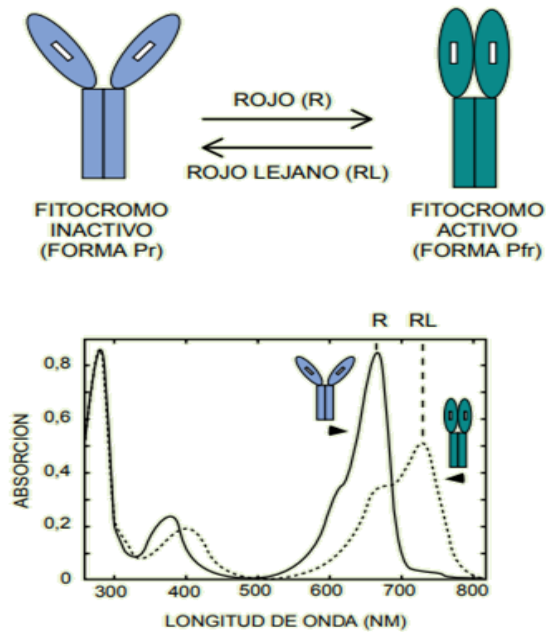
Entonces el sistema fitocromo se define como el fotorreceptor responsable de los efectos antagónicos de la luz sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (Barcelo, 1980). El fitocromo es un cromoproteído azul-verde (proteína + grupo cromóforo, presente en la mayoría de órganos vegetales. De acuerdo a Song (1985) el fitocromo existe en dos formas  $P_{660}$  y  $P_{730}$  (o Pr y Pfr).  $P_{660}$  absorbe en forma máxima la luz roja de 660 nm para luego transformarse en la forma  $P_{730}$  que absorbe en forma máxima luz roja lejano de 730 nm para revertir a  $P_{660}$ . Esta transformación química del fitocromo es llamado “fotocromismo”.  $P_{660}$  y  $P_{730}$  absorben la región roja del espectro de luz,

mientras que la luz rojo lejano es absorbida exclusivamente por P<sub>730</sub> (citado en Donoyan 1987).



**Figura 1. Espectro de luz visible y el fitocromo**

Fuente: Martínez-García, J. F., Monte, E., & Cantón, F. J. R. (2002)



**Figura 2. Fitocromo en sus formas Pr y Pfr (P<sub>660</sub> y P<sub>730</sub>)**

Fuente: Martínez-García, J. F., Monte, E., & Cantón, F. J. R. (2002)

Muchos autores han tratado de explicar los mecanismos por los cuales se da la fototransformación de  $P_{660}$  en  $P_{730}$ . Mastalerz (1997) por ejemplo, afirma que como la luz solar es rica en luz roja, al comienzo del periodo oscuro, abunda la forma  $P_{730}$ , que inhibe la floración en PDC (como el crisantemo); luego en la oscuridad, el  $P_{730}$  revierte a  $P_{660}$  y ocurre la inducción floral en las PDC, de ahí la importancia de la interrupción en la noche con luz roja, ya que se inhibe la floración (citado en Cardenas, 2001).

En el crisantemo, Cathey (1974) encontró que existen dos sistemas de fitocromo que actúan secuencialmente para regular la floración y elongación de tallo. El primer caso, responde a la luz en mitad de la noche, retrasa la floración y favorece la elongación de entrenudos. El segundo, actúa 12 horas después del periodo oscuro, no interviene en la floración pero sí promueve la elongación de entrenudos (citado en Donoyan 1987).

En 1980, Devlin menciona a Hamner y Bonner como los primeros investigadores que demuestran la importancia del periodo oscuro. Ellos realizaron experimentos en una planta de días cortos como *Xanthium*, manteniéndola sin florecer aun en su ciclo fotoinductivo correcto, solo interrumpiendo el periodo de oscuridad con un breve periodo de luz. Por el contrario, si se interrumpía el periodo luminoso con un breve periodo de oscuridad no se obtenía ningún efecto apreciable. Con esto concluyeron que la floración de las plantas es más una respuesta al periodo de oscuridad que al periodo de luz, es decir, las plantas de días cortos florecen cuando se les ha dado un periodo de oscuridad que supera al fotoperiodo crítico y las plantas de días largos florecen cuando la duración del periodo oscuro es inferior al valor crítico (citado en Cárdenas, 2001).

Para el caso del crisantemo, Post (1948), indica que la iniciación de la floración se da con un fotoperiodo crítico de 14 1/2 horas o menos

de luz y 9 1/2 horas o más de oscuridad y Langhan (1964), menciona que la iluminación artificial en crisantemo debe ser aplicada durante 3 horas, a la mitad del periodo oscuro, para tener una adecuada división de la noche y evitar así que ninguno de los dos periodos oscuros alcance o supere 9 1/2 horas de oscuridad, procurando de este modo que la planta siga en su etapa vegetativa (citado en Cárdenas,2001).

Los datos de tiempo de iluminación son relativos a los diferentes lugares en donde se efectúe el cultivo del crisantemo. Así por ejemplo Elsner y Hofmann (1978), realizaron estudios con varios cultivares de crisantemo en Alemania, a los cuales le aplicaban diferentes tiempos de iluminación suplementaria concluyendo que para el mes de Agosto lo adecuado era de 2 horas y para los meses de Diciembre - Enero lo adecuado era de 5 a 6 horas. Estos datos se dan teniendo en cuenta que para países alejados de la línea ecuatorial las estaciones son más marcadas con respecto al clima y a la duración relativa del día y la noche. Así en invierno cuando los días son más cortos la iluminación artificial debe tener más horas, y por el contrario para los días de verano menos horas (citado en Cárdenas, 2001).

La iluminación suplementaria no solo tiene el motivo de mantener la planta en su estado vegetativo, Bákula, (s/f) hace referencia que puede aplicarse la iluminación artificial suplementaria para conseguir dos tipos de efectos: uno, satisfacer requerimientos de fotoperiodo y dos, satisfacer los requerimientos fotosintéticos (citado en Cárdenas, 2001).

#### **D) EL FOTOPERIODO Y LA INDUCCIÓN DE LA FLORACIÓN**

Según Barcelo (1980) el requerimiento lumínico inductivo de la floración puede ser de tipo cualitativo, cuando la planta florece únicamente en condiciones inductivas de fotoperiodo (días largos o cortos) o cuantitativo, florecen en condiciones no inductivas, es decir, sin el fotoperiodo adecuado. Además Salisbury (1985) añade que la

respuesta más común es la cuantitativa, con la floración más acelerada o aumenta el número de inflorescencias con el fotoperiodo adecuado. Una planta cuantitativa florece dentro de un periodo corto de tiempo (semanas a meses) con cualquier fotoperiodo normal (de 8 a 24 horas), mientras que las plantas cualitativas necesitan periodos de tiempo más largos (años) y solo florecen cuando cumplen con el fotoperiodo inductivo adecuado (citado de Donoyan 1987).

Además, para que una planta pueda florecer en respuesta a su medio (fotoperiodo, temperatura, etc.) los órganos que detectan los cambios en su medio (hojas o meristemas) deben alcanzar una condición llamada “madurez para responder” (Salisbury, 1985). Según Thomas y Vince-Prue (1985) esta condición varía ampliamente, por ejemplo en plantas leñosas se requiere de años, mientras que en plantas herbáceas esta fase es muy corta (días o semanas) (citado de Donoyan 1987)

En su trabajo Bidwell (1983) cita a Chailakyan, quién indica que la respuesta de floración consta de 4 pasos:

- 1) La percepción del estímulo
- 2) La transformación del órgano receptor a un nuevo esquema metabólico
- 3) Transporte del estímulo resultante
- 4) Respuesta del ápice en desarrollo.

Con respecto al primer paso, Thomas y Vince-Prue (1985) señalan que son las hojas quienes perciben la duración del día y el estado de la hoja es un importante factor que determina la capacidad para percibir y responder al fotoperiodo (citado de Donoyan 1987).

Para Mastalerz (1977) es diferente el número de ciclos de 24 horas de luz/oscuridad que requiere una planta para florecer, esto

también varía entre especies y cultivares; pero una vez recibida el número adecuado de ciclos fotoinductores, la planta floreará. Según Salisbury (1985) el número de ciclos fotoperiódicos requeridos para iniciar la floración disminuyen conforme la planta envejece, es decir, el nivel de madurez para responder aumenta con la edad conllevando a que llegada a cierta edad una planta florece independientemente del fotoperiodo (citado en Cárdenas, 2001).

Por otro lado, Mastalerz (1977) solo distingue dos etapas en el proceso de floración: iniciación y desarrollo. En la primera, las plantas cambian de condición vegetativa a reproductiva, es decir el meristemo apical empieza a producir primordios florales. Luego ocurre la etapa de desarrollo donde empiezan a distinguirse las diversas partes florales en el primordio floral (citado de Cárdenas, 2001).

Es importante reconocer estas dos etapas porque la energía radiante, la temperatura y otros factores medioambientales pueden tener diferentes efectos en cada estado. Por ejemplo la temperatura óptima para la iniciación puede ser diferente de la temperatura óptima para el desarrollo, el fotoperiodo crítico para la iniciación puede ser distinto al fotoperiodo crítico para desarrollo.

Hess (1980) sostiene una teoría sobre la inducción fotoperiódica en plantas de días cortos, como el crisantemo: “En la luz del día existe más rojo claro que rojo oscuro. Por lo tanto, de día se obtiene en la hoja una concentración de  $P_{730}$  suficientemente elevada como para producir una inhibición, de mecanismo químico desconocido de la síntesis de la hormona de floración. En la oscuridad el  $P_{730}$  se transforma en  $P_{660}$ . Si la oscuridad se mantiene durante suficiente tiempo, sobrepasando la duración de la oscuridad crítica habrá tan poco  $P_{730}$  que se iniciara la síntesis de la hormona de la floración, y después de un distinto número de ciclos luz – oscuridad (dependiendo de la especie), existirá suficiente hormona de la floración que activará los genes para la diferenciación de

la inflorescencia, que también pueden ser inhibidos por los antimetabolitos correspondientes”. Sin embargo Bidwell (1983) añade que posiblemente las partes florales no se produzcan por activación de genes sino más bien por cambios en la actividad del meristemo (citado en Donoyan 1987).

## **E) FLORÍGENO**

Chailakhyan (1936) le llamó “florígeno” al estímulo transmisible, de origen en la hoja que conlleva a la floración en el ápice. Años más tarde Salisbury (1985) sostenía que el florígeno era una hormona, sin embargo, ya que no se ha logrado aislar al florígeno, este es solo un concepto y no una sustancia o una mezcla de compuestos diferentes (citado en Cárdenas, 2001).

### **2.3. LA LUZ SUPLEMENTARIA EN EL CULTIVO DE CRISANTEMOS**

Actualmente se reconoce que la luz suplementaria nocturna tiene un efecto inhibitor de la inducción floral para favorecer el crecimiento vegetativo en el periodo en el que se vería incrementada la floración sin que las plantas tuvieran el adecuado tamaño y/o mantener la planta en estado vegetativo para la obtención de esquejes. La duración de la luz suplementaria nocturna usadas en los trópicos se derivan de las adicionadas en las zonas templadas, sin que se haya desarrollado un modelo de manejo de la luz a partir de las condiciones particulares de las latitudes tropicales (citado de Toro y Londoño, 2005)

En el caso del cultivo del crisantemo, Bakula (s/f) indica que se crean artificialmente la condición de noches cortas (menores a 9 ½ horas) para que la planta no florezca hasta que haya alcanzado un

determinado desarrollo vegetativo. Una vez alcanzado una longitud comercial del tallo, se cambian las condiciones a noches largas hasta que florecen. De no ser así, se obtendrían pequeñas plantas sin valor comercial (citado en Donoyan 1987).

Carvalho, Heuvelink y Van Kooten, (2002) aplicaron 3 diferentes niveles de iluminación suplementaria, entre otros parámetros en 3 densidades de plantas, para predecir el tamaño y número de inflorescencias. En la época de otoño, el fotoperiodo fue asegurado con luz suplementaria con lámparas incandescentes y lámparas de alta presión de sodio. El estudio encontró que existe una interacción significativa entre la intensidad de luz y la remoción de los botones florales en el peso seco de las inflorescencias individuales. Las plantas que tuvieron iluminación suplementaria con HPS, comparadas con el control, tuvieron inflorescencias más pesadas. En ese mismo año, Heuvelink et al. (2002), evaluó el efecto del uso de lámparas de alta presión de sodio (HPS) sobre el crecimiento en *Dendranthema indicum* (L.) Desmoul. La luz suplementaria suministrada en invierno (HPS;  $48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR), incrementada en un 24 % logró aumentar en un 45 % la producción de materia seca por  $\text{m}^2$ . El efecto de luz suplementaria sobre la masa fresca y seca, y sobre el número de inflorescencias por planta a diferentes densidades (32, 48 y 64 plantas  $\text{m}^2$ ), fue alta a bajas densidades. Estos autores resumen que se presenta una relación lineal entre la acumulación y producción de masa seca y la acumulación o interceptación de radiación fotosintéticamente activa (PAR). Más adelante, Barbosa et. al (2005), indican que para obtener un mayor rendimiento de *Chrysanthemum morifolium* ramat, los productores utilizan la intensidad luminosa entre 100 y 300 lux con lámparas de 100 W por cada 7  $\text{m}^2$  en un invernadero iluminado artificialmente, causando un alto costo de la electricidad.



Por otro lado, Jeong, Hogewoning y Van Ieperen (2014) estudiaron los efectos de la iluminación suplementaria de luz azul en la formación de la inflorescencia y elongación del tallo de crisantemos de corte. Se cultivaron por 42 días bajo 4 tratamientos de luz, que consistieron en diferentes horas de iluminación suplementaria con lámparas LED de color rojo y azul. Se encontró que la longitud del tallo fue mayor en los tratamientos con iluminación rojo y azul más algunas horas suplementarias de luz azul, concluyéndose que ésta promueve la elongación intermodal y del tallo, es decir, crecimiento, sin inhibir la formación de botones florales. Ouzounis et. Al (2014), para investigar el efecto del espectro de luz en la fotosíntesis, crecimiento y metabolitos secundarios en *Rosa hybrida* “Scarlet”, *Chrysanthemum morifolium* “Coral Charm”, y *Campanula portenschlagiana* “BluOne”. Para ello emplearon luces LED con una intensidad de luz de  $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , durante 16 horas por día en un invernadero. Los cuatro tratamientos de luz fueron 40% azul / 60% rojo, 20% azul / 80% rojo, 100% rojo y 100% blanco como control. Se encontró que la altura de la planta fue menor en el tratamiento 40% azul / 60% rojo en crisantemos. Zheng y Labeke (2017) investigaron el efecto de la calidad de la luz en la morfología de las hojas, eficiencia fotosintética y capacidad antioxidante de las hojas de 8 variedades de crisantemo *Chrysanthemum* cv. que se desarrollaron bajo un espectro específico. Se aplicaron 4 tratamientos de luz a  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y un fotoperiodo de 14 horas utilizando diodos emisores de luz, los cuales fueron 100% rojo, 100% azul, 75% rojo y 25% azul y blanco. Se dio un periodo de aclimatación de 7 días bajo lámparas de alta presión de sodio (HPS), para luego ser iluminadas con lámparas LED de la marca Philips, de luz blanca, roja, verde, etc. [W, 7 % blue (400-500 nm), 16% green (500-600 nm), 75% red (600-700 nm) and 2% far red (700-800 nm)](GreenPower LED production module, Philips, Eindhoven, The Netherlands). Se concluye que la luz roja reduce el área de la hoja y

las hojas más pequeñas fueron observadas bajo el espectro de luz blanca. También se determinó entre los cultivares de crisantemo estudiados que existen genotipos que son altamente reactivos a la calidad de la luz mientras otros difícilmente reaccionan a la luz demostrando una variación intraespecífica adaptativa, lo que facilita la selección de genotipos con plasticidad bioquímica que pueden ser tolerantes para la tolerancia de estrés biótico.

Para lograr este efecto es necesario usar un sistema de iluminación artificial que permita interrumpir la noche larga, creando el efecto de noches cortas.

En el cultivo de crisantemo existen dos tipos de iluminación suplementaria:

1. Sistema de iluminación suplementaria continua: la iluminación se da de forma continua
2. Sistema de iluminación cíclica o intermitente: las luces se prenden por ciclos, alternando periodos de luz y oscuridad para producir condiciones de días largos.

Según Waters y Conover (1969), con el sistema de iluminación cíclica se ahorra consumo de energía pero los costos de instalación y mantenimiento es mayor, además existe un riesgo para el cultivo; mientras que el sistema de iluminación continua es de menor riesgo y el más difundido entre los agricultores (citado en Donoyan, 1987)

## **A) DURACIÓN DEL PERIODO DE DÍAS LARGOS**

De acuerdo a Waters y Conover (1969), el número de días largos que debe recibir un cultivo de crisantemos antes de iniciar la inducción floral depende el sistema de conducción del cultivo. Así tenemos que para un cultivo sin desmoche, es cual consiste en eliminar el brote

terminal de la planta para promover el brotamiento floral lateral, se da iluminación suplementaria durante aproximadamente 4 semanas desde el transplante. En cambio, si se han plantado esquejes sin raíces en el campo y el cultivo es sin desmoche, se debe iluminar por 6 semanas. Si se realiza desmoche, deben adicionarse 2 semanas de luz antes de iniciar el tratamiento de días cortos (citado en Donoyan 1987).

Por otro lado Kafrnek (1980) sostiene que el número de días largos que debe darse al cultivo varía de acuerdo al cultivar y estación del año, pero de forma general, se debe dar iluminación suplementaria hasta que los tallos hayan alcanzado un tamaño adecuado (entre 35 y 50 cm), esperándose una altura final de cosecha de 70 a 100 cm. (citado en Donoyan 1987)

## **B) MANEJO DE LA ILUMINACIÓN SUPLEMENTARIA DURANTE EL CULTIVO DEL CRISANTEMO**

Las recomendaciones sobre la cantidad de horas, intensidad de luz, momento de aplicación, etc de la iluminación suplementaria varían entre los distintos autores. Por ejemplo para Langhans (1964) comercialmente se da entre 3 a 4 horas de iluminación suplementaria en la mitad de la noche, con una intensidad de 10 bujías-pie (es una de las unidades básicas del Sistema Internacional, de intensidad luminosa), resaltando que la intensidad de luz que debe considerarse es la que se mide a la altura del tope de las plantas (citado de Palacios y Cárdenas, 2007)

Por el contrario Kofranek (1980) sostiene que la iluminación suplementaria es más eficiente cuando se da en la mitad del periodo oscuro y la duración varía con la estación y la latitud. Para latitudes de 40° a 50 ° N se recomiendan 5 horas en el invierno y 4 horas entre 25° y 40° N. En verano, en esas latitudes se puede prescindir de la

iluminación suplementaria o reducirla a 2 horas para asegurar un completo estado vegetal. Cerca al Ecuador, se recomienda aplicar iluminación suplementaria de 3 horas cada noche durante todo el año, con una intensidad de 7 a 10 bujías pies (77 a 110 lux) (citado en Donoyan, 1987).

De forma comercial tenemos el “Manual del Crisantemo” de la compañía Gloeckner (1985), recomendando que el periodo oscuro no sobrepase las 7 horas continuas, iluminando de 3 a 4 horas cada noche después de las 10 p.m. Este manual también sugiere iluminar por dos horas en los meses de verano, 3 horas en primavera y otoño y 4 horas en invierno; con una intensidad de luz no menor a 7 - 9 bujías-pies. Sin embargo las recomendaciones de este manual varían con la latitud y deben ser modificadas. Muchos autores coinciden con las horas de iluminación suplementaria e intensidad de luz, por ejemplo Waters y Conover (1985), Mastalerz (1977); mientras que algunos autores, como Laurie ( ) recomiendan un mínimo de 10 bujías-pie, con 2 a 4 horas de iluminación suplementaria según la estación del año (citado en Donoyan 1987)

En el Perú, se tienen pocas experiencias que busquen mejorar el cultivo tecnificado del crisantemo, así tenemos a Donoyan (1987), quién trabajó experimentando con diferente número de horas de iluminación suplementaria necesarias para producir noches cortas, evaluando  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 3 y 4 horas aplicadas a la medianoche durante 44 días, luego de los cuales se hizo el corte de luz para permitir la floración. Se utilizaron lámparas de 1200 lm. Los resultados indicaron que existe una relación directa entre el número de horas suplementarias y la longitud final de la planta. Durante el experimento se encontró que el crecimiento siguió una tendencia exponencial, la cual inicia en la tercera semana. También se observó que los

tratamientos que recibieron luz suplementaria siguieron con esa tendencia luego del corte de luz, a diferencia del testigo.

Cárdenas (2001), evaluó diferentes periodos de iluminación nocturna en el control de floración, para eso trabajó con cuatro cultivares de crisantemos y lámparas incandescentes de 1200 lm. Los tratamientos aplicados se basaron en el número de horas de iluminación artificial suplementaria necesarias para inhibir la formación de botón floral. Como grupo control o testigo se empleó 4 horas de iluminación, de manera similar a la aplicada por los agricultores en el Perú. Este estudio encontró que la longitud del tallo está relacionada directamente con el número de días de luz suplementaria, por lo tanto a mayor número de días a los cuales el cultivar este expuesto a intensidades de luz suplementaria adecuadas, mayor longitud de tallo se obtendrá, ya que la planta se mantendrá en estado vegetativo; y que el diámetro del tallo, se encuentra en relación al número de brotes de la planta, pero de manera inversa, es decir a mayor número de brotes más delgado es el diámetro del tallo.

Olivas (2012), buscó determinar la intensidad lumínica adecuada para el crecimiento de crisantemo, para lo cual comparó cuatro tratamientos, un tratamiento testigo ( utilizando lámparas de 25 watts de luz roja) y tratamientos de 25, 50, 1200 lm de luz amarilla, durante 3 horas diarias, por 35 días, trabajando con el cultivar Yellow Marble; encontrándose que el aumento de intensidad no afectó el desarrollo vegetativo de la planta, pero si se encontraron diferencias en la longitud del tallo, donde el tratamiento de 25 watts, tanto de luz roja como de luz amarilla, tuvo diferencia significativa con el tratamiento de 1200 lm.

Finalmente, existen otros trabajos como el de Hernández (2008), quién realizó un estudio con la finalidad de estimular el crecimiento vegetativo de *Chrysanthemum morifolium* RAM. Aplicando fertilizantes

inorgánicos mineral, organomineral y desalinizadores, y aplicando de 4 horas de iluminación suplementaria encontraron que el factor luz es el que afecta significativamente el desarrollo de la planta respecto a otros factores, con lo que se observa que a la fecha la iluminación suplementaria se aplica en todos los cultivos de crisantemos a nivel global

Según Post (1959), la cantidad de luz proporcionada (intensidad de luz x tiempo de aplicación), por lo que para mantener vegetativo al crisantemo debe aplicarse por lo menos 24 bujías-pie por hora, los cuales se podrían obtener de muchas formas: 3 horas con 8 b-p, 5 horas con 5 b-p, 1 hora con 25 b-p,  $\frac{1}{4}$  de hora con 100 b-p (citado de Donoyan 1987)

Tras una serie de experimentos, Gugenham (1973) demostró que con una intensidad de luz de por lo menos 40 a 50 lux (3.5 a 4.5 b-p) se obtienen resultados satisfactorios, y si se aumenta la intensidad, se obtendrán más inflorescencias (citado de Donoyan 1987)

### **C) SISTEMAS DE ILUMINACIÓN SUPLEMENTARIA**

Uno de los conceptos más importantes a tener en cuenta en iluminación con lámparas eléctricas desde el punto de vista fotométrico es el de flujo luminoso ( $\Phi$ ), la eficacia luminosa y la iluminancia.

#### **- FLUJO LUMINOSO**

Las fuentes luminosas emiten energía en forma de ondas electromagnéticas que dispersan en todas direcciones. La cantidad de energía irradiada durante una unidad de tiempo (potencia), puede ser expresada en unidades físicas, tales como el vatio. En términos generales, tan sólo una parte de la energía que

entra en el ojo, produce una impresión de luz, aquella parte cuyas longitudes de onda se encuentran entre 400 y 700 nm.

Tiene como unidad de medida al lumen (lm.), el cual se describe como el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad (1 estereorradián) por una fuente puntual uniforme de una intensidad luminosa de una candela, cuya unidad es la candela (cd). Una candela es la intensidad luminosa en la dirección perpendicular de una superficie de  $1/600.000$  metros cuadrados de un cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino, bajo la presión de 101.235 Newton por metro cuadrado.

- **EFICACIA LUMINOSA (Lumen / vatio)**

Es la relación existente entre el flujo luminoso (en lúmenes) emitido por una fuente de luz y la potencia (en vatios) W. La eficacia de una fuente luminosa es mayor cuanto mayor sea la emisión luminosa por vatio consumido, es decir el cociente del flujo luminoso por la potencia consumida. Evitando la pérdida como energía térmica, se expresa en lúmenes/vatio (lm/w), los lámparas incandescente tienen una eficiencia de 8 a 20 lm/w, puede perder hasta el 90% de energía como calor, los CFL o fluorescentes compactos de 50 a 82 lm/w y los LEDs de 75 a 90 lm/w.

- **ILUMINANCIA E (lux)**

Designando el flujo luminoso y el área, la fórmula que expresa el valor de iluminancia esa área es  $E = \text{Flujo} / \text{Superficie}$ , el flujo luminoso que incide sobre una superficie, se halla multiplicando la iluminancia por el área. Hablando en términos generales, la iluminancia sobre una superficie será diferente entre

dos puntos, de modo que la división del flujo luminoso incidente por el área total de la superficie, es la iluminancia media de esa superficie. Si se toma una parte de la superficie solamente, puede decirse que cuanto menos sea el área, menor será la variación de iluminación en esa área y, si se continúa este proceso hasta llegar a un área que sea puntual, la iluminación de ese punto será uniforme.

1 Lux es la iluminación producida por 1 lumen, que incide sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup>.

Con estos conceptos es posible buscar lámpara equivalentes lumínicamente en el mercado local, teniendo en cuenta las tres fuentes de iluminación se designó usar lámparas Incandescentes, fluorescentes y LED, con sus respectivas equivalencias, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1. Equivalencias lumínicas respecto a los tipos de lámpara**

Incandescente	Fluorescente	LED
100 W	20 W	12 W
70 W	15 W	9 W
50 W	11 W	6.5 W
Equivalencia Lumínica		
1200 Lm	1200 Lm	1200 Lm
800 Lm	800 Lm	800 Lm
600 Lm	600 Lm	600 Lm

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, las lámparas son una fuente de radiación electromagnética, y su luz es sólo una parte del espectro total. Todas son producidas por el hombre y pertenecen a las mismas categorías que las naturales.



Se les puede clasificar en (Jiménez ,1997 citado en Almanza ,2011):

- a) Emisores de origen térmico: utilizan la combustión de un medio oxigenado (bujías, lámparas de aceite y gas).
- b) Lámparas de incandescencia: contienen una atmósfera gaseosa (halógenos, xenón, criptón y argón).
- c) Fuentes de tipo luminiscente: son lámparas de descarga en atmósfera gaseosa y con adición de metales en forma de halogenuros, yoduros, tierras raras, mercurio, sodio y yodo.
- d) Fuentes de tipo fotoluminiscente: como diodos emisores de luz semiconductores (LED), luminarias de emergencia y pinturas luminiscentes.
- e) Lámparas fluorescentes: deben su funcionamiento a la luminiscencia y fotoluminiscencia.
- f) Lámparas de inducción: donde se integran luminiscencia, fotoluminiscencia e inducción magnética.

No todas las lámparas tienen interés agronómico, ya que la luz artificial en los cultivos debe cumplir tres objetivos importantes: proporcionar cantidad suficiente de energía para la fotosíntesis, proporcionar el espectro energético adecuado, es decir, la luz debe tener la composición espectral adecuada y proporcionar energía durante el fotoperiodo, tanto si se aplica sobre plantas de día corto como largo.

Desde el punto de vista del agricultor, las lámparas deben ser eficaces energéticamente, o sea, la cantidad de energía destinada al cultivo habrá de ser proporcionalmente elevada en comparación con la energía eléctrica consumida por la propia

lámpara, es decir, uso de lámparas de alta eficacia (Alpi y Tognoni, 1987) (citado de Almanza, 2011)

**Tabla 2. Tipos y características de lámparas empleadas en iluminación de invernaderos**

<b>Características</b>	<b>Incandescentes</b>	<b>Vapor de mercurio</b>	<b>Fluorescentes</b>
<b>Luz producida</b>	Rojo-infrarrojo (elevado poder calórico)	Visible y ultravioleta	Mixta con preponderancia de azul y rojo
<b>Potencia Wm<sup>-2</sup></b>	3	150-200	-
<b>Rendimiento luminoso (%)</b>	10	90	90 (emana poco calor)
<b>Duración (h)</b>	1000	3500	3500
<b>Aplicación</b>	Invernadero de grandes dimensiones  Adelanto/retraso de la floración	Crecimiento de plantas	Crecimiento de plantas
<b>Observaciones</b>	Bajo costo de instalación, elevado uso.	Atención al tipo comercial que se elige	Débil intensidad luminosa, colocación en batería de 3-4.

Fuente: Serrano, 1990 (citado en Almanza 2011)

## - LÁMPARAS INCANDESCENTES

Son fuentes de luz continua que poseen una calidad de luz con un espectro continuo, rica en rojos y pobre en azules (Jiménez, 1997 citado por Almanza, 2011), por lo que en periodos de ausencia de luz natural pueden aportar cantidad y calidad de luz apropiados para el mantenimiento de un jardín interior. Han sido de uso común hasta ahora debido a su bajo precio, adaptabilidad, comodidad, variedad de formas, funcionalidad en corriente continua (CC),

corriente alterna (CA) y para cualquier tensión, y de elevado flujo luminoso. Son altamente contaminantes, de bajo rendimiento luminoso (solo el 10% de la energía consumida por la lámpara se transforma en luz, el resto se disipa en forma de calor), tiempo de vida útil corto (500-1000 h), fuerte depreciación del flujo luminoso a lo largo de su vida útil y sensibilidad a cambios de tensión en red. Por ello, la tendencia actual es sustituirlas por fluorescentes de bajo consumo.

La eficacia de las lámparas de incandescencia es la más baja de todas las lámparas y es del orden de 8 Lm/W para lámparas de pequeña potencia y del orden de 20 Lm/W para las de gran potencia. Su duración es de tan solo 1,000 Hs haciendo necesaria su renovación en 11 ó 7 siembras según las horas de iluminación complementaria (2 o 3 en la región Lambayeque).

Diversos autores sugieren el uso de las lámparas incandescentes, ya que tienen un bajo costo de instalación y proveen luz roja efectiva para el fotoperiodo (Laurie et al., 1979; Langhans, 1964) ya que emiten suficiente cantidad de luz roja para poder mantener el fitocromo en rojo lejano ( $F_{730}$ ). La intensidad de luz recomendada para la producción comercial de crisantemo debe ser 1200 lm (citado en Donoyan 1987)

## - **LÁMPARAS FLUORESCENTES**

Estas lámparas están constituidas por un tubo de vidrio o bulbo tubular recubierto interiormente de un material fluorescente, que tiene en sus extremos los electrodos y en su interior un relleno de gas formado por gas inerte (argón o kriptón) y vapor de mercurio. Producen luz (principalmente azul y roja, aunque depende mucho del modelo) mediante fenómenos de fluorescencia del gas

sometido a un arco voltaico. Esto ocurre cuando dicho arco aumenta la temperatura y presión del mercurio contenido en forma líquida dentro del tubo, provocando su vaporización y empezando éste a emitir luz.

Son muy adecuadas para el crecimiento, para los vástagos y para enraizar esquejes, por lo que se recomiendan especialmente durante las primeras etapas de las plantas (Dole y Wilkins, 1999). Son bastante económicas (para igual flujo luminoso, consume 20% menos que la incandescente), tienen un elevado rendimiento luminoso, vida útil (6000-20000 h) muy superior a la de las lámparas de incandescencia, amplia variedad de tonalidades de color, la luz es difusa (supone una gran comodidad visual evitando en buena medida los deslumbramientos y una menor cantidad de sombras) y no emiten demasiado calor. El principal problema es que ocupan mucho espacio, precio más elevado de primera instalación que las lámparas incandescentes, fragilidad mecánica, tiempo de encendido apreciable, no son aptas para múltiples encendidos y apagados (disminuirían su vida útil) y originan en el usuario cierto “parpadeo” debido a la corriente alterna (originando una fatiga mayor en el ojo, teniendo incluso cierto efecto estroboscópico). Al arrancar, consumen aproximadamente 1.8 veces la potencia nominal, lo cual debe ser tenido en cuenta a la hora de dimensionar la instalación eléctrica (citado en Galvez, 2012)

Las de uso más difundido son las fluorescentes TLD, TL5 y compactas o de bajo consumo (CF).

Las TL5 se consideran de alta eficacia, hasta 104 lm/W, presentan hasta un 40% menos de contenido en mercurio respecto a las TLD estándares y se consideran ahorradoras de energía. Si observamos el espectro de emisión de una lámpara fluorescente

estándar y de luz blanca tipo TLD/830, vemos un pico en azul que está entre los 430 y 440 nm, y no presenta apenas emisión en el rango del rojo 660-680 nm; muy similar es el espectro de una lámpara fluorescente compacta (CF) LUMILUX/830 y TL5/830 alta eficacia. Esta última, a diferencia de las TLD y CF, presenta una ligera radiación en la región del UV a 360 nm.

Las lámparas fluorescentes compactas (CF) o de bajo consumo presentan las siguientes ventajas frente a las anteriores: bajo consumo, elevado rendimiento luminoso, poca emisión de calor, pequeñas dimensiones, calidad espectral y larga vida entre otras. Como inconveniente destaca su alto precio aunque, por su longevidad y eficiencia energética, se obtiene rentabilidad a largo plazo.

Algunos autores demuestran que el uso de luz fluorescente en el cultivo del crisantemo da buenos resultados. Por ejemplo, Cathey y Borthwick (1970) obtuvieron una respuesta positiva con iluminación de lámparas fluorescentes e iluminaciones cíclicas en periodos de 15 minutos, durante 6 horas. Cada periodo tuvo 1.5 minutos de iluminación seguido por 13.5 minutos de oscuridad (citado en Cárdenas, 2001).

#### - **DIODO EMISOR DE LUZ (LED)**

Un diodo emisor de luz (LED) es un dispositivo que convierte energía eléctrica en lumínica. El uso de diodos emisores de luz ha sido escaso hasta hace muy pocos años. Los LEDs presentan características atractivas y ventajas tales como el poder elegir el color de luz emitida (longitud de onda específica), diversidad de formas, fácil manipulación, pequeño tamaño (masa y volumen) y gran ahorro de energía gracias al bajo consumo, alta luminosidad,

larga vida (Bula et al, 1991; Barta et al., 1992), dureza y bajo mantenimiento, por ello en la actualidad se ha impuesto su desarrollo (Jiménez, 1997; Espín et al., 2009). Como inconvenientes, señalar que son poco manejables debido a su funcionamiento con voltajes muy reducidos, 2-4 V, solucionándose este problema mediante su disposición en serie para una alimentación a 12 o 24 V; los LEDs también presentan los inconvenientes de ser unidireccionales, con un área de visión restringida al ángulo frontal estrecho y su alto precio (citado en Almanza, 2011)

La característica básica de la luz emitida por los LEDs es ser monocromática, es decir, la luz que emiten se encuentra en un estrecho rango de longitud de onda del espectro. Hasta ahora, los colores más utilizados son el rojo, amarillo/naranja, verde y azul, considerándose raros otros tonos.

Existen numerosos trabajos del empleo de LEDs en el cultivo de plantas, utilizándolos como fuente única de iluminación o como complemento lumínico (Yanagi et al., 1997; Kim et al., 2006; Shimomachi, 2006), en áreas de investigación como síntesis de clorofila, fotosíntesis, foto-biorreactor de algas y foto morfogénesis (Jao y Fang, 2003). Estas investigaciones se basan en que existe un equilibrio entre los pigmentos cuyas formas son interconvertibles cuando absorben en rojo PR y rojo lejano PFR, la relación PFR/ PR ha sido definida (Hayward, 1984; Sager et al., 1988), basada en la distribución espectral comprendida en el intervalo de 300-800 nm y asociada a respuestas morfológicas según la calidad de la luz (Smith, 1994). Pigmentos como los los fitocromos PR (660 nm) activándose a PFR y generando respuestas biológicas (Taiz y Zeiger, 2002) (citado en Almanza, 2011)

La combinación de luz roja y azul procedente de LEDs permite un buen crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que se encuentra en las regiones de máxima capacidad de absorción fotosintética, aunque la luz roja monocromática a 680 nm es un 36% más eficiente en el proceso de fotosíntesis que la luz monocromática azul a 460 nm (Hall y Rao, 1999) (citado en Tamayo 2014)

Dada la importancia de mejorar la técnica de cultivo de inflorescencias de corte tales como el crisantemo *Chrysanthemum morifolium* ramat, para reducir tiempo de cosecha y costos de producción, se han realizado muchos trabajos experimentando con diversos factores como la temperatura, calidad del suelo, diversos tipos de lámparas e intensidades de luz, horas de iluminación suplementaria, etc. tanto en condiciones de invernadero como en el campo, evaluando diferentes parámetros tales como crecimiento vegetativo y también evaluando los efectos de estos factores sobre características tales como el crecimiento longitudinal de los cultivares.

Miyashita et al. (1997), utilizaron LEDs, con longitud de onda 660 nm y lámparas fluorescentes blancas como fuentes de luz para el crecimiento de plántulas de patata in vitro y se encontró que su morfología puede ser modificada por el LED rojo. La posible aplicación de LED en cultivo de tejidos fue sugerida por la morfología regular y, o bien, cambios fotosintéticos en la calidad de la luz y debido a su aplicación práctica en la micropropagación. En esta misma línea, Fukuda Y Nishimura (2002) investigaron el efecto localizado de la calidad (tipo) de la luz de los LED sobre la morfogénesis de los geranios y llegaron a la conclusión de que la señal de luz recibida por el tallo de inflorescencia de geranio afectado la división o la elongación celular, mostrando la

posibilidad de controlar la del elongación del tallo manipulando la calidad de luz.

#### **D) EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

La electricidad es una fuente de energía indispensable para el hogar, la industria o la agricultura. Su uso es esencial para el desarrollo de las actividades económicas, tecnológicas e industriales.

En zonas rural-agrícolas de Lambayeque existe una alta demanda de energía para usos domésticos y usos productivos, para satisfacer esta demanda la población rural no dispone de suministro eléctrico, esto debido a ubicarse en lugares lejanos o poco accesibles a este recurso, lo que le resta oportunidades para desarrollarse y lo sume en la pobreza.

La luz complementaria requerida para controlar la floración de algunas especies florícolas como el crisantemo representa una significativa parte de los costos de producción del sector florícola, sin embargo el modelo de manejo de luz utilizado en las latitudes tropicales se deriva de los utilizados en latitudes templadas; si se optimizara dicho modelo, el sector florícola de la zona se vería muy favorecido ya que los costos de producción por concepto del suministro de energía lumínica nocturna se verían disminuidos (Toro y Londoño, 2005). Por ejemplo, de acuerdo con la Compañía de Luz y Fuerza de Santa María, que se encuentra en la ciudad de Colatina, (Brasil) una lámpara de 100 W de potencia incandescente durante cuatro horas al día, durante 30 días, consume 12 kWh.

Desde el punto de vista del agricultor, las lámparas deben ser eficaces energéticamente, o sea, la cantidad de energía destinada al cultivo habrá de ser proporcionalmente elevada en comparación con la energía eléctrica consumida por la propia lámpara, es decir, uso de



lámparas de alta eficacia (Alpi y Tognoni, 1987) (citado en Almanza,2011)

El consumo de electricidad está en juego a la cantidad de vatios por hora que consumirá una bombilla, y dependiendo de esto será la cantidad de luminosidad que esta va a producir, pero debemos recordar que esto varía según la eficiencia de cada tecnología, y no existe una uniformidad en la cantidad de lumens emitidos por vatio en las marcas ofertadas, es por ello que en esta investigación se realizó una comparación entre los lumens emitidos por lámparas incandescentes, fluorescente y LED (Tabla 1).

En la lámpara incandescente, sólo el 30 % de la energía consumida se irradia en el espectro visible, el resto es expulsado como calor. La mayor parte es radiada en la región infrarroja. Esto le da a la lámpara la característica de baja eficiencia en la conversión de la energía eléctrica en energía luminosa (KAMPF, 2005); siendo la más baja de todas las lámparas y es del orden de 8 Lm/W para lámparas de pequeña potencia y del orden de 20 Lm/W para las de gran potencia. Su duración es de tan solo 1,000 Hs haciendo necesaria su renovación en 11 ó 7 siembras según las horas de iluminación complementaria (2 o 3 en la región Lambayeque).

En las lámparas incandescentes, el flujo luminoso es del orden de siete veces superior al de las lámparas incandescentes de igual potencia; y la eficacia luminosa, según el tipo y la potencia de la lámpara oscila entre 40 y 100 Lm/W. Por otro lado, la duración o vida media se establece en unas 7000 horas para un encendido cada 3 horas y para encendidos de 10 horas, similar al de este caso, su vida aumenta en un 40%.

En la tecnología LED (Light Emitting Diode), el principio de funcionamiento es diferente de las lámparas incandescentes en el

dispositivo semiconductor, con el paso de la corriente eléctrica, el proceso llamado electroluminiscencia, emite luz visible (Carvalho, 2007).

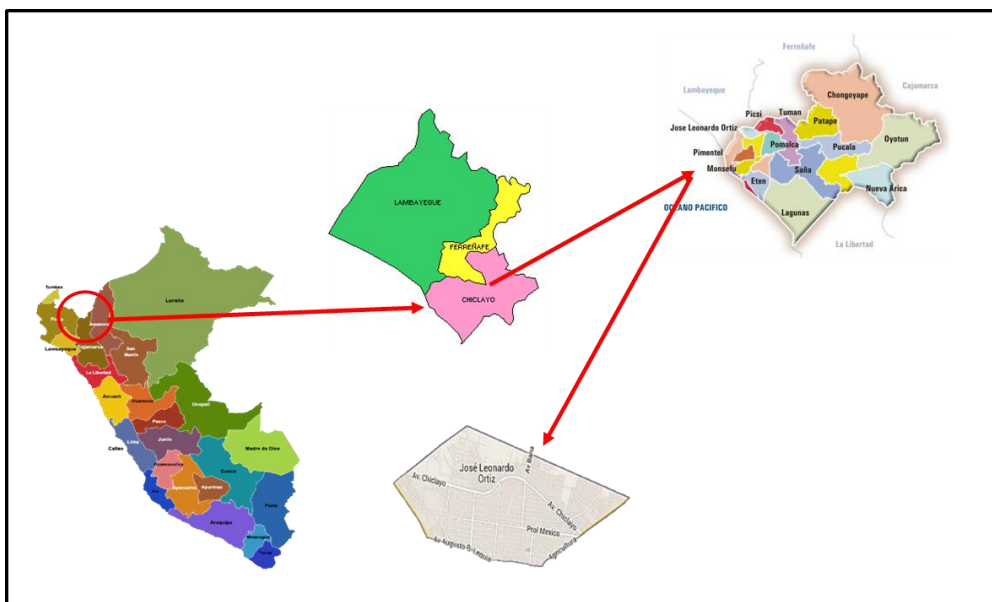
A diferencia de las lámparas incandescentes, las lámparas LED generan luz con una longitud de onda, intensidad y distribución específica. Con estas fuentes, es posible reducir el consumo de energía, los residuos y la contaminación ambiental. Con el desarrollo y producción de los LED conllevó a ventajas como: alta eficiencia, y mínima generación de calor, la energía no se pierde, larga vida, posee un mayor tiempo de duración, menor impacto ambiental, al generar menor cantidad de residuos al tener que reemplazarse, (una lámpara LED puede durar 5000 horas de uso), flexibilidad color y la iluminación, al producir luz de una onda específica están pueden encontrarse en diferentes colores y aplicarse en más usos, la reducción del consumo de energía eléctrica, quizá la mejor ventaja, puede generar la misma cantidad de lumen gastando consumiendo hasta la séptima parte de lo que consume una lámpara incandescente y 2/3 de lo que consume una lámpara fluorescente, mejores circuitos electrónicos, más sencillo, fiable y de dimensiones reducidas (Carvalho, 2007).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

##### 3.1.1. UBICACIÓN

El presente trabajo experimental se realizó en el distrito de José Leonardo Ortiz, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque, Perú, con una latitud  $6^{\circ}7'58''$  S, longitud:  $79^{\circ}8'55''$  W, altitud 31 m.s.n.m.



**Figura 3. Ubicación del Distrito de José Leonardo Ortiz**

##### 3.1.2. CLIMA

Durante la conducción del experimento, se consideraron datos de temperatura, humedad relativa, precipitación y horas de sol, por ser los más influyentes en el clima y estuvieron cercanos al óptimo para las diferentes fases de crecimiento vegetativo del cultivo de crisantemos.

#### **3.1.2.1. Humedad Relativa**

Durante la conducción de la investigación los valores de humedad fueron variables a partir de Abril (76%), hasta 80% en Setiembre; observándose un registro promedio mensual de 77,92%, que corresponde a un clima relativamente húmedo.

#### **3.1.2.2. Precipitación**

Las precipitaciones en la zona de estudio para el 2016 se han dado mayormente en los meses de febrero y marzo, pero que en años normales son mínimos.

#### **3.1.2.3. Horas de Sol**

Esta evaluación está dada por las horas de sol que las plantas reciben y es un factor que interviene en el crecimiento del crisantemo; los valores variaron de 55% de horas de sol en relación a las horas del día en el mes de Octubre a 60% de horas de sol en los meses de abril y mayo, con un promedio de 55,42 horas de sol al mes.

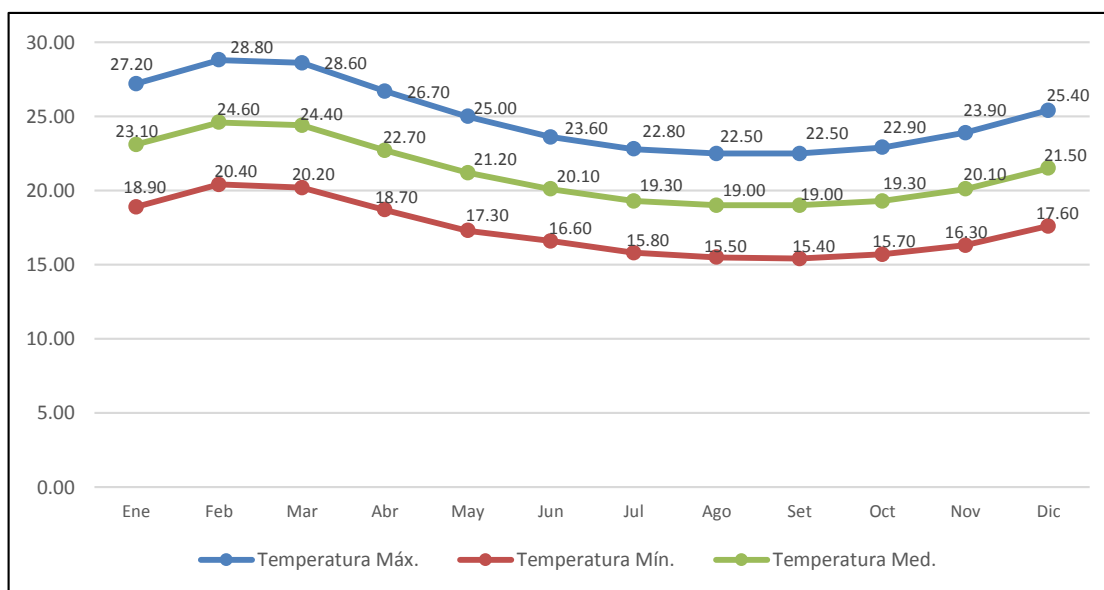
#### **3.1.2.4. Temperatura**

Es un elemento meteorológico, que reviste enorme significancia para el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos, ya que temperaturas altas aceleran el crecimiento celular. La zona presenta un clima desértico subtropical árido, influenciado por la corriente fría marina de Humbolt, propia del Valle Chancay. En el 2016 ha fluctuado la temperatura entre valores mínimos del orden de 15,40°C (Setiembre) hasta un máximo de 28,80°C. (Febrero).

**Tabla 3. Datos de temperatura, humedad relativa, precipitación y horas de sol durante los meses en que se llevó a cabo la investigación**

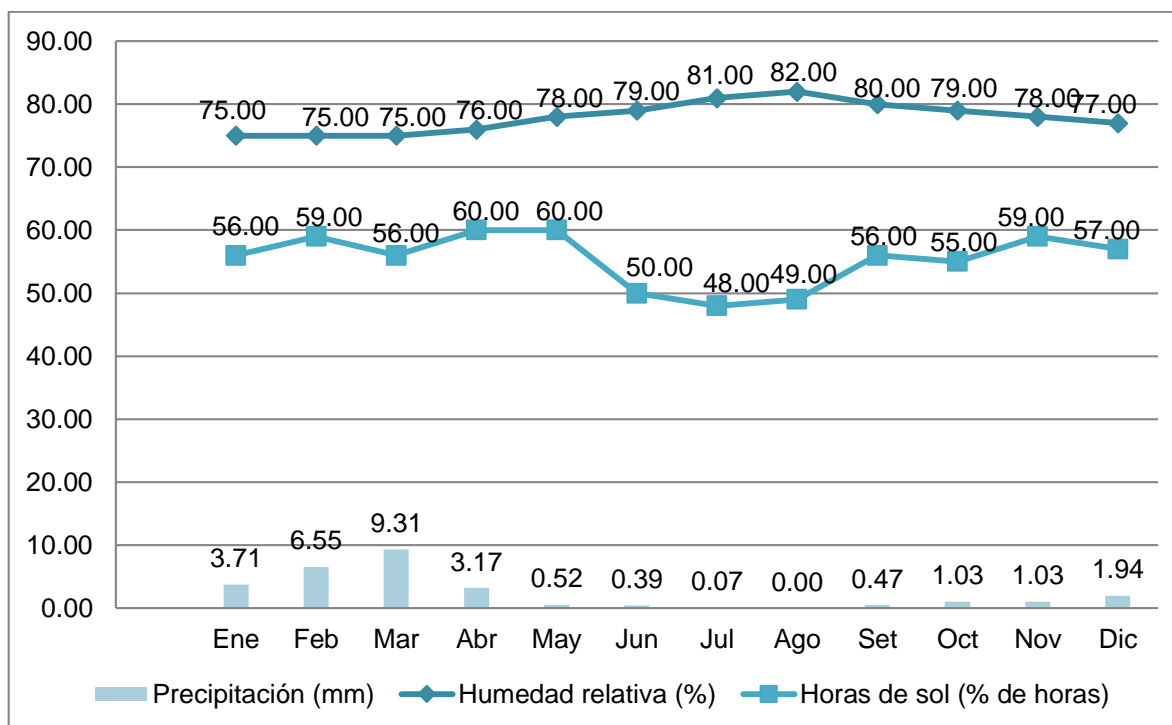
Año	Meses	Temperatura			Humedad relativa (%)	Horas de sol (% de horas)	Precipitación (mm)
		Máx.	Mín.	Med.			
2017	Enero	27.20	18.90	23.10	75.00	56.00	3.71
	Febrero	28.80	20.40	24.60	75.00	59.00	6.55
	Marzo	28.60	20.20	24.40	75.00	56.00	9.31
	Abril	26.70	18.70	22.70	76.00	60.00	3.17
	Mayo	25.00	17.30	21.20	78.00	60.00	0.52
	Junio	23.60	16.60	20.10	79.00	50.00	0.39
	Julio	22.80	15.80	19.30	81.00	48.00	0.07
	Agosto	22.50	15.50	19.00	82.00	49.00	0.00
	Setiembre	22.50	15.40	19.00	80.00	56.00	0.47
	Octubre	22.90	15.70	19.30	79.00	55.00	1.03
	Noviembre	23.90	16.30	20.10	78.00	59.00	1.03
	Diciembre	25.40	17.60	21.50	77.00	57.00	1.94
<b>Promedio</b>		<b>24.99</b>	<b>17.37</b>	<b>21.19</b>	<b>77.92</b>	<b>55.42</b>	<b>2.35</b>

Fuente: SENAMHI PERU. Chiclayo, 2016.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4. Temperaturas registradas durante la conducción experimental. Chiclayo, 2016.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5. Precipitación, humedad relativa y horas de sol durante la conducción experimental. Chiclayo, 2016.**

El cultivo de crisantemo se desarrolla adecuadamente en zonas cálidas con bajas precipitaciones. Para la floración, necesita una temperatura media de 24°C y horas de luz que sobrepasen el 50% de horas del día, con la finalidad de utilizar en menor proporción iluminación artificial.

### 3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

En el presente trabajo se han utilizado dos variedades de crisantemo *Chrysanthemum morifolium simple marble* (aspecto margarita) en su variante *spider* en dos cultivares; ‘*White Spider*’ y ‘*Yellow Spider*’ y *Chrysanthemum morifolium variedad doble polaris* (aspecto pompón) en dos cultivares; ‘*White Polaris*’ y ‘*Yellow Polaris*’.

#### 3.2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CRISANTEMO SEGUN ARTHUR CRONQUIST

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Tribu: Anthemideae

Género: *Chrysanthemum*

Especie: *C. morifolium* RAMAT

#### 3.2.2. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y HORTICOLAS DEL CRISANTEMO

El crisantemo es una planta perenne sufruticosa, erguida, ramificada; de 80 a 110 cm de alto, las hojas pueden ser lobuladas o dentadas, ligulosas o rugosas, de color variable entre el verde claro y oscuro, generalmente bilobadas rara vez trilobadas.

Botánicamente la inflorescencia se considera inflorescencia tipo capítulo, que se caracteriza por la ampliación del vástago (en la parte superior del vástago) que forma el receptáculo hueco, plana o convexa, que incluye un conjunto de inflorescencias, rodeado por el número de brácteas, la periclíneo.

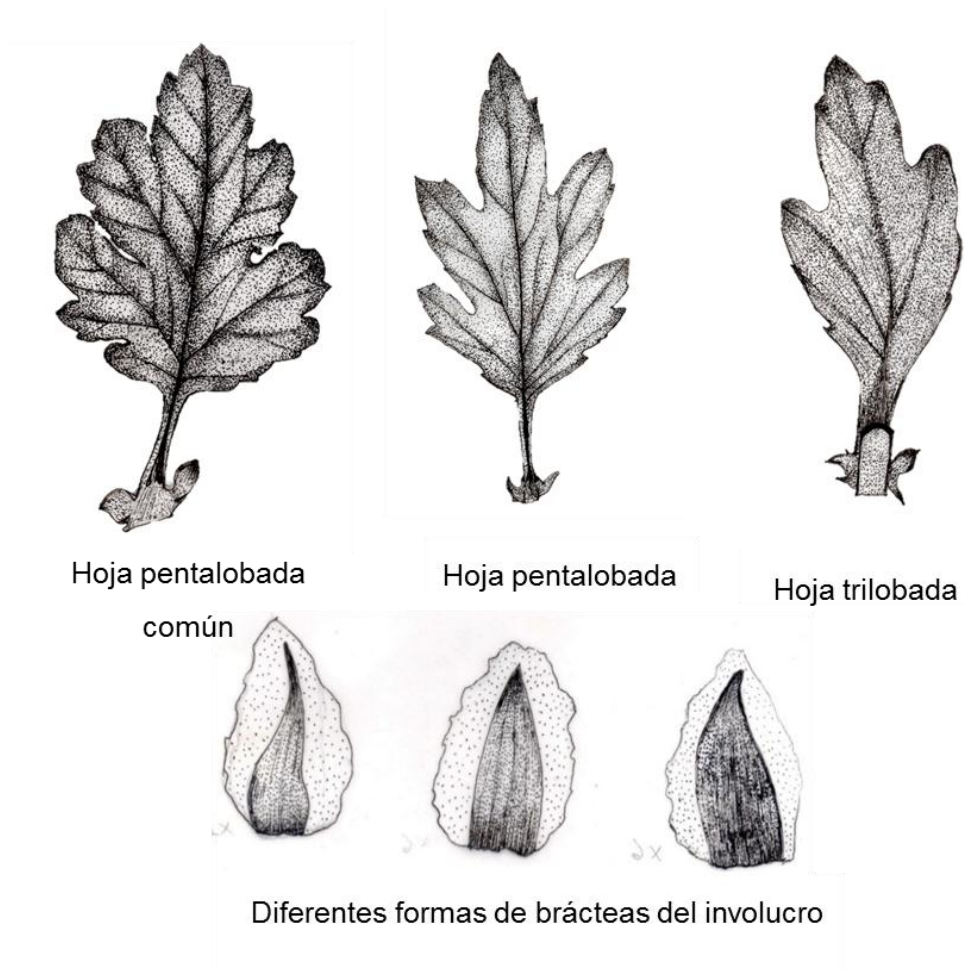
Existen diversos tipos de capítulo cultivados comercialmente, aunque, en general, esta inflorescencia está formada por dos tipos de inflorescencias: femeninas (radiales; se corresponden con la hilera exterior en las margaritas) y hermafroditas (concéntricas; se corresponden con las centrales).

Por ser una planta herbácea perenne, el crisantemo se cultiva comercialmente como anual. El sistema radicular es fascicular y las hojas se insertan por separado en diferentes niveles de la madre. El vástago del aire es planta herbácea, y puede tener una o más varillas.

Las inflorescencias se diferencian de acuerdo a las cultivares estudiados: En el cultivar araña -‘White Spider’ (araña blanca) y ‘Yellow Spider’ (araña amarilla), las cabezuelas tienen las inflorescencias femeninas estériles tubuladas blancas o amarillas con un ovario ínfero de 1.5 mm de largo por 1 cm de ancho de color blanquecino y la lígula tubulada de hasta 1cm de largo por 0.5 mm de ancho, cerrada en el ápice. Presenta un estilo corto y un estigma bífido de 6 mm de largo por 1 mm de diámetro de color amarillento y consistencia carnosa y el cultivar pompón - ‘White Polaris’ (pompón blanco) y ‘Yellow Polaris’ (pompón amarillo) - tiene todas sus inflorescencias hermafroditas estériles con la corola ligulada de color blanco y amarillo, lila, rojo y variegados en forma de una espátula con el ápice obtuso de hasta 4 cm de largo por 2 cm de ancho el estilo y el estigma similar a la variedad anterior (Figura 6) (Vásquez, L. 2016) (citado en ASPROMAD, 2016)

En Lambayeque se cultiva la variedad tipo margarita con dos tipo de inflorescencias en la cabezuela las marginales tiene la corola ligulada y espatuladas en forma de un pétalo y las inflorescencias centrales son hermafroditas tubuladas mayormente de color blanco y amarillo.





**Figura 6. Diferentes tipos de hojas en crisantemos**

Fuente: Leopoldo Vásquez (2016) (citado en ASPROMAD, 2016)



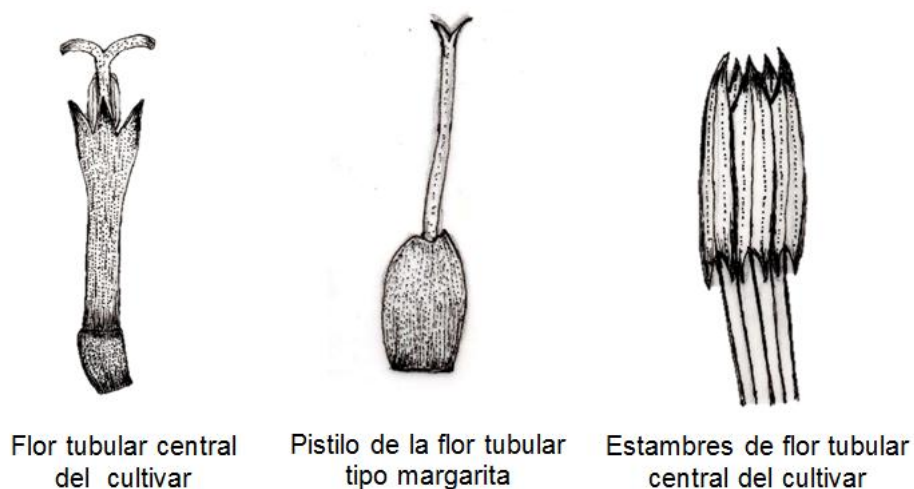
**Figura 7. Capítulos de los cultivares polaris, spider y marble**

Fuente: Leopoldo Vásquez (2016) (citado en ASPROMAD, 2016)



**Figura 8. Diferentes formas y tamaños de las inflorescencias liguladas y tubuladas en los capítulos de los cultivares polaris, spider y marble.**

Fuente: Leopoldo Vásquez (2016) (citado en ASPROMAD, 2016)



**Figura 9. Inflorescencia tubular, pistilo y estambres de la variedad marble.**

Fuente: Leopoldo Vásquez (2016) (citado en ASPROMAD, 2016)

De acuerdo a Salmerón (1975), el crisantemo es una planta poco exigente en suelo, sin embargo; si el terreno presenta mejores condiciones en cuanto a estructura y textura tendientes a francos y arenosos, mayores y de mejor calidad serán las inflorescencias a obtener.

Ya que el cultivo de crisantemo es a grandes densidades, se requiere preparar el suelo. Por ejemplo el pH ideal es el comprendido entre 6,7 y 7,2, factores que le permite adaptarse a las condiciones de Lambayeque,

El crisantemo es una planta precoz, que alcanza la floración comercial entre los 88 y 96 días después de la siembra.

### **3.2.3. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO**

#### **3.2.3.1. Temperatura**

La temperatura y sus variaciones se constituyen en un factor de importancia en el desarrollo adecuado de un cultivo de crisantemo. Las temperaturas ideales dependerán de cada variedad, sin embargo, el rango oscila entre los 18 y 25°C. Las temperaturas muy altas hacen palidecer el color de las inflorescencias y pueden retrasar la floración en la mayoría de las variedades, por el contrario, temperaturas frías pueden adelantar la floración, pero en exceso pueden provocar la aparición de tintes rosados en las inflorescencias blancas. Muchas fluctuaciones de temperatura ocasionan una falta de uniformidad en la floración.

#### **3.2.3.2. Iluminación**

El uso eficiente de la iluminación nocturna es vital para lograr reducir el número de horas oscuridad y así impedir el proceso de floración. El mecanismo por el cual la duración de

oscuridad afecta el momento de la floración no se conoce en detalle, pero los resultados de algunos experimentos hacen pensar que interviene algunas hormonas productoras de inflorescencias llamada florígeno (Ville, 1987) (citado en Cárdenas, 2001)

#### **3.2.3.3. Luz y fotoperiodo**

Diversos autores como Fides (1990) clasifican al crisantemo como una planta de días cortos, es decir, inician la floración cuando el fotoperiodo es inferior a 14.5 horas; a esto se le llama Fotoperiodo crítico inductivo (FCI) y cuando el fotoperiodo es mayor a 14.5 horas se mantiene el crecimiento vegetativo (Chica y Correa, 2005) (citado en Palacios y Cárdenas, 2007)

En el caso de las variedades cultivadas derivadas de la especie *Chrysanthemum morifolium* que es originaria del norte de Asia (16° latitud norte) donde los días son largos (14 a 16 horas), en donde la planta alcanza su tamaño normal (90 a 120 cm); en nuestro medio que los días normales son de 12 a 13 horas porque estamos ubicados en la zona tropical 6° latitud sur, la planta acelera su ciclo de vida y emite inflorescencias a una altura de 40 a 50 cm lo que disminuye su calidad comercial, por lo que es necesario aumentar las horas luz entre de 2 a 4 horas utilizando fuentes de iluminación artificial.

#### **3.2.3.4. Humedad relativa**

La humedad relativa deberá situarse entre 60 y 70% a fin de evitar la proliferación de enfermedades. Si es muy baja los tallos pueden quedar cortos, con riesgo de quemaduras y falta de uniformidad en la floración.

### **3.2.3.5. Suelo**

El crisantemo prefiere suelos francos con buena aireación y drenaje. No soporta suelos pesados ni encharcamiento. El pH deberá situarse entre 5,5 y 6,5 y la CE no deberá exceder los 2,0 dS/m, lo cual se logra mediante encalado para subir el pH y lavado para excluir sales en caso de que la C.E sea alta.

### **3.2.4. FENOLOGÍA**

El desarrollo y crecimiento de los crisantemos dependen del factor genético y de las condiciones ambientales del entorno en donde se cultiva. Acorde a lo descrito y observado, se determina que son plantas perennes y su primera floración natural se da a partir de los 5 meses, pero como se trata de una especie modificada por el cultivo existen cultivares precoces, intermedios y tardíos. Es por ello que referimos que el ciclo de vida de las los cultivares de crisantemo en estudio se divide en:

- Fase vegetativa: que se inicia con la plantación de esquejes (es la forma de siembra que se da en Perú, es por ello que no consideramos semilla ni germinación de la misma), continúa con el enraizamiento y crecimiento de tallo con la formación de nuevas hojas y ramas hasta la aparición de los botones florales.
- Fase floración: que empieza con la aparición de los botones que van originar los capítulos , estos botones siguen un proceso de crecimiento con la apertura inicial del capítulo con las primera inflorescencias marginales que empiezan a extenderse las que siguen creciendo y abriéndose hasta llenar completamente el capítulo , momento en que la planta está lista para la cosecha y que la duración depende del cultivar,

como es el caso del presente estudio en donde los cultivares araña y pompo alcanzaron su maduración entre 90 y 100 días.

No consideramos fase de reproducción, debido a que no se forman semillas por ser los cultivares estudiados, estériles. Dentro de estas dos fases de desarrollo establecidas, se han determinado 9 estadios de crecimiento para el crisantemo.

- **Estadio 0: Esquejes.**

Esqueje, es una porción de ramas o tallos de 5 a 10 cm de largo llevan hojas y yemas axilares que constituyen la semilla vegetativa.



**Figura 10. Esquejes de crisantemos**

Fuente: ASPROMAD, 2016



- **Estadio 1: Enraizamiento**

Las raíces que nacen en la parte basal del esqueje, son adventicias tipo fasciculado fibrosas, de color blanco, formando un haz de aproximadamente 20 raíces, cada una de 1 a 2 cm de largo por 1 a 2 mm de diámetro.



**Figura 11. Esquejes de crisantemos enraizados**

Fuente: ASPROMAD, 2016

- **Estadio 2: Crecimiento y desarrollo inicial de la planta.**

Enraizado el esqueje el tallo comienza a crecer originando nuevas hojas hasta una altura de 20 a 30 cm, con 15 a 20 nuevas hojas, hasta los 30 días después de la siembra.



**Figura 12. Desarrollo inicial del crisantemo**

Fuente: ASPROMAD, 2016

- Estadio 3: Formación de ramas.

Las yemas axilares de las hojas que se han formado en la fase anterior comienzan a crecer originando ramas laterales que crecen erguidas paralelas al tallo principal.



**Figura 13. Formación de ramas**

Fuente: ASPROMAD, 2016

- Estadio 4: Cabezuelas en botón (botoneo)

Entre los 65 y 75 días después de la siembra se originan los botones que van a formar las inflorescencias en capitulo o cabezuela.



**Figura 14. Botoneo del crisantemo**

Fuente: ASPROMAD, 2016



- Estadio 5: Inicio de apertura de las inflorescencias marginales en el capitulo

Después de los 5 a 10 días de originados los botones comienzan a abrirse las primeras inflorescencias del margen.



**Figura 15. Apertura de inflorescencias**

Fuente: ASPROMAD, 2016

- Estadio 6: Avance de la apertura floral en el capitulo

Sigue el mismo proceso del paso anterior con el avance de la apertura del capítulo en toda la planta.



**Figura 16. Apertura de inflorescencias en toda la planta**

Fuente: ASPROMAD, 2016

- Estadio 7: Capitulo con las primeras inflorescencias extendidas

A los 15 o 20 días del inicio del botoneo se extienden las primeras inflorescencias marginales desarrollándose completamente en forma tubular o espatulada

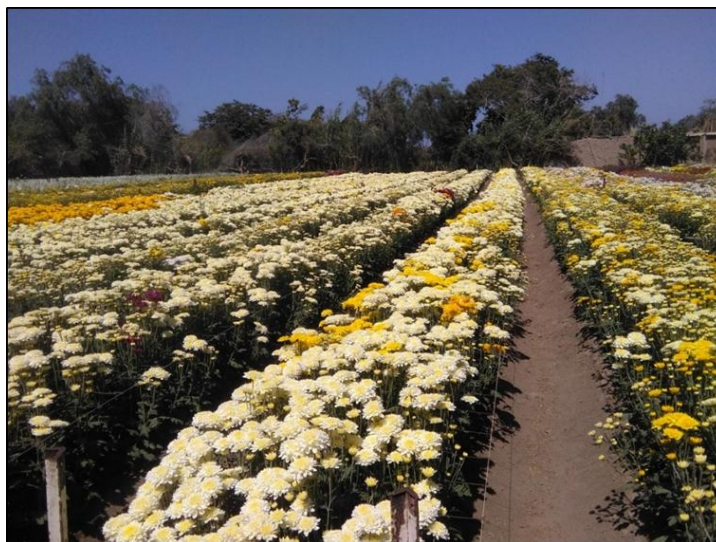


**Figura 17. Inflorescencias de crisantemo**

Fuente: ASPROMAD, 2016



- Estadio 8: Capítulos totalmente desarrollados con las inflorescencias extendidas.

Extendidas completamente las primeras inflorescencias marginales se siguen abriendo progresivamente en el resto de la planta el total de inflorescencias hasta alcanzar el máximo desarrollo del capítulo.





**Figura 18. Total de inflorescencias de crisantemo extendidas**

Fuente: ASPROMAD, 2016

Fenología del Crisantemo 'White Polaris' (pompón blanco)								
FASE VEGETATIVA				FASE DE FLORACION				
								
Estadios de crecimiento								
0	1	2	3	4	5	6	7	8
Esquejes	Enraizamiento	Crecimiento y desarrollo inicial de la planta	Formación de ramas	Cabezuelas en botón	Inicio de apertura de las inflorescencias marginales en capítulo	Avance de apertura floral en capítulo	Capítulo con las primeras inflorescencias extendidas	Capítulos totalmente desarrollados con las inflorescencias extendidas
Días								
0	20	35	44	72	80	85	90	96



**Tabla 4. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'White Polaris'.**

Fuente: ASPROMAD, 2016

Fenología del Crisantemo 'Yellow Polaris' (pompón amarillo)								
FASE VEGETATIVA				FASE DE FLORACION				
								
Estadios de crecimiento								
0	1	2	3	4	5	6	7	8
Esquejes	Enraizamiento	Crecimiento y desarrollo inicial de la planta	Formación de ramas	Cabezuelas en botón	Inicio de apertura de las inflorescencias marginales en capítulo	Avance de apertura floral en capítulo	Capítulo con las primeras inflorescencias extendidas	Capítulos totalmente desarrollados con las inflorescencias extendidas
Días								
0	20	34	43	71	77	83	89	94

**Tabla 5. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'Yellow Polaris'.**



Fuente: ASPROMAD, 2016

Fenología del Crisantemo 'White Spider' (araña blanca)								
FASE VEGETATIVA				FASE DE FLORACION				
								
Estadios de crecimiento								
0	1	2	3	4	5	6	7	8
Esquejes	Enraizamiento	Crecimiento y desarrollo inicial de la planta	Formación de ramas	Cabezuelas en botón	Inicio de apertura de las inflorescencias marginales en capitulo	Avance de apertura floral en capitulo	Capitulo con las primeras inflorescencias extendidas	Capítulos totalmente desarrollados con las inflorescencias extendidas
Días								
0	20	34	42	66	73	78	83	90

**Tabla 6. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'White Spider'.**

Fuente: ASPROMAD, 2016



Fenología del Crisantemo 'Yellow Spider' (Araña amarilla)								
FASE VEGETATIVA				FASE DE FLORACION				
								
Estadios de crecimiento								
0	1	2	3	4	5	6	7	8
Esquejes	Enraizamiento	Crecimiento y desarrollo inicial de la planta	Formación de ramas	Cabezuelas en botón	Inicio de apertura de las inflorescencias marginales en capitulo	Avance de apertura floral en capitulo	Capitulo con las primeras inflorescencias extendidas	Capítulos totalmente desarrollados con las inflorescencias extendidas
Días								
0	20	34	42	63	72	77	83	88

**Tabla 7. Flujo de los estados fenológicos del crisantemo cultivar 'Yellow Spider'.**

Fuente: ASPROMAD, 2016

### 3.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3.3.1. Tratamientos en estudio

Con las combinaciones de los niveles de los factores en estudio se formaron 40 tratamientos (3 tipos de lámpara x 3 intensidades de luz por 4 cultivares =36) + 4 testigos absolutos (1 por cada cultivar).

**Tabla 8. Tratamientos investigados en el experimento**

N	Cultivar	Tecnología de iluminación	Potencia	Intensidad
1	Pompón blanco	Incandescente	100 W	1200 lm
2	Pompón amarillo	Incandescente	100 W	1200 lm
3	Araña blanco	Incandescente	100 W	1200 lm
4	Araña amarillo	Incandescente	100 W	1200 lm
5	Pompón blanco	Fluorescente	20 W	1200 lm
6	Pompón amarillo	Fluorescente	20 W	1200 lm
7	Araña blanco	Fluorescente	20 W	1200 lm
8	Araña amarillo	Fluorescente	20 W	1200 lm
9	Pompón blanco	LED	12 W	1200 lm
10	Pompón amarillo	LED	12 W	1200 lm
11	Araña blanco	LED	12 W	1200 lm
12	Araña amarillo	LED	12 W	1200 lm
13	Pompón blanco	Incandescente	70 W	800 lm
14	Pompón amarillo	Incandescente	70 W	800 lm
15	Araña blanco	Incandescente	70 W	800 lm
16	Araña amarillo	Incandescente	70 W	800 lm
17	Pompón blanco	Fluorescente	15 W	800 lm
18	Pompón amarillo	Fluorescente	15 W	800 lm
19	Araña blanco	Fluorescente	15 W	800 lm
20	Araña amarillo	Fluorescente	15 W	800 lm
21	Pompón blanco	LED	9 W	800 lm
22	Pompón amarillo	LED	9 W	800 lm
23	Araña blanco	LED	9 W	800 lm
24	Araña amarillo	LED	9 W	800 lm
25	Pompón blanco	Incandescente	50 W	600 lm
26	Pompón amarillo	Incandescente	50 W	600 lm
27	Araña blanco	Incandescente	50 W	600 lm
28	Araña amarillo	Incandescente	50 W	600 lm
29	Pompón blanco	Fluorescente	11 W	600 lm
30	Pompón amarillo	Fluorescente	11 W	600 lm
31	Araña blanco	Fluorescente	11 W	600 lm
32	Araña amarillo	Fluorescente	11 W	600 lm
33	Pompón blanco	LED	6.5 W	600 lm
34	Pompón amarillo	LED	6.5 W	600 lm
35	Araña blanco	LED	6.5 W	600 lm
36	Araña amarillo	LED	6.5 W	600 lm
37	Pompón blanco	SIN LUZ		
38	Pompón amarillo	SIN LUZ		
39	Araña blanco	SIN LUZ		
40	Araña amarillo	SIN LUZ		



### **3.3.2. Diseño Experimental**

Se aplicó el diseño experimental Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial y 6 repeticiones, siendo los factores el cultivar, tipos de lámpara e intensidad de luz a los que estuvieron sometidas las muestras, siendo un total de 240 unidades experimentales.

### **3.3.3. Características del área experimental**

La unidad experimental estuvo constituida por una bolsa, cada bolsa contenía una planta de crisantemo, estas estaban agrupadas en 4 filas (una fila por cultivar), por columnas 6 repeticiones por cultivar haciendo un total 24, todo este conjunto estaba alumbrado por una lámpara con una intensidad lumínica elegida, para cada tipo de fuente, haciendo un total de 36 tratamientos, además un testigo con las mismas características pero sin iluminación, haciendo un total de 40 tratamientos (ver Tabla 3), que hacían un total de 240 unidades experimentales.

**Tabla 9. Diseño experimental**

INCANDESCENTE 1200 lm							
PB	<b>T1</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T2</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T3</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T4</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

FLUORESCENTE 1200 lm							
PB	<b>T5</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T6</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T7</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T8</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

LED 1200 lm							
PB	<b>T9</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T10</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T11</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T12</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

INCANDESCENTE 800 lm							
PB	<b>T13</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T14</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T15</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T16</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

FLUORESCENTE 800 lm							
PB	<b>T17</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T18</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T19</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T20</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

LED 800 lm							
PB	<b>T21</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T22</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T23</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T24</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

INCANDESCENTE 600 lm							
PB	<b>T25</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T26</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T27</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T28</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

FLUORESCENTE 600 lm							
PB	<b>T29</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T30</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T31</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T32</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

LED 600 lm							
PB	<b>T33</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T34</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T35</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T36</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

TESSTIGO							
PB	<b>T37</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
PA	<b>T38</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AB	<b>T39</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6
AA	<b>T40</b>	R1	R2	R3	R4	R5	R6

### **3.4. EJECUCIÓN EXPERIMENTAL**

#### **3.4.1. Preparación del sustrato**

Para la preparación del sustrato se utilizó tierra agrícola y humus en proporciones de 2:1, el que se esterilizó con 5 litros de solución de formol al 8%.

Se utilizó bolsas de una longitud de 22.5 centímetros de largo, 19.5 cm de ancho con una capacidad de 2.4 kg, las cuales fueron llenadas previamente para el sembrado de los esquejes enraizados. Al mismo tiempo, se fertilizó con N,P,K ; 5 gramos por maceta.



**Figura 19. Preparación del sustrato**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.2. Trasplante**

Esta actividad se realizó con esquejes enraizados los cuales fueron obtenidos de la ciudad de Huacho, tenían una altura de 20 cm aproximadamente, utilizando un esqueje enraizado por bolsa, de la misma manera en los diferentes tratamientos, considerándose a cada una, unidades experimentales. Las bolsas fueron colocadas a nivel del piso, distribuidas por tipo de cultivar e intensidad lumínica, con sus respectivas repeticiones.



**Figura 20. Trasplante de los esquejes**

Fuente: Registro fotográfico propio

### **3.4.3. Tutorado**

Es imperativo el uso de malla tutora en el cultivo de crisantemo pues esta es necesaria desde el inicio del cultivo hasta la cosecha o corte, y sirve para sostener a la planta evitando que pueda doblarse por el peso de la masa foliar o agentes físicos, y continúe con su normal desarrollo; esta se debe ir elevando frecuentemente a medida que las plantas van desarrollando longitudinalmente.



**Figura 21. Instalación del tutorado**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.4. Iluminación artificial**

El sistema de iluminación artificial se compuso de tres tecnologías incandescente, fluorescente y LED, cada uno con tres intensidades lumínicas. Para lograr homogeneidad en el inicio de la hora de iluminación en los cultivos, se automatizó el sistema mediante el uso de un TIMER, programándolo para brindar dos horas de luz artificial complementaria desde 11:00 pm a 1:00 am; dicho sistema se puso en funcionamiento el primer día de siembra hasta los 45 días, esta es para que las plantas alcancen mayor altura por ser nativa de una zona geográfica de días largo de 14 a 16 horas.



**Figura 22. Tecnología de iluminación**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.5. Riegos**

Las necesidades de agua del cultivo de crisantemo, son probablemente las más altas de cualquier otra inflorescencia cortada. La alta cantidad de área foliar da como resultado una alta transpiración en las plantas. Esta pérdida debe ser inmediatamente reemplazada o de lo contrario habrá una deshidratación. (Palacios, 2006). Durante la realización del estudio los riegos fueron interdiarios desde la instalación hasta la cosecha, realizándose a las 6 pm con el

fin de evitar un shock térmico a las plantas, ésta fue de manera manual con el uso de regadera de mano de chorro fino, recibiendo cada planta entre 150 – 200 ml de agua por bolsa.



**Figura 23. Riego**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.6. Fertilización**

Se aplicó al costado de la planta se aplicó N P K (20,20, 20 YARA AMIDAS) MAS PIVOT se realizó a los 25 días de instalado el cultivo a razón de 3 gramos por planta

Fertilización Foliar: se realizó a los 35, 50 y 65 días aplicándose VITALAN (NPK Y MICROELEMENTOS) a razón de 2ml por litro de agua.



**Figura 24. Fertilización**

Fuente: Registro fotográfico propio

### 3.4.7. Aplicación de reguladores de crecimiento

Se realizó la aplicación de producto Rapifol Gold SL (Giberelina y Citoquinina) a razón de 1 ml por litro de agua, a los 20 y 35 días después de la siembra.

### 3.4.8. Control Fitosanitario

Los problemas causados por plagas fueron principalmente los pulgones "*Macrosiphum sp.*" el cual fue controlado con aplicaciones de insecticida dimetoato (Ciclon) a razón de 2 ml por litro de agua y gusano minador (*Liriomyza huidobrensis*) se aplicó una cyromazina (Saeta) a razón de 2 gr por litro de agua. Fueron los problemas fitosanitarios principales.



**Figura 25. Aplicación del control Fitosanitario**

Fuente: Registro fotográfico propio

### 3.4.9. Despunte

Una vez que el esqueje está establecido, a los 15 días después del trasplante se realizó un despunte el cual consistió en eliminar la yema terminal con la finalidad de estimular el desarrollo de brotes laterales.





**Figura 26. Despunte**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.10. Formación de brotes laterales**

Las ramas comenzaron a desarrollarse después de realizado el despunte, cuando la planta tiene una altura aproximada de 15 a 20 centímetros.



**Figura 27. Brotes laterales**

Fuente: Registro fotográfico propio



#### **3.4.11. Poda**

A los 45 días después de la siembra la planta formo brotes laterales los que se podaron dejando solo los brotes vigorosos y más grandes, quedando entre 3 a 5 brotes por planta y el resto son eliminados, ya que si hay un exceso de brotes esto ocasiona una disminución en la calidad de la cabezuela floral.



**Figura 28. Poda**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.12. Botoneo**

Entre los 65 a 75 días aparecieron los primeros botones florales que son las inflorescencias tipo cabezuela o capítulo en formación.

#### **3.4.13. Desbotonado**

Consiste en eliminar manualmente los botones de menor tamaño y calidad para eliminarlos manualmente y se dejan solo 3 a 5 botones los de mejor formación.



**Figura 29. Desbotonado**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.14. Apertura de cabezuelas**

Una vez seleccionados los botones se dejan desarrollar hasta su apertura total de las inflorescencias, la cual se da entre unos 20 a 30 días después del desbotonado.



**Figura 30. Apertura de cabezuelas**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.15. Floración total**

Es el momento en que la planta presenta de 3 a 5 cabezuelas totalmente formadas como inflorescencia comercial.



**Figura 31. Floración total de los crisantemos**

Fuente: Registro fotográfico propio

#### **3.4.16. Corte (cosecha)**

La cosecha se realizó una vez que hayan abierto la mayoría de los botones florales, cortando las plantas con un tamaño entre 65-100 cm este depende del cultivar.



**Figura 32. Cosecha de las varas florales**

Fuente: Registro fotográfico propio

### **3.5. EVALUACIONES**

#### **3.5.1. Longitud de vara floral**

Esta evaluación se realizó a los 90 días. Para su determinación se utilizó una regla graduada en centímetros (cm); las medidas se tomaron desde la base del tallo hasta el capítulo floral más alto de planta.

#### **3.5.2. Diámetro basal de vara floral**

Esta evaluación se realizó a los 90 días. Para su determinación se utilizó un pie de rey en milímetros (mm); se midió el diámetro a 5 cm del nivel de cuello.

#### **3.5.3. Diámetro de capítulo floral (inflorescencia)**

Esta evaluación se realizó a los 90 días. Se consideró el capítulo floral más abierto, para su determinación se utilizó un pie de rey. Se habla de “capítulo floral” y no de “flor” porque es en realidad una inflorescencia.

### 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos de las características evaluadas se realizó el Análisis de Variancia, así como también se aplicó la prueba discriminadora de Tukey al 5 % de probabilidad para la comparación de medias y análisis de regresión y correlación, para establecer los efectos de las variables estudiadas.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS.

### 3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 3.7.1. Cálculo del consumo eléctrico

Se estableció el área de trabajo iluminada con lámparas de tipo Incandescente de 100,70 y 50 watts, Fluorescente 20, 15 y 11 watts y LED de 12, 9 y 6.5 watts.

El cálculo del consumo de energía se hizo con la siguiente fórmula: (Empresa Luz y Fuerza Santa María, 2008):

**Consumo (kWh)= (Potencia (W) x Tiempo (h) de uso diario x N° de días)/1000**

La rentabilidad de la inversión depende fundamentalmente de reducir los gastos en el consumo de las lámparas brindando el flujo de luz necesario para el desarrollo de las plantas, además de minimizar mantenimiento derivados de la sustitución de lámparas y equipos.

**Tabla 10. Consumo eléctrico por tecnología de iluminación**

TECNOLOGIA DE ILUMINACION	Watts	Lúmenes	Consumo KW/H	Consumo Diario (2 Horas)	Consumo Mensual	Consumo Total (45 días)
Incandescente	100	1200	0.1	0.2	6	9
	70	800	0.07	0.14	4.2	6.3
	50	600	0.05	0.1	3	4.5
Fluorescente	20	1200	0.02	0.04	1.2	1.8
	15	800	0.015	0.03	0.9	1.35
	11	600	0.011	0.022	0.66	0.99
LED	12	1200	0.012	0.024	0.72	1.08
	9	800	0.009	0.018	0.54	0.81
	6.5	600	0.0065	0.013	0.39	0.585

Fuente: Elaboración propia

El uso de iluminación suplementaria incrementa el gasto de producción del agricultor, pero es gracias a esta técnica que se puede lograr la calidad y tamaño deseado. Sin embargo este puede variar dependiendo de la cantidad de tiempo de iluminación complementaria y principalmente del tipo de lámpara y el consumo por hora de estas. Este se realizará durante los primeros 45 días del cultivo. De tal manera que el gasto será mayor o menor de acuerdo a la potencia de las lámparas instaladas, para ello se compararon lámparas de diferentes fuentes luminosas (Incandescente, Fluorescente – FCL y LED) con diferentes potencias (watts), pero de luminancias parecidas (Lúmenes), ya que al final es este factor el que va a influir en el desarrollo de la planta.

Tradicionalmente en la floricultura lambayecana para la iluminación artificial complementaria se utilizaban lámparas incandescentes de 1200 lm, los cuales producían alrededor de 1200 lúmenes, haciendo una eficiencia de 12 lúmenes por watt, pero con el desarrollo de nuevas tecnologías como los lámparas ahorradores y la tecnología LED, se observó que se podría lograr esta luminosidad con lámparas de 20 watts y 12 watts respectivamente, siendo esta mucho más eficientes, de manera que al comparar el consumo mensual es significativa la diferencia, tal y como se observa en la tabla N°5, que un lámpara incandescente de 100 W consume 5 veces la energía de una lámpara fluorescente, y hasta 8,3 veces la energía consumida por una lámpara LED.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

##### **4.1. EFECTO DE LAS TECNOLOGIAS DE ILUMINACION E INTENSIDAD DE LUZ SOBRE LA LONGITUD DE VARA FLORAL DE CRISANTEMO.**

Los resultados obtenidos para la longitud de vara floral indican que si existe un efecto en el empleo de iluminación artificial adicional en relación al testigo que no utiliza luz complementaria. Todos los tratamientos que recibieron iluminación adicional estuvieron por encima de los testigos en los cuatro cultivares evaluados, a excepción del tratamiento del sistema fluorescente de 600 lm del cultivar 'white spider' (Araña blanco), en donde el testigo superó al tratamiento, por ende los resultados no fueron los esperados, manifestando una disminución con respecto a la progresión prevista; esto debido a factores externos como la poca cantidad de raíces formadas del esqueje al momento de siembra y exceso de riego que endureció el suelo, perjudicando el normal crecimiento de la planta. Estos impases en investigaciones de este tipo son señaladas por Cárdenas (2001) quien en su investigación de evaluación de períodos de iluminación en cultivares de crisantemo, menciona que debido a fallas en el control del suelo y riego del cultivo, se obtuvieron longitudes menores a las esperadas.

En la Tabla 11 se presentan las longitudes de vara floral finales promedio obtenidas a los 90 días en los 40 tratamientos, en donde el cultivar 'white polaris' (pompo blanco) alcanzó las mayores longitudes en relación a los otros cultivares, alcanzando las mayores alturas en los tratamientos de mayor intensidad (1200 lm) en todas las tecnologías de iluminación con 86,13 cm en el sistema incandescente; 85,08 en el sistema LED y 82,05 cm

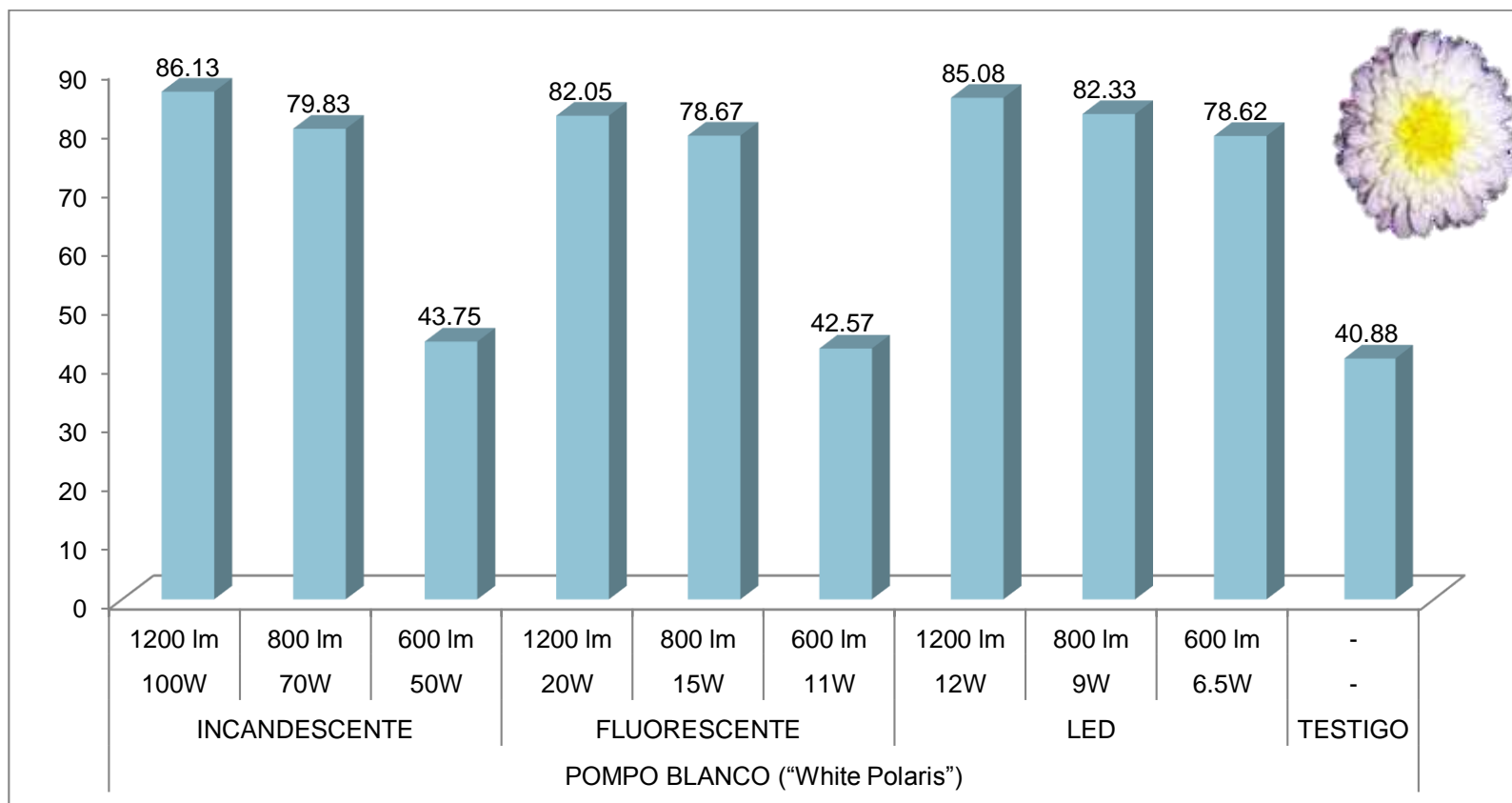
en el fluorescente respectivamente. La mayoría de los tratamientos que han recibido iluminación LED alcanzaron las mayores longitudes de vara floral en los cultivares evaluados, solamente ha sido superado en el tratamiento de luz incandescente de 1200 lm para el cultivar 'White Polaris' en 1,05 cm; es probable se deba a factores de manejo. Lo cual valida la efectividad de esta tecnología de iluminación. Los tratamientos que han recibido la intensidad de iluminación de 600 lm bajo las tecnologías incandescentes y fluorescentes para los cuatro cultivares de crisantemo evaluados, no han superado el estándar de longitud de vara floral del mercado, que es de 70 cm, esto probablemente debido a la poca eficiencia luminosa que tienen estas tecnologías de iluminación en esa intensidad.



**Tabla 11. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo. Chiclayo, 2016.**

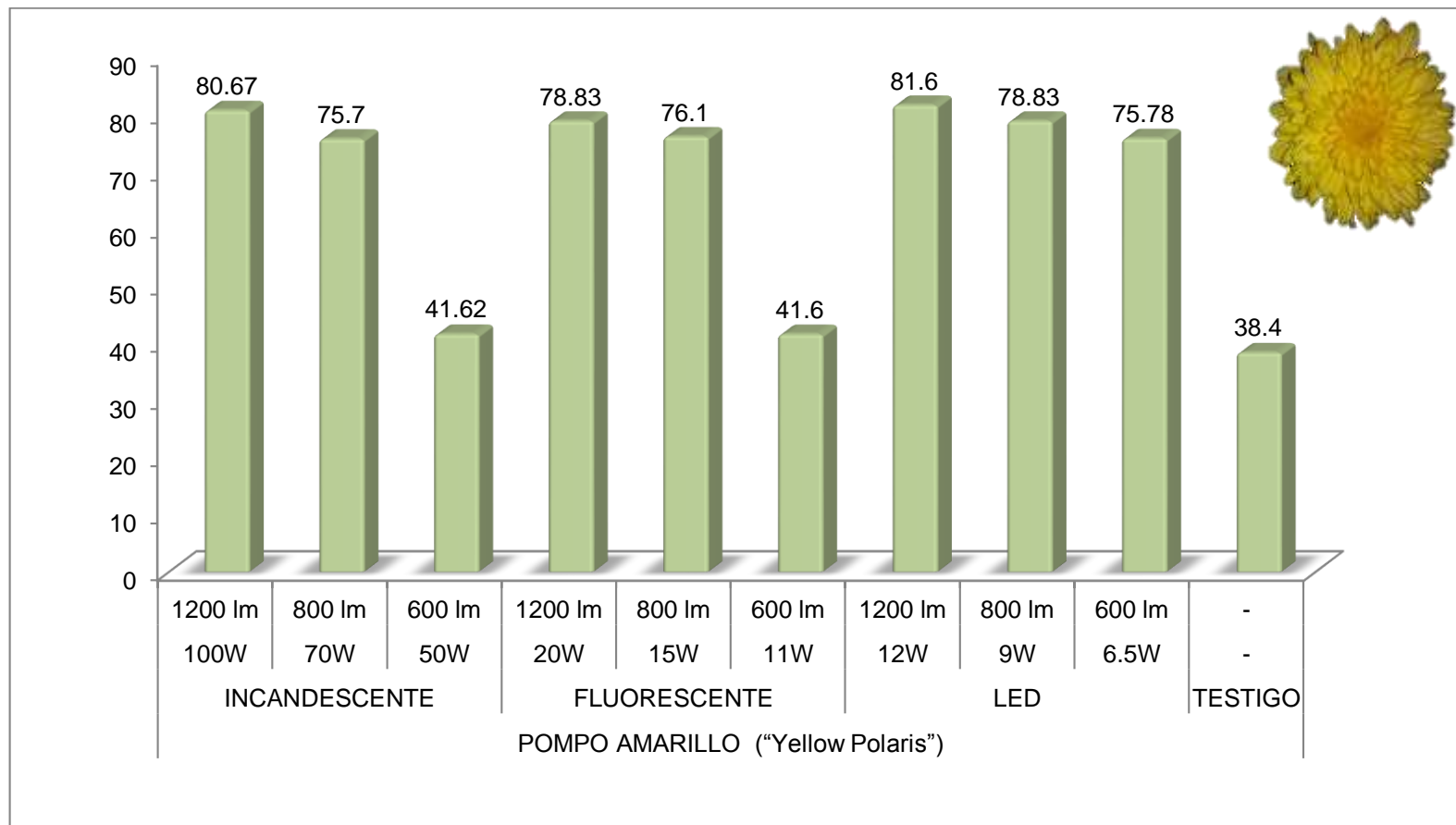
TRATAMIENTO	CULTIVAR	TECNOLOGIA DE ILUMINACION	POTENCIA	INTENSIDAD	LONGITUD DE VARA.
					Cm
					90 días
					Media
T1	POMPO BLANCO ('White Polaris')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	86.13
T2			70 W	800 lm	79.83
T3			50 W	600 lm	43.75
T4		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	82.05
T5			15W	800 lm	78.67
T6			11W	620 lm	42.57
T7		LED	12W	1200 lm	85.08
T8			9W	800 lm	82.33
T9			6.5W	600 lm	78.62
T10		TESTIGO	-	-	40.88
T11	POMPO AMARILLO ('Yellow Polaris')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	80.67
T12			70 W	800 lm	75.7
T13			50 W	600 lm	41.62
T14		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	78.83
T15			15W	800 lm	76.1
T16			11W	600 lm	41.6
T17		LED	12W	1200 lm	81.6
T18			9W	800 lm	78.83
T19			6.5W	600 lm	75.78
T20		TESTIGO	-	-	38.4
T21	ARAÑA BLANCO ('White Spider')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	75.4
T22			70 W	800 lm	70.17
T23			50 W	600 lm	42.3
T24		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	75.5
T25			15W	800 lm	72.22
T26			11W	600 lm	37.87
T27		LED	12W	1200 lm	78.58
T28			9W	800 lm	75.73
T29			6.5W	600 lm	73.13
T30		TESTIGO	-	-	38.32
T31	ARAÑA AMARILLO ('Yellow Spider')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	74.65
T32			70 W	800 lm	68.83
T33			50 W	600 lm	38
T34		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	73.17
T35			15W	800 lm	69
T36			11W	600 lm	37.93
T37		LED	12W	1200 lm	75.33
T38			9W	800 lm	75.3
T39			6.5W	600 lm	71.75
T40		TESTIGO	-	-	35.9

Fuente: Elaboración propia



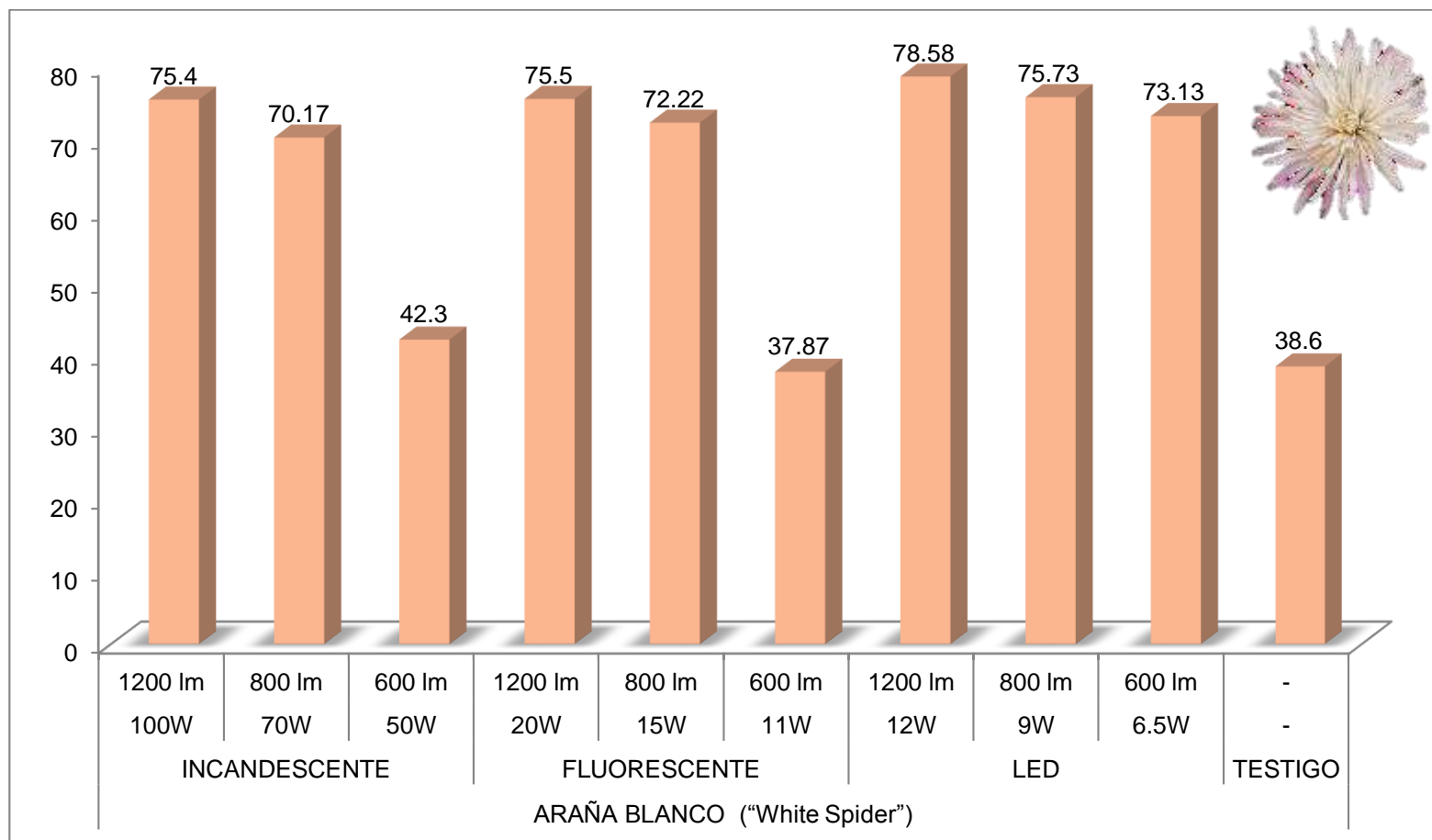
**Figura 33. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo 'White Polaris' (pompo blanco). Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia



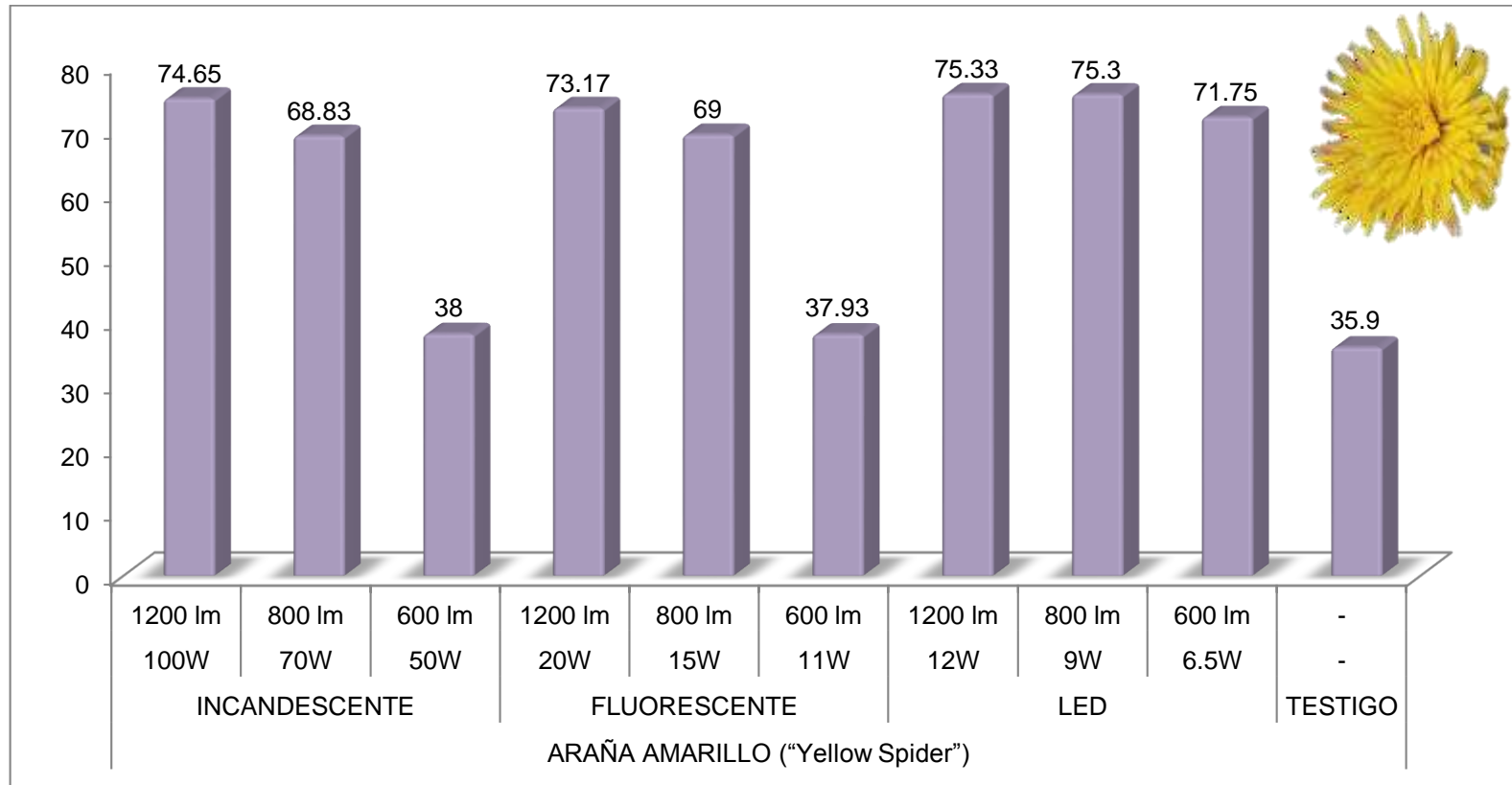
**Figura 34. Efecto de las tecnologías de iluminación intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo 'Yellow Polaris' (pompo amarillo). Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia



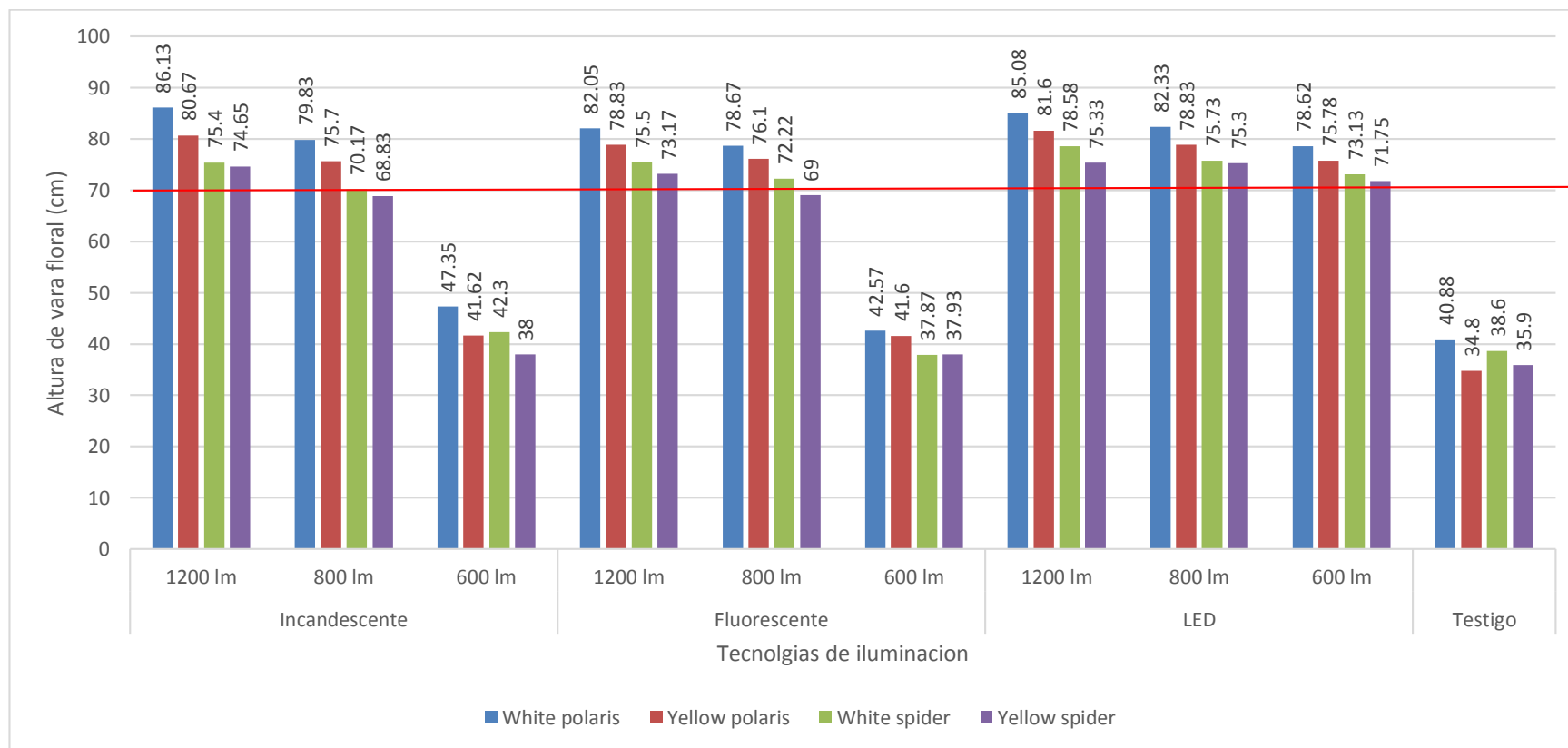
**Figura 35. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara de crisantemo 'White Spider' (araña blanco). Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 36. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara floral de crisantemo 'Yellow Spider' (araña amarillo). Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 37. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre la longitud de vara floral de los cuatro cultivares de crisantemo. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de variancia para la longitud de vara floral determinan que de forma independiente los factores cultivar, tecnología de iluminación e intensidades de luz son significativos ( $p < 0.05$ ), confirmando que existe un efecto de estos sobre el crecimiento de la vara floral.

Al analizar las interacciones, encontramos que la interacción de los factores tecnología de iluminación e intensidad de luz es significativa en todos sus niveles, incidiendo en la longitud de vara floral, en las demás interacciones, los resultados no son significativos.

**Tabla 12. Análisis de variancia para longitud de vara floral. Chiclayo, 2016**

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F	Sig.
Cultivar	1762.056	3	587.352	22.654	*
Tecnología de iluminación	8653.124	2	4326.562	166.877	*
Intensidad de luz	30478.588	2	15239.294	587.786	*
Cultivar * Tecnología de iluminación	22.865	6	3.811	0.147	NS
Cultivar * Intensidad de luz	130.097	6	21.683	0.836	NS
Tecnología de iluminación * Intensidad de luz	10377.719	4	2594.430	100.068	*
Cultivar * Tecnología de iluminación * Intensidad de luz	111.778	12	9.315	0.359	NS
Error	5185.320	180	25.927		
Total	1113208.960	216			
Total corregido	77146.237	215			

\*,p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia

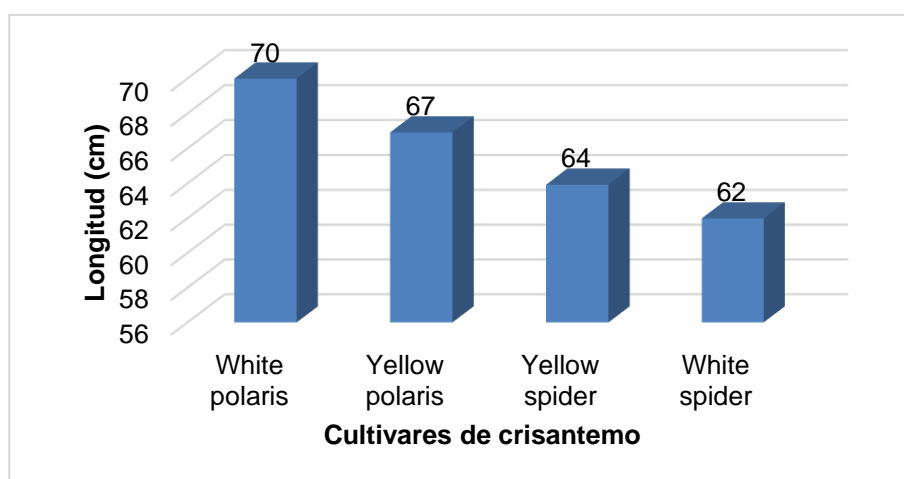
Al realizar la prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos según el cultivar, se demostró que el mejor cultivar es el 'white polaris' (pompo blanco) que llega a los 69,99 cm y presenta diferencias significativas con los demás cultivares; los cultivares 'white spider' (61,99 cm) y 'yellow spider' (63,92 cm) son estadísticamente iguales, sin embargo no llegan a alcanzar la longitud comercial de 70 cm, al igual que el cultivar 'yellow polaris' (66,91 cm), esto se debe a que en el análisis de datos se están tomando los testigos que no recibieron iluminación.

**Tabla 13. Efecto del cultivar sobre la longitud de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

CULTIVAR	N	Longitud		
		1	2	3
White polaris	60	69.99 a		
Yellow polaris	60		66.91 b	
White spider	60			61.99 c
Yellow spider	60			63.92 c
Sig.		*	*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ \*, p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 38. Longitud de vara floral según el cultivar. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia



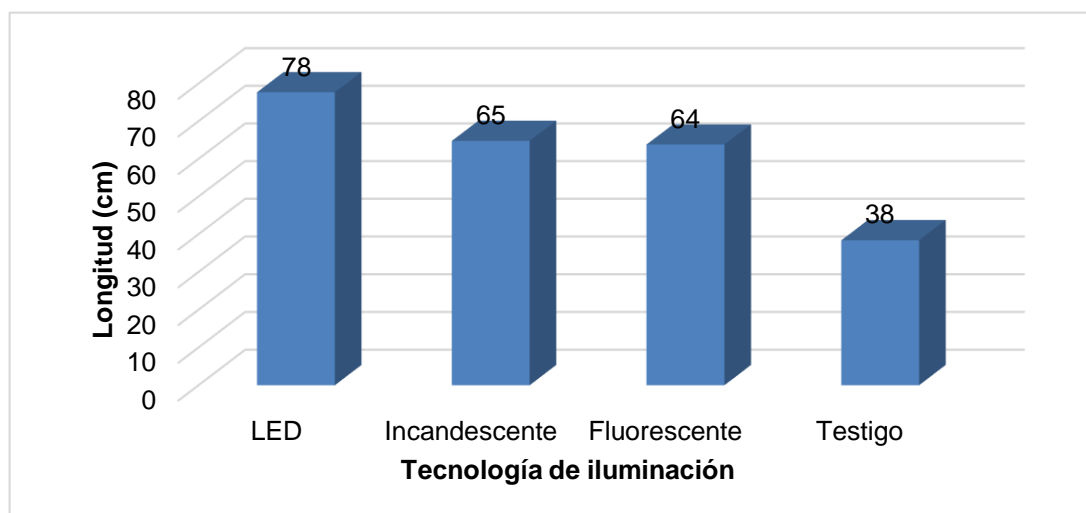
La prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos según la tecnología de iluminación determina que la tecnología de iluminación LED es la mejor, obteniéndose una longitud de vara floral de 77,674 cm, superior a las tecnologías fluorescente (63,792 cm) e incandescente (64,754 cm) que son estadísticamente iguales y al testigo (38,375 cm), esto se debe a que la tecnología de iluminación LED produce una mayor cantidad de iluminación en relación al calor (85% de iluminación y 20% de calor) comparado con las demás tecnologías de iluminación.

**Tabla 14. Efecto de las tecnologías de iluminación sobre la longitud de vara floral de crisantemo. (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

Tecnología de iluminación	N	Longitud		
		1	2	3
LED	72	77.674 a		
Fluorescente	72	63.792 b		
Incandescente	72	64.754 b		
Testigo	24	38.375 c		
Sig.		*	*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ , p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 39. Longitud de vara floral según tecnología de iluminación. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

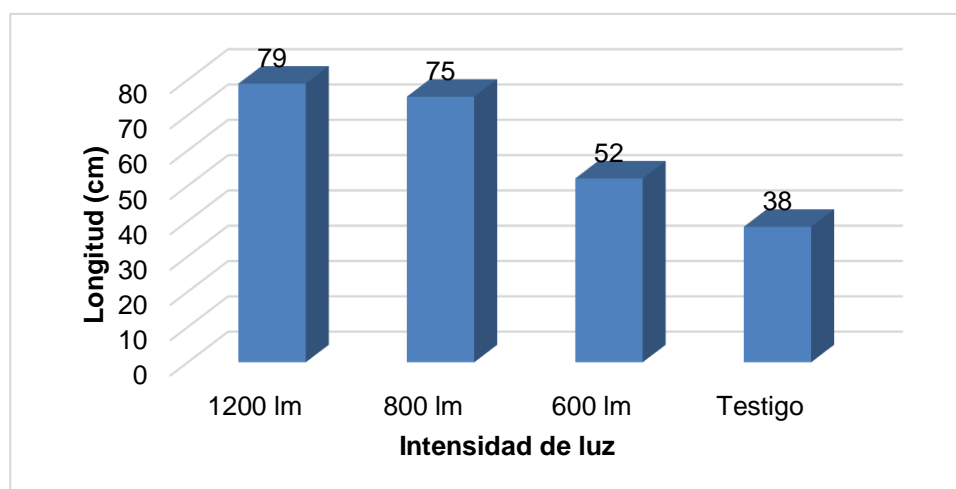
La prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos según la intensidad de luz establece que las mejores intensidades para el crecimiento longitudinal de la vara floral en los cultivares de crisantemos estudiados son las de 1200 lm (78,917 cm) y 800 lm (75,226 cm), que son diferentes estadísticamente, pero superan el estándar comercial de longitud (70 cm). La intensidad de 600 lm (52,076) y el testigo (38,375) también son diferentes estadísticamente, pero sus longitudes están por debajo del estándar comercial.

**Tabla 15. Efecto de la Intensidad de luz sobre la longitud de vara floral de crisantemo. (Tukey 5 %).Chiclayo, 2016.**

Intensidad de luz	N	Longitud			
		1	2	3	4
1200 lm	72	78.917 a			
800 lm	72	75.226 b			
600 lm	72	52.076 c			
TESTIGO	24	38.375 d			
Sig.		*	*	*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ ; p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 40. Longitud de vara floral según la intensidad de luz. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

Los análisis de subconjuntos homogéneos, confirman la necesidad del uso de iluminación artificial en los cultivares de crisantemo estudiados para llegar a obtener varas florales con la longitud comercial que requiere el mercado.

Bákula (s/f) citado por Donoyan (1987) manifiesta que la inducción de iluminación artificial para la obtención de días largos al crisantemo causa un mayor crecimiento vegetativo y por ende una mayor altura de plantas y Palacios (2006) que señala que la iluminación artificial es necesaria para producir crecimiento vegetativo en los crisantemos, el cual debe iniciar a la siembra de los esquejes hasta los 45 días, con la finalidad de inducir a la floración con plantas que tengan varas florales de al menos 0.70m.

Fides citado por Toro y Londoño (2005) indica que el crisantemo es una planta de día corto, que inicia la floración cuando el fotoperiodo es inferior a 14.5 horas; que es su fotoperiodo crítico inductivo. Esto significa que para mantener su condición vegetativa requiere un fotoperiodo igual o mayor a 14,5 horas, es por ello que los testigos muestran menores tamaños de vara floral al tener en promedio en el ámbito de esta investigación 12.5 horas de luz. Es por ello que para tener en nuestras condiciones el efecto de día largo para conservar la condición vegetativa de la planta, es necesario prolongar artificialmente la luz del día 2 horas.

Vince-Prue y Cockshull, citado por Palacios, J y Cárdenas P. (2007), señalan que el crisantemo es una especie con alta respuesta al fotoperiodo, lo cual permite prolongar su estado vegetativo, es por ello la adición de iluminación artificial para la obtención de días largos, con la finalidad de obtener flores con tallos de mayor tamaño.

Palacios, J y Cárdenas P. (2007), establecieron que la longitud de tallo se ve afectada con el aumento de horas de luz artificial durante la noche.

Cárdenas (2001), quién también trabajo con lámparas incandescentes de 1200 lm, encontró que la longitud del tallo está relacionada directamente con el número de días de luz suplementaria, por lo tanto a mayor número de días a los cuales el cultivar este expuesto a intensidades de luz suplementaria adecuadas, mayor longitud de tallo se obtendrá, ya que la planta se mantendrá en estado vegetativo.

#### **4.2. EFECTO DE LAS TECNOLOGIAS DE ILUMINACION E INTENSIDAD DE LUZ SOBRE EL DIAMETRO DE LA VARA DE CRISANTEMO.**

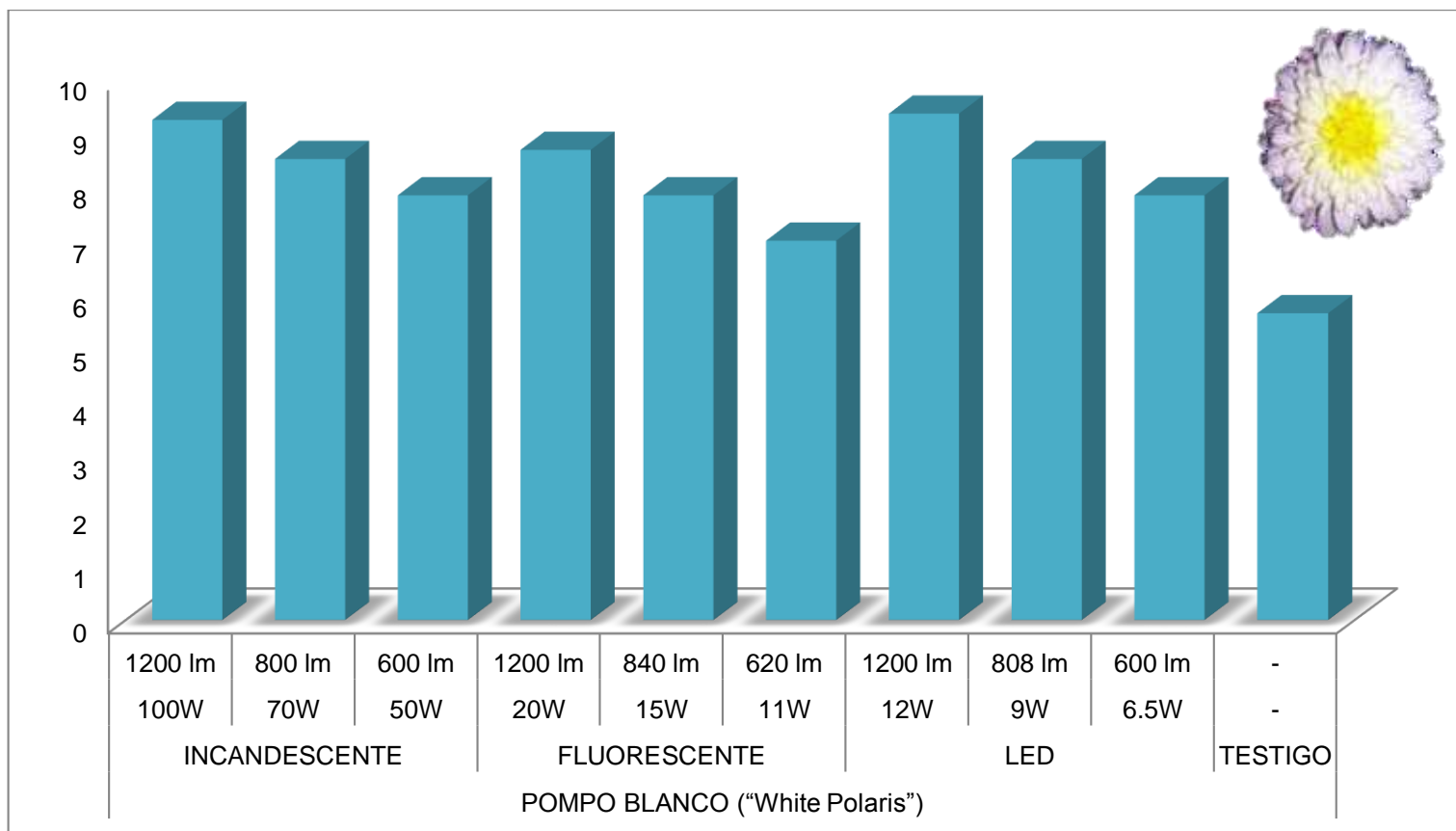
La adición de iluminación artificial favorece el incremento del grosor de la vara floral del crisantemo; sin embargo; esto está en relación al número de brotes que tenga la planta. De acuerdo a Cárdenas (2001), a mayor cantidad de brotes que tenga la planta de crisantemo, más delgada la vara floral.

Todos los tratamientos de esta investigación superaron a los testigos, lo cual constata el efecto de la iluminación artificial en esta variable de vigor de tallo. Sin embargo, todos los tratamientos incluidos los testigos superan el estándar del mercado que de acuerdo a lo señalado por Muñoz (2011) los tallos florales deben tener como mínimo 5 mm. El cultivar white polaris mostró el mayor diámetro de tallo en todos los tratamientos, presentando las mayores longitudes en los tratamientos con 1200 lm de intensidad; bajo el sistema incandescente arrojó 9.2 mm, en el fluorescente 8.7 mm y en el LED 9.3 mm, comparado a los otros cultivares.

**Tabla 16. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la vara de crisantemo. Chiclayo, 2016.**

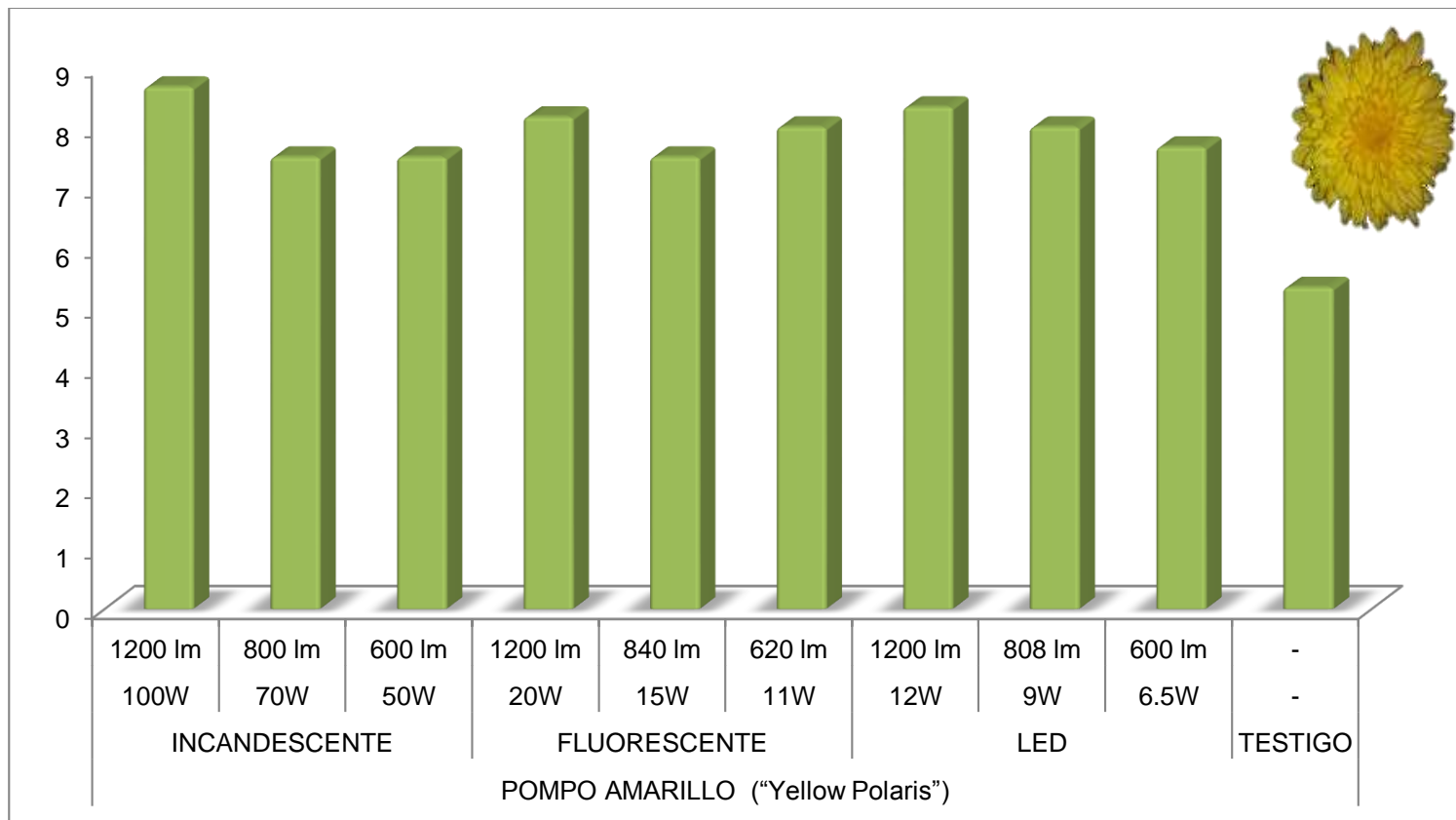
TRATAMIENTO	CULTIVAR	TECNOLOGIA DE ILUMINACION	POTENCIA	INTENSIDAD	DIÁMETRO DEL TALLO, mm
					90 días
					Media
T1	POMPO BLANCO ('White Polaris')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	9.2
T2			70 W	800 lm	8.5
T3			50 W	600 lm	7.8
T4		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	8.7
T5			15W	800 lm	7.8
T6			11W	600 lm	7.0
T7		LED	12W	1200 lm	9.3
T8			9W	800 lm	8.5
T9			6.5W	600 lm	7.8
T10		TESTIGO	-	-	5.7
T11	POMPO AMARILLO ('Yellow Polaris')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	8.7
T12			70 W	800 lm	7.5
T13			50 W	600 lm	7.5
T14		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	8.2
T15			15W	800 lm	7.5
T16			11W	600 lm	8.0
T17		LED	12W	1200 lm	8.3
T18			9W	800 lm	8.0
T19			6.5W	600 lm	7.7
T20		TESTIGO	-	-	5.3
T21	ARAÑA BLANCO ('White Spider')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	7.8
T22			70 W	800 lm	7.5
T23			50 W	600 lm	6.8
T24		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	7.8
T25			15W	800 lm	6.8
T26			11W	600 lm	6.8
T27		LED	12W	1200 lm	7.8
T28			9W	800 lm	6.8
T29			6.5W	600 lm	7.2
T30		TESTIGO	-	-	5.5
T31	ARAÑA AMARILLO ('Yellow Spider')	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	8.0
T32			70 W	800 lm	6.5
T33			50 W	600 lm	7.0
T34		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	7.8
T35			15W	800 lm	6.8
T36			11W	600 lm	7.5
T37		LED	12W	1200 lm	6.8
T38			9W	800 lm	6.7
T39			6.5W	600 lm	6.8
T40		TESTIGO	-	-	5.5

Fuente: Elaboración propia



**Figura 41. Efecto de las tecnologías de iluminación intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo 'White Polaris' (pompo blanco). Chiclayo, 2016.**

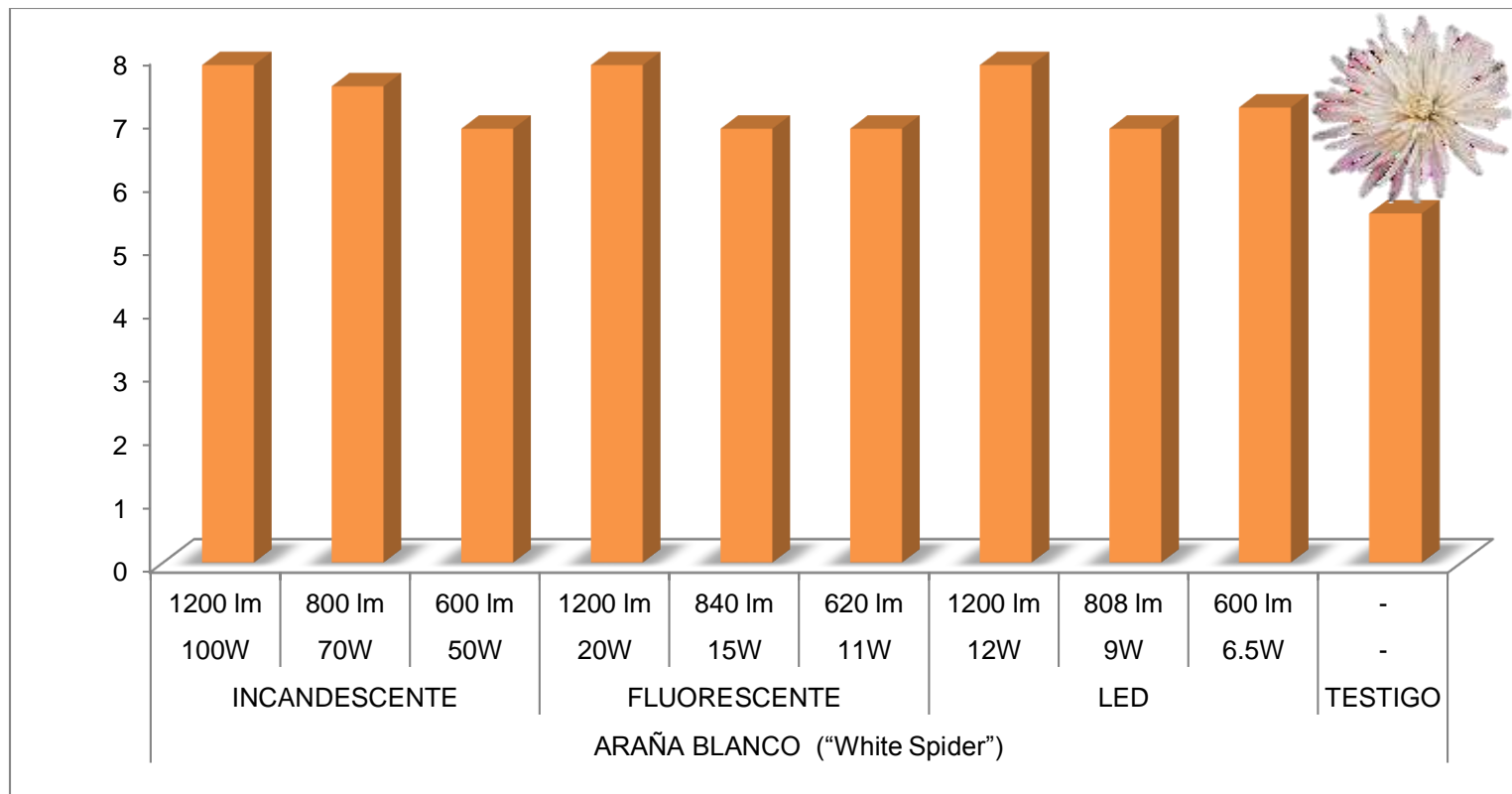
Fuente: Elaboración propia



**Figura 42. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo 'Yellow Polaris' (pompo amarillo). Chiclayo, 2016.**

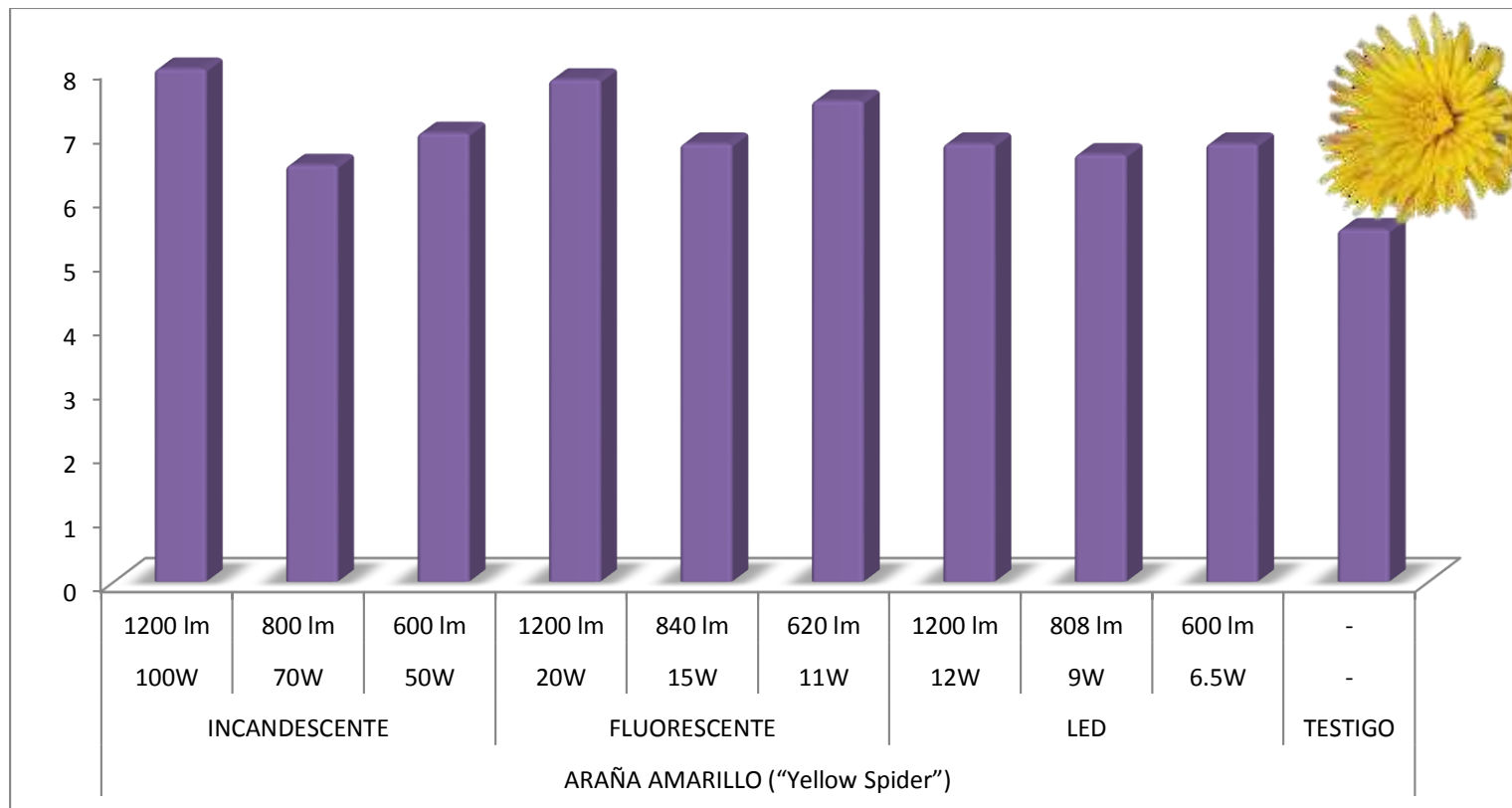
Fuente: Elaboración propia





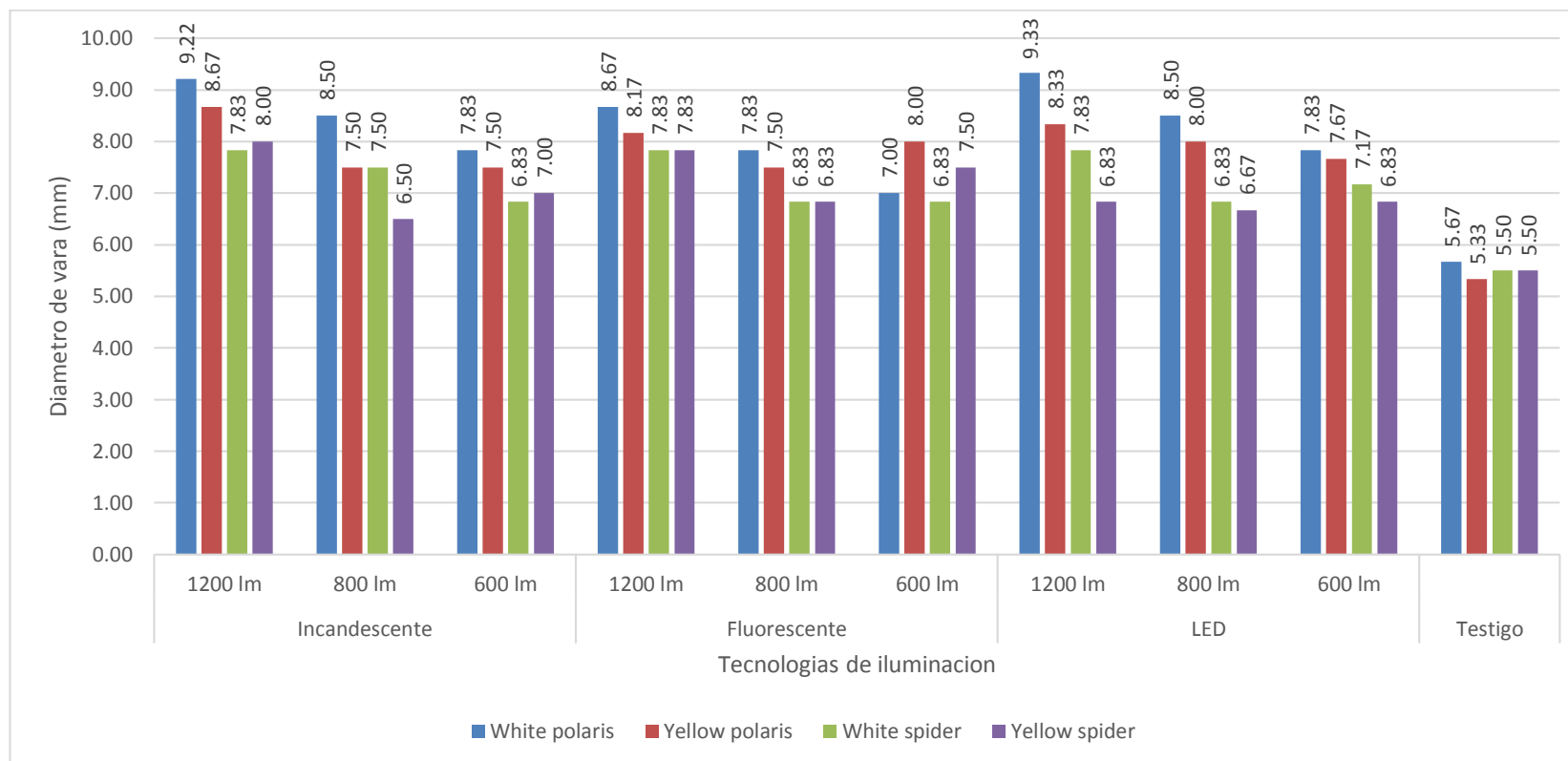
**Figura 43. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo 'White Spider' (araña blanco). Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 44. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de crisantemo 'Yellow Spider' (araña amarillo). Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 45. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro basal de la vara de los cuatro cultivares de crisantemo. Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia

El análisis de variancia para el diámetro de vara floral, precisa que de forma independiente los factores cultivar, tecnología de iluminación e intensidad de luz son significativos ( $p < 0.05$ ), por lo que se establece que el tamaño de capítulo se incrementa por efecto de estos factores.

Las interacciones de los factores cultivar tecnología de iluminación e intensidad de luz no son significativos por lo tanto podemos determinar que el diámetro de vara floral no se ve afectado por la interacción de dichos factores.

**Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de vara floral. Chiclayo, 2016.**

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F	Sig.
Cultivar	32.507	3	10.836	15.222	*
Tecnología de iluminación	1.051	2	.525	.738	*
Intensidad de luz	33.917	2	16.959	23.824	*
Cultivar * Tecnología de iluminación	8.927	6	1.488	2.090	NS
Cultivar * Intensidad de luz	8.171	6	1.362	1.913	NS
Tecnología de iluminación * Intensidad de luz	1.743	4	.436	.612	NS
Cultivar * Tecnología de iluminación * Intensidad de luz	5.689	12	.474	.666	NS
Error	142.368	180	.712		
Total	13633.050	216			
Total corregido	352.650	215			

\*, p valor > 0.05; \*\*, p valor < 0.05

Fuente: Elaboración propia

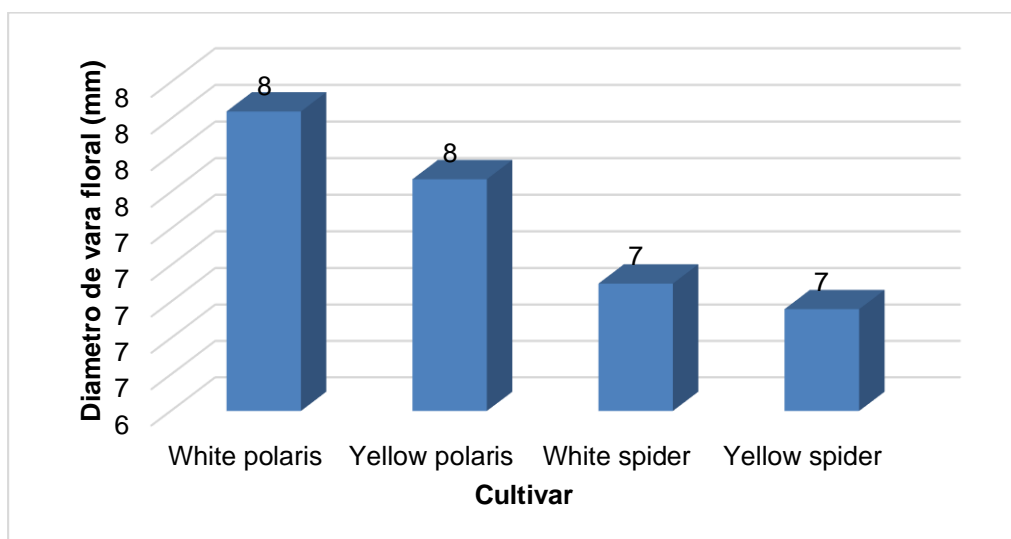
Con los resultados de la prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos diámetro de vara floral según el cultivar, se encuentran dentro de dos grupos donde el cultivar 'white polaris' (8,04 mm) y 'yellow polaris' (7,67 mm) son estadísticamente iguales, los cuales presentan diferencias significativas con los cultivares 'white spider' (7,10 mm) y 'yellow spider' (6,96 mm) que se encuentran el segundo grupo. Todos los cultivares se encuentran dentro del estándar comercial.

**Tabla 18. Efecto de cultivar y sobre el diámetro de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

CULTIVAR	N	Longitud (mm)	
		1	2
White polaris	60	8.04 a	
Yellow polaris	60	7.67 a	
White spider	60		7.10 b
Yellow spider	60		6.96 b
Sig.		*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ , p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 46. Diámetro de vara floral según el cultivar. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

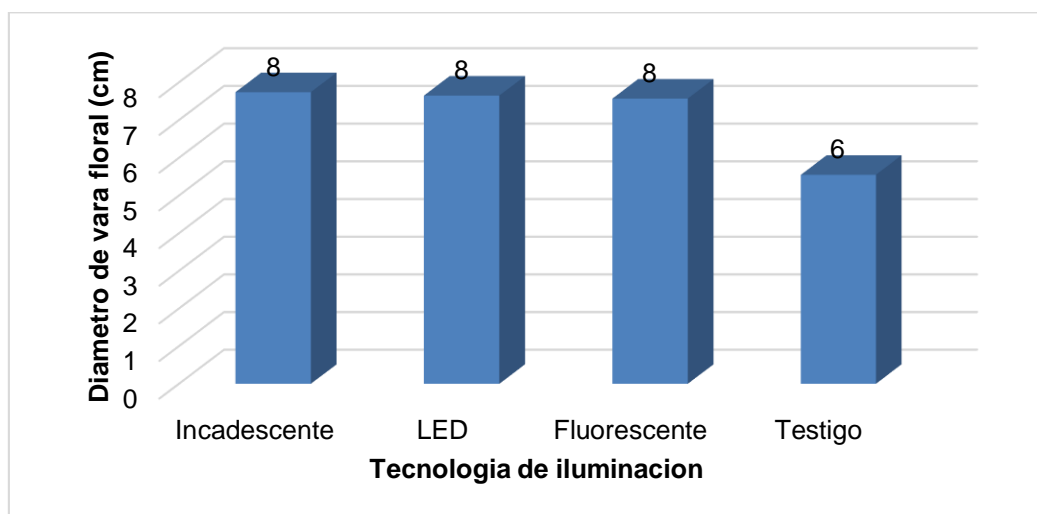
La prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos diámetro vara floral según la tecnología de iluminación a determinado que las tecnologías de iluminación incandescente (7,74 mm), LED (7,65 mm) y fluorescente (7,57 mm) son estadísticamente iguales, las cuales superan al testigo que no recibió ningún tipo de iluminación.; confirmando la necesidad de la iluminación artificial en el cultivo de crisantemo para la obtención varas florales con diámetro comercial.

**Tabla 19. Efecto de las tecnologías de iluminación sobre el diámetro de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

Tecnología de iluminación	N	Longitud (mm)	
		1	2
Incandescente	72	7.74 a	
LED	72	7.65 a	
Fluorescente	72	7.57 a	
Testigo	24	5.55 b	
Sig.		*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ \*, p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 47. Diámetro de vara floral según la tecnología de iluminación. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

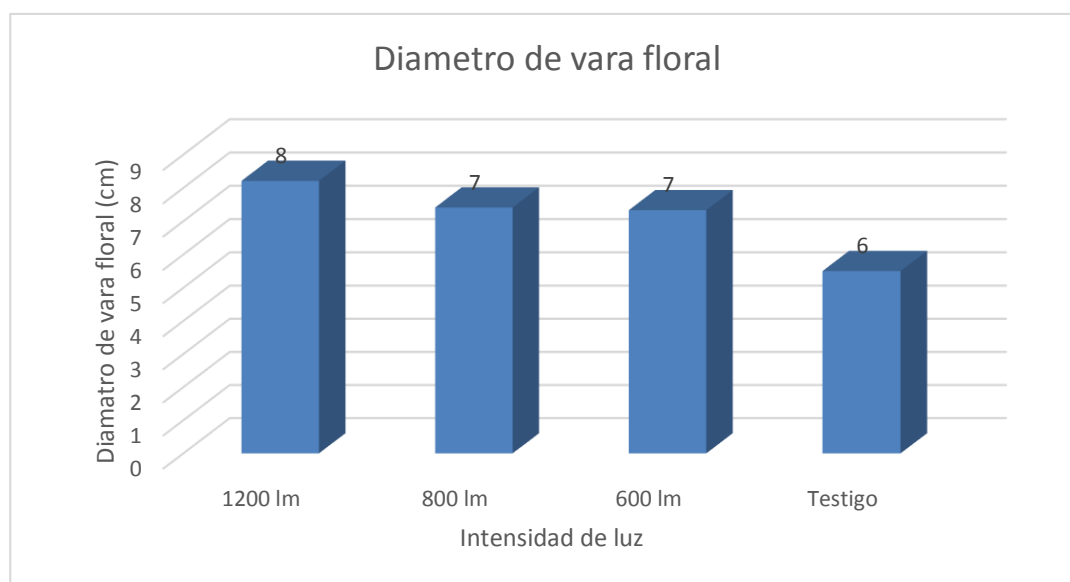
La prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos diámetro vara floral según la intensidad de luz demuestran que la intensidad que dio mejores resultados la de 1200 lm (8,21 mm), siendo estadísticamente diferente de las intensidades 800lm (7,41mm) y 600 lm (7,33); pero todas estas incluyendo el testigo (5,50mm) superan el estándar comercial de diámetro de vara floral (5 mm).

**Tabla 20. Efecto de las intensidades de luz sobre el diámetro de vara floral de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

Intensidad de luz	N	Longitud (mm)		
		1	2	3
1200 lm	72	8.21 a		
800 lm	72	7.41 b		
600 lm	72	7.33 b		
Testigo	24	5.50 c		
Sig.		*	*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ , p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 48. Diámetro de vara floral según la intensidad de luz. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

Kofranek, citado por Cadenas (2001), menciona que la aplicación de días largos al crisantemo causa incremento en altura y grosor de tallo. Hernández (2008), señala que el diámetro de tallo en el crisantemo es para el productor una variable indicativa directa del vigor del tallo alcanzado por la planta durante su desarrollo. Santiago (2001), indica que las varas de crisantemos con tallo más gruesos son de mayor calidad y resistencia en su manejo principalmente en la cosecha. Palacios (2006) confirma la importancia de la iluminación en el vigor del tallo; al indicar que las bajas intensidades luminosas producen tallos débiles, además menciona que las flores de calidad deben tener tallos lo suficientemente fuertes para soportar las inflorescencias. Cárdenas (2001), en su investigación obtuvo resultados de tallos de varas florales con mayor diámetro al utilizar iluminación artificial llegando a obtener tallos con un diámetro de 5,1 mm, superando el requerimiento mínimo del mercado y Donoyan (1987), en su investigación obtuvo diámetros de vara floral de crisantemo en promedio de 5,4 mm, lo cual confirma la influencia de la iluminación en esta variable productiva.



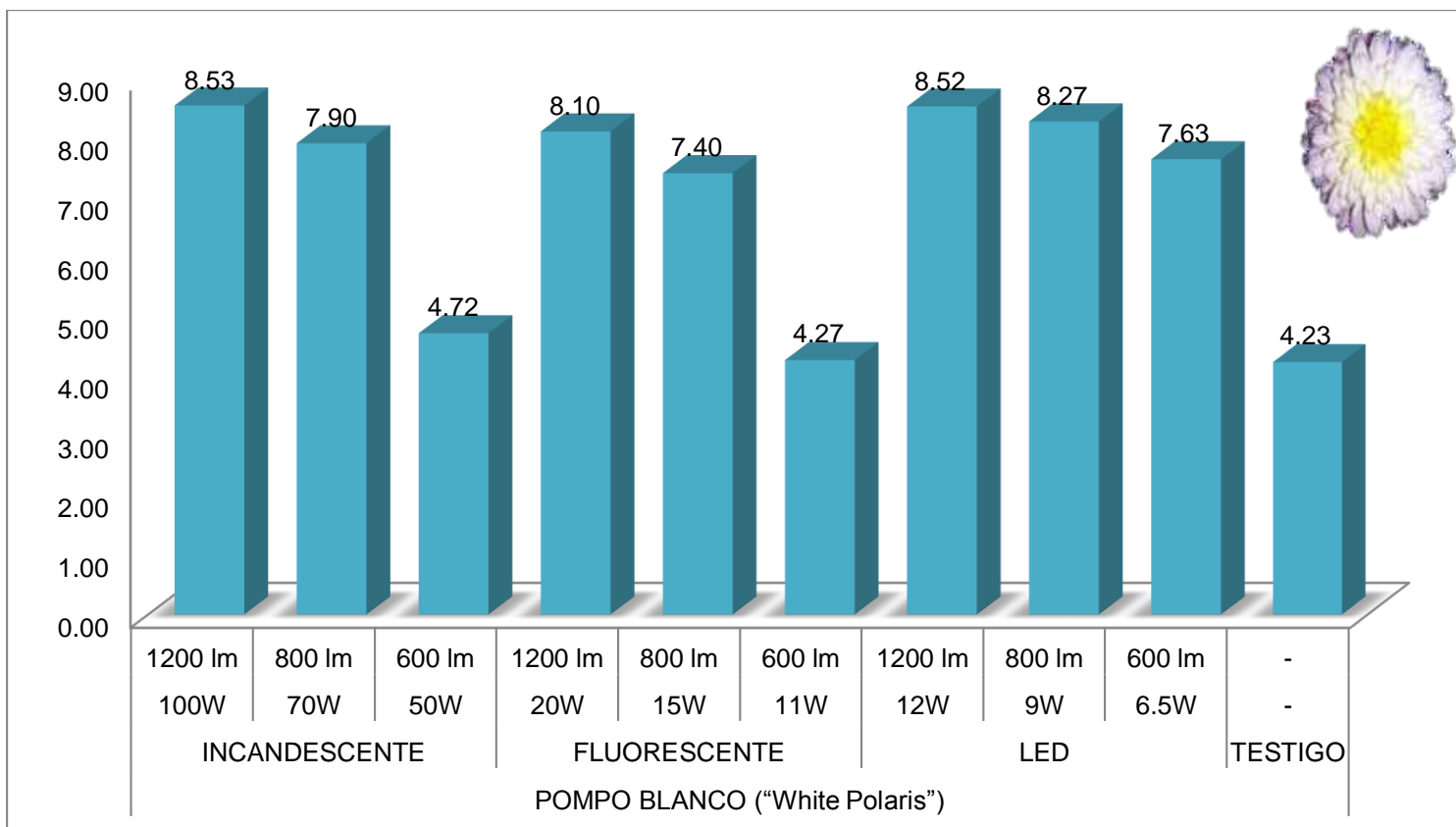
#### **4.3. EFECTO DE LAS TECNOLOGIAS DE ILUMINACION E INTENSIDAD DE LA LUZ SOBRE EL DIÁMETRO DEL CAPITULO (INFLORESCENCIA).**

La iluminación artificial incide en el desarrollo del diámetro del capítulo. Todos los tratamientos que recibieron iluminación superan al testigo. El cultivar 'White Polaris' obtuvo mayor diámetro de la inflorescencia en todos los tratamientos comparado con los otros cultivares, y en los tratamientos que recibían la más alta intensidad de iluminación (1200 lm) se lograron las mayores longitudes de diámetro; 8,53 cm en el sistema incandescente, 8,10 cm en el fluorescente y 8,52 cm en el LED. Los resultados obtenidos en todos los cultivares en los tratamientos con 600 lm de intensidad lumínica en los sistemas incandescente y fluorescente y en los testigos no superan el estándar comercial de capítulos grandes que, de acuerdo a Espinoza y Celis (2003) los crisantemos se clasifican por la Sociedad Nacional de Crisantemos de Norteamérica en: a) capítulos pequeños, de 4 cm o menos de diámetro; b) intermedios, de 4 a 6 cm de diámetro; c) grandes, de 6 a 10 cm de diámetro. Esto se debe a que esta baja intensidad lumínica en los sistemas de iluminación indicados no es eficiente, dado que generan más calor que luz y a esta potencia no se produce la cantidad de luz artificial suficiente para el desarrollo de esta variable, por lo que la inflorescencia apareció prontamente y no permitió un desarrollo adecuado en cuanto a diámetro del capítulo. Se explica esto debido a que, al no contar con iluminación artificial, la respuesta del desarrollo floral en el crisantemo es más rápida y forma flores de menor tamaño en menor tiempo.

**Tabla 21. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo. Chiclayo, 2016.**

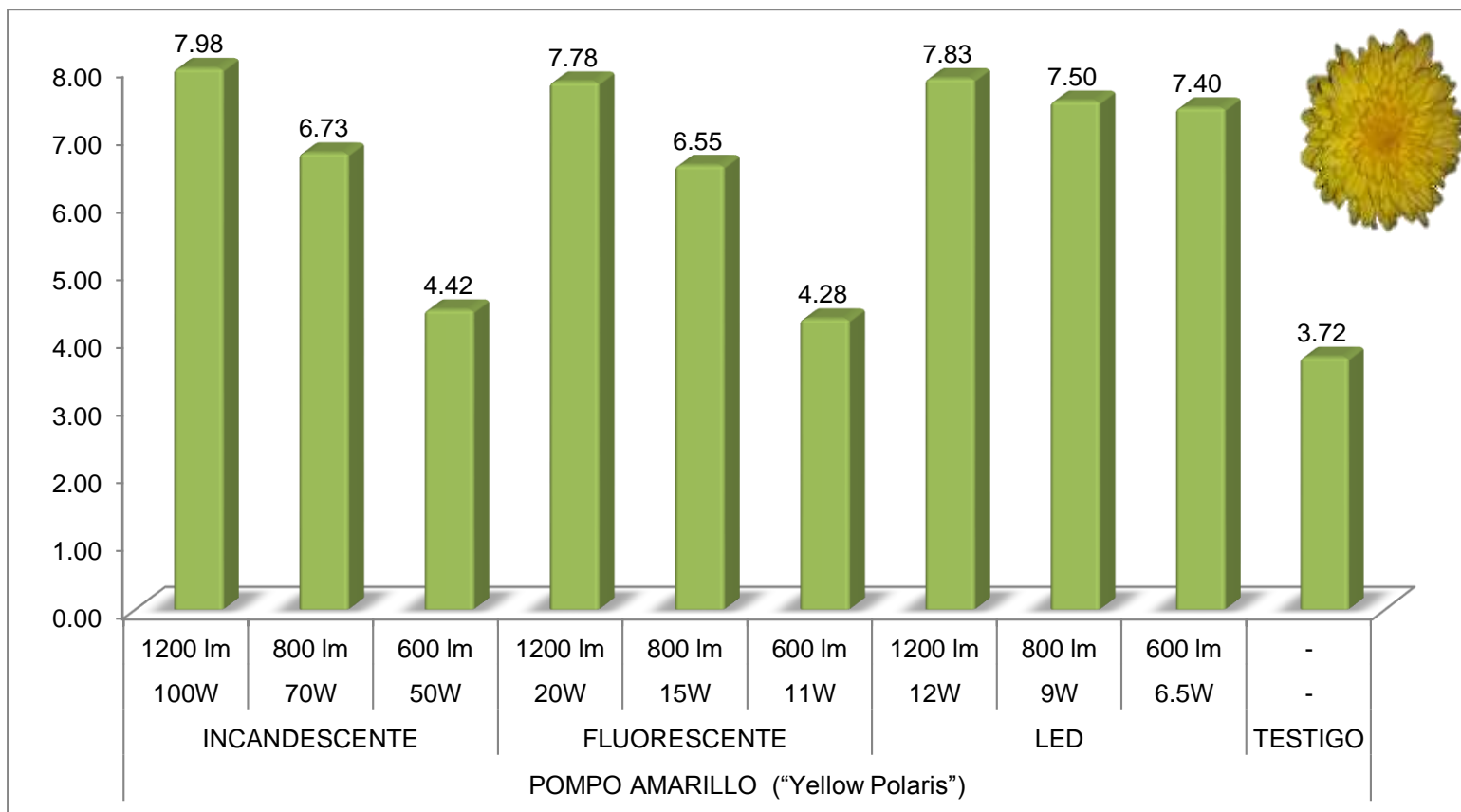
TRATAMIENTO	CULTIVAR	TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA	INTENSIDAD	DIÁMETRO DE LA INFLORESCENCIA, cm
					90 días
					Media
T1	POMPO BLANCO ("White Polaris")	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	8.53
T2			70 W	800 lm	7.90
T3			50 W	600 lm	4.72
T4		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	8.10
T5			15W	800 lm	7.4
T6			11W	600 lm	4.27
T7		LED	12W	1200 lm	8.52
T8			9W	800 lm	8.27
T9			6.5W	600 lm	7.63
T10		TESTIGO	-	-	4.23
T11	POMPO AMARILLO ("Yellow Polaris")	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	7.98
T12			70 W	800 lm	6.73
T13			50 W	600 lm	4.42
T14		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	7.78
T15			15W	800 lm	6.55
T16			11W	600 lm	4.28
T17		LED	12W	1200 lm	7.83
T18			9W	800 lm	7.5
T19			6.5W	600 lm	7.4
T20		TESTIGO	-	-	3.72
T21	ARAÑA BLANCO ("White Spider")	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	7.13
T22			70 W	800 lm	6.58
T23			50 W	600 lm	3.85
T24		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	7.35
T25			15W	800 lm	6.43
T26			11W	600 lm	3.9
T27		LED	12W	1200 lm	7.33
T28			9W	800 lm	6.35
T29			6.5W	600 lm	6.93
T30		TESTIGO	-	-	3.5
T31	ARAÑA AMARILLO ("Yellow Spider")	INCANDESCENTE	100 W	1200 lm	7.28
T32			70 W	800 lm	5.6
T33			50 W	600 lm	4.02
T34		FLUORESCENTE	20W	1200 lm	7.72
T35			15W	800 lm	6.33
T36			11W	600 lm	3.87
T37		LED	12W	1200 lm	6.5
T38			9W	800 lm	6.12
T39			6.5W	600 lm	6.98
T40		TESTIGO	-	-	3.75

Fuente: Elaboración propia



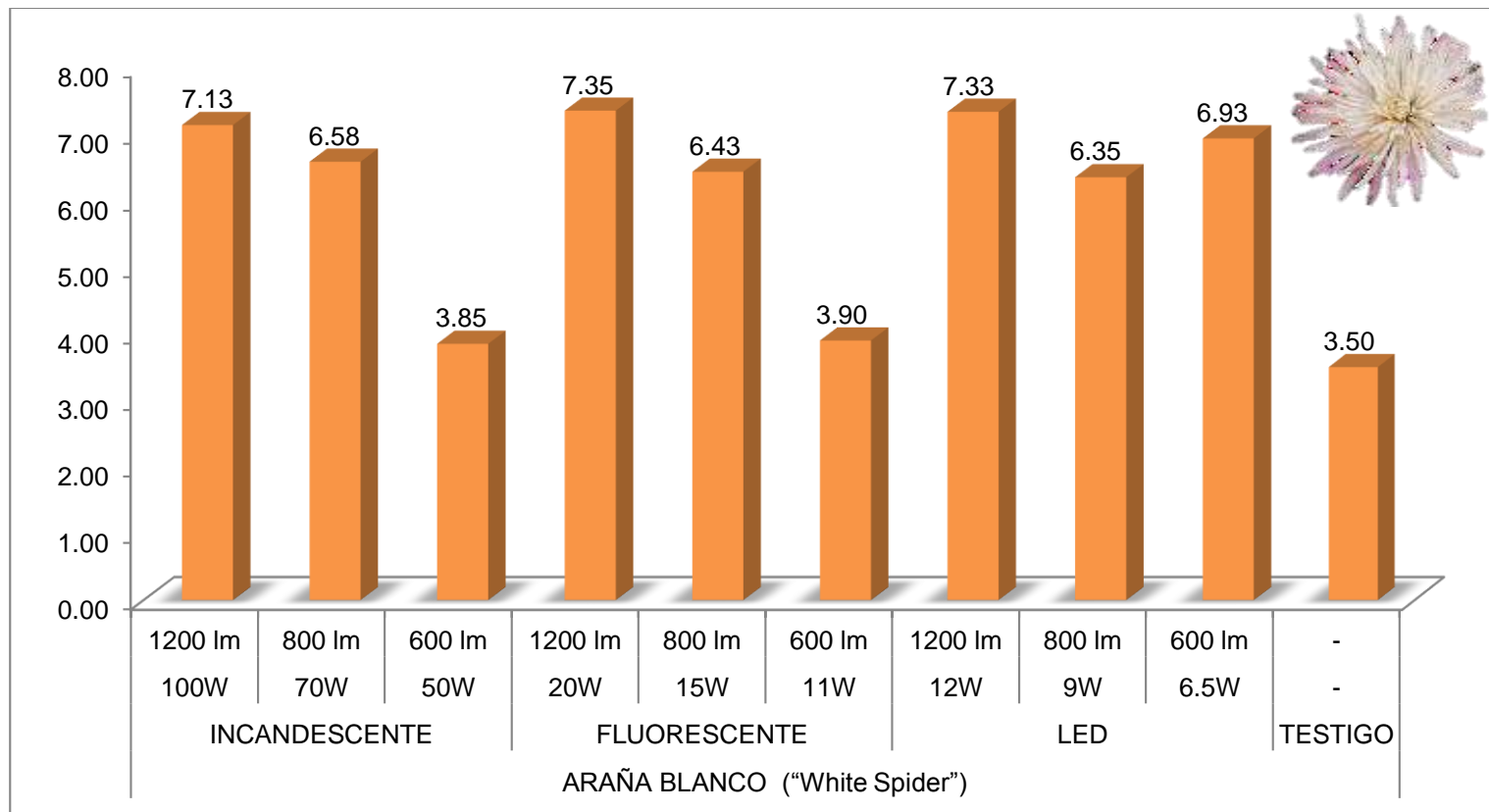
**Figura 49. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'White Polaris' (pompo blanco). Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia



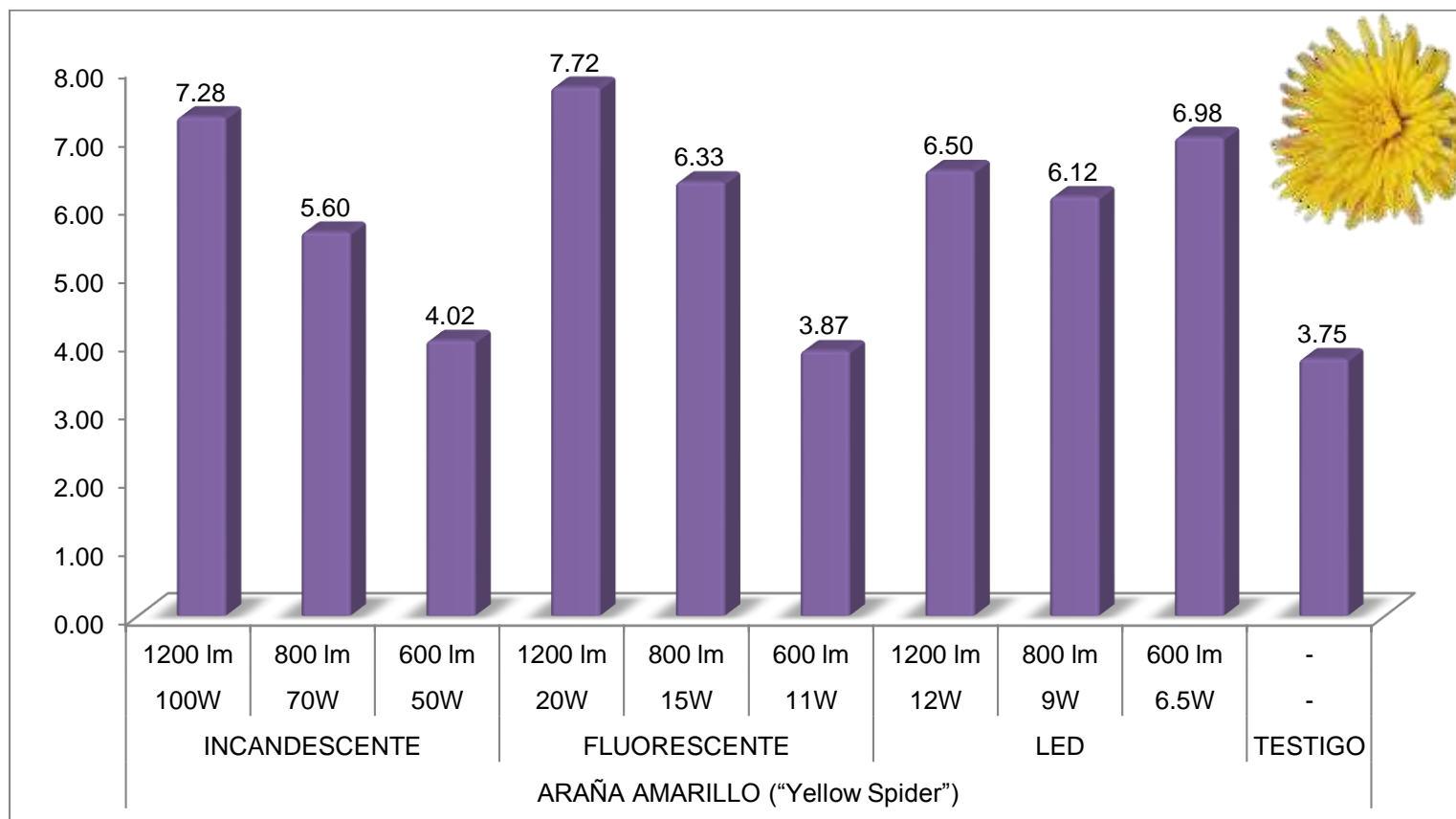
**Figura 50. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'Yellow Polaris' (pompo amarillo). Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia



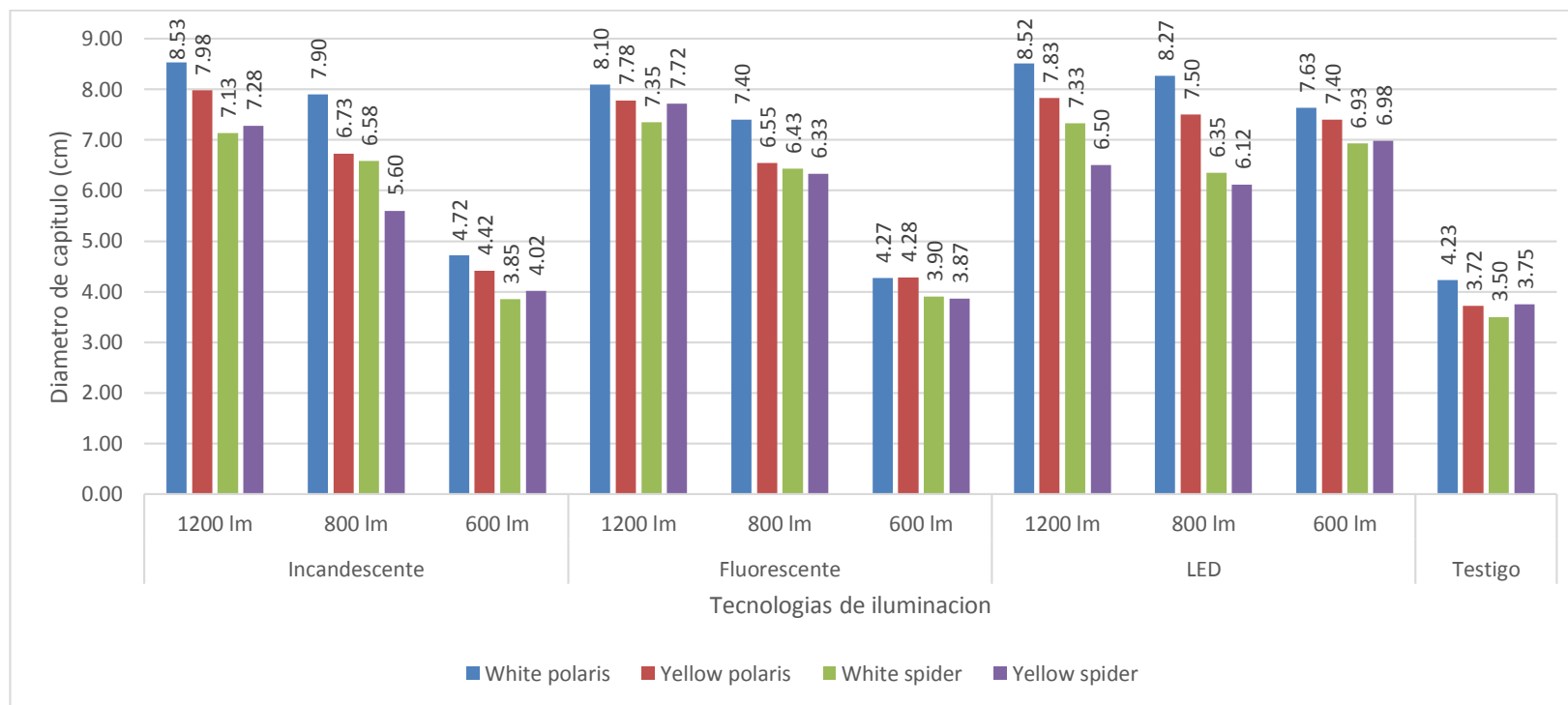
**Figura 51. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'White Spider' (araña blanco). Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 52. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la inflorescencia del crisantemo 'Yellow Spider' (araña amarillo). Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 53. Efecto de las tecnologías de iluminación e intensidad de la luz sobre el diámetro de la capítulo de los cuatro cultivares de crisantemo .Chiclayo, 2016.**

Fuente: Elaboración propia

El análisis de variancia realizado para el diámetro del capítulo, precisa que de forma independiente los factores cultivar, tecnología de iluminación e intensidad de luz son significativos ( $p < 0.05$ ), ratificando que el tamaño de capítulo se incrementa por efecto de estos factores.

La interacción de los factores cultivar e intensidad de luz y de los factores tecnología de iluminación e intensidad de luz son significativas, en las demás interacciones los resultados no son significativos.

**Tabla 22. Análisis de varianza para diámetro de capítulo (Inflorescencia). Chiclayo, 2016.**

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F	Sig.
Cultivar	38.375	3	12.792	24.398	*
Tecnología de iluminación	56.480	2	28.240	53.864	*
Intensidad de luz	229.063	2	114.532	218.454	*
Cultivar * Tecnología de iluminación	5.826	6	0.971	1.852	NS
Cultivar * Intensidad de luz	7.338	6	1.223	2.333	*
Tecnología de iluminación * Intensidad de luz	97.689	4	24.422	46.582	*
Cultivar * Tecnología de iluminación * Intensidad de luz	4.633	12	0.386	0.736	NS
Cultivar	104.857	180	0.524		
Tecnología de iluminación	10193.460	216			
Intensidad de luz	720.706	215			

\*, p valor  $> 0.05$ ; \*\*, p valor  $< 0.05$

Fuente: Elaboración propia

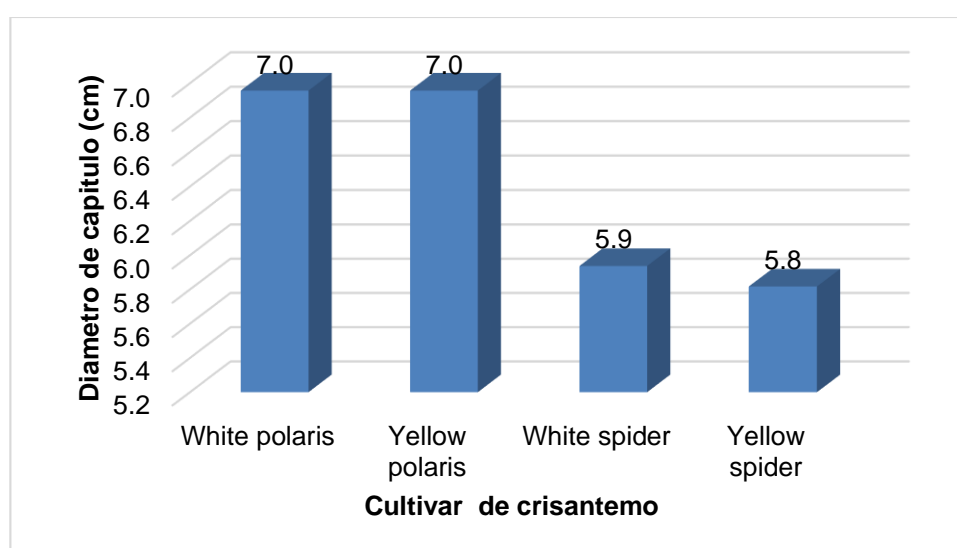


Los resultados de la prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos diámetro de capítulo según el cultivar, confirma que el cultivar ‘white polaris’ (pompo blanco) es el que obtuvo mejor respuesta, llegando a los 6,957 cm y presenta diferencias significativas con los demás cultivares, el cultivar ‘yellow polaris’ llega a los 6,420 cm; presentando también diferencias significativas con los demás cultivares, encontrándose dentro del rango de capítulos grandes. Los cultivares ‘yellow spider’ (5,937 cm) y ‘white spider’ (5,817) son estadísticamente iguales, los que están dentro del rango de capítulos intermedios.

**Tabla 23. Efecto de los cultivares sobre diámetro de capítulo de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

CULTIVAR	N	Longitud (cm)		
		1	2	3
White polaris	60	6.957 a		
Yellow polaris	60		6.420 b	
Yellow spider	60			5.937 c
White spider	60			5.817 c
Sig.		*	*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05^*$ , p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 54. Diámetro capítulo según el cultivar. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

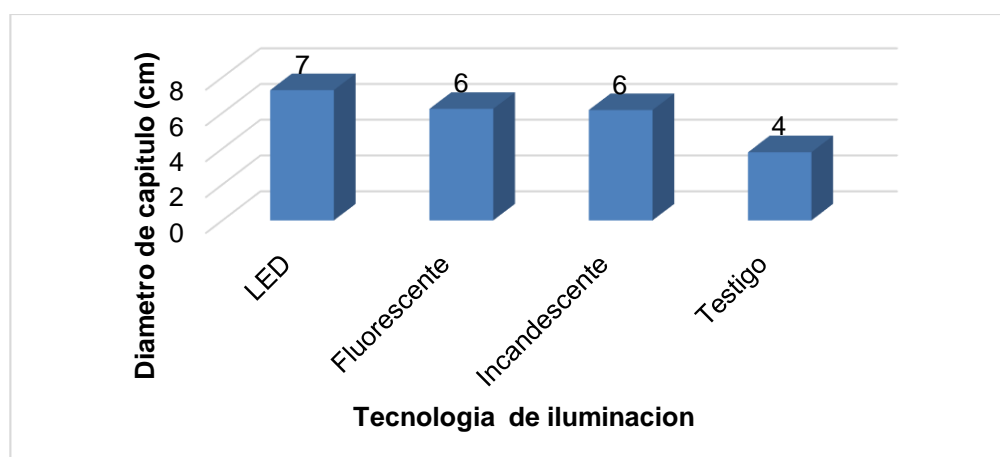
La prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos diámetro de capítulo según la tecnología de iluminación a determinado que con la tecnología de iluminación LED se obtiene el mayor de diámetro de capítulo (7,28 cm), siendo estadísticamente diferente al resto; las tecnologías fluorescente (6,17 cm) e incandescente (6,23 cm) son estadísticamente iguales. En todos estos casos los valores de diámetro de capítulo se encuentran en el rango comercial de capítulo grandes superando al testigo (3,80 cm), rango comercial capítulo pequeño; confirmando la necesidad de la iluminación artificial en el cultivo de crisantemo para la obtención de capítulos con calidad comercial.

**Tabla 24. Efecto de las tecnologías de iluminación sobre diámetro de capítulo de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

Tecnología de iluminación	N	Longitud (cm)		
		1	2	3
LED	72	7.281 a		
Fluorescente	72	6.165 b		
Incandescente	72	6.229 b		
Testigo	24	3.800 c		
Sig.		*	*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ , p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 55. Diámetro capítulo según la tecnología de iluminación. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

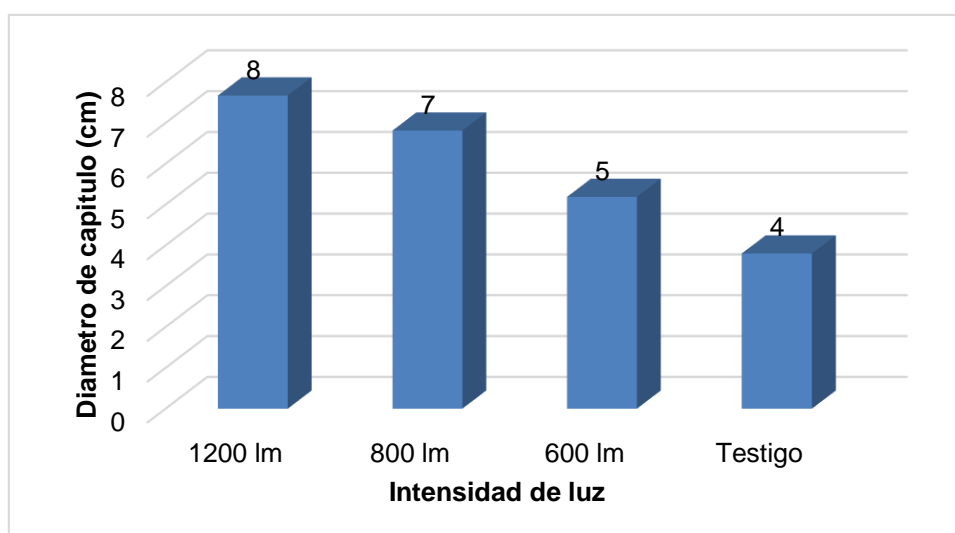
La prueba de Tukey para subconjuntos homogéneos diámetro de capítulo según la intensidad de luz establece que las mejores intensidades para el crecimiento de diámetro de capítulo en los cultivares de crisantemos son las de 1200 lm (7,67 cm) y 800 lm (6,81 cm), que son diferentes estadísticamente, pero superan el estándar comercial de diámetro de capítulo grande. La intensidad de 600 lm (5,19 cm), presenta un diámetro de capítulo mediano y el testigo (3,80 cm) con diámetro de capítulo pequeño es superado por todos los tratamientos que cuentan con iluminación artificial.

**Tabla 25. Efecto de las intensidad de luz sobre diámetro de capítulo de crisantemo (Tukey 5 %). Chiclayo, 2016.**

Intensidad de luz	N	Longitud (cm)			
		1	2	3	4
1200 lm	72	7.672 a			
800 lm	72		6.814 b		
600 lm	72			5.189 c	
Testigo	24				3.800 d
Sig.		*	*	*	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05$ , p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 56. Diámetro capítulo según la intensidad de luz. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos ratifican lo señalado por Palacios (2006) quien asevera que existe un efecto producto de la iluminación artificial en relación con el desarrollo del capítulo floral, debido a que la planta recibe la cantidad de iluminación mínima necesaria que permite un desarrollo adecuado del capítulo floral, la cual es de acuerdo a Palacios (2006) entre 3,000 y 10,000 bujías pie y si la luz no llega a esas intensidades, la fotosíntesis serpa limitada y el crecimiento se reducirá.

Donoyan (1987), encontró que todos los tratamientos obtuvieron diámetros de la inflorescencia similares, que, superaron al testigo, obteniendo inflorescencias con un diámetro promedio de 8,203 cm, dentro del rango comercial para capítulos grande de crisantemos.

Seeley (1964) citado por Donoyan (1987), quien menciona que el tamaño de la cabeza floral se incrementa con el tratamiento artificial de días largos y además el tamaño de la flor se incrementa realizando un cuidadoso y oportuno desbotonado como se ha realizo en esta investigación.

#### **4.4. ANALISIS ECONÓMICO**

El empleo de luz artificial es fundamental en el cultivo de crisantemos para obtener varas florales de calidad comercial, y debe ser considerado dentro de la estructura de costos de producción por lo tanto es un gasto necesario que debe asumir el agricultor. El consumo de energía eléctrica se da durante los primeros 45 días del cultivo. Este costo puede ser mayor o menor, dependiendo las horas de luz artificial extra y del sistema de iluminación que se use.

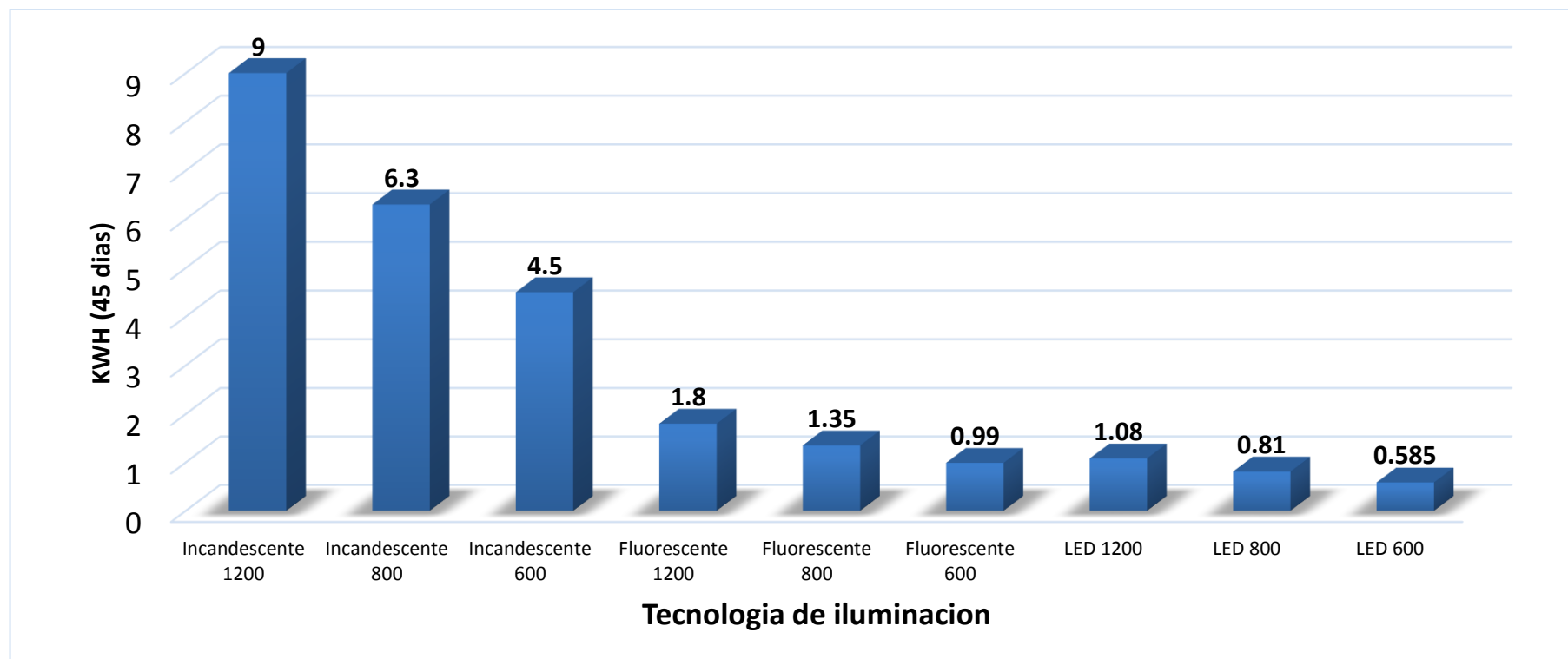
El consumo energético está relacionado directamente con la tecnología de iluminación y la intensidad de luz. Al comparar las tres tecnologías de iluminación estudiadas, se observa que la tecnología de iluminación LED es la que incurre en menos costos, si la comparamos con la tecnología de iluminación incandescente con una intensidad de 100 w que es la más utilizada en la región Lambayeque, se logra un ahorro de 90.91% (focos LED de 9 w) y 93,54% (focos LED de 6.5 w). La tecnología de iluminación fluorescente también refleja ahorro en focos de 11 w (89,09%), pero con su uso no se ha llegado a alcanzar los parámetros de calidad comercial de crisantemos requeridos. Teniendo en cuenta el periodo en el que se desarrolló la investigación, el costo dado por KWH por la empresa Electronorte fue de S/. 0.55/ KWH, arrojando los siguientes resultados:

**Tabla 26. Costos del consumo energético para un foco de las diferentes tecnologías de iluminación e intensidades de luz usadas durante la investigación. Chiclayo, 2016.**

TECNOLOGÍA DE ILUMINACION	LUMENES	WATTS	CONSUMO KWH/FOCO	CONSUMO KWH/DIA (2 HORAS)	CONSUMO KWH/ 45 DIAS (90 HORAS)	PRECIO KWH (S/.)	COSTO PARA UN FOCO	PORCENTAJE DE GASTOS EN RELACION AL FOCO DE 100 W INCANDESCENTE	PORCENTAJE DE REDUCION DE GASTOS EN RELACION AL FOCO DE 100 W INCANDESCENTE
<b>Incandescente</b>	1200	100	0.1	0.2	9	S/0.55	S/4.95	100.00	0.00
	800	70	0.07	0.14	6.3	S/0.55	S/3.47	70.10	29.90
	600	50	0.05	0.1	4.5	S/0.55	S/2.48	50.10	49.90
<b>Fluorescente</b>	1200	20	0.02	0.04	1.8	S/0.55	S/0.99	20.00	80.00
	800	15	0.015	0.03	1.35	S/0.55	S/0.74	14.95	85.05
	600	11	0.011	0.022	0.99	S/0.55	S/0.54	10.91	89.09
<b>LED</b>	1200	12	0.012	0.024	1.08	S/0.55	S/0.59	11.92	88.08
	800	9	0.009	0.018	0.81	S/0.55	S/0.45	9.09	90.91
	600	6.5	0.0065	0.013	0.585	S/0.55	S/0.32	6.46	93.54

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el consumo de energía por foco durante los 45 días de iluminación en el cultivo de crisantemo, podemos observar que la tecnología de iluminación incandescente ha tenido el mayor consumo en sus tres intensidades 1200 lm (9 kwh), 800 lm (6,3 kwh) y 600 lm (4,5 kwh), seguido de la tecnología fluorescente con las intensidades 1200 lm (1,8 kwh) y 800 lm (1,35 kwh). La intensidad de 600 lm fluorescente (0,99 kwh) se encuentra por debajo de la intensidad de 1200 lm LED (1,08 kwh), sin embargo no alcanza los estándares comerciales de los parámetros evaluados de calidad durante la investigación; la tecnología de iluminación LED es la de menor consumo en las intensidades de 800lm (0,81 kwh) y 600lm (0,585 kwh) las cuales si superan el estándar comercial, siendo esta tecnología la de menor consumo energético. Esto confirma lo dicho por Carvalho, (2007) quien menciona que a diferencia de las lámparas incandescentes las lámparas LED generan luz con longitud de onda, intensidad y distribución específica. Con estas fuentes es posible reducir el consumo de energía gastando hasta la séptima parte de lo que consume una incandescente y 2/3 de lo que consume una lámpara fluorescente.



**Figura 57. Consumo de energía eléctrica en kwh durante los 45 días de iluminación para cultivo de crisantemo. Chiclayo, 2016**

Fuente: Elaboración propia



La inversión realizada en focos usados para las diferentes tecnologías de iluminación puede variar de acuerdo al costo de estas en el mercado local, por tal motivo se trabajó con promedios de costos de lámparas ofertadas en la ciudad de Chiclayo en este caso se consultaron marcas reconocidas, que garantizan el tiempo de durabilidad de los focos, siendo también este un factor importante ya que determinará la frecuencia con la cual van a ser renovadas, la iluminación incandescente es el de menor inversión, pero también de menor duración; según el Ministerio de energía y minas del Perú (2016), un foco incandescente tiene una vida útil de 1000 a 1200 horas, un Fluorescente de 3000 a 15000 horas mientras que un LED oscila entre 30000 a 50000 horas, lo que disminuye el costo de mantenimiento a largo plazo, haciendo casi innecesario el cambio de bombillas en las parcelas instaladas. En la tabla 39 se presentan los costos unitarios por foco y al mismo tiempo el costo a invertir en una hectárea de terreno, deduciendo que en la agricultura tradicional se utilizan 1600 focos para 10000 m<sup>2</sup>.

Al evaluar la inversión realiza con el empleo de las tres tecnologías de iluminación con las diferentes intensidades de luz utilizadas, se observa que los costos de inversión al utilizar lámparas incandescentes es menor pero implican un mayor consumo de energía eléctrica, por ende un mayor gasto en la iluminación, y la duración en el mejor de los casos corresponde a la décima parte del tiempo comparado a las otras tecnologías, sin duda la iluminación LED es de mayor costo de instalación, pero estas son de mayor duración y consumen menos energía eléctrica lo que reduce los costos en este rubro.

**Tabla 26. Comparación der costos de los diferentes sistemas de iluminación, consumo energético y gasto total que genera para iluminar una hectárea para la producción de crisantemos. Chiclayo, 2016.**

TECNOLGIA DE ILUMINACION	WATTS	LUMENES	CONSUMO TOTAL 45 DIAS (90 H)	PRECIO UNITARIO POR FOCOS	COSTO POR KWh S/.	GASTO POR UN FOCO (S/.)	FOCOS POR HECTAREA	CONSUMO TOTAL KWh /HA (90 H)/ 1600 FOCOS	INVERSION EN FOCOS POR HA (s/.)	GASTO TOTAL EN ILUMINACION POR Ha (S/.)	COSTO TOTAL	INVERSION POR PARCELA AGRICOLA (500 m2)
<b>Incandescente</b>	100	1200	9	S/2.00	S/0.55	S/4.95	1600.00	14400	S/3,200.00	S/7,920.00	S/11,120.00	S/556.00
	70	800	6.3	S/1.50	S/0.55	S/3.47	1600.00	10080	S/2,400.00	S/5,552.00	S/7,952.00	S/397.60
	50	600	4.5	S/1.00	S/0.55	S/2.48	1600.00	7200	S/1,600.00	S/3,968.00	S/5,568.00	S/278.40
<b>Fluorescente</b>	20	1200	1.8	S/10.00	S/0.55	S/0.99	1600.00	2880	S/16,000.00	S/1,584.00	S/17,584.00	S/879.20
	15	800	1.35	S/8.00	S/0.55	S/0.74	1600.00	2160	S/12,800.00	S/1,184.00	S/13,984.00	S/699.20
	11	600	0.99	S/6.00	S/0.55	S/0.54	1600.00	1584	S/9,600.00	S/864.00	S/10,464.00	S/523.20
<b>LED</b>	12	1200	1.08	S/10.00	S/0.55	S/0.59	1600.00	1728	S/16,000.00	S/944.00	S/16,944.00	S/847.20
	9	800	0.81	S/8.00	S/0.55	S/0.45	1600.00	1296	S/12,800.00	S/720.00	S/13,520.00	S/676.00
	6.5	600	0.585	S/6.00	S/0.55	S/0.32	1600.00	936	S/9,600.00	S/512.00	S/10,112.00	S/505.60

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los días de duración de la iluminación artificial para el cultivo de crisantemo que es de 45 días, los focos se podrían utilizar para 8 campañas durante un año, si la siembra es planificada de forma escalonada.

**Tabla 27. Duración de campañas de iluminación. Chiclayo, 2016.**

<b>DURACION DE CAMPAÑA (DIAS)</b>	<b>45</b>
<b>NUMERO DE CAMPAÑAS POR AÑO</b>	<b>8</b>

Se presenta una comparación de los tres sistemas de iluminación teniendo en cuenta que la iluminación artificial necesaria según los requerimientos del crisantemo es de 90 horas por campaña de 45 días y que cada día se ilumina 2 horas el cultivo. Un foco incandescente en promedio dura 1200 horas es decir serviría para 13.3 campañas (1,7 años), un foco Fluorescente en promedio dura 9000 horas lo que equivale a 100 campañas (12,5 años) y un foco LED en promedio dura 40000 horas equivalente a 444.4 campañas (55.6 años) (Tabla 28).

**Tabla 28. Comparación de tecnologías de iluminación. Chiclayo, 2016.**

<b>TECNOLOGÍA DE ILUMINACION</b>	<b>DURACION PROMEDIO (HORAS)</b>	<b>NUMERO DE HORAS POR CAMPAÑA</b>	<b>NUMERO DE CAMPAÑA POR LA DURACION</b>	<b>AÑOS DE DURACION SEGÚN NUMERO DE CAMPAÑAS</b>
<b>Incandescente</b>	1200	90	13.3	1.7
<b>Fluorescente</b>	9000	90	100.0	12.5
<b>LED</b>	40000	90	444.4	55.6

Fuente: Elaboración propia

## V. CONCLUSIONES

Para las condiciones de la región Lambayeque, se ha determinado:

1. Que con el uso de iluminación artificial existe un efecto significativo en el crecimiento vegetativo que ha permitido la obtención de varas florales de longitud comercial en los cultivares de crisantemo: 'White Polaris', 'Yellow Polaris', 'White Spider' y 'Yellow Spider'.
2. En relación a la longitud de vara floral, todos los tratamientos que recibieron iluminación fueron superiores a los testigos, el cultivar 'White Polaris' (69,99 cm) fue el que alcanzo mayor altura presentando diferencias significativas con los cultivares 'Yellow Polaris' (66,91 cm), 'White Spider' (61,99 cm) y 'Yellow Spider' (63,92 cm), la tecnología LED (77,67 cm) fue superior significativamente a la Incandescente (64,75 cm) y Fluorescente (63,79 cm) y la intensidad de 1200 lúmenes (78,92 cm) fue superior a la de 800 lúmenes (75,23 cm) y 600 lúmenes (52,18 cm).
3. En relación al diámetro basal de vara floral los cultivares 'White Polaris' (8,04 mm) y 'Yellow Polaris' (7,67 mm) obtuvieron mejores resultados teniendo diferencias significativas con los cultivares 'White Spider' (7,10 mm) y 'Yellow Spider' (6,96 mm), las tecnologías de iluminación Incandescente (7,74 mm), LED (7,6 mm) y Fluorescente (7,57 mm) superan significativamente al testigo (5,55 mm), confirmando la necesidad de iluminación artificial y la intensidad que dio mejores resultados fue de la 1200 lúmenes (8,21 mm) mostrando también diferencias significativas con las de 800 lúmenes (7,41 mm) y 600 lúmenes (7,33 mm).
4. En relación al diámetro de capitulo floral (inflorescencia), el cultivar 'White Polaris' (6,96 cm) es el que obtuvo mejor respuesta diferenciándose significativamente de los cultivares 'Yellow Polaris' (6,42 cm), 'White Spider' (5,94 cm) y 'Yellow Spider' (5,82 cm), la tecnología de iluminación LED (7,29 cm) supera significativamente a la Fluorescente (6,17 cm) e Incandescente (6,23 cm) y la intensidad de 1200 lúmenes (7,67 cm) supera significativamente a la de 800 lúmenes (6,81 cm) y de 600 lúmenes (5,19 cm).
5. El cultivar 'White Polaris' obtuvo un desarrollo vegetativo superior a los demás cultivares logrando 86,13 cm de longitud de vara floral, un diámetro de vara de 9,2 mm y un diámetro de capitulo de 8,53 cm, superando el estándar comercial de las características evaluadas.

6. Las tecnologías de iluminación Incandescente (86,13 cm) y la LED (85,08) obtuvieron los mejores resultados de longitud de vara floral, diámetro de vara LED (9,3 mm) e Incandescente (9.2 mm) y diámetro de capitulo Incandescente (8,53 cm) y LED (8,52 cm), superando el estándar comercial de todas las características.
7. Con respecto a las intensidades la que obtuvo los mejores resultados para longitud de vara floral fue la de 1200 lúmenes (86,13 cm), al igual que para el diámetro de vara floral (9,3 mm) y el diámetro de capítulo (8,53 cm), superando el estándar comercial.
8. La tecnología de iluminación LED es la que incurre en menos costos, logrando un ahorro de 90,91% (focos LED de 9 w) y 93,54% (focos LED de 6.5 w) en comparación a la tecnología incandescente de 100 watts que es la utilizada por la mayoría de productores de crisantemo en Lambayeque.
9. Teniendo en cuenta los 45 días de iluminación en el cultivo de crisantemo la tecnología de iluminación LED es la de menor consumo en las intensidades de 800 lm (0,81 kwh) y 600 lm (0,585 kwh). La tecnología fluorescente 600 lm consume 0.99 kwh sin embargo no logra los estándares comerciales. La tecnología incandescente es la de mayor consumo en sus tres intensidades 1200 lm (9 kwh), 800 lm (6.3 kwh) y 600 lm (4.5 kwh).

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Promover el uso de la tecnología de iluminación LED con la intensidad de 1200 lm durante 45 días (dos horas diarias) ya que con ello se asegura la producción de crisantemos de calidad.
2. Llevar un control disciplinado durante el manejo del cultivo (trasplante, fertilización, riegos, manejo fitosanitario y cosecha), con la finalidad de evitar desfases que mermen la producción uniforme de crisantemo de calidad.
3. Realizar estudios de periodos de iluminación que permita calcular la cantidad necesaria de días y horas de iluminación por cada cultivar estudiado para conocer el tiempo adecuado de iluminación en el cultivo que permita mejorar los costos de producción.
4. Utilizar lámparas de una misma marca, esto debido a que las especificaciones de las casas manufactureras son diferentes entre sí. Asimismo se recomienda realizar experimentos con lámparas LED de diferentes marcas, para evaluar si hay variación en sus rendimientos durante el cultivo de crisantemos.
5. En un cultivo de grandes extensiones, se recomienda emplear lámparas LED de cualquier intensidad de luz, ya que se obtendrán buenos resultados, pero con un menor gasto económico que si se utilizaran lámparas incandescentes, es decir, mejora la rentabilidad del cultivo.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Almanza, E. M. (2011). Sistema hibrido de iluminación para el desarrollo de plantas aplicación en invernaderos obtenido de: <https://hera.ugr.es/tesisugr/20688039.pdf>
- Andersson, N.E. (1990). Effects of level and duration of supplementary light on development of chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*.
- ASPROMAD (2016).Informe técnico proyecto: Desarrollo de sistema controlado de iluminación LED utilizando energía solar para la obtención de varas florales con longitud comercial en el cultivo del crisantemo en Lambayeque. El cual fue cofinanciado porINNOVATE PERU
- Cárdenas, P. M. (2001). Evaluación de diferentes periodos de iluminación nocturna en el control de floración de cuatro cultivares de crisantemo (*Dendratherma grandiflora*). Universidad Nacional Agraria La molina.
- Carvalho, S. M., Heuvelink, E., & van Kooten, O. (2002). Effect of light intensity, plant density and flower bud removal on the flower size and number in cut chrysanthemum. *Acta horticulturae*.
- Carvalho, F. (2007).Mining industry and sustainable development: time for change. Obtenido de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/fes3.109>
- Cockshull, K. E., & Hughes, A. P. (1971). The effects of light intensity at different stages in flower initiation and development of *Chrysanthemum morifolium*. *Annals of Botany*.
- Donoyan, J.P. (1987). Determinación de la cantidad mínima de horas de iluminación suplementaria continua necesaria

para inducir días largos en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*, Ramat) cv. "White Polaris". Universidad Nacional Agraria La Molina.

Enríquez, S (2012). Estudio del impacto ambiental de fuentes de luz durante: su producción, tiempo de vida y desecho obtenido  
de: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/20716/SantiagoEnriquez\\_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/20716/SantiagoEnriquez_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Espinoza, S. Y Celis, M. R. (2003). Cultivo de Crisantemo. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Gálvez, Y.A. (2012). Concentración de Calcio y Presión Osmótica de la Solución Nutritiva en el Crecimiento Vegetativo y Floral de Crisantemo. Obtenido de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7456/YASM%C3%8DN%20ARACELI%20G%C3%81LVEZ%20%20MU%C3%91OZ.pdf>

Garde, G. P. (2013). Suplementação De Luz Intermitente Emitida Por Led Sobre As Características Fitotécnicas E Anatômicas De Crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa).

GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA LAMBAYEQUE  
(2015) obtenido de: <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/p-agraria/avances-lambayeque.pdf>

Hernández, E. A. (2008). Respuesta Del Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ram.) Al Uso De Fertilizantes Inorganicos Mineral, Organomineral Y Desalinizadores.



- Jeong, S. W., Hogewoning, S. W., & van Ieperen, W. (2014). Responses of supplemental blue light on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*.
- Khattak, A. M., & Pearson, S. (1996). The effects of light quality and temperature on the growth and development of chrysanthemum cvs Bright Golden Anne and Snowdon. In II Workshop on Environmental Regulation of Plant Morphogenesis.
- Larson, R. A. (1996). Introducción a la floricultura. Primera edición. AGT Editores. México.
- Martin, P. Navas, L. M., Hernández, S., Correa, A., Martin, J., Martin, E., & Duran, J. M. (2010). Diodos emisores de luz para irradiación de plantas. *Scribd*.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS PERU (2016). Obtenido de: <https://www.google.com.pe/search?q=ministerio+de+energia+y+minas+peru+2016&oq=ministerio+de+energia+y+minas+peru+2016+&aqs=chrome..69i57j0l5.8430j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Muñoz, M.I (2011). Gestión de calidad tahamí & cultiflores. Obtenido de: [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/245/1/GESTION\\_DE\\_CALIDAD.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/245/1/GESTION_DE_CALIDAD.pdf)
- Olivas, T. C. (2012). Efecto de diferentes intensidades de luz en el crecimiento de crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Ramat), bajo condiciones de vivero-Huacho
- Ouzounis, T., Fretté, X., Rosenqvist, E., & Ottosen, C. O. (2014). Spectral effects of supplementary lighting on the secondary metabolites in roses, chrysanthemums, and campanulas. *Journal of plant physiology*.

- Palacios, J. (2006). Manual de Floricultura General. Departamento de Horticultura-Universidad Nacional Agraria La Molina. Segunda edición.
- Palacios, José y Cárdenas, P. (2007). Evaluación de tres tratamientos fotoperiodicos en do cultivares de crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Ramat). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Santiago, V. (2001). Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos a diferentes dosis y frecuencias en el cultivo de crisantemo, en suelos con buenas características agronómicas. México.
- Salmerón, J. (1975). Crisantemos. Obtenido de: [https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1975\\_23-24.pdf](https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1975_23-24.pdf)
- Tamayo C. F. (2014) .Tasa de incremento lumínico óptimo durante la aclimatación in vitro de *Nothofagus alpina* (*Nothofagus alpina* Poepp et Endl (Oerst)). Obtenido de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/fift153t/doc/fift153t.pdf>
- Toro, F. D. J. C., & Londoño, G. A. C. (2005). Evaluación de dos tratamientos fotoperiódicos en crisantemo (*dendranthema grandiflorum* (ramat.) kitam.), bajo condiciones del intertrópico andino alto. Revista Facultad Nacional de Agronomía.
- Zheng, L., & Van, M. C. (2017). Chrysanthemum morphology, photosynthetic efficiency and antioxidant capacity are differentially modified by light quality. Journal of plant physiology.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 01. Comparaciones por parejas de acuerdo al cultivar, tipo de lámpara e intensidad de luz a los 90 días de cultivo. Chiclayo, 2016.

LÁMPARA	INTENSIDAD	CULTIVAR	CULTIVAR	Sig.
INCANDESCENTE	1200 lm	AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	*
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	*
			AB	NS
			PA	NS
	800 lm	AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	*
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS

FLUORESCENTE	600 lm	PB	AA	*
			AB	NS
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
	1200 lm	PB	AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	*
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	*
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	*
			AB	*
			PA	NS

LED	800 lm	AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	*
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	*
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	*
			AB	*
			PA	NS
	600 lm	AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
PA		AA	NS	
		AB	NS	
		PB	NS	
PB		AA	NS	
		AB	NS	
		PA	NS	
1200 lm	AA	AB	NS	
		PA	NS	
		PB	*	

800 lm	AB	AA	NS
		PA	NS
		PB	NS
	PA	AA	NS
		AB	NS
		PB	NS
	PB	AA	*
		AB	NS
		PA	NS
	AA	AB	NS
		PA	NS
		PB	NS
600 lm	AB	AA	NS
		PA	NS
		PB	NS
	PA	AA	NS
		AB	NS
		PB	NS
	PB	AA	NS
		AB	NS
		PA	NS
	AA	AB	NS
		PA	NS
		PB	NS
600 lm	AB	AA	NS
		PA	NS
		PB	NS

TESTIGO	TESTIGO	PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.

## Anexo 02. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Longitud según el Cultivar. Chiclayo, 2016.

CULTIVAR	CULTIVAR	Sig.
AA	AB	NS
	PA	*
	PB	*
AB	AA	NS
	PA	*

	PB	*
PA	AA	*
	AB	*
	PB	*
	AA	*
PB	AB	*
	PA	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.

### Anexo 03. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Longitud según el Tipo de lámpara. Chiclayo, 2016.

LÁMPARA	LÁMPARA	Sig.
IN	FL	NS
	LD	*
	TESTIGO	*
FL	IN	NS
	LD	*
	TESTIGO	*
LD	FL	*
	IN	*
	TESTIGO	*
TESTIGO	FL	*
	IN	*
	LD	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.



**Anexo 04. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Longitud según la Intensidad de luz. Chiclayo, 2016.**

INTENSIDAD	INTENSIDAD	Sig.
1200 lm	600 lm	*
	800 lm	*
	TESTIGO	*
800 lm	1200 lm	*
	600 lm	*
	TESTIGO	*
600 lm	1200 lm	*
	800 lm	*
	TESTIGO	*
TESTIGO	1200 lm	*
	600 lm	*
	800 lm	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo

**Anexo 05. Comparaciones por parejas de acuerdo al cultivar, tipo de lámpara e intensidad de luz a los 90 días de cultivo. Chiclayo, 2016.**

LÁMPARA	INTENSIDAD	CULTIVAR	CULTIVAR	Sig.
INCANDESCENTE	1200 lm	AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	NS
			AB	NS
			PA	NS

			AB	NS
		AA	PA	NS
			PB	NS
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
800 lm		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
600 lm		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
FLUORESCENTE	1200 lm			

	AB	AA	NS
		PA	NS
		PB	*
	PA	AA	NS
		AB	NS
		PB	NS
	PB	AA	NS
		AB	*
		PA	NS
	AA	AB	NS
		PA	NS
		PB	*
800 lm	AB	AA	NS
		PA	NS
		PB	NS
	PA	AA	NS
		AB	NS
		PB	NS
	PB	AA	*
		AB	NS
		PA	NS
	AA	AB	NS
		PA	NS
		PB	NS
600 lm	AB	AA	NS
		PA	NS
		PB	NS

LED	1200 lm	PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	*
			PB	*
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	*
		PA	AA	*
			AB	NS
			PB	NS
LED	800 lm	PB	AA	*
			AB	*
			PA	NS
		AA	AB	NS
			PA	*
			PB	*
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	*
		PA	AA	*
			AB	NS
			PB	NS

TESTIGO	TESTIGO	600 lm	PB	AA	*
				AB	*
				PA	NS
			AA	AB	NS
				PA	NS
				PB	NS
			AB	AA	NS
				PA	NS
				PB	NS
			PA	AA	NS
				AB	NS
				PB	NS
		PB	AA	NS	
			AB	NS	
			PA	NS	
		1200 lm	AA	AB	NS
				PA	NS
				PB	NS
			AB	AA	NS
				PA	NS
				PB	NS
			PA	AA	NS
				AB	NS
				PB	NS
PB	AA		NS		
	AB		NS		
	PA		NS		

**Anexo 06. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples:  
Diámetro del Tallo según el Cultivar. Chiclayo, 2016.**

CULTIVAR	CULTIVAR	Sig.
AA	AB	NS
	PA	*
	PB	*
AB	AA	NS
	PA	*
	PB	*
PA	AA	*
	AB	*
	PB	*
PB	AA	*
	AB	*
	PA	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.

**Anexo 07. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples:  
Diámetro del Tallo según el Tipo de lámpara. Chiclayo, 2016.**

LÁMPARA	LÁMPARA	Sig.
IN	FL	NS
	LD	*
	TESTIGO	*
FL	IN	NS
	LD	*
	TESTIGO	*
LD	IN	*
	FL	*
	TESTIGO	*
TESTIGO	IN	*
	FL	*
	LD	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.

**Anexo 08. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples:  
Diámetro del Tallo según la Intensidad de luz. Chiclayo, 2016.**

INTENSIDAD	INTENSIDAD	Sig.
1200 lm	600 lm	*
	800 lm	*
	TESTIGO	*
800 lm	1200 lm	*
	600 lm	*
	TESTIGO	*
600 lm	1200 lm	*
	800 lm	*
	TESTIGO	*
TESTIGO	1200 lm	*
	600 lm	*
	800 lm	*

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con una  $P < 0.05^*$ , p valor  $< 0.05$ ; NS, no significativo.

**Anexo 09. Comparaciones por parejas de acuerdo al cultivar, tipo de lámpara e intensidad de luz a los 90 días de cultivo. Chiclayo, 2016.**

LÁMPARA	INTENSIDAD	CULTIVAR	CULTIVAR	Sig.
INCANDESCENTE	1200 lm	AA	AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
		AB	AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
		PA	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
		PB	AA	NS
			AB	NS
			PB	NS

			AB	NS
			PA	NS
800 lm	AA		AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
	AB		AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
	PA		AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
	PB		AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
600 lm	AA		AB	NS
			PA	NS
			PB	NS
	AB		AA	NS
			PA	NS
			PB	NS
	PA		AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
	PB		AA	NS
			AB	NS
			PA	NS
FLUORESCENTE	1200 lm	AA	AB	NS



800 lm	AB	PA	NS
		PB	*
		AA	NS
		PA	NS
		PB	*
		AA	NS
	PA	AB	NS
		PB	NS
		AA	*
	PB	AB	*
		PA	NS
		AB	NS
	AA	PA	*
		PB	*
		AA	NS
		PA	NS
		PB	*
		AA	*
PA	AB	NS	
	PB	*	
	AA	*	
	AB	*	
	PA	*	
	AA	NS	
PB	AB	*	
	PA	*	
	AB	NS	
	PA	NS	
	PB	NS	
	AB	AA	
600 lm	AA	AB	NS
		PA	NS
		PB	NS
	AB	AA	NS

LED	1200 lm	PA	PA	NS
			PB	NS
			AA	NS
			AB	NS
			PB	NS
			AA	NS
		PB	AB	NS
			PA	NS
			AB	NS
		AA	PA	*
			PB	*
			AA	NS
	800 lm	AB	PA	NS
			PB	*
			AA	*
		PA	AB	NS
			PB	NS
			AA	*
		PB	AB	*
			PA	NS
			AB	NS
		AA	PA	*
			PB	*
			AA	NS
		AB	PA	*
			PB	*
			PA	AA
		PA	AA	*

TESTIGO	TESTIGO	600 lm	PB	AB	*	
				PB	NS	
				PB	AA	*
					AB	*
				AA	PA	NS
					AB	NS
			AB	PA	NS	
				PB	NS	
				PA	AA	NS
					PA	NS
					PB	NS
				1200 lm	PB	AA
		AB	NS			
		PB	NS			
		PA	AA			NS
			AB			NS
			PB			NS
		AA	AB		NS	
			PA		NS	
			PB		NS	
			AB		AA	NS
					PA	NS
					PB	NS

	AB	NS
	PA	NS

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.

**Anexo 10. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples:  
Diámetro de la inflorescencia según el Cultivar. Chiclayo, 2016.**

CULTIVAR	CULTIVAR	Sig.
AA	AB	NS
	PA	*
	PB	*
AB	AA	NS
	PA	*
	PB	*
PA	AA	*
	AB	*
	PB	*
PB	AA	*
	AB	*
	PA	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.

**Anexo 11. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples:  
Diámetro de la inflorescencia según el Tipo de lámpara. Chiclayo,  
2016.**

LÁMPARA	LÁMPARA	Sig.
IN	FL	NS
	LD	*
	TESTIGO	*
FL	IN	*
	LD	*
	TESTIGO	*
LD	IN	*
	FL	*

TESTIGO		*
TESTIGO	IN	*
	FL	*
	LD	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.

### **Anexo 12. Prueba de Tukey – Comparaciones múltiples: Diámetro de la inflorescencia según la Intensidad de luz. Chiclayo, 2016.**

INTENSIDAD	INTENSIDAD	Sig.
1200 lm	600 lm	*
	800 lm	*
	TESTIGO	*
800 lm	1200 lm	*
	600 lm	*
	TESTIGO	*
600 lm	1200 lm	*
	800 lm	*
	TESTIGO	*
TESTIGO	1200 lm	*
	600 lm	*
	800 lm	*

\*,p valor < 0.05; NS, no significativo.