

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

## FACULTAD DE INGENIERIA

### ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



## INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN LEDs EN PLANTULAS *IN-VITRO* DE PAPA (*Solanum Tuberosum*) VARIEDAD INIA CANCHAN EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA– ABANCAY.

TRABAJO TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO, PRESENTADO POR LOS BACHILLERES EN CIENCIAS AGRARIAS:

- Dansy PANCORBO MONZON
- Rosalío QUISPE SERRANO
- Wilber DAMIAN PAUCAR

ASESOR: M. Sc. JUAN ALARCON CAMACHO

ABANCAY - APURIMAC – PERÚ

2017

## DEDICATORIA

*“Dedico este trabajo de tesis, a mis padres. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

*A mi familia que me apoyaron en mi formación profesional y el logro de mis sueños y triunfos a todos ellos.*

**Dansy**

## DEDICATORIA

*“A mis padres por su apoyo en toda mi formación profesional que me brindaron y me siguen brindando.*

*A mis compañeros de estudios por brindarme su amistad incondicional y con quienes vivimos momentos agradables en nuestra formación profesional afianzando así nuestra vocación.*

***Wilber***

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo tesis, a mis padres Rosalío Quispe Rayme a mi madre Gladis Yuli Serrano León, por el apoyo que me brindaron en todo momento durante mi formación profesional y ahora en la búsqueda de mis objetivos en la vida.*

*A mis hermanos por su amor y apoyo incondicional durante mi formación Profesional, que me alientan en mi afán por alcanzar mi sueño.*

**Rosalío**

## AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento de manera especial y sincera al M. Sc. Juan Alarcón Camacho y al ing. Benito Sauñe Carrasco por ser nuestro asesor para realizar este trabajo de tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este trabajo, sino también en nuestra formación profesional, Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Les agradecemos también el habernos facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis. Muchas gracias Ingeniero y esperamos verlo pronto en campo laboral.

Debemos agradecer también a quienes fueron nuestros docentes de la Carrera Profesional de Agronomía: Dr. Francisco Medina Raya, Dr. Ely Acosta Valer, M. Sc. Braulio Pérez Campana, M. Sc. Jaher Menacho Morales, Ing. Rosa Marrufo Montoya y demás docentes, por su constante esfuerzo y paciencia para contribuir en nuestra formación profesional, y a todos aquellos de manera directa e indirectamente participaron en el logro de nuestro objetivo, a todos ellos gracias.

.....  
Rosalío Quispe Serrano

.....  
Dansy Pancorbo Monzon

.....  
Wilber DAMIAN PAUCAR

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación intitulado **“INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN LEDs EN PLANTULAS IN-VITRO DE PAPA (*Solanum Tuberosum L.*) VARIEDAD INIA CANCHAN EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA– ABANCAY”**. fue realizado en el Laboratorio de biotecnología de la Universidad Tecnológica de los Andes que se encuentra a una altitud de 2,413 m.s.n.m, el espacio de investigación cuenta con un área de 15 m<sup>2</sup>, este ambiente cuenta con un sistema de iluminación con luminarias LEDs y el control de la temperatura interna del ambiente se realiza mediante un equipo de aire acondicionado, que brinda condiciones de temperatura y humedad adecuadas para el desarrollo de las plántulas *in-vitro*, el objetivo principal es; evaluar la utilización de la iluminación LEDs en el desarrollo fisiológico de plántulas *in-vitro* de papa (*solanum tuberosum L.*) variedad INIA Canchan en el laboratorio de biotecnología., los materiales utilizados durante la investigación fueron, Sales minerales, Agar, Medios de cultivo, Pinzas, Bisturí, Frascos de vidrio, Magentas, material vegetativo de plántulas *in-vitro* (yemas). La metodología aplicada para la ejecución del trabajo de investigación experimental práctico, se realizó de la siguiente manera: como primer paso se verificó las instalaciones eléctricas y el aire acondicionado luego se procedió a realizar el pintado de los andamios y el ambiente de color blanco, se realizó las instalaciones de las luminarias LEDs y el aire acondicionado, se preparó medios de cultivo para evaluar los ml en los frascos (20 ml, 25 ml, 30 ml, más testigo) se puso al autoclave por unos 30 minutos, se utilizó plántulas de papa de la variedad INIA canchan, por frasco se pusieron 15 yemas axilares, se evaluó cada 8 días el total de evaluaciones 3, se evaluó altura de planta, longitud de raíz número de hojas, el diseño

experimental utilizado fue (DBCA) diseño de bloques completamente al azar se hicieron 4 tratamientos y repeticiones en medios de cultivo con las siguientes niveles; 20 ml, 25 ml, 30 ml, más testigo, con los datos obtenidos se realizó la evaluación en el cuadro de ANVA y TUKEY, el tratamiento que tuvo mayor porcentaje de hojas, altura de planta, longitud de raíz fue, T3 con 30 ml, seguido del T2 con 25 ml y como menor resultado tuvo T1 con 20 ml donde se observó menor desarrollo de hojas y tallo en conclusión el medio de cultivo de 30 ml, tuvo mayor resultado a los demás medios de cultivo . Los costos de producción para propagar 13,000 plántulas por campaña son de S/.3,858.54 soles y un costo unitario de por planta de 0.30 céntimos de sol.

## INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.....	6
INDICE.....	8
INTRODUCCION.....	11

### CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. Objetivo General.....	13
1.2.2. Objetivos Específicos.....	13
1.3. JUSTIFICACION.....	13
1.4. HIPOTESIS.....	14

### CAPITULO II

#### REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. CULTIVO DE PAPA.....	15
2.1.1. Clasificación Botánica.....	15
2.1.2. Origen y Distribución.....	15
2.1.3. Descripción botánica.....	16
2.1.4. Requerimientos del cultivo.....	18
2.2. LABORATORIO DE CULTIVO DE TEJIDOS.....	20
2.2.1. Área de Lavado.....	21
2.2.2. Área de Neveras y Autoclave.....	21
2.2.3. Área de Preparación de Medios.....	21
2.2.4. Área de subcultivo.....	22
2.2.5. Área de Crecimiento.....	23

2.2.6. Área de Conservación.....	23
2.3. CULTIVO DE TEJIDOS .....	24
2.4. CULTIVO IN VITRO.....	25
2.4.1. La Micropropagación.....	26
2.4.2. Medios de Cultivo.....	27
2.4.3. Proceso de Micropropagación.....	27
2.5. LUMINARIAS LEDs.....	33
2.5.1. Tipos de LEDs.....	33
2.5.2. Principio de Operación de los LEDs.....	36
2.5.3. Materiales, Estructuras y Métodos de Construcción.....	38
2.5.4. Comportamiento Óptico.....	41
2.5.5. Comportamiento y Manejo Eléctrico.....	43
2.6. TIPO DE LUZ EN LOS LEDs.....	44
2.6.1. Conceptos Básicos Sobre la Luz y el Color.....	44
2.6.2. Temperatura del Color. ....	45

### CAPITULO III

#### MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACION DEL EXPERIMENTO.....	51
3.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	51
3.3. MATERIALES .....	51
3.4. METODOLOGIA .....	53
3.4.1. Diseño Experimental .....	54
3.4.2. Distribución de los tratamientos .....	55
3.5. EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	55
3.5.1. Instalación .....	55
3.5.2. Preparación de medios de cultivo. ....	55
3.5.3. Micro propagación.....	55

3.6. EVALUACIONES REALIZADAS DURANTE EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	56
---	----

#### CAPITULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	58
4.3. CONCLUSIONES .....	69
4.4. RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	71
ANEXOS.....	74

## INTRODUCCION

La producción de semilla pre básica de papa de alta calidad, se realiza multiplicando material limpio de cultivos *in-vitro* en un laboratorio de biotecnología y posteriormente trasplantando estas plántulas a un invernadero, donde completarán su desarrollo en condiciones ambientales protegidas, Este sistema de producción representa una importante alternativa para la agricultura ya que esta siendo utilizada en otras regiones del país de manera viable y con múltiples ventajas, pero esta tecnología aun no es aprovechada de manera intensiva en nuestra Región.

Con el trabajo de investigación “INFLUENCIA DE LA ILUMINACIÓN LEDs EN PLANTULAS IN-VITRO DE PAPA (*Solanum Tuberosum L.*) VARIEDAD INIA CANCHAN EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – ABANCAY”, se realizó la implementación de un sistema de iluminación LEDs y el control de la temperatura interna del ambiente utilizando un equipo de aire acondicionado, que brindara las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para el desarrollo de las plántulas, otra ventaja de la iluminación LEDs, es la disminución de costos que nos permitirá reducir costos de producción de plántulas de distintas especies, el funcionamiento se realizará con sistemas de control inteligente, que nos permite tener la cantidad de luz que realmente necesitamos para el desarrollo de las plántulas *in-vitro*, lo que nos permite hacer uso responsable de los recursos naturales asimismo se potencia la producción de plántulas en el laboratorio de Biotecnología lo que coadyuvara en la producción de semilla de alta calidad, mejorando así significativamente la oferta regional.

## CAPITULO I

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El laboratorio de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de los Andes en la actualidad no cuenta con un sistema adecuado de iluminación específicamente en la sala de incubación, para la micro propagación *in-vitro* de plántulas de papa, lo que ocasiona un deficiente desarrollo de las plántulas y un elevado costo de producción debido a que el sistema actual de iluminación en el Laboratorio gasta mucha energía, además en la actualidad no se conoce con exactitud la cantidad de medio de cultivo que se debe utilizar para obtener un buen desarrollo fisiológico de las plántulas, lo que repercute en el proceso de aclimatación en el invernadero ya que se genera un problema de mortandad de plántulas de un porcentaje considerable, la iluminación LEDs se ha convertido en una buena alternativa para lograr un mejor desarrollo de las plántulas y obtener semilla de óptima calidad, libre de fitopatógenos en condiciones controladas. En este trabajo se propuso estudiar las luces LEDs como fuente de luz alternativa en el ciclo de producción *in-vitro* de plántulas de papa (*Solanum tuberosum L.*)

¿Cómo influye la iluminación LEDs en el desarrollo fisiológico de plántulas *in-vitro* de papa (*Solanum tuberosum L.*) en la variedad INIA canchan?

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la iluminación LEDs en plántulas *in-vitro* de papa (*Solanum Tuberosum L.*) variedad INIA canchan en el Laboratorio de Biotecnología.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Comparar el desarrollo fisiológico en medios de cultivos de los siguientes tratamientos; 20 ml, 25 ml, 30 ml y (testigo) con influencia de luminarias LEDs.
- Elaborar los costo de producción en plántulas *in-vitro* de papa.

## 1.3. JUSTIFICACION

Con el presente trabajo de investigación se busca demostrar los beneficios el cultivo *in-vitro* de plántulas de papa variedad INIA Canchan aprovechando la tecnología de la iluminación LEDs para lo cual en la investigación se trabajará con cuatro tratamientos con diferentes cantidades de medios de cultivo. En los últimos años se ha puesto especial énfasis en investigar y desarrollar nuevas tecnologías en los sistemas de iluminación en los Laboratorios de biotecnología, a fin de poder optimizar la producción y calidad de plántulas *in-vitro*, así como también consumir menos energía. Esto se debe a que los factores relacionados con el sistema de iluminación artificial son los que más afectan al costo de producción. Se ha demostrado que los LEDs de luz blanca son ocho veces más eficientes en convertir la energía eléctrica en lumínica que los bulbos de luz

incandescente. En ese ese sentido, con los resultados del presente trabajo se optimizará la producción de plántulas *in-vitro* en laboratorio, ya que las plántulas tendrán un mejor desarrollo fisiológico, realizando mejor uso de los recursos energéticos y disminuyendo notablemente los costos de producción, lo cual coadyuvara a que la Universidad Tecnológica de los Andes, mejore la oferta de semilla pre básica de papa de calidad en la región de Apurímac.

#### **1.4. HIPOTESIS**

la iluminación LEDs mejorara el desarrollo el desarrollo de las plántulas *in-vitro* en la formación de la raíz, hojas y altura de plántula de papa (*Solanum Tuberosum L.*) variedad INIA canchan en el Laboratorio de Biotecnología.

## CAPITULO II

### REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 2.1. CULTIVO DE PAPA

##### 2.1.1. Clasificación Botánica.

La clasificación sistemática de la papa según **Huamán, 2001**

Reino : Vegetal

División : Fanerógama

Subdivisión : Angiospermas

Clase : Dicotiledóneas

Subclase : Simpétala

Sección : Anisocárpeas

Orden : Tubifloríneas

Familia : Solanaceae

Género : Solanum L.

Especie : *Solanum tuberosum* L.

##### 2.1.2. Origen y Distribución.

**Villafuerte, (2008)**. El cultivo de la papa, que a lo largo de la historia ha ocupado un lugar trascendental en la alimentación humana, tuvo su origen en el área cercana al lago Titicaca, en la actual zona limítrofe entre Perú y Bolivia. Con el correr del tiempo, el hombre andino obtuvo cientos de variedades, extendiendo el cultivo de papa por casi toda la región andina, ocupando las regiones altas de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia

y Chile. Esta época coincidió con la llegada de los españoles a Sudamérica, quienes introdujeron la papa en Europa a finales del siglo XVI, siendo dispersada posteriormente por todo el mundo debido al intercambio comercial, constituyéndose así en un elemento muy importante para la dieta humana.

### **2.1.3. Descripción botánica**

#### **2.1.3.1. Brote**

El brote es un tallo que se origina en el “ojo” del tubérculo. El tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en las que se ha almacenado el tubérculo están constituido por: lenticelas, pelos, yema terminal, yema lateral, nudo y primordios radiculares.

#### **2.1.3.2. Planta**

**Wiersema, (1998).** La planta es vigorosa, tiene un desarrollo bastante rápido, cubre bien el terreno. Tamaño medio, tallos en número de cuatro, color morado con pigmentación verde, presencia de alas dentadas, entrenudos largos y manifiestos, ramificación basal.

#### **2.1.3.3. Raíz**

La raíz es la estructura subterránea responsable de la absorción de agua. Se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forma un sistema fibroso, las raíces de la papa son de menor profundidad, son débiles y se encuentran en capas superficiales.

#### **2.1.3.4. Hojas**

Las hojas son compuestas, imparipinadas, color verde intenso, abiertas, débilmente diseccionadas, con tricomas en haz y envés, tamaño medio, cuatro pares de folíolos primarios unidos por un peciolo, que se alternan con un par de hojuelas entre ellos.

El mismo autor menciona que las hojas carecen de hojuelas entre peciolos, el folíolo terminal es mediano, asimétrico, ovado con el ápice agudo y pseudo estípulas medianas. Folíolos secundarios pequeños, asimétricos, peciolados y un pequeño par de folíolos terciarios peciolados también. El raquis es pigmentado en la parte inferior y en la parte superior presenta dos canales en los cuales el pigmento se acentúa en el ángulo de inserción del peciolo con el raquis.

#### **2.1.3.5. Flor**

Las flores son abundantes a moderadas, inflorescencia cimosa con pedúnculo, presencia de hoja en formación en la base del ramillete floral. Cáliz: cinco sépalos morados con pigmentación verde, acuminado y pubescente. Corola: cinco pétalos, rotada, morada y tamaño medio. Estambres: anteras amarillas y largas. Pistilo: verde, con estigma más largo que las anteras. Con alta fertilidad como hembra o macho.

#### **2.1.3.6. Fruto y semilla**

**Arzuaga, 2010.** El fruto o baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla conocida también como semilla sexual, es el ovulo fecundado, desarrollado y maduro. El número de semillas por fruto puede variar desde cero (nada) hasta 400.

#### **2.1.3.7. Tubérculo**

**Sergeeva, (2006).** Los tubérculos son de forma oblonga, piel de color rosado intenso, sin color secundario, pulpa amarilla. Ojos superficiales y bien distribuidos. La dormancia de la semilla es de 120 días.

La formación del tubérculo es consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que estimula el aumento de células hasta un factor de 64 veces; el tubérculo de papa es el tallo subterráneo especializado para el almacenamiento de los excedentes de energía (almidón).

### **2.1.4. Requerimientos del cultivo**

#### **2.1.4.1. Clima**

**Pourrut, (1998),** indica que al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 16 °C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas. El frío excesivo perjudica especialmente a la papa, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar. Si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de

los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades.

#### **2.1.4.2. Humedad**

La humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta a la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de Mildíu, por tanto, esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta.

#### **2.1.4.3. Suelo**

El suelo profundo con buen drenaje, de preferencia francos y franco arenoso, fértil y rico en materia orgánica. La papa puede ser sembrada en suelos arcillosos

de buena preparación y buen drenaje. El pH ideal del suelo para el cultivo de papa está entre 4,5 y 7,5.

#### **2.1.4.4. Temperatura**

**Pourrut, (1998)** cita que, aunque hay diferencias de requerimientos térmicos según la variedad de que se trate, se puede generalizar, sin embargo, que temperaturas máximas o diurnas de 20 a 25°C y mínimas o nocturnas de 8 a 13°C son excelentes para una buena tuberización.

El mismo autor resalta la temperatura media óptima para la tuberización es de 20°C, si la temperatura se incrementa por

encima de este valor disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración y por consecuencia hay combustión de hidratos de carbono almacenados en los tubérculos.

#### **2.1.4.5. Luminosidad**

**Pourrut, (1998)**, la luminosidad también influye en la producción de carbohidratos, desde el momento en que es uno de los elementos que interviene en la fotosíntesis. Su influencia no solo se circunscribe a este aspecto, sino también a la distribución de los carbohidratos, siendo su concentración mayor en los tubérculos cuando es alta. La máxima asimilación ocurre a los 30,000 lux.

## **2.2. LABORATORIO DE CULTIVO DE TEJIDOS**

**Bastida, (2002).** El cultivo de tejidos, como técnica consiste esencialmente en aislar una porción de la planta (explante), proporcionándole artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial intrínseco o inducido. Es necesario además adoptar procedimientos de asepsia para mantener los cultivos libres de contaminación. Basados en este concepto, el diseño del laboratorio de cultivo de tejidos, puede presentar variaciones en magnitud y complejidad, dependiendo de los objetivos del laboratorio. Para el laboratorio de conservación *in-vitro* se han establecido áreas separadas para las diferentes actividades que se desarrollan en el mismo. A continuación, se presentan las áreas o secciones.

### **2.2.1. Área de Lavado**

Todo el proceso de lavado y almacenamiento de material de vidrio, material estéril y diferentes tipos de aguas (ionizada, destilada, bidestilada y bidestilada estéril) necesarios en las actividades cotidianas del laboratorio se realizan en este sitio. Esta área cuenta con un lavadero grande con tres fuentes de agua: fría, caliente y agua doblemente bidestilada usada para el enjuague final en el lavado de material de vidrio. Así mismo se dispone en esta área de estantería para el almacenamiento del material de vidrio y agua estéril bidestilada que va a ser utilizada en los procesos de desinfección.

### **2.2.2. Área de Neveras y Autoclave**

En esta área se encuentran localizadas las neveras donde se almacenan los reactivos, soluciones stock y los diferentes medios de cultivos utilizados en el laboratorio. La autoclave empleada para la esterilización de los medios de cultivo se encuentra ubicada también en ésta área e igualmente el destilador de agua y una cámara de incubación utilizada con fines de investigación.

### **2.2.3. Área de Preparación de Medios**

**Carling, (2002).** Como su nombre lo indica en esta área se realiza la preparación de medios de cultivo, pero también provee un espacio para el almacenamiento de material de vidrio y de plástico, reactivos químicos y agua bidestilada. Esta área cuenta con mesas de trabajo para la preparación de medios, balanza analítica, pHmetro, agitadores

magnéticos, dispensadores de medios entre otros. También se encuentra ubicado en esta área un computador que sirve para toda la gestión del banco de germoplasma.

#### **2.2.4. Área de subcultivo**

En esta área se realiza el trabajo de escisión, inoculación y transferencia de los explantes a los medios de cultivo. Un alto nivel de asepsia debe ser mantenido en ésta área, por lo tanto, se cuenta con un filtro electrostático que se encuentra ubicado en el techo a la salida del aire acondicionado. Los filtros electrostáticos crean su propia carga de electricidad al unirse una malla de nylon con la malla de aluminio formando un campo magnético, según el principio de la electrostática y esto hace que el polvo sea retenido con más eficiencia. El uso de este filtro no incrementa costos, ya que no necesita de electricidad para hacer su función electrostática, y al hacer esto se favorece el nivel de asepsia, mantiene el área y los equipos limpios de cualquier impureza. Las operaciones de inoculación en medios de cultivo son realizadas en cámara de flujo laminar con la presencia de un mechero de alcohol industrial (alcohol metilico) y las herramientas estériles necesaria para esta actividad. Se disponen también de carros transportadores para la ubicación de los medios de cultivo, material vegetal, dispensadores de alcohol al 70% y otros implementos requeridos en las actividades del subcultivo. Así mismo se dispone de recipientes para el material vegetal, el material inorgánico y de vidrio que se descarta.

### 2.2.5. Área de Crecimiento

**Garcia, (2009).** Las condiciones de incubación o crecimiento de material *in-vitro* son:

- Temperatura: 20-23<sup>0</sup> C
- Iluminación: 30,000 lux
- Fotoperíodo : 12 horas
- Calidad de luz: Luminarias LEDs, tipo luz día
- Humedad relativa: 50-70%

El cuarto cuenta con un total de 16 estanterías metálicas pintadas de blanco, cada estantería está constituida por 4 pisos y cada piso permite la ubicación de ocho gradillas y cada gradilla está ocupada por 6 materiales (5 tubos/material) lo que da una capacidad para 3,840 materiales. Cada piso de la estantería contiene una plataforma con perforaciones para facilitar una mejor aireación y la dimensión es de 124 cm x 39 cm, la altura entre cada piso es de un 39 cm permitiendo una buena iluminación, cada piso está provisto de una lámpara fluorescente luz día (balastos son instalados en la parte externa del laboratorio. El espacio entre el suelo y el primer piso debe ser entre 10 y 20 cm para facilitar las labores de limpieza. La regulación de la temperatura se realiza a través de un sistema de refrigeración el cual está conectado a sensores de temperatura que permiten detectar alteraciones de la misma.

### 2.2.6. Área de Conservación

Las condiciones físicas para la conservación *in-vitro* de germoplasma están dadas por las siguientes condiciones:

- Temperatura: 20-23<sup>0</sup> C
- Iluminación: 30,000 lux
- Fotoperíodo: 12 horas
- Calidad de luz: Luminarias LEDs, tipo luz día
- Humedad relativa: 50-70%

Este cuarto cuenta con un total de 41 estanterías metálicas, cada estantería está constituida por 4 pisos y cada piso permite la ubicación de ocho gradillas y cada gradilla está ocupada por 6 materiales (5 tubos/material) lo que da un potencial de conservación para 9,840 materiales. En el cuarto de conservación se emplean sistemas de control de parámetros físicos similares a los empleados en el cuarto de crecimiento. En esta misma zona se cuenta con un espacio para la evaluación y observación periódica de los cultivos, para lo cual se emplean lámparas LEDs. La evaluación se realiza “in situ” para limitar los movimientos de los materiales mantenidos en el banco y disminuir los diferentes riesgos que puedan afectarlos. Las unidades de refrigeración usados para la regulación de las condiciones de temperatura requeridas en los cuartos de crecimiento y conservación están dadas por un sistema interno e independiente que permite minimizar los riesgos de contaminación.

### **2.3. CULTIVO DE TEJIDOS**

**Bastida, (2002).** Señala que el cultivo de tejidos se inicia con la disección microscópica de la planta bajo condiciones estrictamente higiénicas, con el propósito de transferir un tejido que crece activamente (los tejidos

meristemáticos) con seguridad y limpieza, dentro de un recipiente estéril sin introducir microorganismos contaminantes. Las células y tejidos que crecerán y se desarrollarán a partir del explanto original dependen de los objetivos del cultivo de tejidos. En algunos casos las células conformarán una masa aparentemente desorganizada, conocida como callo, en otros estarán presentes otras estructuras reconocibles como tallos, raíces, bulbos u otros órganos. Estos tejidos cultivados *in-vitro* se hallan dentro de un microcosmos estéril de un recipiente de vidrio o de plástico, protegidos del medio exterior no estéril. Es esencial mantener la esterilidad del medio ambiente confinado en el recipiente, debido a que cualquier microorganismo, que pueda entrar al mismo, crecerá de forma oportunista a una velocidad mucho más rápida que los tejidos vegetales y eventualmente colonizarán y matarán a los tejidos.

#### **2.4. CULTIVO *IN-VITRO***

**Echenique, (2010).** Indica que la expresión cultivo *in-vitro* de plantas, significa cultivar plantas dentro de un frasco de vidrio en un ambiente artificial. Esta forma de cultivar las plantas tiene dos características fundamentales: la asepsia (ausencia de gérmenes, etc.), y el control de los factores que afectan el crecimiento. El avance alcanzado por las ciencias biológicas ha permitido en los últimos años el estudio detallado de las plantas tanto a nivel celular como molecular, y en condiciones de laboratorio es posible actualmente reproducir todos los factores que puedan incidir en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este principio general se aplica también al cultivo *in-vitro* de plantas. Reproducir en condiciones de laboratorio todos los factores que conforman el ambiente de la planta en la naturaleza es técnicamente muy complejo. Por esa

razón se realiza una simplificación de la realidad escogiendo aquellos factores que se puedan mantener controlados. Cuando no se realiza el estudio con todo el ser vivo sino con solamente una parte del mismo, se utiliza el término explante para indicar la parte del órgano ó tejido vegetal que se cultiva *in-vitro*. A la dificultad de reproducir las condiciones naturales en condiciones de laboratorio, se debe añadir en este caso la dificultad de suministrar al explante todo aquello que antes obtenía del sistema completo. En resumen, el cultivo *in-vitro* de plantas es una técnica que exige un control específico del ambiente, tanto físico como químico, en el que se sitúa al explante.

#### **2.4.1. La Micropropagación**

Es una de las aplicaciones más generalizadas del cultivo *in-vitro*, a través de la micropropagación, a partir de un fragmento (explante) de una planta madre, se obtiene una descendencia uniforme, con plantas genéticamente idénticas, denominadas clones. El explante más usado para los procesos de propagación *in-vitro* son las yemas vegetativas de las plantas. Los frascos que contienen las plantas se ubican en estanterías con luz artificial dentro de la cámara de crecimiento, donde se fija la temperatura en valores que oscilan entre los 21 y 23°C, además de controlar la cantidad de horas de luz. Por su parte, el medio de cultivo se compone de una mezcla de sales minerales, vitaminas reguladoras de crecimiento, azúcar, agua y agar. La composición del medio depende de la especie vegetal y de la etapa del proceso de micropropagación. Con finalidad puramente descriptiva se puede clasificar los principales factores no biológicos que afectaran al desarrollo del cultivo *in-vitro*, incluyendo:

- Ambiente químico
- Composición del medio de cultivo
- pH
- Ambiente físico
- temperatura
- luz y fotoperíodo
- humedad

#### **2.4.2. Medios de Cultivo**

Para el cultivo de suspensiones celulares de una gran variedad de plantas se ha utilizado el medio de cultivo, pero su composición no difiere mucho de los citados. A menudo, los medios óptimos para la inducción y crecimiento de callos a partir de explantes primarios no son los mismos que para el establecimiento de suspensiones celulares; el nivel óptimo de auxinas y citocininas, puede ser diferente.

En ocasiones las células en suspensión necesitan de suplementos orgánicos, aminoácidos, CH, extracto de levadura.

#### **2.4.3. Proceso de Micropropagación**

Diferenciamos varias fases o etapas:

1: Selección y Preparación de la planta madre

2: Desinfección de las yemas de la planta y/o desinfección de semillas

3: introducción del material seleccionado in vitro

4: Multiplicación de brotes

5: Enraizamiento

6: Aclimatación

Esta secuencia de etapas abarca el ciclo completo de la multiplicación de plantas *in-vitro*; puede ser aplicada a diferentes especies vegetales, en cada caso se podrán incluir simplificaciones o cambios de acuerdo a las características de las plantas, pero en términos generales son comunes al proceso de propagación *in-vitro*.

#### ➤ **FASE 1: PREPARACIÓN DE LA PLANTA MADRE**

**MENZEL (2009)** Para poder establecer el cultivo en condiciones de asepsia, se deben obtener explantes con un nivel nutricional y un grado de desarrollo adecuado. Para obtener estos explantes es recomendable mantener a las plantas madre, es decir la planta donadora de yemas, durante un período de tiempo que puede oscilar entre unas semanas o varios meses en un invernadero bajo condiciones controladas. En ese ambiente se cultiva la planta en condiciones sanitarias óptimas y con un control de la nutrición y riego adecuados para permitir un crecimiento vigoroso y libre de enfermedades.

#### ➤ **FASE 2: DESINFECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL**

**HERNÁNDEZ (2013)** Una vez elegida la planta madre, se extraerán los fragmentos a partir de los cuales se obtendrán los explantes. Los

explantes pueden ser yemas, trozos de hojas, porciones de raíces, semillas, etc. Antes de extraer los explantes se hará una desinfección de los fragmentos de planta madre para eliminar los contaminantes externos. Los contaminantes más comunes son los hongos y las bacterias que habitan en forma natural en el ambiente. Una vez desinfectado el material vegetal, se debe mantener en condiciones de asepsia. A efectos de obtener las condiciones de asepsia, se trabajará en cabinas de flujo laminar para extraer los explantes a partir del material vegetal. Estos explantes se introducirán en un tubo de cultivo conteniendo medio de iniciación para poder controlar la sanidad y la viabilidad, luego de realizar la desinfección del material con hipoclorito de sodio (agua clorada comercial), pura o diluída durante un período de 5 a 15 minutos, seguido por 3 a 4 enjuagues en agua esterilizada.

➤ **FASE 3: INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL *IN-VITRO***

Luego de la desinfección superficial, las semillas o las yemas dependiendo del material seleccionado, se ponen en medio de cultivo estéril. En un período de una semana o quince días, comienza el proceso de germinación o regeneración de nuevos tejidos vegetales, iniciando el ciclo de cultivo *in-vitro*.

➤ **FASE 4: MULTIPLICACIÓN DE LOS BROTES**

Durante esta fase se espera que los explantes que sobrevivieron la FASE 1 y 2 originen brotes (de procedencia axilar o adventicia) con varias hojas. En la base de cada hoja hay una yema que se desarrollará luego de ser puesta en contacto con el medio de cultivo. Periódicamente estos nuevos brotes se deben subcultivar en un nuevo medio mediante divisiones y

resiembras en tubos de cultivo u otros recipientes adecuados. Estas operaciones se realizan en la cámara de flujo laminar o en un lugar aislado que nos permita mantener las condiciones de asepsia. De esta forma aumenta el número de plantas en cada repique o división de las plantas. El número de plantas que se obtiene dependerá de la especie vegetal y de las condiciones del medio de cultivo. El número de plantas que se obtiene por la vía de la micropropagación permite alcanzar incrementos exponenciales, considerando que todos los factores que afectan el crecimiento hayan sido optimizados.

➤ **FASE 5: ELECCIÓN DE UN MEDIO DE ENRAIZAMIENTO DE LOS EXPLANTOS**

Para enraizar los explantes se utilizan principalmente plantines individuales de un tamaño aproximado de 2 centímetros. Los brotes obtenidos durante la fase de multiplicación se transfieren a un medio libre de reguladores de crecimiento o que solo contenga hormonas del tipo auxinas. Algunas especies de plantas no necesitan pasar por esta etapa y emiten sus raíces en el mismo medio de cultivo donde desarrollan yemas nuevas, por lo tanto, el proceso de multiplicación y enraizamiento transcurren en forma simultánea.

➤ **FASE 6: ACLIMATACIÓN DE LOS EXPLANTOS ENRAIZADOS**

Los explantes recién enraizados son muy sensibles a los cambios ambientales, de manera que el éxito o el fracaso de todo el proceso dependen de la aclimatación. En esta etapa las plantas sufrirán cambios de diferente tipo que permitirán la adaptación de las mismas a vivir en condiciones naturales. En el momento en que se extraen los explantes o

plantines enraizados de los frascos, están poco adaptados a crecer en un invernáculo, ya que estos explantes han enraizado y crecido en ambientes con una humedad relativa muy elevada y generalmente tienen estomas (estructuras responsables de regular la transpiración y pérdida de agua en la planta) que no son completamente funcionales frente a descensos de la humedad relativa, y por lo tanto demasiado lentos para evitar la desecación del explante. Por otra parte, crecer en ambientes tan húmedos también suele implicar la falta de una cutícula con cera bien desarrollada, que representa la barrera física para evitar la pérdida de agua a lo largo de toda la superficie de la planta.

La siguiente lista presenta una comparación de las características de una planta en condiciones de laboratorio (*in-vitro*).

- ***In-vitro***
  - No realiza fotosíntesis
  - Crecimiento en condiciones controladas
  - Crecimiento en condiciones de asepsia
  - Alta humedad relativa
  - Estomas no funcionales
  - Ausencia de pelos radiculares
  - Ausencia de cera en la cutícula
- Los plantines enraizados, deben ser aclimatados a las condiciones de humedad del invernadero disminuyendo progresivamente la humedad

relativa e incrementando progresivamente la intensidad de luz. Estos plantines se plantarán en contenedores (almacigueras) cubiertos por un plástico, para mantener la humedad relativa elevada. La elección de un sustrato con buenas características físicas, es clave para el éxito de esta etapa. Para el trasplante, elegimos un sustrato suelto, poroso, con mezcla de arena turba, cáscara de arroz quemado, para permitir un desarrollo y crecimiento de raíces muy rápido. Las mezclas son diferentes y muy variadas de acuerdo a la especie con la que estamos trabajando.

- Luego de retirar cuidadosamente el agar de las raíces para evitar dañarlas, los plantines se enjuagan y se colocan en almacigueras con la mezcla de sustratos seleccionada y cubiertos con nylon. Todos los días se debe controlar el nivel de humedad en las almacigueras. Si es necesario, se aplica un riego con una pulverizadora manual, para mantener un ambiente húmedo a nivel del sustrato. A los 15 días del trasplante, se puede comenzar a levantar la cobertura de nylon en las horas de menor calor (temprano en la mañana o en la última hora de la tarde). Al comienzo las plantas se dejan media hora por día destapadas. A la semana siguiente se dejan destapadas durante una hora. Al mes del trasplante, se dejan tapadas durante la noche y si hay crecimiento de nuevas hojas, las plantas pueden permanecer destapadas. Las condiciones del cultivo *in-vitro*, generan cambios en algunos aspectos anatómicos y fisiológicos de las plantas, por esta causa, durante la aclimatación, los cambios deben ser muy graduales, para minimizar el estrés y tener mayor tasa de sobrevivencia.

## 2.5. LUMINARIAS LEDs.

**Keith, (2004).** Señala que una Luminaria de LEDs es una lámpara de estado sólido que usa LEDs 2 (Light-Emitting Diode, Diodos Emisores de Luz) como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un LEDs no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las luminarias LEDs están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada. Actualmente las luminarias LEDs, se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial.

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las luminarias LEDs deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje estándar. Los LEDs se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de LEDs tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las luminarias LEDs tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

### 2.5.1. Tipos de LEDs

- **Keith, (2004).** Indica que los LEDs se pueden clasificar en:

### 2.5.1.1. Por Potencia de Operación.

La corriente y el voltaje de polarización directa del LEDs determinan la potencia de operación del LEDs la cual está relacionada con la cantidad de flujo luminoso que emite el LEDs: a mayor potencia de operación el LEDs puede entregar mayor flujo luminoso (aunque esto no implica eficacia o eficiencia). En base a ello los LEDs se pueden clasificar en:

- **LEDs INDICADOR:** Operan en un rango de 30 a 60 W. de potencia eléctrica.
- **LEDs DE POTENCIA:** Son los LEDs que trabajan con una potencia eléctrica mayor o igual a 1 W. Se toma como referencia el primer LEDs comercial (LUXEON, de Philips Lumileds, el cual trabaja a 1 W).
- **LEDs DE POTENCIA MEDIA:** LEDs con potencia menor a 1 W que pueden usarse para iluminación de áreas pequeñas.

### 2.5.1.2. Por Longitud de Onda.

La aplicación de los LEDs en iluminación general, donde se requiere luz blanca, en iluminación decorativa, donde se requieren luces de color, y en aplicaciones especiales, donde se usan radiaciones no visibles, hace necesaria esta clasificación:

- **Luz monocromática:** Son los LEDs que emiten luz con una longitud de onda dominante (azul, verde, amarillo, rojo, etc.).

- **Luz blanca:** Se basan en el LEDs azul y la adición de un fosfato para generar luz blanca. A su vez pueden dividirse en luz blanca neutra, cálida y fría.

### 2.5.1.3. Por Tecnología de Fabricación.

Aunque no todas las tecnologías LEDs tienen un nombre específico y algunas se pueden incluir dentro de otras, son populares las siguientes:

- **LEDs:** LEDs convencional, indicador o de potencia media.
- **LEDs polímero:** Construidos con un polímero, su principal característica es adoptar la forma de una lámina flexible.
- **LEDs orgánico:** Construidos a partir de un material orgánico, su desventaja es tener un tiempo de vida más corto.

### 2.5.1.4. Por Características Específicas.

Se pueden hacer otras clasificaciones de acuerdo a alguna característica específica del LEDs, como pueden ser:

- **Por forma del encapsulado:** LEDs cuadrado, rectangular, redondo (2, 5, 10 mm, etc.).
- **Por forma de sus terminales:** LEDs de montaje superficial, LEDs de montaje por perforación.

- **Por direccionalidad de la luz:** LEDs estándar, LEDs de luz direccional, LEDs de luz dispersa.

### 2.5.2. Principio de Operación de los LEDs.

**Morrow, (2008).** Señala que, para poder comprender el principio de operación de los LEDs, es necesario tener presente que estos dispositivos son fabricados utilizando materiales semiconductores, y que estos materiales semiconductores se obtienen a partir del Silicio. En general, los LEDs son fabricados con una gran variedad de materiales semiconductores pero para explicar su funcionamiento se utilizará el comportamiento del Silicio. En la tabla periódica de los elementos químicos se encuentra el Silicio con el número atómico 14 y sus vecinos inmediatos son el Galio (Ga), Aluminio (Al), Boro (B), Carbono (C), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Arsénico (As) y Germanio (Ge). El Carbono, el Silicio y el Germanio poseen una propiedad única en su estructura electrónica, cada uno tiene 4 electrones en su órbita externa, lo que les permite combinar o compartir estos electrones con 4 átomos vecinos, formando así una malla cuadrículada o estructura cristalina. Debido a sus características el Silicio en estado puro es prácticamente un aislante. Para poder hacerlo conductor es necesario mezclarlo con pequeñas cantidades de otros elementos, a este proceso se le llama "dopaje". Básicamente hay dos tipos de dopaje: dopaje "n" y dopaje "p". El dopaje "n" consiste esencialmente en mezclar el Silicio con Fósforo o Arsénico en pequeñas cantidades. El Fósforo y el Arsénico tienen 5 electrones en su órbita externa, esto provoca que cuando se combina en una red de

átomos de Silicio, un electrón quede libre para moverse. Este hecho permite que una corriente eléctrica fluya a través del Silicio dopado. El dopaje “p”, conserva el mismo proceso descrito anteriormente, solo que en este caso el Silicio se combina con Boro o Galio en pequeñas cantidades.

Este electrón faltante ocasiona que se formen huecos en la red. Estos huecos permiten que circule una corriente a través del Silicio dopado ya que dichos huecos son “tapados” por un electrón de un átomo vecino, claro que esto provoca que se forme un nuevo hueco en el átomo que desprendió dicho electrón; este proceso se repite por lo que se forma una corriente de huecos a través de la red.

Cuando se unen estos dos materiales y se polarizan conectándolos a una fuente de voltaje, conectando el borne positivo al Silicio dopado tipo “p” y el borne negativo al Silicio dopado tipo “n” (polarización directa), los electrones libres del Silicio tipo “n” se repelarán con los electrones libres del borne negativo de la fuente de voltaje, por lo que los primeros se dirigirán a la zona de juntura. Cuando un LEDs se polariza en directa, se produce una caída de tensión entre sus extremos, esta caída de tensión es un reflejo de la energía necesaria para que los electrones salten la juntura y es característica de cada tipo de material. Este valor se conoce como potencial de salto de banda (band-gap). Si la energía requerida es pequeña, se tendrá que dicha energía se emitirá en ondas infrarrojas de relativamente baja frecuencia. En cambio, si el material necesitará más energía para que se produzca el paso de la corriente, las ondas que emitirá el diodo tendrán más energía y se pasará de emitir luz infrarroja

a emitir luz roja, naranja, amarilla, verde, azul, violeta y ultravioleta. Al proceso anteriormente descrito se le conoce como “ELECTROLUMINISCENCIA”.

### **2.5.3. Materiales, Estructuras y Métodos de Construcción.**

- **Bourget, (2008).** Indica que las características de los materiales, estructuras y métodos de construcción empleados para obtener esta tecnología son.

#### **2.5.3.1. Materiales**

El primer LEDs, introducido en 1962, fue construido con la combinación de Fósforo, Arsénico y Galio, el cual emitía luz roja. Posteriormente surgieron los primeros LEDs de alta intensidad que fueron construidos con aleaciones de materiales como Arsénico, Galio y Aluminio, el cual se hizo crecer en un sustrato de Arsénico y Galio combinados (Ga As), que corresponde a un LED de color rojo. Con el desarrollo de las técnicas utilizadas en el crecimiento epitaxial de los cristales fue posible la introducción de nuevos materiales como la combinación de Aluminio, Galio, Indio y Fósforo (Al, Ga, In, P) crecidos sobre Ga, As. A principios de los 90's el método de crecimiento epitaxial Organometallic Vapor-Phase Epitaxy (OMVPE) fue mejorado y de esta forma el material Al,Ga,In,P permitió la obtención de luz en el espectro del rojo y del ámbar. Por otro lado, junto con la comercialización de dispositivos

fabricados en base a estas técnicas y materiales, surgió una nueva mejora al proceso de crecimiento de los cristales (OMVPE). Esta nueva mejora consistió en usar el mismo sistema de materiales (Al, Ga, In, P), pero esta vez se hizo crecer sobre un sustrato de zafiro. Otro tipo de sistema de materiales usado en la construcción de LEDs de potencia es el Al, In, Ga, N, el cual permite el acceso a los colores verde, azul y ultravioleta (UV) de alta energía en el espectro de colores. Este es un sistema de materiales más complicado que el del caso anterior, en el cual se encuentran eficiencias, mientras que para el Al, In, Ga, N las eficiencias de quantum internas son de entre 20% y 60%, tanto para el color verde como para el azul. La IQE es básicamente la relación entre los fotones generados y los electrones en la entrada del diodo.

### 2.5.3.2. Estructuras.

A lo largo de la historia se han utilizado estructuras de LEDs a nivel semiconductor de distintas características y formas. La estructura de capas básica para un LEDs de potencia se observa en la siguiente figura.

**FIGURA. N° 01:**  
Estructura general de capas para un LEDs de potencia.



**Fuente:** Poul e. Tippens (2003)

### **2.5.3.3. Métodos de Construcción.**

El proceso de construcción de los LEDs comienza a partir de una oblea de semiconductor (sustrato), sobre esta oblea se hace crecer una capa de semiconductor tipo “n”; sobre la capa tipo “n” se construye la “región activa”, que es en donde se lleva a cabo la recombinación electrón-hueco. Finalmente se hace crecer la capa tipo “p”. Para la formación de estas tres capas se utilizan los métodos de crecimiento epitaxial antes mencionados. Una vez que la oblea ha sido terminada en la fase del crecimiento epitaxial de los semiconductores, entonces se raya y se corta en cientos de chips para poder probarlos uno a uno, con el fin de verificar su correcto funcionamiento.

Ya que cada chip ha sido separado y probado, entonces son montados en el encapsulado, se le colocan las terminales de conexión y finalmente se le da el acabado colocando un encapsulado de silicón y el lente (epoxi). Este es el procedimiento general de fabricación de un LEDs.

Es evidente que los procesos de construcción pueden variar dependiendo del tipo de LEDs y de los materiales usados para su fabricación, de igual forma los procesos químicos y físicos mediante los cuales se lleva a cabo el crecimiento epitaxial de las capas son distintos.

#### **2.5.4. Comportamiento Óptico.**

Existen básicamente dos tipos de óptica que rigen el comportamiento de la luz en un LEDs óptica primaria y óptica secundaria. La óptica primaria se refiere a los elementos ópticos que forman parte del encapsulado del LEDs. Por otro lado, la óptica secundaria se refiere a elementos ópticos externos independientes al LEDs.

##### **2.5.4.1. Óptica Primaria.**

Los LEDs generalmente presentan un recubrimiento transparente hecho de resina a través del cual pasa la energía luminosa. La luz transmitida a través del interior de un material transparente experimenta una disminución de la velocidad, y en consecuencia, la dirección de propagación cambia. Este fenómeno se llama refracción; el índice de refracción,  $n$ , se define como la relación entre la velocidad de la radiación electromagnética en el vacío,  $c$ , y en el material,  $v$ . De esta forma,  $n$  es siempre mayor que 1:  $n=c/v$ .

Los índices de refracción pueden variar dependiendo del material. Este recubrimiento de resina es usado para proteger al chip de las inclemencias del tiempo y de daños provocados por la manipulación humana. Es evidente que la necesidad de usar un recubrimiento transparente para el chip provoca que existan pérdidas en el material utilizado, debido a las características físicas propias de ese material en particular.

La salida de luz de un LEDs está típicamente descrita por dos parámetros de medición, flujo e intensidad. El flujo describe la

razón a la cual la energía luminosa es emitida del LEDs, el flujo total del LEDs es la suma del flujo radiado en todas direcciones. Si se coloca el LEDs en el centro de una esfera, el flujo total emitido equivaldrá a la suma de la luz incidente en la superficie interna total de la esfera. Por otro lado, la intensidad describe la densidad de flujo en una posición en el espacio.

#### **2.5.4.2. Óptica Secundaria.**

La óptica secundaria es usada para modificar la salida luminosa de los LEDs tal que, el rayo de luz obtenido al final, reúna las características fotométricas requeridas. Como se dijo anteriormente existen básicamente dos tipos de óptica secundaria, una que tiene el efecto de divergir la luz y otra que tiene el efecto de colimar. De esta forma, la diversidad en las aplicaciones puede ser muy amplia. El tipo de óptica divergente más comúnmente usada es el lente "pillow". El lente "pillow" separa la luz entrante dentro de un patrón de radiación más divergente. Este efecto permite que la apariencia de la fuente de luz sea más uniforme. La óptica colimadora puede encontrarse en dos principales variedades: reflejante y refractante. Los elementos reflejantes típicamente son cavidades metalizadas con un perfil derecho o parabólico. La óptica colimadora refractante típicamente usada en aplicaciones de señalización con LEDs incluye lentes plano-convexos, dual-convexo y plano-convexo colapsado.

### **2.5.5. Comportamiento y Manejo Eléctrico.**

El comportamiento eléctrico de estos dispositivos es muy similar al de un diodo rectificador común. Presentan una tensión de umbral a partir de la cual el dispositivo comienza a conducir cierta corriente, provocando con esto la emisión de luz. El diseño eléctrico de una lámpara basada en LEDs tiene algunos objetivos específicos.

El primer objetivo es operar cada LEDs con la corriente suficiente para generar el flujo luminoso adecuado, de tal forma que se reúnan los requerimientos de iluminación.

El segundo objetivo es, limitar la corriente directa a través de cada LEDs de modo que no exceda su máxima temperatura de unión y la máxima corriente de cd, bajo las peores condiciones de operación de temperatura ambiente y voltaje de entrada.

Además, el diseño eléctrico debe proporcionar uniformidad en todo el arreglo de LEDs que se esté utilizando. Como resultado de lograr estos objetivos, se tendrá una fuente de luz confiable y con larga vida útil. En resumen, las consideraciones más importantes del circuito incluyen:

- Número de LEDs conectados en el arreglo.
- Tipo de conexión de los arreglos de LEDs.
- Método para limitar la corriente (resistencias o circuito activo).
- Método de control de intensidad luminosa.

Esta línea de LEDs también puede ser encontrada en el mercado en potencias de 3 W y 5 W. A su vez, estos dispositivos, en su mayoría, están disponibles en distintos patrones de radiación, además de que

existe una gran variedad en los encapsulados con los que son contruidos, esto con el fin de darle versatilidad en las distintas aplicaciones. Algunos de ellos incluyen un pequeño disipador (MCPCB, Metal Core, Printed, Circuit, Board) de calor individual el cual ayuda en su montaje.

## **2.6. TIPO DE LUZ EN LOS LEDs**

### **2.6.1. Conceptos Básicos Sobre la Luz y el Color.**

**DenBaars, (2008).** Indica que el fenómeno de la luz ha sido, por muchos años, objeto de estudio de una gran cantidad de científicos e investigadores a lo largo de la historia. Las primeras aportaciones fueron hechas por los griegos, quienes pensaban que los cuerpos eran focos que desprendían imágenes, las cuales eran captadas por los ojos y transmitidas al alma que las interpretaba. Después de estas primeras ideas, surgieron una gran cantidad de teorías, desde el modelo corpuscular, pasando por el modelo ondulatorio y finalmente el modelo electromagnético. La luz como actualmente se concibe, es como una oscilación electromagnética la cual se propaga a través del vacío, con longitudes de onda muy pequeñas, unos 400 a 750 nanómetros (nm).

Por otra parte, la luz constituye una parte muy pequeña del espectro electromagnético. Más allá del rojo esta la radiación infrarroja, y con longitudes de onda aún más largas esta la zona del infrarrojo lejano, las microondas de radio, etc. En el otro extremo se encuentra la radiación ultravioleta, los rayos X y con longitudes de onda muy diminutas los rayos gamma. El intervalo de longitudes de onda que se encuentran

dentro del espectro visible estimulan la retina del ojo humano, a este estímulo se le conoce como color. Sin embargo, esta respuesta no es uniforme para una misma cantidad de energía en cada longitud de onda. El ojo humano percibe la región verde-amarilla en una forma más brillante, mientras que las regiones rojas y azules las percibe más opacas. Esto se debe a que el ojo humano posee dos tipos de sensores, los bastones y los conos. Cada sensor se adapta a un cierto nivel de luminosidad, los bastones son más apropiados para condiciones de alta luminosidad y los conos para condiciones cercanas a la oscuridad. La sensibilidad de ambos dependerá también de las condiciones de luminosidad.

### **2.6.2. Temperatura del Color.**

Un concepto que es importante tener presente es el de la “temperatura del color”, debido a que es muy utilizado en fuentes de luz blanca. Supongamos que tenemos dos fuentes de luz blanca con tonalidades distintas y queremos diferenciar una de otra. Para poder hacer esto se utiliza una fuente de luz de referencia, esta fuente de luz de referencia generalmente consiste en una esfera negra calentada hasta la incandescencia. Conforme se va calentando adquiere distintas tonalidades, cuando una tonalidad coincide con la tonalidad de alguna de las fuentes de luz antes mencionadas, la temperatura a la cual se encuentre en ese momento la esfera negra se asigna a dicha fuente de luz. Lo mismo sucede en el otro caso, se calienta nuevamente la esfera negra hasta que la tonalidad de la esfera coincida con la tonalidad de la

otra fuente de luz y se le asignará la temperatura correspondiente. De esta forma podremos diferenciar entre una y otra. La temperatura del color está dada en grados Kelvin (K).

### **2.6.2.1. Luz Blanca.**

La luz blanca es el resultado de la combinación de rayos luminosos de diferentes frecuencias (colores), es decir, el espectro de un rayo de luz blanca tiene una gran cantidad de componentes espectrales. Modificando la cantidad de luz en cualquiera de las componentes espectrales es posible conseguir diferentes tonos de blanco.

Dado que es de interés la aplicación de LEDs de potencia en iluminación, la búsqueda de soluciones con alto IRC son las más requeridas, el IRC está relacionado directamente con el tono de blanco. Hay diferentes tonos de blanco comercialmente disponibles, por ejemplo: *blanco cálido (3000K)*, *blanco (3500K)*, *natural (4000K)*, *blanco frío (4200K)* y *luz de día (6500K)*. A cada uno de estos tonos de blanco corresponde un IRC el cual se encuentra entre 80 y 90 para lámparas fluorescentes. Científicamente, todas las cromaticidades del espectro del cuerpo negro sobre el lugar geométrico de Planckian son “blancos” (más adelante se ilustra el lugar geométrico de Plankian). Los colores cercanos a este lugar geométrico son comúnmente caracterizados por una CCT (Correlated Color Temperature) y una desviación de su

cromaticidad del lugar geométrico de Planckian. Esta desviación es comúnmente llamada “tinte” y es entendida como una ligera coloración de la luz emitida.

### 2.6.3. Comparación de Lámparas de Halógeno y Filamento con Lámparas LEDs.

En la actualidad se cuenta con una gran diversidad de tecnologías para la iluminación, y son denominadas lámparas eléctricas, las cuáles se dividen de la siguiente manera:

- **Lámparas de incandescencia:** basadas en un filamento y una cámara de vacío o con gas inerte. Al pasar corriente eléctrica por el filamento, éste eleva su temperatura hasta el rojo vivo y de este modo emite radiaciones, mismas que generan luz. El vacío en su interior es fundamental, ya que de existir oxígeno en el interior de este tipo de lámparas sólo podrían funcionar una vez y entrarían en combustión inmediatamente, destruyéndose.
- **Lámparas de descarga gaseosa:** estas funcionan mediante el uso de gases inertes y mercurio o sodio, según sea el caso. El gas inerte se debe excitar mediante la generación de una descarga eléctrica derivada de una alta diferencia de potencial, de tal modo que el gas se ionice y permita el flujo de electrones, estos desprenden energía que absorbe el mercurio o sodio (según el tipo de lámpara) transformándola en luz visible.
- **Electroluminiscencia:** Este tipo de lámparas funciona por principio fotoeléctrico, el cual consiste en la emisión de fotones al darse

caídas de nivel en los electrones de los niveles de energía externos en el átomo, después de inyectársele energía de manera artificial a los electrones antes mencionados.

Así mismo, no toda la luz visible tiene las mismas características, ya que existen dos criterios que sirven para evaluar la calidad de la luz:

- **La temperatura del color:** cuando un cuerpo aumenta su temperatura emite luz, si la temperatura es alta, la luz emitida es azul o fría, mientras que si baja la temperatura la luz es rojiza y cálida.
- **Índice del rendimiento del color (IRC):** es la capacidad de la luz para reproducir los colores, se basa en una escala del 0 al 100, mientras más alto sea el IRC, mejor será la capacidad de la luz para reproducir los colores.

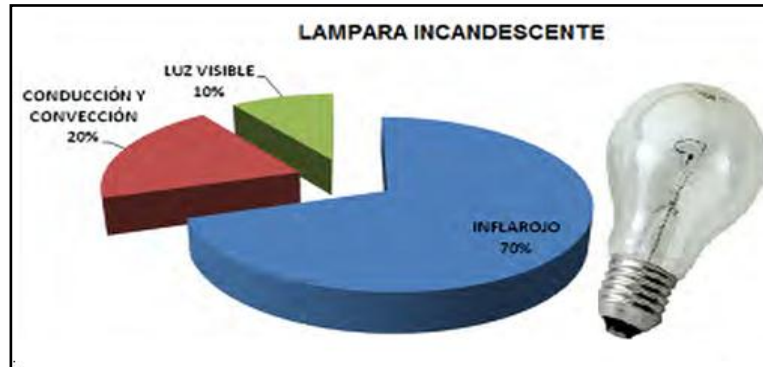
Las lámparas incandescentes tienen una elevada generación de calor, ya que 20% de su radiación emitida es conducción y convección y otro 70% son radiaciones infrarrojas, dejando así solo un 10% a luz visible, por lo que es la lámpara eléctrica menos eficiente.

#### **2.6.3.1. Lámpara Incandescente**

Tiene un índice de rendimiento de color de 100 y genera aproximadamente 15 lm/W con una temperatura del color de 2850 K para los focos de 100 W. Su tiempo de vida útil promedio es de 1000 horas para la lámpara incandescente

convencional y de hasta 2000 horas para la lámpara incandescente alógena.

**FIGURA N° 02:**  
Porcentaje de radiaciones emitidas por las lámparas incandescentes



**FUENTE:** DenBaars, (2008)

### 2.6.3.2. Lámpara de Alta Intensidad de Descarga

Tiene un IRC de entre 65 y 90, y genera hasta 120 lm/W, dependiendo del gas utilizado, con una temperatura de color de entre 3000 y 4200 K. Su tiempo de vida útil va de las 9000 a las 16000 horas.

**FIGURA N° 03.**  
Porcentaje de radiaciones emitidas por las lámparas de alta intensidad de descarga.



**FUENTE:** DenBaars, S. (2008)

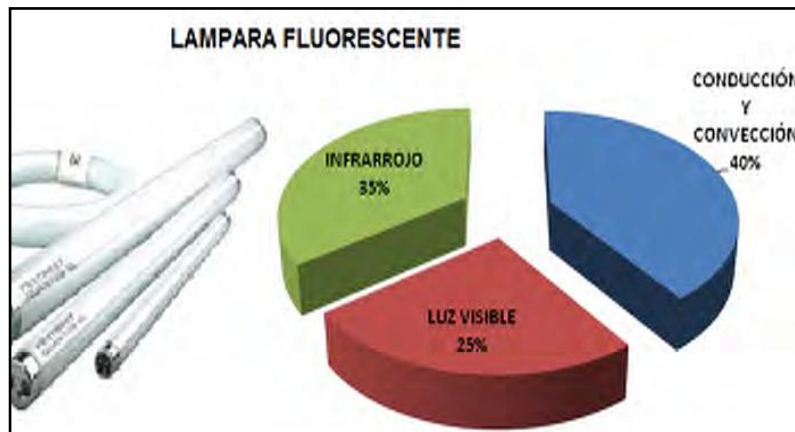
### 2.6.3.3. La Lámpara Fluorescente.

Tiene una emisión de 25% de luz visible, pero tiene una alta generación de calor al producir 35% de radiación infrarroja y un 40% más de conducción y convección. Como se muestra en la figura 03.

Una lámpara fluorescente tubular tiene un IRC de entre 50 y 95, y genera hasta 100 lm/W, con una temperatura de color de entre 3200 y 6300 K. Su tiempo de vida útil va de las 7500 a las 30000 horas.

**FIGURA N° 04.**

Porcentaje de radiaciones emitidas por las lámparas fluorescentes tubulares.



**FUENTE:** DenBaars, S. (2008)

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. UBICACION DEL EXPERIMENTO**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de biotecnología en el área de incubación, de la escuela profesional de Agronomía de la Universidad Tecnológica de los Andes – Abancay - Apurímac a 2217 m.s.n.m.

#### **3.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA**

- Región : Apurímac
- Provincia : Abancay
- Distrito : Las Américas
- Coordenadas : UTM
- Latitud Oeste : 73° 29' 87"
- Latitud Sur : 84° 96' 01"
- Altitud : 2217 m.s.n.m.

#### **3.3. MATERIALES**

##### **MATERIALES DE LABORATORIO**

- Sales minerales
- Agar
- Medios de cultivo

- Pinzas
- Bisturí
- Frascos de vidrio
- Magentas

### **MATERIAL BIOLÓGICO**

- Material vegetativo de plántulas (yemas)

### **❖ MATERIALES DE GABINETE**

- Papel Bond A-4
- Lapicero
- Lápiz
- Regla
- Computadora
- Impresora
- Camara Digital
- Memoria USB
- Calculadora.

### **❖ EQUIPOS**

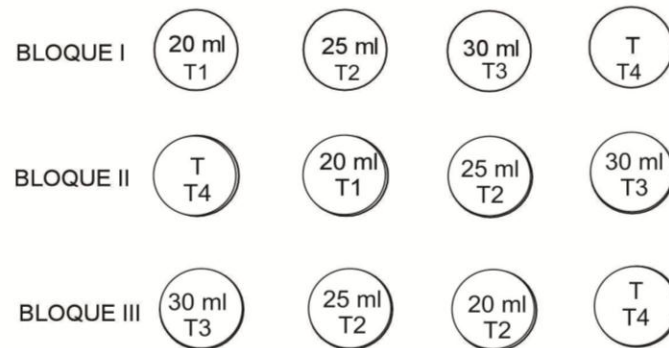
- Autoclave
- Cámara de flujo Laminar
- Sistema de aire acondicionado
- pH metro
- Balanza analítica
- Rotor Electrónico
- Microondas

### **3.4. METODOLOGIA**

La metodología aplicada para la ejecución del trabajo de investigación experimental práctico, se realizó de la siguiente manera: como primer paso se verificó las instalaciones eléctricas y el aire acondicionado luego se procedió a realizar el pintado de los andamios y el ambiente de color blanco, se realizó las instalaciones de las luminarias LEDs y el aire acondicionado, se preparó medios de cultivo para evaluar los ml en los frascos (20 ml, 25 ml, 30 ml más testigo) se puso al autoclave por unos 30 minutos, se utilizó plántulas de papa de la variedad INIA canchan, por frasco se pusieron 15 yemas axilares, se evaluó cada 8 días el total de evaluaciones 3, se evaluó altura de planta, longitud de raíz número de hojas, Para luego demostrar en cuadros estadísticos

### 3.4.1. Diseño Experimental

## LUMINARIAS LEDs



<b>LEYENDA</b>
20 ML
25 ML
30ML
TESTIGO

<b>LUMUNARIAS</b>
● LUMINARIAS LEDs

<b>UTEA</b>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS</b>	
<b>UBICACION</b>	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA</b>	
<b>DIST. : LAS AMERICAS</b>	<b>PLANO DISTRIBUCION DEL CAMPO EXP.</b>	
<b>PROV. : ABANCAY</b>	ESCALA INDICADA	LAMINA 01
<b>REGION. : APURIMAC</b>		
<b>ALTITUD. : 2217 m.s.n.m.</b>		

### **3.4.2. Distribución de los tratamientos**

T1 20 ml Variedad Inia canchan, medio de cultivo con luminarias LEDs

T2 25 ml Variedad Inia canchan, medio de cultivo con luminarias LEDs

T3 30 ml Variedad Inia canchan, medio de cultivo con luminarias LEDs

T4 Testigo Variedad Inia canchan, medio de cultivo Testigo con luminarias LEDs

## **3.5. EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO.**

### **3.5.1. Instalación**

Se realizó un diagnóstico en el laboratorio de biotecnología en el área de incubación, Así que en primer lugar se realizó el reconocimiento del área de incubación, se armó los andamios se realizó el pintado con esmalte blanco se prosiguió con las instalaciones de los fluorescentes de 1.20 de largo distanciamiento de fluorescentes 0.15 cm. Luego de la instalación se desinfecto toda el área de incubación.

### **3.5.2. Preparación de medios de cultivo.**

La preparación del terreno se realizó en el mes de agosto utilizando los macro y micro nutrientes para 100 ml

### **3.5.3. Micro propagación**

La propagación se realizó el día 08 de agosto del 2016 utilizando la cámara de flujo laminar para evitar la contaminación en el medio de

cultivo el material vegetativo utilizado yemas axilares de plántulas de papa, cada frasco con medios de cultivos con diferentes ml. en cada frasco se puso 15 yemas axilares de plántulas de papa luego se realizó el tapado con papel aluminio

### **3.6. EVALUACIONES REALIZADAS DURANTE EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.**

#### **3.6.1. Altura de las plántulas *in-vitro* de papa por Tratamiento.**

Ésta labor se realizó a los 8,16 y 24 días de después de la siembra para determinar dicha labor se realizó con una regla para medir la altura de las plantas tomado muestra en 2 plantas por frascos los cuales han sido tomados en forma al azar.

#### **3.6.2. Numero de hojas de las plántulas *in-vitro* de papa por Tratamiento.**

Ésta labor se realizó a los 12 y 24 días de después de la propagación se tomaron las muestras en 2 plantas por frascos los cuales han sido tomados en forma al azar.

#### **3.6.3. Tamaño de Longitud de la Raíz de plántulas *in-vitro* de papa**

Se tomaron las raíces al azar por cada parcela a los cuales se realizó las medidas correspondientes de longitud de las raíces, dicha labor se realizó alzar tomando un numero de 2 raíces por tratamiento con la ayuda de una regla.

#### **3.6.4. Evaluación Fenológica de las plántulas in-vitro de papa con Aplicación de 20 ml, 25 ml, 30 ml. Y testigo**

El comportamiento fenotípico durante el desarrollo de las plántulas in-vitro de papa se evaluó al tercer mes empleo desarrollo, donde se realizó las observaciones directas a la planta tomando el número de hojas, desarrollo radicular longitud de la raíz, altura de plántulas, en cada una de la aplicación de 20 ml, 25 ml, 30 ml y Testigo.

## CAPITULO IV

### 4.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1.1. Número de hojas de plántulas de papa por Tratamiento.

Cuadro N° 01:

#### Número de hojas

Repeticiones	1	2	3	4	Total de bloques
	20 ml	25 ml	30ml	testigo	
I	7	7	9	9	32
II	6	7	9	8	30
III	7	8	10	10	35
<b>Total Tratam.</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>97</b>
<b>x</b>	<b>6.7</b>	<b>7.33</b>	<b>9.3</b>	<b>9.0</b>	<b>32.3</b>

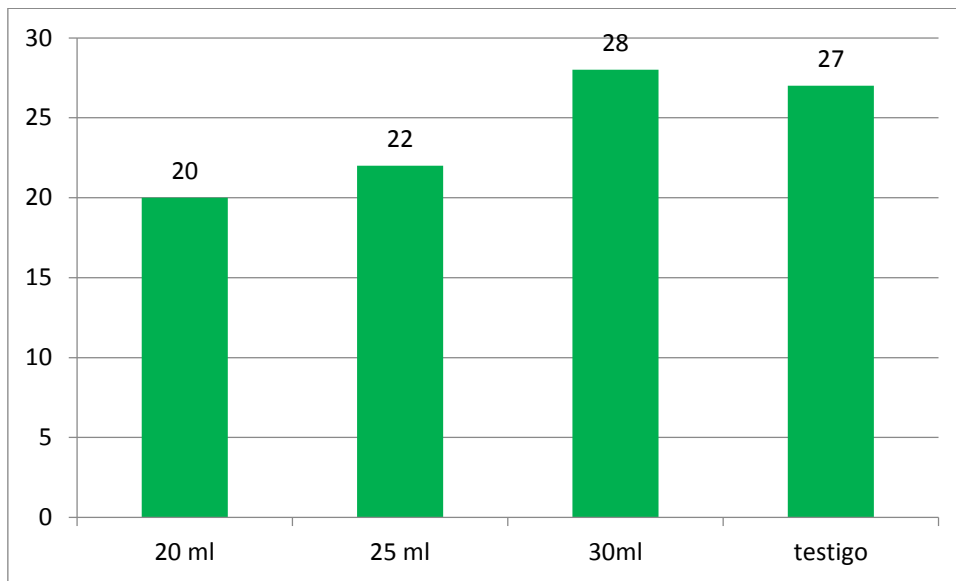
FUENTE: *Elaboración propia*

De acuerdo al cuadro N° 01 y en el gráfico N° 01, observamos que el tratamiento T3 obtuvo el mayor porcentaje de hojas con un promedio de 29% con el tratamiento de 30 ml con un total de 28 hojas por frasco, seguido por el tratamiento Testigo con un total de 27 hojas seguidamente por el tratamiento T2 con 25 ml. Con un total de 22 hojas seguidamente por el tratamiento T1 con 20 ml. Con un total de 20 hojas.

**4.1.2. Histograma de números de hojas de plántulas in vitro de papa por Tratamiento.**

**Grafico N° 01:**

**Número de hojas de plántulas *in-vitro* de papa.**



*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo al gráfico N° 01, observamos que el tratamiento T3 con 30 ml obtuvo el mayor número de hojas con un total de 28 hojas, seguido por el tratamiento Testigo con un total de 27 hojas seguidamente por el tratamiento T2 con 25 ml. Con un total de 22 hojas con un seguidamente por el tratamiento T1 con 20 ml. Con un total de 20 hojas.

**4.1.3. Cuadro De Anova de ft al 5% Y 1% de número de hojas de plántulas *in-vitro* de papa Tratamiento**

**Cuadro N° 02:**

**Número de hojas de plántulas *in-vitro* de papa aplicando Anova al 5% y 1%**

F de V	GL	SC	CM	FC	Ft		significación	
					5%	1%		
<b>BLOQUES</b>	2	3.17	1.58	11.4	5.14	10.9	*	*
<b>TRATAMIENTO</b>	3	14.92	4.97	35.8	4.75	9.78	*	*
<b>ERROR</b>	6	0.83	0.14					
<b>TOTAL</b>	11	18.92						

*Fuente: base de datos.*

**CV. 4.61 %**

De acuerdo a al cuadro N° 02 indica que, si existe diferencia significativa entre los bloques, tratamiento en ambos niveles de 5% y 1%, Con el análisis de la prueba de Tukey seguidamente se analiza los resultados correspondientes. El coeficiente variabilidad se encuentra dentro del rango permisible que nos indica que existe 4.61% de variabilidad entre los diferentes tratamientos analizados según el cuadro de Anova.

**4.1.4. Tabla Tukey de Promedios Ordenados número de hojas de plántulas  
in-vitro de papa por tratamientos al 5%, 1%**

**Tabla N° 01:**

**Número de tratamientos aplicando Tukey al 1%**

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.05337**

Error: 0.1389 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
20 ml	6.67	3	A
25 ml	7.33	3	A
testigo	9.00	3	B
30ml	9.33	3	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

*Fuente: Elaboración propia.*

Según el programa de infostat observando la tabla N° 01 al 1% nos da los siguientes resultados los tratamientos con las mismas letras estadísticamente son iguales, el tratamiento de 30 ml es el mejor seguido por el tratamiento de testigo seguido por el tratamiento 25 ml y el tratamiento 20 ml.

**Tabla N° 02:**

**Número de tratamientos aplicando Tukey al 5%**

**Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=1.51332**

Error: 0.1389 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	
20 ml	6.67	3	A
25 ml	7.33	3	A
testigo	9.00	3	B
30ml	9.33	3	B

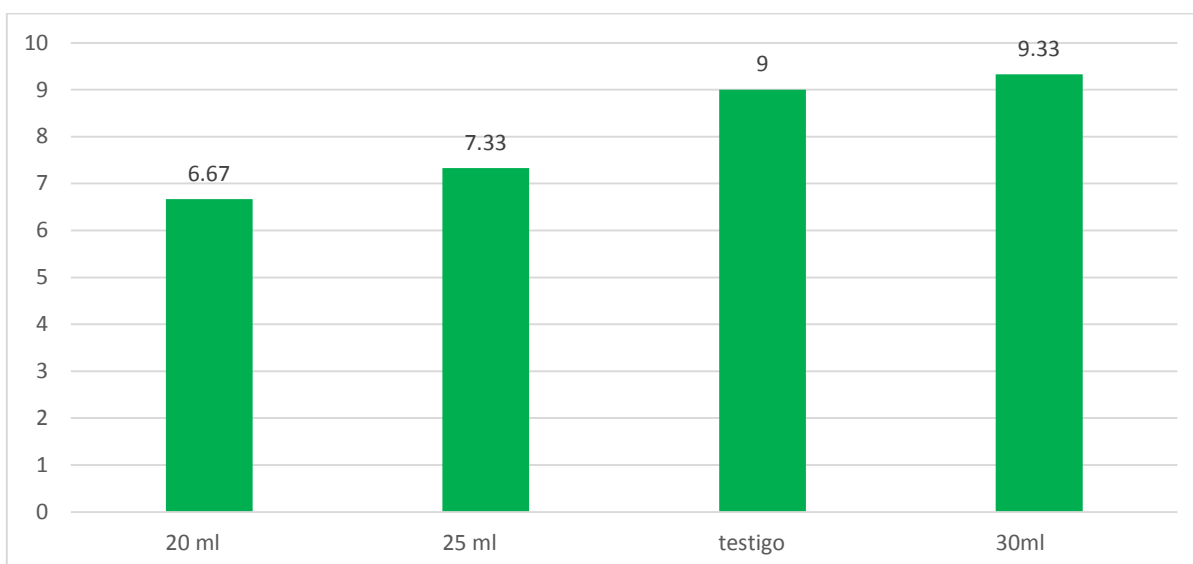
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.01)*

*Fuente: elaboración propia.*

Según el programa de infostat observando la tabla N°02 al 5% nos da los siguientes resultados los tratamientos con las mismas letras estadísticamente son iguales, el tratamiento de 30ml es el mejor seguido por el tratamiento de testigo seguido por el tratamiento 25 ml y el tratamiento 20ml.

**Grafico N° 02:**

**Número de hojas de plántulas *in-vitro***



*Fuente: elaboración propia*

De acuerdo al gráfico N° 02, observamos que el tratamiento 30 ml tuvo mayores números de hojas, seguido por el testigo, seguido por tratamiento 25 ml y seguido por el 20 ml.

#### 4.1.5. Altura de plántulas *in-vitro* de papa por Tratamiento (cm).

Cuadro: N° 03:

#### Altura de plántulas

Repeticiones	1	2	3	4	total de bloques
	20 ml	25 ml	30ml	testigo	
I	5.2	7.9	12.2	8.2	33.5
II	6.2	6.2	8.2	11.2	31.8
III	5.6	6	10.2	9	30.8
<b>Total Tratam.</b>	<b>17</b>	<b>20.1</b>	<b>30.6</b>	<b>28.4</b>	<b>96.1</b>
<b>x</b>	<b>5.67</b>	<b>6.70</b>	<b>10.20</b>	<b>9.47</b>	<b>8.01</b>

Fuente: elaboración propia

#### Cuadro De Anova de ft al 5% Y 1% altura de plántulas *in-vitro* de papa Tratamiento

Cuadro N° 04:

#### Altura de plántulas *in-vitro* de papa aplicando Anova al 5% y 1%

F de V	GL	SC	CM	FC	Ft		significación	
					5%	1%		
<b>BLOQUES</b>	2	0.93	0.47	0.19	5.14	10.9	NS	NS
<b>TRATAMIENTO</b>	7	42.38	14.13	5.81	4.75	9.78	*	NS
<b>ERROR</b>	14	14.58	2.43					
<b>TOTAL</b>	11	57.89						

Fuente: base de datos

**CV. 19.47 %**

De acuerdo a la cuadro N° 04 indica que, si existe diferencia significativa entre los tratamientos en un nivel de 5%, Con el análisis de la prueba de Tukey seguidamente se analiza los resultados correspondientes. El coeficiente

variabilidad se encuentra dentro del rango permisible que nos indica que existe 19.47% de variabilidad entre los diferentes tratamientos analizados según el cuadro de Anova.

**Tabla tukey de Promedios Ordenados altura de plántulas *in-vitro* de papa por tratamiento al 5%.**

**Tabla N° 03:**

**Número de tratamientos aplicando tukey al 5%**

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.40629**

*Error: 2.4303 gl: 6*

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
20 ml	5.67	3	0.90	A	
25 ml	6.70	3	0.90	A	B
testigo	9.47	3	0.90	A	B
30ml	10.20	3	0.90		B

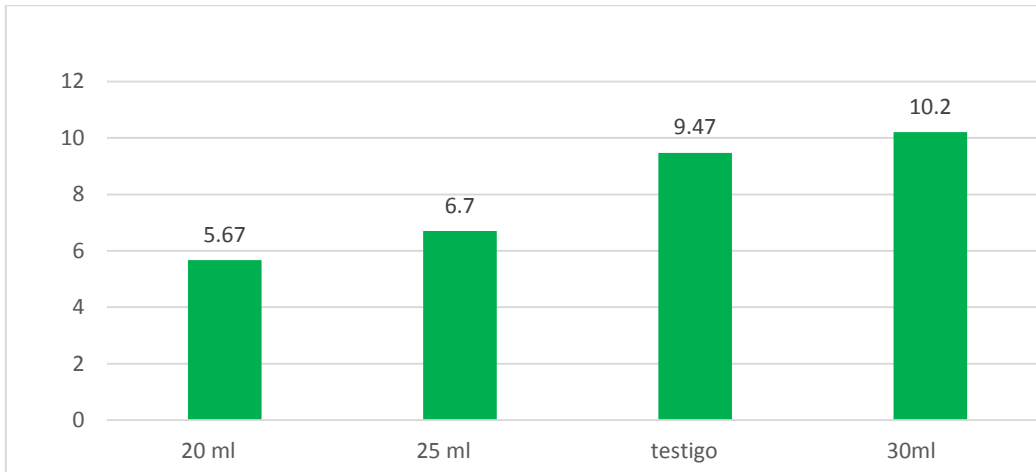
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

*Fuente: Elaboración propia.*

Según el programa de infostat observando la tabla N°03 al 5% nos da los siguientes resultados los tratamientos con las mismas letras estadísticamente son iguales, el tratamiento de 30 ml es el mejor seguido por el tratamiento de testigo seguido por el tratamiento 25 ml y el tratamiento 20 ml.

**Grafico N° 03:**

**Altura de plántulas *in-vitro***



*Fuente: elaboración propia*

De acuerdo al gráfico N° 03, observamos que el tratamiento 30 ml tuvo mayor altura de planta, seguido por el testigo, seguido por tratamiento 25 ml y seguido por el 20 ml.

**4.1.6. Longitud de raíz de plántulas *in-vitro* de papa por Tratamiento (cm).**

**CUADRO N° 05:**

**Longitud de raíz de plántulas *in-vitro* en cm.**

Repeticiones	1	2	3	4	total de bloques
	20 ml	25 ml	30ml	testigo	
I	9.7	11.5	11.3	13	45.5
II	8.7	10.5	13.3	14	46.5
III	8.1	9.4	12.7	10	40.2
<b>Total Tratam.</b>	<b>26.5</b>	<b>31.4</b>	<b>37.3</b>	<b>37</b>	<b>132.2</b>
<b>x</b>	<b>8.83</b>	<b>10.47</b>	<b>12.43</b>	<b>12.33</b>	<b>11.02</b>

*Fuente: elaboración propia*

**Cuadro De Anova de ft al 5% Y 1% longitud de raíz de plántulas *in-vitro* de papa**  
**Tratamiento**

**Cuadro N° 06:**

**Longitud de raíz de plántulas in vitro de papa aplicando Anova al 5% y 1%**

F de V	GL	SC	CM	FC	Ft		significación	
					5%	1%		
<b>BLOQUES</b>	2	5.73	2.87	2.01	5.14	10.9	NS	NS
<b>TRATAMIENTO</b>	3	26.43	8.81	6.18	4.75	9.78	*	NS
<b>ERROR</b>	6	8.55	1.43					
<b>TOTAL</b>	11	40.72						

*Fuente: base de datos*

**CV. 10.84%**

De acuerdo a la cuadro N° 06 indica que si existe diferencia significativa entre el tratamiento en un nivel de 5%, Con el análisis de la prueba de Tukey seguidamente se analiza los resultados correspondientes. El coeficiente variabilidad se encuentra dentro del rango permisible que nos indica que existe 10.84% de variabilidad entre los diferentes tratamientos analizados según el cuadro de Anova.

**Tabla tukey de Promedios Ordenados longitud de raíz de plántulas *in-vitro* de papa por tratamiento al 5%.**

**Tabla N° 04:**

**Número de tratamientos aplicando tukey al 5%**

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.37505**

*Error: 1.4258 gl: 6*

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
20 ml	8.83	3		A
25 ml	10.47	3		A B
testigo	12.33	3		B
30ml	12.43	3		B

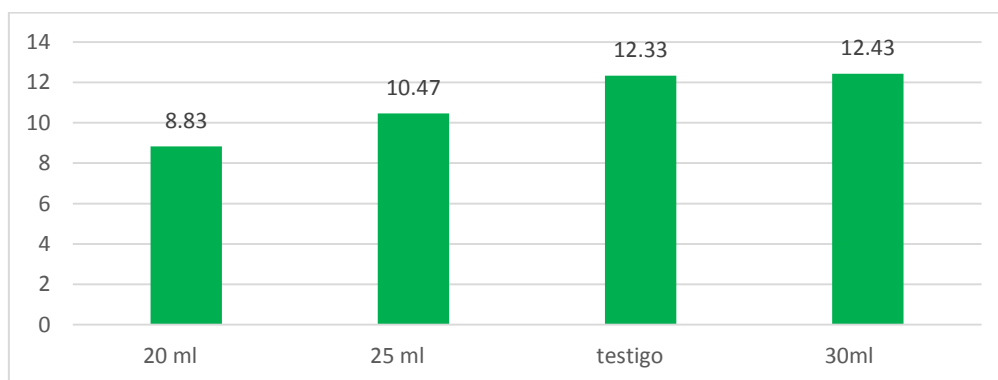
*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

*Fuente: elaboración propia*

Según el programa de infostat observando la tabla N°04 al 5% nos da los siguientes resultados los tratamientos con las mismas letras estadísticamente son iguales, el tratamiento de 30ml es el mejor seguido por el tratamiento de testigo seguido por el tratamiento 25 ml y el tratamiento 20ml

**Grafico N° 04:**

**Longitud de Raíz**



*Fuente: elaboración propia*

De acuerdo al gráfico N° 04, observamos que el tratamiento 30ml tuvo mayor longitud de raíz, seguido por el testigo, seguido por tratamiento 25 ml y seguido por el 20 ml

#### **4.2. COSTOS DE PRODUCCION**

El costo de producción se puede ver en el anexo N° 01 en el que se observa el cuadro de costo de producción, el costo total para la producción de 13,000 plántulas en una campaña mensual es de 3,858.54 Soles. Para conocer el costo unitario se procede a dividir el costo total por campaña entre la cantidad total de plántulas que se espera producir por mes.

$$\text{CU} = \frac{3,858.54}{13,000} = 0.30$$

Costo unitario = 0.30 céntimos/plántula

#### **DETERMINACIÓN DE PRECIO**

Para determinar el precio sumaremos al costo unitario un margen de ganancia que para el caso, se ha considerado la oferta y la demanda regional y será de un 66% con relación al costo unitario por plántula.

$$\begin{aligned} \text{P} &= 0.30 + 0.20 \\ &= 0.50 \end{aligned}$$

Precio = **0.50 Soles/plántula**

### 4.3. CONCLUSIONES

1- Las Comparaciones del desarrollo fisiológico de plántulas *in-vitro* de papa aplicando en medios de cultivo en 20 ml, 25 ml, 30 ml y testigo, durante la investigación realizada demuestra que en el medio de cultivo de 30 ml obtuvo resultados superiores en comparación a las demás medios de cultivo, mostrando comportamiento de plantas vigorosas, uniformes en el desarrollo con una coloración verde oscura, El tratamiento T3 con 30 ml obtuvo mejor resultado en todas las evaluaciones de hojas, altura de plántulas y longitud de raíz, en segundo lugar el tratamiento Testigo obtuvo en todas las evaluaciones de hojas, altura de plántulas y longitud de raíz, el tratamiento T2 con 25 ml obtuvo el tercer lugar en todas las evaluaciones de hojas, altura de plántulas y longitud de raíz y el T1 con 20 ml obtuvo el cuarto lugar en todas las evaluaciones de hojas, altura de plántulas y longitud de raíz.

2- Los costos por campaña para la producción de plántulas de papa en el laboratorio de biotecnología asciende a la suma de 3,858.54 considerando una producción de 13,000 plántulas por campaña se determinó que el costo unitario es de 0.30 céntimos y el precio de venta será de 0.50 céntimos por plántula.

#### **4.4. RECOMENDACIONES.**

1. Continuar la investigación con diferentes tipos de variedades de papa para la producción de plántulas *in-vitro* de papa en el laboratorio de biotecnología en el área de incubación de la Universidad Tecnológica de los Andes – Abancay.
2. Seguir mejorando la calidad de producción de plántulas in vitro papa por la gran demanda en el mercado nacional, regional y local. Es un cultivo nutritivo para el hombre y constituye el alto contenido proteínas y vitaminas.

## BIBLIOGRAFIA

- ARZUAGA, Caballero. Hernández. (2010).** *Evaluación De Genotipos De Papa (Solanum Tuberosum L.) Para Caracteres Reproductivos Y Agronómicos.* Habana. Edit .Ariel, Pág. 20.
- BASTIDA Tapia. Rojas. (2002).** *Laboratorios En México: Diseño, Construcción Y Manejo.* México. Edit. Agribot, Págs. 35-37.
- PAUL, Bourget, Cabdaje. (2008).** *Energy Efficient White Leds For Sustainable Solid— State Lighting, American Institute Of Physics.* California . Edit. Ariel, Págs. 141-148.
- CARLING, Duarte. Espinoza. (2002).** *Tuber Initiation And Development In Irrigated And Non Irrigated Potatoes. American Journal Of Potato Research.* California. Edit. Aranzadi, Págs. 387-395.
- DENBAARS, Sthid. Angels. (2008).** *Energy Efficient White Leds For Sustainable Solid— State Lighting, American Institute Of Physics.* California . Edit. Cátedra, Págs. 141-148.
- ECHENIQUE Villafuete. Estrada. (2010).** *Biotechnología Y Mejoramiento Vegetal II.* Bogota. Edit. INTA, Págs. 55-90.
- JUAN, García, Espinoza. (2009).** *Modificación Al Sistema De Clasificación Climática De Köppen.* México. Edit. Marcial Pons, Pág. 217 .

- Hernández, Zevallos. Contreras. (2013).** *Cultivo De Meristemas Para La Eliminación Del Virus S De La Papa En Plantas Cultivadas In Vitro Biotecnología Vegetal.* Bogota. Edit. Ariel, Págs. 117-119.
- HUAMÁN Zaez. Wordles. (2001).** *Identificación Morfológica De Duplicados En Colecciones De Papas Cultivadas.* Lima Perú. Edit. ARSAN, Págs. 35-50.
- KEITH SCOTT Kholr. Jhuanrsr. (2004).** *Emiconductor Lighting Technical Barriers”, Lumileds (Lightfrom Silicon Valley).* California Edit,.Tirant Lo Blanch, Págs. 150-168.
- MENZEL Cordova. Medrano. (2009).** *Tuberization In Potato At High Temperatures: Interaction Between Temperature And Irradiace.* Madrid : Edit. Tirant Lo Blanch, Págs. 35-39.
- MORROW, Rojas. Cordova. (2008).** *LED Lightening In Horticulture, Hortscience.* Madrid Edit.Marcial Pons,Págs. 43-60.
- POURRUT, Hjullhtl. Luarsth. (1998).** *Experimentes In Plant Tissue Culture.* Cambridge University Press. Madrid. Edit. Alianza, Págs. 90-102.
- SERGEEVA, Ingelsf. Lucurs. (2006).** *Gibberellins And Tuberization In Potato. Potato Research.* México. Edit. Fondo De Cultura Económica, Págs. 471-481.
- RICHARD, Villafuerte, Bastidas. (2008).** *DIVISIÓN DE MANEJO INTEGRADO DE CULTIVOS, Alternativas Al Uso De Bromuro De Metilo En La Producción De Semilla De Papa De Calidad.* Lima Perú. Edit. Acerva, Págs. 53-80. .
- WIERSEMA, Sratted.Gross. (2005).** *Desarrollo Fisiológico De Tubérculos-Semilla De Papa.* Centro Internacional De La Papa. Lima Perú. Edit.Ariel, Pág. 16.

## PAGINAS WEB

<https://es.wikipedia.org/wiki/Led>

<http://www.philips.com.pe/c-m-li/lamparas-led>

<https://es.scribd.com/presentation/207075691/PROYECTO-DE-TESIS-iluminacion-led-14>

<https://es.slideshare.net/luistibhyacostatrinidad/expo-cultivo-in-vitro-papa>

<http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/semillas.html>

<http://www.gelighting.com/LightingWeb/la/north/productos/iluminacion-interior/luminarias-led/>

## ANEXOS

### COSTOS DE PRODUCCIÓN

ITEM	DESCRIPCION	MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>I.</b>	<b>REMUNERACIONES</b>				<b>1,500.00</b>
	Profesional tiempo parcial	Mensual	1	1,000.00	1,000.00
	Personal técnico tiempo parcial	Mensual	1	500.00	500.00
<b>II.</b>	<b>INSUMOS Y MATERIALES</b>				<b>1,722.00</b>
	Material madre plántulas papa	Plántulas	2000	0.30	<b>600.00</b>
	<b>FERTILIZANTES Y NUTRIENTES</b>				<b>650.00</b>
	Soluciones nutritivas para cultivo <i>in vitro</i>	Kg	1.00	260.00	260.00
	Agar	Kg	3.00	90.00	270.00
	Sales Murashige	Kg	2.00	60.00	120.00
	<b>MATERIALES DE ASEPSIA</b>				<b>298.00</b>
	Alcohol de 96"	Lts	2.00	8.50	17.00
	Guarda polvos	Und	2.00	30.00	60.00
	Mascara	paq	1.00	32.00	32.00
	Guantes	paq	1.00	28.00	28.00
	Desinfectante	Lts	3.00	18.00	54.00
	Detergente	Kg	2.00	24.00	48.00
	Bisturí	paq	1.00	35.00	35.00
	Pinzas	Und	4.00	12.00	48.00
<b>III.</b>	<b>SERVICIOS</b>				<b>225.00</b>
	Agua	Mensual	1	25.00	25.00
	Energía eléctrica	Mensual	1	200.00	200.00
<b>IV.</b>	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO</b>				<b>200.00</b>
	Mantenimiento	Mensual	1	120.00	120.00
	Repuestos	Mensual	1	80.00	80.00
<b>V.</b>	<b>CAPACITACION</b>				<b>100.00</b>
	Capacitación al personal	Global	1	100.00	100.00
<b>SUB TOTAL</b>					<b>3,747.00</b>
<b>VI.</b>	<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS 5%.</b>				<b>178.65</b>
<b>VII.</b>	<b>IMPREVISTOS 3% ST.</b>				<b>107.19</b>
<b>TOTAL</b>					<b>3,858.54</b>

*Fuente: recopilación propia*

Foto N° 01

Andamios con luminarias LEDs para la instalación del trabajo de investigación.



*Fuente: recopilación propia*

### Foto N° 02

Preparando frascos de vidrio para la instalación de 20 ml, 25 ml, 30 ml y testigo.



*Fuente: recopilación propia*

### Foto N° 03

Preparación de medios de cultivo



*Fuente: recopilación propia*

**Foto N° 04**

Plántulas in-vitro de papa de la variedad INIA canchan para la propagación de yemas axilares



**Foto N° 05**

Propagación de plántulas in vitro de papa de variedad INIA canchan para cada medios de cultivo de 20 ml,25 ml,30 ml y testigo



*Fuente: recopilación propia*

**Foto N° 06**

Resultados de las plántulas in vitro de papa a los 24 días con tratamientos medios de cultivo de 20 ml, 25 ml, 30 ml y testigo



*Fuente: recopilación propia*

**Foto N° 07**

Evaluando las plántulas in vitro con medio de cultivo de 20 ml



*Fuente: recopilación propia*

**Foto N° 08**

Evaluando las plántulas in vitro con medio de cultivo de 25 ml



*Fuente: recopilación propia*

**Foto N° 08**

Evaluando las plántulas in vitro con medio de cultivo de 30 ml



*Fuente: recopilación propia*

**Foto N° 09**

Evaluando las plántulas in vitro con medio de cultivo testigo



*Fuente: recopilación propia*

### Foto N° 10

Medición de plántulas *in-vitro* de altura y longitud de raíz



Fuente: recopilación propia

# MAPA DE UBICACIÓN

