



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS MENCIÓN FÍSICA**  
**TESIS**

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE INSECTICIDA SOLAR  
USANDO LAS DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA DEL  
ESPECTRO VISIBLE EN LOS CULTIVOS DE LA PROVINCIA DE  
ANDAHUAYLAS DEL DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS MENCIÓN FÍSICA**

**AUTOR:**

Br. FILOMENO AYALA ROJAS

**ASESORA:**

Dra. CARLA SUSAN SANCHEZ CHAVEZ

ORCID: 0000-0002-1068-531X

**CUSCO – PERÚ**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "Evaluación de la efectividad de insecticida solar usando las diferentes longitudes de onda del espectro visible en los cultivos de la provincia de Andahuaylas del Departamento de Apurímac" presentado por: Filomeno Ayala Rojas con DNI Nro.: 23832939 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de Maestro en Ciencias Mención Física.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 09 de diciembre de 2024

Carla Susan Sánchez Chávez

Firma

Post firma Carla Susan Sánchez Chávez

Nro. de DNI 23858242

ORCID del Asesor 0000-0002-1068-531X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:411516360 ✓

# Filomeno Ayala Rojas

## Tesis maestria filomeno Ayala.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:411516360

**87 Páginas**

Fecha de entrega

2 dic 2024, 7:45 a.m. GMT-5

**24,231 Palabras**

Fecha de descarga

2 dic 2024, 8:00 a.m. GMT-5

**108,976 Caracteres**

Nombre de archivo

Tesis maestria filomeno Ayala.pdf

Tamaño de archivo

2.2 MB

# 10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 30 palabras)
- ▶ Base de datos de contenido publicado de Crossref

## Exclusiones


- ▶ N.º de coincidencias excluidas

## Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**  
24 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dra. NELLY AYDE CAVERO TORRE,

Directora (e) General de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE INSECTICIDA SOLAR USANDO LAS DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA DEL ESPECTRO VISIBLE EN LOS CULTIVOS DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS DEL DEPARTAMENTO DE APURIMAC** de la Br. Br. FILOMENO AYALA ROJAS. Hacemos de su conocimiento que el (la) sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día **VEINTE DE AGOSTO DE 2024**.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de **MAESTRO EN CIENCIAS MENCIÓN FÍSICA**.

Cusco, 06 de noviembre de 2024

DR. SALINOVA CARRILLO SEGURA  
Primer Replicante

MGT. ROLANDO LOZANO CUSI  
Segundo Replicante

DR. ABRAHAM HUAMAN CUSIHUAMAN  
Primer Dictaminante

Mgt. YENY MARITZA ACCOSTUPA QUISPE  
Segundo Dictaminante

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis padres Eugenio y Cesaría, a mi hermano Félix y a mi sobrina May Lee por su apoyo inquebrantable y fuerza en los momentos más difíciles.

A mis amigos, por estar persistentemente allí para mí, brindando su espiración y su afecto sincero.

Esta tesis está dedicada a todos aquellos científicos que creen en el poder de la investigación y trabajan duro para hacerlos realidad de las nuevas tecnologías.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de manera especial a mi Asesora de tesis, Dra. Carla Susan, Sánchez Chávez, por su guía y apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación. Sus conocimientos y experiencia fueron fundamentales para el éxito de este trabajo.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a, Dr. Raúl Chura Serrano, por su tiempo y dedicación al revisar en forma minucioso esta tesis y brindar, excelentes sugerencias para mejorarlo.

Expreso mi gratitud a mis amigos y compañeros de clase, quienes me brindaron su apoyo y motivación en los momentos difíciles. En especial, quiero mencionar a Dr. Lauro Enciso Rodas y a la Sra. Aurelia Machacca Loayza quienes siempre estuvieron dispuestos a escuchar mis ideas y brindarme su ayuda cuando más lo necesitaba.

Agradezco a la Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco donde realicé mi investigación, en sus campos experimentales y por haberme brindado las herramientas necesarias.

## Contenido

ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	ix
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Análisis de la situación problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	1
a. Problema general .....	1
b. Problemas específicos.....	2
1.3. Justificación de la investigación .....	2
1.4. Objetivos de la investigación.....	2
a. Objetivo general .....	2
b. Objetivos específicos .....	2
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	3
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	5
2.2. Conceptos preliminares .....	6
2.2.1. Trampa solar .....	7
2.2.2. Panel solar .....	7
2.2.3. Energía solar .....	7
2.2.4. Espectro Electromagnético .....	7
2.2.5. El Espectro Visible .....	8
2.2.6. Fototaxia .....	9
2.2.7. Insectos lucífugos .....	10
2.2.8. Insectos lucípetos.....	10
2.2.9. Ojos compuestos.....	11
2.2.10. Calibración de color.....	12
2.2.11. Otros conceptos .....	12
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	14
3.1. Hipótesis .....	14
3.1.1. Hipótesis general .....	14



3.1.2.	Hipótesis específicas.....	14
3.2.	Identificación de variables e indicadores.....	14
IV.	METODOLOGÍA.....	15
4.1.	Diseño de la Investigación.....	15
4.2.	Procedimiento de la Instalación.....	15
4.3.	Unidad de Análisis.....	15
4.4.	Población de Estudio .....	16
4.5.	Selección de Muestra.....	16
4.6.	Análisis e interpretación de los datos .....	16
4.7.	Fórmulas Estadísticas .....	16
4.8.	Materiales y Equipos .....	17
4.9.	Campos de cultivo .....	17
V.	ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	19
5.1.	Resultados para los frutales .....	19
5.1.1.	Datos obtenidos para el Cultivo de los frutales .....	19
5.1.2.	Cálculo de la media aritmética para el cultivo de los frutales .....	20
5.1.3.	Cálculo de la varianza para cultivo de los frutales .....	21
5.1.4.	Cálculo para la comparación de hipótesis nula y alterna para el cultivo de los frutales .....	22
5.1.5.	Prueba HSD de Tukey para el cultivo de los frutales.....	23
5.1.6.	Diferencia de medias para aceptar la hipótesis alterna comparando con HSD = 0.2502 .....	23
5.1.7.	Propuesta de la fórmula empírica de Lorentz para el cultivo de los frutales....	25
5.1.8.	Cálculo de mínimos cuadrados para el cultivo de los frutales.....	25
5.1.9.	Cálculo de los mínimos cuadrados y coeficiente correlación de Pearson para los variables independiente y dependientes y su correspondiente Gráfica para el cultivo de frutales .....	26
5.2.	Resultado para la papa .....	29
5.2.1.	Datos obtenidos en el campo para el cultivo de la papa.....	29
5.2.2.	Cálculo de la media aritmética para el cultivo de la papa.....	30
5.2.3.	Cálculo de la varianza para el cultivo de la papa.....	31
5.2.4.	Cálculo para la comparación de hipótesis nula y alterna para el cultivo de la papa.....	32
5.2.5.	Prueba de Tukey para el cultivo de papa .....	33
5.2.6.	Diferencia de medias para aceptar la hipótesis alterna comparando con HSD=	

0.182 .....	33
5.2.7. Propuesta de la fórmula empírica de Lorentz para el cultivo de la papa . . . .	35
5.2.8. Cálculo de mínimos cuadrados para el cultivo de la papa.....	35
5.2.9. Cálculo de los mínimos cuadrados y coeficiente correlación de Pearson para los variables independientes y dependientes y su correspondiente Gráfica para el cultivo de la papa.....	36
5.3. Resultados para alfalfa.....	39
5.3.1. Datos obtenidos en el campo para el cultivo de alfalfa.....	39
5.3.2. Cálculo de la media aritmética para el cultivo de alfalfa .....	40
5.3.3. Cálculo de la varianza para el cultivo de alfalfa .....	42
5.3.4. Cálculo para la comparación de hipótesis nula y alterna para el cultivo de alfalfa.....	42
5.3.5. Prueba de Tukey para alfalfa .....	43
5.3.6. Diferencia de medias para aceptar la hipótesis alternativa comparando con HSD= 0.2919 .....	43
5.3.7. Propuesta de la fórmula empírica de Lorentz para el cultivo de alfalfa.....	45
5.3.8. Cálculo de mínimos cuadrados para el cultivo de alfalfa.....	45
<b>5.3.9.</b> Cálculo de los mínimos cuadrados y coeficiente correlación de Pearson 1 o s variables independientes y dependientes y su correspondiente Gráfica para el cultivo de alfalfa .....	46
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	49
CONCLUSIONES .....	50
RECOMENDACIONES .....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Número de insectos capturados versus el color de la luz para los frutales .....	20
Tabla 2 Cálculo de promedios.....	21
Tabla 3 Análisis de varianza.....	22
Tabla 4 Análisis de datos para afirmar hipótesis nula y alterna .....	22
Tabla 5 Diferencia de promedios .....	24
Tabla 6 Longitud de onda y promedio de insectos capturados para el cultivo de frutales.....	25
Tabla 7 Datos para el cálculo de los valores de “a” y “b” para el cultivo de los frutales .....	26
Tabla 8 Datos para la correlación de Pearson para el cultivo de frutales.....	27
Tabla 9 Número de insectos capturados versus el color de la luz para papa .....	30
Tabla 10 Cálculo de promedio para papa .....	31
Tabla 11 Análisis de varianza .....	32
Tabla 12 Análisis de datos para afirmar hipótesis nula y alterna .....	32
Tabla 13 Diferencia de promedios .....	34
Tabla 14 Longitud de onda y promedio de insectos capturados para el cultivo de la papa .....	35
Tabla 15 Datos para el cálculo de los valores de “a” y “b” para el cultivo de la papa.....	36
Tabla 16 Datos para la correlación de Pearson para el cultivo de papa .....	34
Tabla 17 Numero de insectos capturado versus color de la luz para alfalfa.....	40
Tabla 18 Cálculo de promedios para alfalfa.....	41
Tabla 19 Análisis de varianza .....	42
Tabla 20 Análisis de datos para afirmar la hipótesis nula y alterna .....	42
Tabla 21 Diferencia de promedios .....	44
Tabla 22 Longitud de onda y promedio de insectos capturados para el cultivo de la alfalfa ...	45
Tabla 23 Datos para el cálculo de los valores de “a” y “b” para el cultivo de la alfalfa.....	46
Tabla 24 Datos para la correlación de Pearson para el cultivo de papa .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 El espectro visible.....	9
Figura 2 Ojos compuestos de los insectos nocturnos .....	11
Figura 3 Gráfico no linealizado de Curva de Lorentz para frutales .....	28
Figura 4 Gráfico linealizado de Curva de Lorentz para frutales .....	28
Figura 5 Gráfico no linealizado de curva de Lorentz para papa.....	38
Figura 6 Gráfico linealizado de curva de Lorentz para papa.....	38
Figura 7 Gráfico no linealizado de curva de Lorentz para alfalfa.....	46
Figura 8 Gráfico linealizado de curva de Lorentz para alfalfa.....	46

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar experimentalmente el efecto del color de la luz artificial en una trampa solar para la captura de insectos nocturnos en los cultivos de papa, frutales y alfalfa, en la provincia de Andahuaylas. Esta investigación tuvo un diseño experimental, longitudinal y explicativo; en el que se realizó la recolección de datos mediante una Ficha de Observación, durante 90 noches continuadas, utilizando lámparas LED de los siguientes 7 colores: Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, Celeste y Violeta. Los datos fueron tomados desde las 19.00 horas hasta las 02.00 horas del día siguiente; cambiando el color de luz cada hora; durante los meses de agosto, setiembre y octubre del 2018.

En los tres meses que duraron las observaciones, se pudo registrar una considerable concentración de insectos nocturnos, la cual ciertamente es causante de graves daños a los cultivos de frutales, papa y alfalfa en la provincia de Andahuaylas.

Los resultados obtenidos en la captura de los insectos nocturnos a través de las lámparas LED, permitieron rechazar la hipótesis nula (según la cual, los promedios de los números de insectos capturados son independientes de color de la luz utilizada).

Por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna (según la cual, al menos uno de los promedios es diferente. En efecto, según las observaciones experimentales correspondientes a los tres cultivos, los promedios correspondientes a la luz amarilla son significativamente mayores que los promedios correspondientes a los otros colores, tal como se muestra en las tablas N<sup>o</sup>s 3, 7 y 11). Cuyos resultados son: Frutales promedio = 14.50

Papa promedio = 6.46

Alfalfa Promedio = 38.43

Para realizar las observaciones que se reportan en el presente trabajo, se construyó una trampa solar apoyada en un soporte metálico. Los componentes del correspondiente equipo fueron los siguientes: panel solar, batería, conversor y las lámparas LED de diferentes colores. En el diseño se consideró un soporte metálico con la finalidad de fijar a la trampa solar en forma estable en el terreno de cultivo. Para establecer la correlación de las variables independiente y dependiente se propuso la ecuación empírica de Lorentz.

La conclusión general a la que se arriba luego de realizada la presente investigación consiste en que la luz amarilla (con longitud de onda entre 565 a 590 nm) fue la que evidenció el número mayor de insectos nocturnos capturados.

**Palabras Claves:** Panel solar, Insectos Nocturnos, trampa solar

## ABSTRACT

The objective of this work was to experimentally evaluate the effect of the color of artificial light on a solar trap for the capture of night insects in potato, fruit and alfalfacrops, in the province of Andahuaylas this research had an experimental, longitudinal and longitudinal explanatory; in which data collection was made through an observation tab, for 90 continued nights, using LED lamps of the following 7 colors: red, orange, yellow, green, blue, light blue and violet. The data were taken from 7:00 p.m. to 02.00 the next day; changing the color of light every hour; During the months of August, September and October 2018.

In the three months that the observations lasted, a considerable concentration of night insects could be registered, which is certainly the cause of serious damage to the crops of fruit trees, potatoes and alfalfa in the province of Andahuaylas.

The results obtained in the capture of the night insects through the LED lamps, allowed to reject the null hypothesis (according to which, the averages of the numbers of captured insects are independent color of the light used).

Therefore, the alternative hypothesis is accepted (according to which, at least one of the averages is different. In effect, according to the experimental observations corresponding to the three crops, the averages corresponding to the yellow light are significantly greater than the averages corresponding to the other colors, as shown in the Tables 3, 7 and 11). Whose results are:

Average fruit trees = 14.50 Average potato = 6.46 Average alfalfa = 38.43

To make the observations that are reported in this work, a solar trap supported by a metal support was built. The components of the corresponding equipment were the following: Solar Panel, drums, converter and LED lamps of different colors. In the design, a metallic support was considered with the purpose of fixing the solar trap in a stable way in the cultivation field. To establish the correlation of the independent and dependent variables, Lorentz's empirical equation was proposed.

The general conclusion to which the present investigation is carried out is that the yellow light (with wavelength between 565 to 590 nm) was the one that evidenced the largest number of captured night insects.

**Keywords:** solar panel, night insects, solar trap

## INTRODUCCIÓN

En Andahuaylas el cultivo de frutales, papa y alfalfa es una actividad productiva más importante teniendo un gran valor económico, representa un medio de vida y sustento para las familias, ya que su venta sirve para el autoconsumo familiar y para el comercio en mercados locales y regionales en pequeños, medianos y grandes productores respectivamente.

A nivel ambiental el modelo de agricultura que se practica para los cultivos de frutales, papa y alfalfa contribuye a su contaminación debido al uso indiscriminado de los agroquímicos, con la finalidad de aumentar la productividad, cuyos efectos son la contaminación de agua, aire, suelo, de esta, manera estos tóxicos provocan la disminución de la población de animales y una serie de problemas en la salud de la población.

Los efectos ambientales que ocasionan estos agroquímicos son destructivos para el ecosistema, teniendo efectos cancerígenos.

Frente a ello se considera como una alternativa el uso de la trampa solar como un método no destructivo utilizando los 7 colores de espectro visible a través del uso de los LEDS, al tener una energía y frecuencia muy larga, no afecta a la flora, fauna y seres humanos.

Con la inquietud de afrontar estas situaciones se llevó a cabo el presente trabajo, cuyo objetivo específico fue la de determinar un color de lámpara de los 7 colores del espectro visible atrayente para los insectos nocturnos y establecer estrategias de combate, con la finalidad de minimizar o eliminar las polillas.

El trabajo consta de los siguientes capítulos:

**Capítulo I:** En este capítulo se realiza el planteamiento del problema de investigación consistente en el estudio de la influencia del color de la luz visible en la captura de insectos nocturnos. Este problema ciertamente está relacionado con la afectación de los cultivos por parte de los insectos nocturnos. Además, en este capítulo se formulan el problema general y los problemas específicos, se aborda la justificación de la investigación, se establecen el objetivo general y los objetivos específicos; finalmente, se formulan la hipótesis general y específicas del trabajo de investigación.

**Capítulo II:** En este capítulo de la investigación se desarrolla el marco teórico de la investigación, incluyendo los antecedentes, internacionales y nacionales y la explicación de los conceptos referentes al tema de investigación.

**Capítulo III:** En este capítulo se aborda la metodología de la investigación, la cual es la experimental. Asimismo, se exponen los detalles del diseño y construcción de la trampa solar que se utilizó durante las observaciones.



**Capítulo IV:** En este capítulo se muestran los resultados de todos los datos obtenidos de la observación longitudinal con los siete colores de luz visible, Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, Celeste y Violeta, durante 30 días, con los tres cultivos mencionados.

Asimismo, en este capítulo se reportan los resultados de los cálculos estadísticos realizados, tales como por ejemplo el cálculo de los coeficientes de correlación. Se muestra cómo este análisis estadístico conduce, en todos los casos, al rechazo de la hipótesis nula y la consecuente aceptación de la hipótesis alterna.

**Capítulo V:** En este capítulo de discusión de resultados se hace la comparación de los resultados obtenidos, con resultados de otros trabajos realizados a nivel nacional e internacional.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Análisis de la situación problemática**

Los cultivos de los frutales, papa y alfalfa son representativos en Andahuaylas, estos vegetales tienen que cumplir con su ciclo biológico, en ese proceso son atacados por los insectos nocturnos, los efectos finales es disminución de la producción y la calidad, técnicamente los mecanismos utilizados para la defensa contra las polillas y mosquitos son destructivos es decir se aplican los químicos, que ambientalmente generan impactos muy negativos y fuertes para los elementos abióticos: aire, agua y suelo. Para contrarrestar estos efectos destructivos para el ecosistema, con este trabajo pretendemos contribuir a un esclarecimiento de este problema recurriendo a una ocurrencia muy conocida como es la tendencia de los enjambres de algunas especies de insectos a congregarse en la vecindad de fuentes de luz. Los insectos que tienen este comportamiento; es decir, que son atraídos por la luz, se denominan “lucípetos. En efecto, de modo natural los insectos lucípetos (como las polillas y la mariposa) utilizan la luz de la luna y las estrellas para orientarse.

Fernández-Rubio, F., (1992). La luz artificial por otro lado, a pesar de seguir siendo algo atractivo para los insectos lucípetos, en realidad no es de utilidad para ellos pues en lugar de orientarles, les confunde.

Resh Vincent H, Cardé Ring T. (2003) El problema, es que los insectos lucípetos, están acostumbrados a percibir de forma equilibrada una luz lejana (de la luna y las estrellas), por lo que la luz eléctrica les desestabiliza cuanto más cerca están de ella. Al darles con más intensidad en un ojo que en el otro, los insectos tienden a mover con más frecuencia un ala que la otra, de ahí que realicen un movimiento errático y en giros en torno al origen de la luz. Y es que en este caso la luz se convierte en su peor enemiga; ya que, en lugar de orientarles de forma natural, lo único que hace es provocarles una situación de confusión.

En base a la información que acabamos de mencionar, el planteamiento de nuestro problema de investigación consiste en determinar la influencia del color de la luz artificial en el carácter lucipeto de los insectos que se tornan en plagas para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en la provincia de Andahuaylas.

### **1.2. Formulación del problema**

#### **a. Problema general**

¿Cuál es la influencia del espectro visible sobre los insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en Andahuaylas?

## **b. Problemas específicos**

- ¿Cuáles es el color óptimo de las lámparas LEDs: Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, ¿Celeste, que hace posible la disminución de los insectos nocturnos mediante el uso de una trampa solar en los cultivos de papa, frutales y alfalfa?
- ¿Cuál es el aporte de la construcción de una trampa solar para la captura de insectos nocturnos en los cultivos?
- ¿Cuál es la correlación entre las variables independiente y dependiente utilizando la fórmula empírica de Lorentz?

## **1.3. Justificación de la investigación**

La construcción de la trampa solar es una alternativa no destructiva del ecosistema para eliminar los insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos en Andahuaylas, utilizando los colores del espectro visible cuyo fin es disminuir las polillas y mosquitos que atacan a los cultivos de frutales, papa y alfalfa. Los agroquímicos producen una alta contaminación en los terrenos cultivables, llevando a una pérdida económica para los agricultores y causando efectos secundarios en la salud de los humanos y animales, matándolos a los peces, ranas en los ríos y las aves silvestres, los químicos se usan una sola vez, en cambio la trampa solar serviría para utilizar en varias campañas de sembrío abaratando el costo de producción al agricultor y los resultados de una buena cosecha.

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **a. Objetivo general**

Determinar la influencia del espectro visible sobre los insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en Andahuaylas

### **b. Objetivos específicos**

- Determinar el color óptimo de las lámparas LEDs: Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, ¿Celeste, que hace posible la disminución de los insectos nocturnos mediante el uso de una trampa solar en los cultivos de papa, frutales y alfalfa
- Determinares el aporte de la construcción de una trampa solar para la captura de insectos nocturnos en los cultivos
- Determinar la correlación entre las variables independiente y dependiente utilizando la fórmula empírica de Lorentz.

## II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Luego de una revisión en la literatura especializada sobre el tópico que estamos abordando, las siguientes 3 referencias relevantes, a nivel internacional, fueron encontradas:

#### **1) Rea Tutín Ángel Nazareno (2016) “Estudio de la reducción de la población de plagas mediante el uso de la trampa solar”**

Universidad Técnica de Cotopaxi Ecuador.

Esta investigación se realizó en la comunidad de Atocha, cantón Salcedo, Ecuador, con el objetivo de determinar la reducción de la población de plagas mediante la construcción de una trampa solar. Los métodos utilizados fueron: la observación, que permitió conocer el comportamiento de las plagas frente a la incidencia de la luz emitida por la trampa, el método experimental facilitó la manipulación de las muestras en el laboratorio, mediante el uso de un estereoscopio y guías entomológicas, para conocer las características taxonómicas de los insectos. Se presentaron promedios poblacionales de las plagas con la finalidad de conocer la abundancia de las plagas asociadas a la papa (*Solanum tuberosum*) en los estadios fisiológicos del cultivo (desarrollo, floración y maduración). De los resultados obtenidos, se identificaron 10 especies de insectos nocturnos que causan daño al cultivo de la papa y se encuentran registrados en fichas botánicas. Las plagas más prevalentes pertenecen al orden Thysanoptera, Lepidóptera, Díptera y Hemíptera, las más abundantes fueron el trips (*Frankliniella tuberosi*) con un promedio de 1362 individuos, la polilla guatemalteca (*Symmetrischem tangolias*) con 924 individuos, el mosco minador (*Liriomyza spp*)<sup>1</sup> con 852 individuos y la palomilla (*Phthorimaea*) con 783 individuos. La mejor respuesta de la trampa fue en el segundo estadio fisiológico (floración) del cultivo. La trampa solar fue diseñada con las siguientes componentes: una estructura metálica de soporte, un panel solar, una batería, dos lámparas LED de luz amarilla y dos recipientes uno conteniendo agua y el otro aceite. Mediante el panel la radiación solar fue transformada en energía eléctrica que fue almacenada en la batería y distribuida a las lámparas. Durante las noches se activó la trampa para atraer a los insectos.

Este trabajo contribuyó con proporcionar un aporte sostenible y eficiente para el control de las plagas de la papa, contribuyó también con minimizar el uso de contaminantes (pesticidas) al medio ambiente y consecuentemente, contribuyó también con optimizar la economía del agricultor.

---

<sup>1</sup> *Liriomyza spp* .- mosca minadora de las hojas de papa.

La información presentada en este trabajo, nos fue particularmente útil, como referencia para construir la trampa solar que utilizamos en nuestra investigación.

## **2) Pérez-Hernández y otros (2017) “Eficiencia de trampas (“pitlight”) <sup>2</sup> (luz intermitente) con LED para el muestreo de coleóptera nocturnos (insecta) en selvas tropicales”. Universidad Nacional Autónoma de México**

En este trabajo se evaluó el uso de trampas de caída con luz portátil (“pitlight”) con lámparas LED para la captura de Coleóptera nocturnos en una selva tropical, con la finalidad de proveer herramientas eficientes para el monitoreo de insectos.

Se comparó la diversidad de familias y morfoespecies recolectada con trampas de caída pasivas (“pitfall”)<sup>3</sup> (trampa con túnel dentro que lleva cebo) y con trampas de caída con luz (“pitlight”) de tres distintos colores (azul, blanco y amarillo), bajo la hipótesis de que las trampas pitlight son más eficientes y que los insectos serán más atraídos por las longitudes de onda más cortas y de alta frecuencia. Además, el muestreo se dividió en dos períodos nocturnos de cinco horas, con el objetivo de analizar el tiempo necesario para obtener una colecta significativa. Las recolectas con trampas pitlight fueron notablemente superiores a las realizadas con trampas pitfall pasivas y aunque no se encontraron diferencias significativas entre los valores de riqueza, abundancia y diversidad de coleópteros obtenidos con los tres colores de LED (azul, blanco, amarillo), ni entre los horarios nocturnos de recolecta; sí se observó una alta disimilitud en la composición de morfoespecies <sup>4</sup> entre los distintos tratamientos. Las trampas pitlight con LED son un método sencillo, portátil y económico que es capaz de obtener una captura eficiente y representativa en periodos de tiempo muy cortos, por lo que se recomienda su uso para el inventario de comunidades de insectos.

La información presentada en este trabajo nos sirvió como referencia para decidir las horas (desde las 7 pm hasta las 2 am del día siguiente) en las que realizamos las observaciones en el presente trabajo; pues, en el horario mencionado los insectos están más activos.

## **3) Serrano Domínguez, (2016) “Atracción de *Lutzomyia cruciata* (Diptera: Psychodidae) a cebos lumínicos” El Colegio de la Frontera Sur eco sur México.**

Las trampas de luz CDC<sup>5</sup> son una alternativa para el monitoreo de flebotomíneos<sup>6</sup> de importancia médica. Sin embargo, los resultados son variables entre especies, afectando la

---

<sup>2</sup> Pitlight.- luz intermitente.

<sup>3</sup> Pitfall.- trampa con túnel dentro que lleva cebo.

<sup>4</sup> Morfoespecies. - Especie que no presenta una identificación taxonómica.

<sup>5</sup> Center of Disease Control: Centro de Control de Enfermedades.

<sup>6</sup> Flebotomíneos.- Familia de mosquitos con su picadura produce transmisión de la leishmaniasis.

eficiencia de una trampa estándar<sup>7</sup>. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del color de luz usado como cebo para capturar a *Lutzomyia cruciata* (Coquillett) con trampas CDC. La respuesta relativa de hembras silvestres de *Lu. cruciata* a cuatro colores de luz fue evaluada en pruebas de laboratorio de doble elección, usando como control al color amarillo. Pruebas de campo fueron realizadas para seleccionar al color de luz (LED) más atractivo para esta especie y combinarlo con otros cebos químicos conocidos. No se observaron diferencias de los tratamientos con respecto al control en laboratorio, con excepción de la luz roja que mostró menor atracción relativa para *Lu. cruciata* que el amarillo(control). La trampa CDC cebada con color azul mostró una efectividad similar a una trampa CDC sin modificar.

Se observaron capturas similares en las trampas con luz no modificada (cono sin mezcla atrayente), ambos con la mayor frecuencia observada. Las trampas cebadas con luz azul, registraron capturas similares con o sin mezcla atrayente, las cuales fueron mayores que la mezcla de olor sola. Estos resultados sugieren una preferencia de *Lu. cruciata* a luz azul, que podría ser aplicado para incrementar la especificidad de la trampa CDC en la captura de esta especie. La especificidad de la trampa CDC para monitorear a *Lu. cruciata* representa un significativo avance para la vigilancia entomológica de esta especie.

Esta referencia se distingue de las dos anteriores en el sentido de considerar los insectos ya no como plagas que afectan a los cultivos, sino como posibles agentes transmisores de ciertas enfermedades que pueden afectar a los humanos. La motivación para mencionar esta referencia, fue la siguiente situación anecdótica: Durante las observaciones de campo realizadas en el proyecto de investigación, materia de esta tesis, una variedad de pequeños insectos (pulgon) me produjo una serie de picaduras. Consultando este asunto con los especialistas correspondientes, me recomendaron tomar las precauciones correspondientes (solicitar la aplicación de las apropiadas vacunas y tomar la medicación correspondiente). Afortunadamente, las mencionadas picaduras no tuvieron mayor efecto luego de tomar la medicación recomendada.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Luego de una revisión en la literatura especializada sobre el tópico que estamos abordando, la siguiente referencia relevante, a nivel nacional, fue encontrada:

Kennedy Zela Uscamayta (2013) “Trampas de color para control de insectos plaga en hortalizas de hoja en el centro poblado de Jayllihuaya- Puno”.

El contenido de este trabajo se ha resumido del siguiente modo:

---

<sup>7</sup> Trampa estándar. - Trampa con dimensiones exactas para la captura de insectos.

“Las hortalizas, igual que otros cultivos son susceptibles al ataque de plagas lo cual no permite una buena producción, el presente trabajo de investigación ha sido realizado con el objetivo de evaluar el efecto de las trampas de color en el comportamiento de insectos plaga en hortalizas de hoja, identificar a nivel de familias los insectos fitófagos y controladores biológicos que se encuentran en hortalizas de hoja, evaluar el tipo de daño que ocasionan y determinar los patrones de color más óptimos como atrayentes para el control de insectos fitófagos y controladores biológicos. Para ello, se instalaron 8 trampas consistentes en cintas adhesivas adhesivas de colores amarillo, verde, rojo, celeste, naranja, rosado, blanco y negro. Durante el desarrollo de hojas en cultivos de acelga, repollo, lechuga y cilantro, los mismos que se cultivaron entre los meses de enero a abril del 2015.

El resultado se trabajó por cultivo en donde Aphididae, Psyllidae y Cicadellidae (Homoptera) <sup>8</sup> ; Braconidae (Hymenoptera) <sup>9</sup> . ¡se registraron raspado en hojas por trisp” enrollamiento y bajo crecimiento por “pulgones” y “psilidos!<sup>10</sup>. Los colores celeste y blanco fueron los colores con mayor captura de insectos fitófagos y benéficos. El mayor efecto de los colores en la captura de insectos se dio a nivel de familias, siendo los colores celestes (30%) y blanco (28%) más atrayentes para la familia Thripidae, naranja (21%) y amarillo (18%) para la familia Cicadellidae, amarillo (26%) para la familia Aphididae, naranja (21%) y verde (20%) para la familia Psyllidae y blanco (23%) para la familia Anthomyiidae”.

La información presentada en el trabajo cuyo resumen acabamos de mostrar, fue útil para los propósitos de esta tesis en el sentido de que fue un antecedente importante a nivel nacional (el único encontrado) que nos sirvió de referencia para escoger los cultivos a considerar. En efecto, mientras la investigación en mención, consideró cultivos de hortalizas de hojas; nosotros consideramos cultivos de frutales, papa y alfalfa.

Asimismo, mientras el trabajo en mención hizo las observaciones, durante el día, utilizando cintas adhesivas de diferentes colores para la captura de insectos; nosotros hicimos las observaciones durante la noche, utilizando lámparas LED de diferentes colores para la captura de insectos.

## **2.2. Conceptos preliminares**

A continuación, describiremos brevemente conceptos relevantes que han sido utilizados a lo largo de la tesis.

---

<sup>8</sup> Homoptera).- Insectos chupadoras.

<sup>9</sup> Hymenoptera.- Insectos benéficos.

<sup>10</sup> Psilidos!<sup>10</sup> .- Cochinilla, cigarras.



### **2.2.1. Trampa solar**

Se denomina así al equipo cuya finalidad es lograr la captura de insectos nocturnos. En nuestro caso, este equipo está constituido por los siguientes componentes: un panel solar, una batería, un inversor de energía fotovoltaica, un juego de lámparas LED de diferentes colores (que hacen el papel de cebo óptico para los Insectos), recipientes abiertos conteniendo agua (las trampas propiamente dichas) y un soporte metálico.

Seguidamente, describiremos brevemente los componentes de una trampa solar.

### **2.2.2. Panel solar**

Fernández, C., & Gómez, S. (2018). Es el dispositivo cuya finalidad es convertir la energía de la radiación solar en energía eléctrica aprovechable, la cual típicamente se almacena en baterías.

El elemento principal de un panel solar es la célula fotoeléctrica, también llamada célula solar o célula fotovoltaica. Todas las células solares funcionan por el mismo principio: la luz incide en la superficie superior de la célula, y "empuja" los electrones del material con el que se ha fabricado hacia una capa inferior. Conectando las dos capas, conseguimos crear un circuito de "regreso a casa" para dichos electrones.

### **2.2.3. Energía solar**

Fernández, J., & Ruiz, A. (2014). La energía solar es la energía producida por la luz energía fotovoltaica o por el calor del sol termosolar para la generación de electricidad o la producción de calor. Esta energía solar es inagotable y renovable, pues procede del sol y se obtiene por medio de paneles y espejos.

Las células solares fotovoltaicas convierten la luz del sol directamente en electricidad por el llamado Efecto Fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, generando una corriente eléctrica. Por otro lado, los colectores solares térmicos usan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar, transferirlo a un fluido y conducirlo mediante tuberías para su aprovechamiento en edificios e instalaciones o también para la producción de electricidad (solar termo eléctrica).

### **2.2.4. Espectro Electromagnético**

Jones, E. & Childers, R. (2004). Se denomina espectro electromagnético al ordenamiento de la energía radiante según la longitud de onda ( $\lambda$ ) o la frecuencia ( $\nu$ ) de la correspondiente onda electromagnética. El espectro electromagnético se extiende desde longitudes de onda de 10-16 metros hasta 105 metros. En el extremo de las frecuencias más altas (ondas cortas), de mayor energía, están los rayos cósmicos (emitidos durante las reacciones nucleares). En el otro extremo se encuentran las ondas largas, utilizadas para

comunicaciones de radio, que van desde unos milímetros a kilómetros de longitud de onda. Entre estos extremos, están los rayos X, los UV (ultravioleta), los visibles y los IR (infrarrojos). Los últimos tres son los de mayor importancia en el campo de la iluminación.

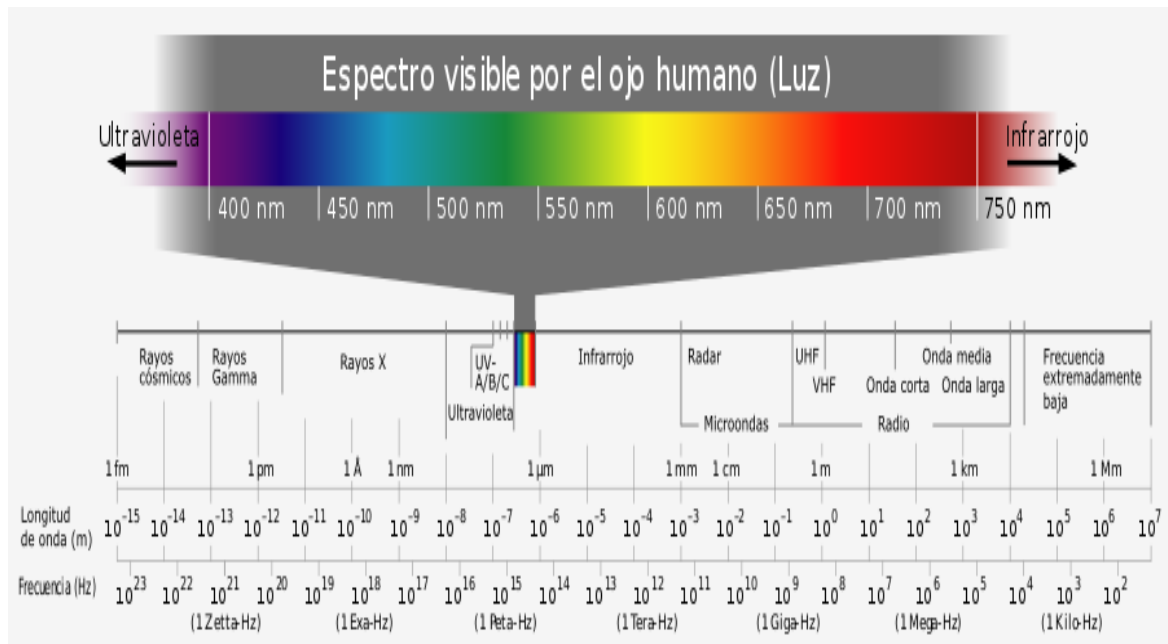
La relación entre la longitud de onda y la frecuencia de una onda electro- magnética está dada por la expresión  $\lambda \nu = c$ , donde  $c$  es la velocidad de las ondas electromagnéticas en el vacío, cuyo valor es  $3 \times 10^8$  m/s. La fórmula anterior expresa la relación inversa que existe entre el  $\lambda$  y  $\nu$ ; es decir, ondas con  $\lambda$  muy pequeñas tienen frecuencias  $\nu$  altas; mientras que ondas con  $\lambda$  muy grandes tiene frecuencias  $\nu$  bajas.

Asimismo, la relación entre la energía de una onda electromagnética y la correspondiente frecuencia está dada por la famosa formula de Planck:  $E = h\nu$ , donde  $h$  es la constante de Planck cuyo valor es  $6.626 \times 10^{-34}$  J/s. Esto significa que la frecuencia y la energía de una onda electromagnética están en relación directa; es decir, una onda de alta frecuencia tiene una alta energía, mientras que una onda de baja frecuencia tiene una baja energía.

### **2.2.5. El Espectro Visible**

García, M. A., & López, J. R. (2015). La luz es la porción visible del espectro electromagnético. En efecto, la “luz” o “espectro visible” está constituida por ondas electromagnéticas que son detectables por el ojo humano. Estas ondas tienen longitudes de onda que van desde los 380 nm (correspondiente al color violeta) hasta los 750 nm (correspondiente al color rojo), estando en el interior de este rango los demás colores del espectro visible (azul con  $\lambda = 450$  nm, cian con  $\lambda = 485$  nm, verde con  $\lambda = 535$  nm, amarillo con  $\lambda = 575$  nm y anaranjado con  $\lambda = 600$  nm). Cabe resaltar que este rango “visible” del espectro electromagnético [380nm, 750nm] es una pequeñísima porción del espectro electromagnético completo; tal como puede apreciarse en la Figura N°1.

La luz blanca que percibimos, es en realidad, la mezcla de todos los colores del espectro visible. En efecto, la luz proveniente del sol (luz blanca) se puede des- componer en los diferentes colores del arco iris, mediante un prisma de cuarzo, que refracta las distintas longitudes de onda, selectivamente.



**Figura 1**  
*El espectro visible*

Los conceptos que acabamos de desarrollar, como se puede apreciar, son conceptos físicos y/o técnicos. Seguidamente, consideraremos conceptos tomados de la Biología.

### 2.2.6. Fototaxia

Hernández, J. P., & Torres, M. E. (2019). En general, se denomina Fototaxia a la cualidad por la cual algunas células se dirigen hacia la luz. El efecto contrario; es decir, huir de la luz, se conoce como fototaxia negativa o fotosock. Dichas células, cuentan con elementos fotorreceptores capaces de detectar la luz denominados manchas oculares y son consideradas como los ojos más simples encontrados en la naturaleza. Aunque no todas las especies de insectos tienen ojos con células de este tipo, esta ocurrencia es más común en los insectos nocturnos y voladores. A pesar de no haber todavía una teoría bien definida al respecto, se cree que la atracción natural de los insectos por la luz, es debida a que ésta les proporciona cierta orientación. Las polillas, por ejemplo, son positivamente fototaxíticas, aunque, de forma natural, la luz que las atrae es la luz de la luna, que ciertas especies de este insecto utilizan como referencia para emigrar debido a que la luz de la luna les permite equilibrar su trayectoria de vuelo de acuerdo con la rotación de la tierra. Incluso, algunas investigaciones dan cuenta de un sistema de brújula geomagnética interna, que contribuye a que las polillas vuelen en la dirección correcta. Sin embargo; la luz artificial que utilizamos para iluminar nuestros ambientes, las desorienta y las “redirige”, primero a un sobrevuelo a la luminaria en cuestión y después a la muerte. ¿Pero qué pasa con las polillas que no emigran? ¿Cuentan ellas con el mismo sistema? Como mencionamos en un inicio, no hay aún una teoría sólida que explique

la atracción que los insectos sienten por la luz. Cabe mencionar que las polillas son atraídas principalmente por algunas longitudes de onda, como la ultravioleta, por otro lado, la distancia a la fuente de luz ejerce una reacción peculiar en los insectos. En efecto, respecto de la luz natural de la luna, debido a su lejanía, los rayos de luz llegan de forma equitativa a los ojos de los insectos; pero cuando la fuente de luz (como ocurre con la artificial) es más próxima a uno de los ojos del insecto, obliga a éste a mover con más frecuencia una de sus alas, lo que explica su movimiento circular entorno a la luminaria. Además, los ojos de la polilla son más sensibles a una luz más brillante (artificial). Por ejemplo, cuando estamos en una habitación oscura y después nos exponemos a la luz, nuestros ojos tardan en adaptarse; las polillas tardan aún más; de hecho, quedan parcialmente ciegas por cierto tiempo, si consideramos que el motivo de esto es la proximidad que hay entre el insecto y la luminaria, lo más probable es que el desenlace sea la muerte de la polilla. Otras posibles explicaciones son que las polillas, al querer esconderse de los depredadores, buscan una mejor visión del espacio en que vuelan acercándose de más a la luminaria; o que probablemente sea un caso de identidad equivocada, donde las polillas masculinas confunden el espectro de la luz con las feromonas producidas por las polillas femeninas. Ninguna de estas conjeturas está plenamente comprobada; sin embargo, lo único claro es que la luz (la atracción de los insectos por ella) es un aspecto importante en la muerte de los insectos.

#### **2.2.7. Insectos lucífugos**

López, R. M., & Sánchez, A. P. (2021). Los insectos que son repelidos por la luz son denominados “lucífugos”. Estos insectos tienen ojos que muestran una fotaxia negativa y por ello, en presencia de la luz, corren a esconderse en grietas oscuras. Son ejemplos de insectos lucífugos las cucarachas.

#### **2.2.8. Insectos lucípetos**

Castillo, J., & Rivera, M. (2023). Los insectos que son atraídos por la luz son denominados “lucípetos”. Se trata de insectos nocturnos que van hacia la luz porque la utilizan como guía y orientación, como mencionamos más antes. De modo natural, ellos vuelan siguiendo la luz de las estrellas y la luna por la noche; pero se confunden cuando se encuentran con una luz artificial.

Los ojos de los insectos lucípetos muestran una fototaxia positiva. Este comportamiento les facilita la orientación, les permite ubicar la dirección correcta en la oscuridad y les sirve de guía en sus movimientos migratorios.

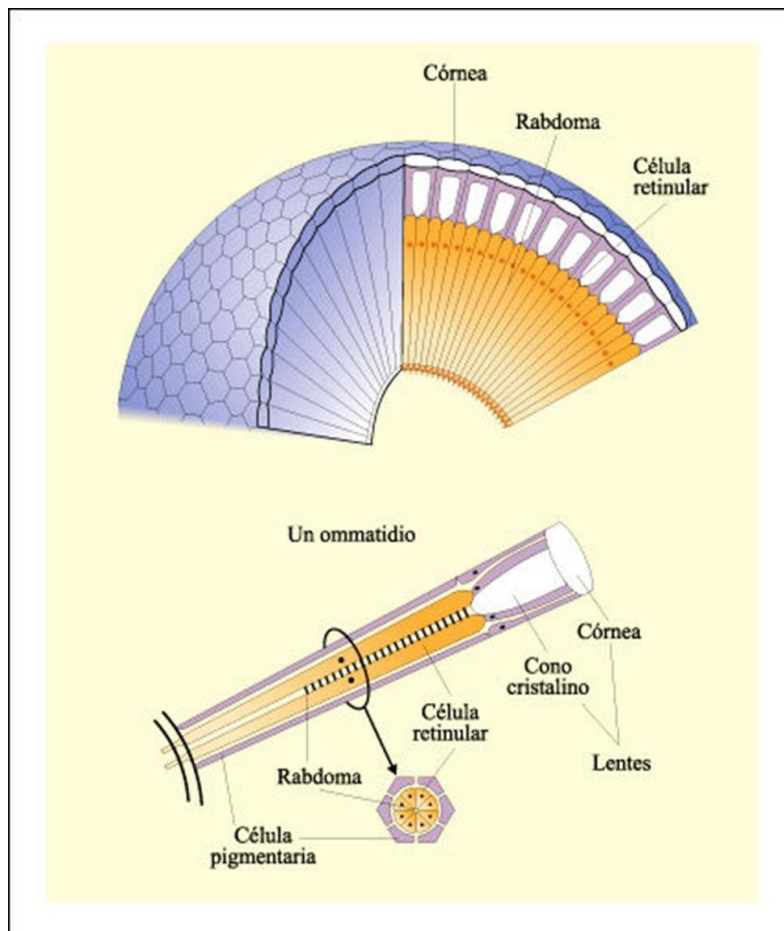
Además, la intensidad lumínica también influye en el movimiento de sus alas, así cuando la luz proviene de una fuente distante e incide por igual en ambos ojos del insecto, éste

vuela en línea recta, pero si la fuente de luz está más cerca, un ojo percibe más cantidad de luz que el otro y el ala de ese lado tiende a moverse más rápido al recibir mayor estímulo.

### 2.2.9. Ojos compuestos

Ramírez, S., & López, G. (2021). Un ojo compuesto es un órgano visual que se encuentra en ciertos artrópodos como los insectos nocturnos. Consiste en la agrupación de entre 12 y varios miles de unidades receptoras llamadas ommatidios. Los ommatidios son unidades sensoriales formadas por células capaces de distinguir entre la presencia y la falta de luz y, en algunos casos, capaces de distinguir los colores del espectro visible.

Los ojos compuestos de superposición. Se divide en tres tipos: superposición refractante, superposición reflectante y superposición parabólica. El ojo de superposición refractante tiene una entrada entre la lente y el rabdomero y no tiene pared. Cada lente refleja la luz en un ángulo igual al ángulo que la recibe. El resultado es la formación de la imagen en la mitad del radio del ojo, donde hay situadas las cabezas de los rabdomeros. Este tipo de ojo se encuentra normalmente en insectos nocturnos.



**Figura 2**  
*Ojos compuestos de los insectos nocturnos*

### **2.2.10. Calibración de color**

García, J. M., & López, A. (2015). Describe un procedimiento (Metrohn autolab) que utiliza un software para calibrar la luz LED. El procedimiento se puede aplicar a las luces LED de longitud de onda única. Para la calibración de luces blancas, un procedimiento preliminar para encontrar el valor de capacidad de respuesta del fotodiodo calibrado necesario. Una vez que se conoce el valor de capacidad de respuesta, el procedimiento descrito en este documento también se puede utilizar para calibrar luces blancas. La calibración se realiza para relacionar la luz LED. Intensidad a la corriente del controlador LED. La calibración permite realizarla mediciones en células solares especificando de la luz, valores de intensidad, en lugar de la corriente del controlador LED. El software calculará automáticamente el valor respectivo de la corriente del controlador LED. Se calibran los colores de LED, Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Celeste, Azul y Violeta.

### **2.2.11. Otros conceptos**

#### **a) La papa**

Hawkes 1992, Quiroz et al. (2012). La papa (*Solanum Tuberosum*) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, es originaria de Sudamérica y específicamente de los Andes de Perú y Bolivia. Haverkort (1990) Puede crecer en diferentes ambientes, pero está mejor adaptada a climas templados.

Fue domesticada en el altiplano andino y en las cercanías de lago Titicaca por los habitantes de esta región desde hace unos 8 mil años. En el siglo XVI, comenzó a ser trasladada a Europa por los conquistadores españoles quienes la consideraban simplemente una curiosidad botánica y no una planta alimenticia. Su consumo fue creciendo, aunque al principio solo como planta forrajera y de jardín por sus flores; su uso gastronómico se expandió a todo el mundo desde el siglo XVIII gracias a los estudios agronómicos del francés Antoine Parmentier y del Irlandés Enrique Doyle que radicó en España, hasta convertirse en uno de los principales alimentos del ser humano.

#### **b) Frutales**

Chasquibol (2015). Los frutales considerados en el presente estudio, fueron: papaya nativa, durazno, tumbo y aguaymanto. Estos frutales crecen en la sierra y selva del Perú, en los departamentos de Apurímac, Amazonas, Ancash, Ayacucho, Cajamarca y Cusco; en suelos pobres, con bajos requerimientos de fertilización, pero bien drenados, y con gran luminosidad; debe protegerse del viento excesivo; además debe contar con suficiente agua durante el desarrollo, más no en la maduración de sus frutos.

**c) Alfalfa**

Rodríguez, (2017). La alfalfa (*Medicago Sativa*) es una de las especies forrajeras más importantes a nivel mundial. Tiene un ciclo vital de entre cinco y doce años, dependiendo de la variedad, utilización, clima y óptimas condiciones; puede llegar a los veinte años de ciclo vital. Es una especie de planta herbácea, perteneciente a la familia de las fabáceas o leguminosas. Es conocida también como mielga o lucerna. Las plantas de alfalfa alcanzan una altura de 30 a 60 cm desarrollando densas agrupaciones de pequeñas flores de color púrpura.



### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

Existe la influencia del espectro visible sobre los insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en Andahuaylas

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- Existe el color óptimo de las lámparas LEDs: Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, Celeste, que hace posible la disminución de los insectos nocturnos mediante el uso de una trampa solar en los cultivos de papa, frutales y alfalfa
- Existe el aporte de la construcción de una trampa solar para la captura de insectos nocturnos en los cultivos.
- Existe la correlación entre las variables independiente y dependiente utilizando la fórmula empírica de Lorentz.

#### **3.2. Identificación de variables e indicadores**

##### **a. Variables independientes**

Luz a diferentes longitudes de onda

##### **b. Variables dependientes**

Insectos nocturnos

##### **c. Indicadores**

Mortalidad de insectos nocturnos en los cultivos.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Diseño de la Investigación**

El diseño de investigación fue experimental, de acuerdo con su temporalidad, fue de tipo Longitudinal.<sup>11</sup>

Arnau, J., & Bono, R. (2008). Los modelos que tradicionalmente se han utilizado en el análisis de datos de medidas repetidas son de carácter lineal y siguen el enfoque basado en el análisis de la variancia. Su principal desventaja es que debe disponerse de datos balanceados lo que, en contextos aplicados, es difícil de conseguir. Por esto, se han desarrollado modelos alternativos como el estudio de curvas de crecimiento, del que se han derivado gran cantidad de métodos. Todos estos métodos, además de modelar la variancia entre e intra individuos, no requieren datos balanceados. En la actualidad, se aplican los modelos lineales mixtos como una alternativa global de análisis. Los modelos mixtos estiman tanto los valores esperados de las observaciones (efectos fijos) como las variancias y covariancias de las observaciones (efectos aleatorios). Lo que distingue, por tanto, al modelo lineal mixto del modelo lineal general, es el cálculo de los parámetros de covariancia que permiten analizar datos de carácter longitudinal (correlacionados, incompletos y con intervalos entre observaciones no constantes).

Este trabajo de investigación se desarrolló durante 90 días con periodos de 30 días para cada cultivo, durante los meses de agosto, setiembre y octubre del 2018. El horario en el que se realizaron las observaciones fue desde las 19.00 horas hasta las 02.00 horas del día siguiente.

### **4.2. Procedimiento de la Instalación**

Se procedió a instalar la trampa solar para la captura de los insectos nocturnos, colocando debajo del LED dos lavatorios con agua y los insectos al dar vuelta en forma circular caen en ella y mueren. El LED emite luz, utilizando como fuente de energía un panel solar, para ello durante el día se carga la batería para almacenar suficiente cantidad de energía y para ser utilizado durante la noche a través de un conversor de energía fotovoltaica a eléctrica.

### **4.3. Unidad de Análisis**

La unidad de análisis fueron los campos de cultivo de frutales, papa y alfalfa en la provincia de Andahuaylas.

---

<sup>11</sup> diseño longitudinal. - Duran, Ángeles y Rogero, Jesús (2009). La investigación sobre el uso del tiempo, “los diseños longitudinales consisten en recolectar datos a través del tiempo en periodos específicos, para así hacer las inferencias respecto del cambio, sus determinantes y sus consecuencias”.

#### 4.4. Población de Estudio

Son los insectos nocturnos, entre ellos las polillas, mariposas que dañan las hojas y tallos de los cultivos de frutales, papa y alfalfa.

#### 4.5. Selección de Muestra

Son los insectos nocturnos muertos capturados que se recogen de los lavatorios de la trampa solar, para cuantificar la cantidad de los insectos perjudiciales y luego estos datos se anotan en las fichas de levantamiento de trabajo del campo.

#### 4.6. Análisis e interpretación de los datos

Para el procesamiento de los datos en el presente trabajo de investigación, luego de haber obtenido los resultados de las observaciones, se utilizó, ANOVA <sup>12</sup>. Seguidamente, se procedió al análisis estadístico para lo cual se calculó la diferencia de medias, se realizaron gráficos de los coeficientes de correlación; todo esto, usando los softwares estadísticos Excel, Past, Mathype, GeoGebra

#### 4.7. Fórmulas Estadísticas

Para el análisis de los datos en el presente trabajo, se hizo uso de las siguientes fórmulas estadísticas.

##### a. Fórmula para calcular la media aritmética

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

##### b. Fórmula para calcular la varianza

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

##### c. Fórmula para calcular F

$$F_{\text{prueba}} = \frac{\text{Estimación intermedia de varianza}}{\text{Estimación interna de varianza}}$$
$$F_{\text{prueba}} = \frac{S^2_x}{S^2_w} = \frac{nS^2_x}{S^2_1 + S^2_2 + S^2_3 + \dots + S^2_k / K}$$

##### d. Fórmula para calcular el coeficiente de correlación

$$r_{xy} = \frac{N \sum XiYi - \sum Xi \sum Yi}{\sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2} * \sqrt{N \sum Yi^2 - (\sum Yi)^2}}$$

---

<sup>12</sup> ANOVA. Análisis de varianza

N es el tamaño de la muestra.

$x_i, y_i$  son puntos muestrales individuales

**e. Fórmula para calcular la probabilidad**

$$P(A) = \frac{N^\circ \text{ de casos a favor de } A}{N^\circ \text{ total de casos de casos posibles } \Omega} = \frac{n(A)}{n(\Omega)}$$

Donde:

$P(A)$  = Probabilidad de ocurrencia de

“A”  
 $n(A)$  = Suceso a ocurrir de A

$n(\Omega)$  = Espacio muestral

**f. Fórmula para calcular “a” y “b” en los mínimos cuadrados**

$$a = \frac{N \sum (X_i Y_i) - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum (X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum Y_i - a \sum X_i}{N}$$

Donde N número de datos

**4.8. Materiales y Equipos**

- Un panel solar (Marca CE, modelo 10 W)
- Una batería (Marca CAFINI, Modelo: CN-TY3999FM-BT)
- Un inversor que permite convertir corriente continua en corriente alterna (marca LIT, 500W)
- Un cronómetro (Marca Casio)
- Un Higrotermómetro digital (Marca BOECO, Modelo SH 110)
- Cables eléctricos
- Un juego de lámparas LED de siete colores (Wailec BF-7, 185- 245v) de 7 W y 420 lm y 3 W y 200 lm
- Dos recipientes de plástico
- Una linterna

**4.9. Campos de cultivo**

Para el presente estudio, hemos considerado los cultivos de: Frutales Papa Alfalfa Debido a que estos están entre los cultivos más frecuentes en la provincia de Andahuaylas.

Además, estos cultivos son vulnerables a plagas de insectos que constituyen un daño para la producción. Asimismo, hicimos esta elección para considerar cultivos alternativos a los reportados en el antecedente nacional que logramos encontrar (Kennedy Zela Uscamayta (2013)), en el que se reportó un estudio parecido al nuestro considerando cultivos de hortaliza de hoja.

## **V. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

### **5.1. Resultados para los frutales**

#### **5.1.1. Datos obtenidos para el Cultivo de los frutales**

El estudio se realizó con los siguientes frutales: durazno, aguaymanto, tumbo y papaya nativa. Las observaciones del número de insectos capturados se realizaron manteniendo encendidas las lámparas LED, en forma sucesiva. Así por ejemplo en el primer día del estudio se empezó encendiendo la lámpara roja durante una hora (de 7 a 8 pm). Luego, de 8 a 9pm se mantuvo encendida la lámpara anaranjada, de 9 a 10 pm la lámpara amarilla, y así sucesivamente hasta completar con todos los colores, un color diferente cada hora. El segundo día se procedió del mismo modo: se mantuvo encendido un color diferente cada hora; pero se varió el orden de los colores. Esto con la finalidad de contrarrestar sesgamientos indeseables en las observaciones. Similar criterio de alterar la secuencia de colores se aplicó en los demás días en que se tomaron las observaciones. El experimento consistió en exponer los enjambres de insectos a la luz de las diversas lámparas LED. Los insectos se arremolinaban alrededor de las mencionadas lámparas y como consecuencia del comportamiento descrito más antes se confundían y adoptaban un vuelo errático que terminaba en un recipiente conteniendo agua el mismo que se constituía, en consecuencia, en el colector de los insectos capturados y donde consiguientemente podíamos proceder al conteo de los mismos. Las observaciones obtenidas durante los 30 días en que se trabajó en el cultivo de frutales, se muestran en la Tabla No 1. En esta tabla, la primera columna se refiere a los 30 días en que se efectuaron las observaciones. El resto de las columnas de esta tabla reporta los números de insectos capturados correspondientes a los diferentes colores. Así por ejemplo, el primer día del experimento, estando la luz roja encendida se capturo un solo insecto, estando la luz anaranjada encendida, se capturó también un solo insecto, estando la luz amarilla encendida, se capturaron trece insectos, estando la luz verde encendida, se capturó dos insectos, estando la luz celeste encendida, se capturó un solo insecto, estando la luz azul encendida, se capturó un solo insecto; finalmente estando la luz violeta encendida, se capturó también un solo insecto.

**Tabla 1***Número de insectos capturados versus color de la luz para los frutales*

N°	Rojo 625-740 nm (lm)	Naranja 590- 625nm (lm)	Amarillo 565- 590nm (lm)	Verde 520- 565nm (lm)	Celeste 500- 520nm (lm)	Azul 435- 500nm (lm)	Violeta 380- 435nm (lm)
1	1	1	13	2	1	1	1
2	1	2	14	2	1	2	2
3	3	2	15	1	1	3	2
4	3	1	16	1	1	3	3
5	2	1	14	3	1	3	3
6	2	2	12	3	2	2	3
7	1	1	13	3	2	2	1
8	1	1	12	3	2	2	1
9	1	1	14	1	2	1	1
10	2	1	15	1	2	2	1
11	2	1	15	1	2	2	1
12	2	1	14	2	1	2	1
13	1	2	14	2	1	2	1
14	1	2	16	3	1	2	2
15	1	1	16	3	1	2	1
16	1	1	14	3	1	2	1
17	1	1	14	3	1	2	1
18	2	1	13	2	1	2	1
19	2	2	16	2	1	2	3
20	2	2	16	2	1	2	3
21	1	2	15	2	1	1	2
22	3	2	14	1	1	1	2
23	3	2	14	1	1	1	2
24	3	2	13	1	1	1	2
25	2	3	12	2	1	2	1
26	3	3	16	2	2	2	2
27	3	2	17	2	3	2	3
28	2	1	15	2	3	2	3
29	2	2	17	2	3	2	1
30	2	3	16	1	2	1	2

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

**5.1.2. Cálculo de la media aritmética para el cultivo de los frutales**

En esta tabla se calcula la media aritmética de los datos obtenidos en la tabla 1 durante la investigación:

**Tabla 2**  
*Cálculo de promedios*

Nº	Rojo 625- 740nm (lm)	Naranja 590-625 nm (lm)	Amarillo 565-590 nm (lm)	Verde 520-565 nm (lm)	Celeste 500-520 nm (lm)	Azul 435-500 Nm (lm)	Violeta 380-435 Nm (lm)
1	1	1	13	2	1	1	1
2	1	2	14	2	1	2	2
3	3	2	15	1	1	3	2
4	3	1	16	1	1	3	3
5	2	1	14	3	1	3	3
6	2	2	12	3	2	2	3
7	1	1	13	3	2	2	1
8	1	1	12	3	2	2	1
9	1	1	14	1	2	1	1
10	2	1	15	1	2	2	1
11	2	1	15	1	2	2	1
12	2	1	14	2	1	2	1
13	1	2	14	2	1	2	1
14	1	2	16	3	1	2	2
15	1	1	16	3	1	2	1
16	1	1	14	3	1	2	1
17	1	1	14	3	1	2	1
18	2	1	13	2	1	2	1
19	2	2	16	2	1	2	3
20	2	2	16	2	1	2	3
21	1	2	15	2	1	1	2
22	3	2	14	1	1	1	2
23	3	2	14	1	1	1	2
24	3	2	13	1	1	1	2
25	2	3	12	2	1	2	1
26	3	3	16	2	2	2	2
27	3	2	17	2	3	2	3
28	2	1	15	2	3	2	3
29	2	2	17	2	3	2	1
30	2	3	16	1	2	1	2
	1.86	1.63	14.5	1.96	1.46	1.86	1.76

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la tabla 2 se interpreta que los valores de las medias de los datos de colores de LED: rojo naranja, verde, azul, celeste y violeta son homogéneas, en cambio de la luz amarilla es diferente.

### 5.1.3. Cálculo de la varianza para cultivo de los frutales

Los cálculos de la Tabla 3 se desarrolló utilizando el software Excel, que luego dilucida,



entre los grupos se encuentran los colores de las lámparas, empezando de rojo, naranja, amarillo, verde, celeste, azul y violeta, asimismo la cuenta es 30 datos para cada color, también la suma de los datos se observa con valor numérico alternado, tal es así para la lámpara de color amarillo es de 435; de igual manera en el promedio los valores de los datos numéricos son alternado, resaltando para el color amarillo de 14.5. Finalmente, para la varianza el valor numérico también es en forma alterno resaltando para la luz amarillo un valor de 2.05.

**Tabla 3**  
*Análisis de varianza*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Lámpara roja	30	56	1.86	0.6
Lámpara naranjada	30	49	1.63	0.44
Lámpara amarilla	30	435	14.5	2.05
Lámpara verde	30	59	1.96	0.58
Lámpara celeste	30	44	1.46	0.46
Lámpara azul	30	56	1.86	0.32
Lámpara violeta	30	53	1.76	0.66

**5.1.4. Cálculo para la comparación de hipótesis nula y alterna para el cultivo de los frutales**

- Hipótesis nula todas las medias son iguales (falsa)
- Hipótesis alterna las medias son diferentes(verdadera)

**Tabla 4**  
*Análisis de datos para afirmar hipótesis nula y alterna*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico F</i>
Entre grupos	4177.92	6	696.32	947.40	1.80E145	2.14
Dentro de los grupos	149.2	203	0.73			
Total	4327.12	209				

Nota. Fuente: Elaboración Propia

De los cálculos de la Tabla 4 se ilustra que la suma de cuadrados entre grupos tiene un valor de 4177.92 y el valor dentro de los grupos es de 149.2, haciendo un total de 4327.12. Los grados de libertad que son número de datos tiene un total de 209 distribuidos entre grupos 6 y dentro de los grupos 203, también el promedio de los cuadrados toma valores 696.32 y 0.73

respectivamente, con ello se calcula el valor de  $F^{13}$  para comparar  $F$  crítico<sup>14</sup> obtenido de tabla de Fisher. El valor de  $F$  es mayor al  $F$  crítico la probabilidad<sup>15</sup> de capturar insectos nocturnos con la Lámpara amarillo con un 95% de confiabilidad no es posible, porque el valor de  $p$  es inferior al nivel de significancia 0.05, esto demuestra que las medias de los siete grupos de datos de colores de luz, no son iguales, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ).

#### 5.1.5. Prueba HSD de Tukey para el cultivo de los frutales

La prueba de Tukey, denominada también prueba de medias, determina el valor de  $HSD^{16}$  una vez calculado el ANOVA para ver cuál de las medias de los siete grupos de datos, hace la diferencia con un 95 % de confiabilidad.

$HSD =$  Diferencia honestamente significativa,  $w = q \sqrt{(MSE / r)}$  (\*)

Donde:

$q =$  Factor de Tukey obtenido de la tabla VI del apéndice

$MSE = SC/r =$  Cuadrado del error medio, del inglés

Mean Square Error = Número de grados de libertad (210 - 7 = 203) Evaluando numéricamente  $HSD$  con la fórmula (\*):

Tenemos:

$q = 4.17$  (Obtenido de la Tabla VI de Tukey, columna 7, [hay 7 grupos], fila  $\infty$  [el número de grados de libertad es 203]).

$MSE =$  suma de los cuadrados dentro de los grupos/número de grados de libertad dentro de los grupos =  $149.2/203 = 0.735$

Con lo cual resulta:  $HSD = 4.17 \sqrt{0.735/203} = 0.2502$

Este valor de  $HSD$  se utiliza para comparar los resultados de la diferencia de pares de medias, como se muestra en la Tabla N°5.

#### 5.1.6. Diferencia de medias para aceptar la hipótesis alterna comparando con $HSD = 0.2502$

En esta tabla se calcula la diferencia de medias con los datos obtenidos de la tabla 3 en grupos de dos y para saber que medias específicas generan mayor diferencia comparando con el valor obtenido de  $HSD$ .

---

<sup>13</sup>  $F$  Calculado. - Cociente de dos varianzas en la medida de dispersión de los datos frente a la media.

<sup>14</sup> crítico. - Se obtiene de tabla de Fisher.

<sup>15</sup> probabilidad. - Toda la posibilidad de que ocurrencia de un fenómeno.

<sup>16</sup> diferencia Honestamente Significativa, del inglés: Honestly Significant Difference

**Tabla 5**  
*Diferencia de promedios*

Nº		1	2	3	4	5	6	7
		A	B	C	D	E	F	G
1	A	0	0.23	12.64	0.1	0.4	0	-0.1
2	B	-0.23	0	12.87	0.33	0.17	0.23	0.13
3	C	-12.84	-12.87	0	-12.54	-13.04	-12.84	-12.74
4	D	-0.1	-0.33	12.54	0	-0.5	-0.1	-0.2
5	E	0.4	0.17	13.04	0.5	0	0.4	0.3
6	F	0	-0.23	12.64	0.1	-0.4	0	-0.1
7	G	0.1	-0.13	12.74	0.2	0.3	0.1	0

En la tabla 3 se obtiene la media aritmética de cada grupo, con estos datos en la tabla 5 se calculan las diferencias de los promedios entre todos los pares de grupos. Los grupos designados por las letras A, B, C, D, E, F y G representan respectivamente a los colores en la siguiente forma: A= rojo, B = anaranjado, C= amarillo, D= verde, E= celeste, F= azul y G = violeta.

En la Tabla N° 5 observamos que solo algunas diferencias entre pares de grupos son mayores que diferencia honestamente significativa calculada,  $HSD = 0.2502$ . Por ejemplo, en la primera fila de Tabla N°5 observamos que la diferencia entre los promedios de los grupos C y A es 12.64 la cual es considerablemente mayor que nuestro HSD lo cual debe ser interpretado en el sentido de que el grupo C (la luz amarilla) es estadísticamente diferente del grupo A (la luz roja) en cuanto se refiere a su influencia en el número de insectos capturados. En contraste con lo anterior, en la primera fila de la mencionada Tabla observamos también que la diferencia entre los promedios de los grupos D y A es 0.1, la cual es menor que nuestra HSD (0.2502). Esta situación debe ser interpretada en el sentido de que el grupo D (la luz verde) es estadísticamente equivalente al grupo A (la luz roja) en cuanto se refiere a su influencia en el número de insectos capturados.

El análisis de Tukey realizado corrobora la conclusión de que la hipótesis nula (todos los colores tienen la misma influencia en el número de insectos capturados) debe ser rechazada y en su lugar la hipótesis alterna (algunos colores influyen más que otros en el número de insectos capturados) debe ser aceptada. En efecto, de la comparación realizada entre nuestro HSD (0.2502) y las diferencias entre promedios mostradas en la tabla N°5 observamos que los valores máximos de tales diferencias están relacionadas al grupo C (es decir a la luz amarilla) lo que lleva a la conclusión de que el color amarillo es el que tiene más influencia en la captura de insectos.

### 5.1.7. Propuesta de la fórmula empírica de Lorentz para el cultivo de los frutales

$$Y(X) = a^2 / Z^2 + b^2$$

Se elabora la Tabla N°6 Con los valores de longitud de onda “X” y el promedio de insectos capturados “Y” para calcular los valores “a” y “b” de la fórmula empírica propuesto.

**Tabla 6**

*Datos de longitud de onda y promedio de insectos capturados para el cultivo de frutales*

N°	Color	X (nm) (lm)	Y
1	Violeta	0.400	1.76
2	Azul	0.450	1.86
3	Celeste	0.480	1.46
4	Verde	0.535	1.96
5	Amarillo	0.600	14.5
6	Naranja	0.680	1.63
7	Rojo	0.730	1.86

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.8. Cálculo de los valores de “a” y “b” antes de linealizar la ecuación empírica de Lorentz propuesto para el cultivo de los frutales.

Con los valores de la Tabla 6 se elaboró la Tabla 7, que a continuación se muestra.

**Tabla 7****Datos para el cálculo de los valores de “a” y “b” para el cultivo de los frutales**

X(nm) (lm)	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
0.4	1.76	0.704	0.16	3.098
0.45	1.86	0.837	0.203	3.459
0.48	1.46	0.701	0.230	2.132
0.535	1.96	1.049	0.286	3.842
0.600	14.5	8.7	0.36	210.5
0.680	1.63	1.108	0.462	2.657
0.73	1.86	1.358	0.533	3.459
$\Sigma= 3.875$	$\Sigma= 25.03$	$\Sigma= 14.457$	$\Sigma=2.234$	$=\Sigma 228.897$

Nota. Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la Tabla 7 se calculó los valores de “a” y “b” que son los siguiente: a = 6.474 y b = - 0.00029, con estos datos se establece la ecuación de la recta que a continuación se muestra.

$$Y = 6.474X + (-0.00029) \quad (1)$$

Esta recta sirve como base para obtener datos numéricos en la linealización de la ecuación empírica de Lorentz propuestos.

**5.1.9. Cálculo de los mínimos cuadrados y coeficiente de correlación de Pearson para los variables independiente y dependientes y su correspondiente Gráfica para el cultivo de frutales.**

En base a la recta (1) se obtuvo los datos de la Tabla 8.

Tabla. 8

Datos para el cálculo de la correlación de Pearson para el cultivo de los frutales

X'	Y'	X'Y'	X' <sup>2</sup>	Y' <sup>2</sup>
6.25	0.143	0.894	39.062	0.020
4.94	0.113	0.558	24.404	0.013
4.34	0.099	0.429	18.836	0.009
3.496	0.080	0.279	12.222	0.006
2.77	0.063	0.175	7.973	0.004
2.16	0.049	0.1058	4.666	0.003
1.076	0.024	0.025	1.157	0.0005
<b>Σ= 25.032</b>	<b>Σ= 0.571</b>	<b>Σ= 2.465</b>	<b>Σ= 108.02</b>	<b>Σ= 0.06</b>

Nota. Fuente. Elaboración propia

Esta Tabla 8 contiene los datos obtenidos mediante la linealización de la fórmula empírica propuesto de Lorentz, por el método de los mínimos cuadrados, que a la vez se utilizó, para realizar los cálculos para determinar la correlación de Pearson y para ver, qué porcentaje de relación existe entre la variable dependiente e independiente en la investigación desarrollada. A continuación, se muestra el gráfico.

## GRÁFICO PARA EL CULTIVO DE FRUTALES

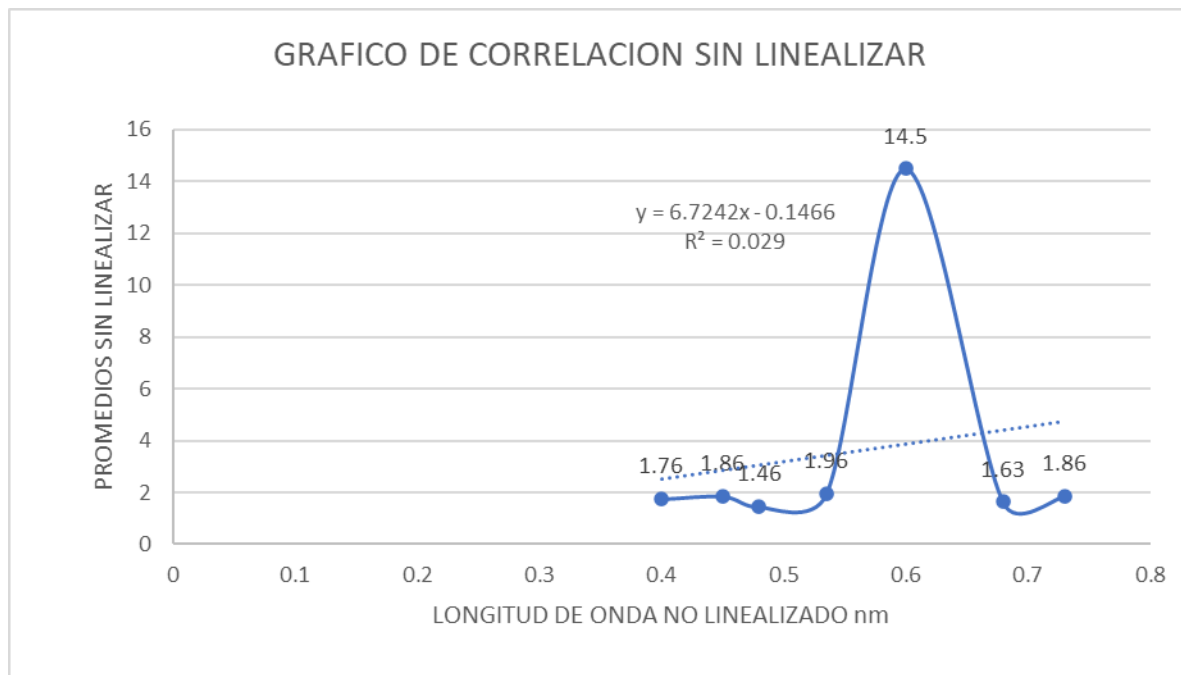


Figura 3

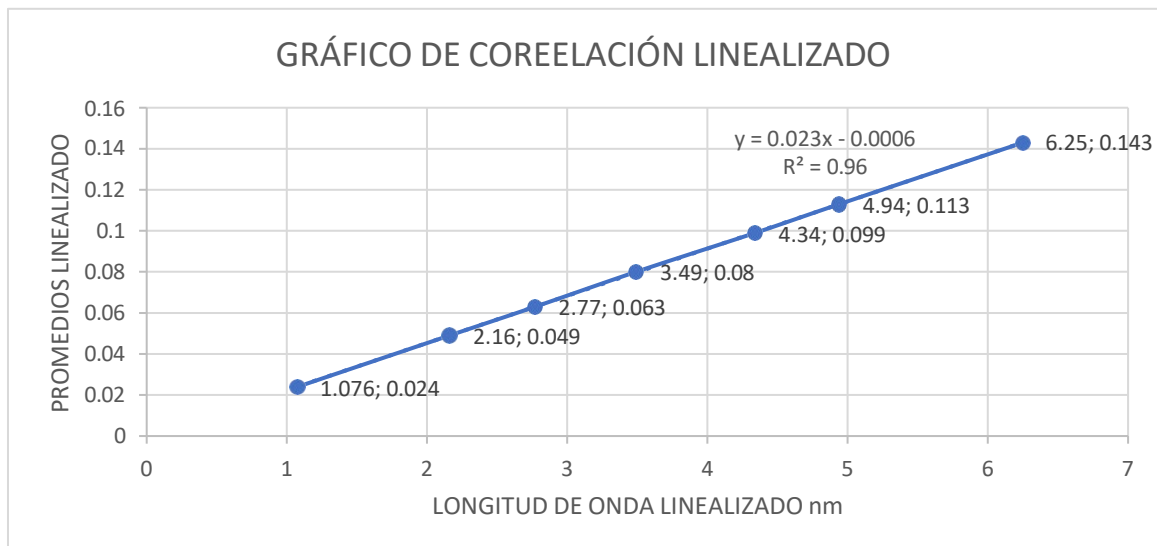


Figura 4

En la Figura. 3 se muestra una curva con datos no linealizados muy dispersos, ósea la relación de las variables es muy baja, alcanzando el valor de  $R^2 = 0.0029$ , en cambio la Figura 4 muestra una ecuación de una recta con pendiente positivo,  $m = 0.023$ , esto quiere decir que la relación de ambas variables, dependiente e independiente es directamente proporcional con un valor de  $R^2 = 0.96$ , ósea la relación de ambas variables es de un 99 %. Los cálculos matemáticos están representas en el anexo 7.

## **5.2. Resultado para la papa**

### **5.2.1. Datos obtenidos en el campo para el cultivo de la papa**

El estudio se realizó en el campo de cultivo de la papa. Las observaciones del número de insectos capturados se realizaron manteniendo encendidas las lámparas LED, en forma sucesiva. Así por ejemplo en el primer día del estudio se empezó encendiendo la lámpara roja durante una hora (de 7 a 8 pm). Luego, de 8 a 9 pm se mantuvo encendida la lámpara anaranjada, de 9 a 10 pm la lámpara amarilla, y así sucesivamente hasta completar con todos los colores, un color diferente cada hora. El segundo día se procedió del mismo modo: se mantuvo encendido un color diferente cada hora; pero se varió el orden de los colores. Esto con la finalidad de contrarrestar sesgamientos indeseables en las observaciones. Similar criterio de alterar la secuencia de colores se aplicó en los demás días en que se tomaron las observaciones. El experimento consistió en exponer los enjambres de insectos a la luz de las diversas lámparas LED. Los insectos se arremolinaban alrededor de las mencionadas lámparas y como consecuencia del comportamiento descrito más antes se confundían y adoptaban un vuelo errático que terminaba en un recipiente conteniendo agua el mismo que se constituía, en consecuencia, en el colector de los insectos capturados y donde consiguientemente podíamos proceder al conteo de los mismos. Las observaciones obtenidas durante los 30 días en que se trabajó en el cultivo de las papas, se muestran en la Tabla No 8. En esta tabla, la primera columna se refiere a los 30 días en que se efectuaron las observaciones. El resto de las columnas de esta tabla reporta los números de insectos capturados correspondientes a los diferentes colores. Así, por ejemplo, el primer día del experimento, estando la luz roja encendida se capturo un solo insecto, estando la luz anaranjada encendida, se capturó 2 insecto, estando la luz amarilla encendida, se capturaron 5 insectos, estando la luz verde encendida, se capturó dos insectos, estando la luz celeste encendida, se capturó un solo insecto, estando la luz azul encendida, se capturó dos insectos; finalmente estando la luz violeta encendida, se capturó cuatro insectos.



**Tabla 9***Numero de insectos versus color de la luz para papa*

Nº	Rojo 625-740 nm (lm)	Naranja 590-625 nm (lm)	Amarillo 565-590 nm (lm)	Verde 520-565 nm (lm)	Celeste 500-520 nm (lm)	Azul 435-500 nm (lm)	Violeta 380-435 nm (lm)
1	1	2	5	2	1	2	4
2	1	1	6	1	2	1	3
3	2	2	7	2	1	1	3
4	1	1	5	2	1	2	4
5	2	2	6	1	2	1	3
6	2	1	7	2	1	1	3
7	1	1	8	1	2	2	4
8	2	2	6	2	1	2	3
9	1	2	5	1	2	1	4
10	2	1	7	2	2	1	3
11	1	2	8	1	1	2	4
12	2	2	6	2	2	1	3
13	1	1	5	1	1	2	3
14	1	2	7	2	2	1	4
15	2	2	8	1	2	2	3
16	1	1	5	2	1	2	3
17	2	1	6	2	1	1	4
18	1	2	7	1	2	2	3
19	2	2	8	2	2	1	4
20	1	1	5	2	1	1	3
21	1	2	6	2	2	2	4
22	2	1	7	1	1	2	3
23	2	2	8	2	2	1	4
24	1	1	5	1	2	2	3
25	1	2	6	2	1	1	3
26	1	2	7	1	2	2	4
27	2	1	6	2	1	2	3
28	2	2	8	2	2	2	4
29	1	2	7	2	1	1	3
30	2	2	7	2	2	2	4

Nota. Fuente: Elaboración propia

**5.2.2. Cálculo de la media aritmética para el cultivo de la papa**

En esta tabla se calcula la media aritmética de los datos obtenidos en la Tabla 8 durante la investigación:

**Tabla 10**  
*Cálculo de promedio para papa*

Nº	Rojo 625-740 nm (lm)	Naranja 590-625 nm (lm)	Amarillo 565-590 nm (lm)	Verde 520-565 nm (lm)	Celeste 500-520 nm (lm)	Azul 435-500 nm (lm)	Violeta 380-435 nm (lm)
1	1	2	5	2	1	2	4
2	1	1	6	1	2	1	3
3	2	2	7	2	1	1	3
4	1	1	5	2	2	2	4
5	2	2	6	1	2	1	3
6	2	1	7	2	1	1	3
7	1	1	8	1	2	2	4
8	2	2	6	2	1	2	3
9	1	2	5	1	2	1	4
10	2	1	7	2	2	1	3
11	1	2	8	1	1	2	4
12	2	2	6	2	2	1	3
13	1	1	5	1	1	2	3
14	1	2	7	2	2	1	4
15	2	2	8	1	2	2	3
16	1	1	5	2	1	2	3
17	2	1	6	2	1	1	4
18	1	2	7	1	2	2	3
19	2	2	8	2	2	1	4
20	1	1	5	2	1	1	3
21	1	2	6	2	2	2	4
22	2	1	7	1	1	2	3
23	2	2	8	2	2	1	4
24	1	1	5	1	2	2	3
25	1	2	6	2	1	1	3
26	1	2	7	1	2	2	4
27	2	1	6	2	1	2	3
28	2	2	8	2	2	2	4
29	1	2	7	2	1	1	3
30	2	2	7	2	2	2	4
	1.46	1.6	6.46	1.63	1.54	1.53	3.43

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 9 se interpreta que los valores de las medias de los datos de colores de LED: rojo naranja, verde, azul, celeste y violeta son homogéneas, en cambio de la luz amarilla es diferente

### 5.2.3. Cálculo de la varianza para el cultivo de la papa

Los cálculos de la Tabla N° 10 se desarrolló utilizando el software Excel, que luego dilucida, entre los grupos se encuentran los colores de las lámparas, empezando de rojo,

naranja, amarillo, verde, celeste, azul y violeta, asimismo la cuenta es 30 datos para cada color, también la suma de los datos se observa con valor numérico alternado, tal es así para la lámpara de color amarillo es de 194; de igual manera en el promedio los valores de los datos numéricos son alternado, resaltando para el color amarillo de 6.46. Finalmente, para la varianza el valor numérico también es en forma alterno resaltando para la luz amarillo un valor de 1.15.

**Tabla 11**  
*Análisis de varianza*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Lámpara roja	30	44	1.46	0.25
Lámpara naranjada	30	48	1.6	0.24
Lámpara amarilla	30	194	6.46	1.15
Lámpara verde	30	49	1.63	0.24
Lámpara celeste	30	46	1.53	0.25
Lámpara azul	30	46	1.53	0.25
Lámpara violeta	30	103	3.43	0.25

Nota. Fuente: Elaboración Propia

#### 5.2.4. Cálculo para la comparación de hipótesis nula y alterna para el cultivo de la papa

**Tabla 12**  
*Análisis de datos para afirmar hipótesis nula y alterna*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico F</i>
Entre grupos	632.92	6	105.49	276.69	8.06E145	2.14
Dentro de los grupos	77.4	203	0.38			
Total	710.38	209				

Nota. Fuente: Elaboración Propia

De los cálculos de la Tabla N° 11 se ilustra que la suma de cuadrados entre grupos tiene un valor de 632.92 y el valor dentro de los grupos es de 77.4, haciendo un total de 710.35. Los grados de libertad que son número de datos tiene un total de 209 distribuidos entre grupos 6 y dentro de los grupos 203, también el promedio de los cuadrados toma valores 105.49 y 0.38 respectivamente, con ello se calcula el valor de F1 para comparar F crítico2 obtenido de tabla de Fisher. El valor de F calculado es 276.69 mayor al F crítico 2.14, la probabilidad3 de

capturar insectos nocturnos con la Lámpara amarillo con un 95% de confiabilidad no es posible, por- que el valor de p es inferior al nivel de significancia 0.05, esto demuestra que las medias de los siete grupos de datos de colores de luz, no son iguales, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

#### **5.2.5. Prueba de Tukey para el cultivo de papa**

La prueba de Tukey, denominada también prueba de medias, determina el valor de HSD una vez calculado el ANOVA para ver cuál de las medias de los siete grupos de datos, hace la diferencia con un 95 % de confiabilidad.

HSD= Diferencia honestamente significativa,  $w = q \sqrt{(MSE / r)}$  (\*)

Donde:

q= Factor de Tukey obtenido de la tabla VI del apéndice.

MSE=  $SC/r$  = Cuadrado del error medio, del inglés, Mean Square Error r = Número de grados de libertad (210 - 7= 203)

Evaluando numéricamente HSD con la fórmula (\*):

Tenemos:

q= 4.17 (Obtenido de la Tabla VI de Tukey, columna 7, hay 7 grupos], fila  $\infty$  [el número de grados de libertad es 203].

MSE = suma de los cuadrados dentro de los grupos/número de grados de libertad dentro de los grupos =  $77.4/203 = 0.381$ .

Con lo cual resulta:  $HSD = 4.17\sqrt{0.381/203} = 0.182$

Este valor de HSD se utiliza para comparar los resultados de la diferencia de pares de medias, como se muestra en la Tabla N°12.

#### **5.2.6. Diferencia de medias para aceptar la hipótesis alterna comparando con HSD= 0.182**

En esta tabla se calcula la diferencia de medias con los datos obtenidos de la tabla 9 en grupos de dos y para saber que medias específicas generan mayor diferencia comparando con el valor obtenido de HSD.

**Tabla 13**  
*Diferencia de promedios*

Nº		1	2	3	4	5	6	7
		A	B	C	D	E	F	G
1	A	0	0.14	5	0.17	0.08	0.07	1.97
2	B	-0.14	0	4.86	0.03	-0.06	-0.07	1.83
3	C	-5	-5	0	-4.83	-4.92	-4.93	-3.03
4	D	-0.17	-0.03	4.83	0	-0.092	-0.1	1.83
5	E	-0.08	-0.06	4.92	0.09	0	-0.01	1.92
6	F	-0.07	0.07	4.93	0.1	0.01	0	1.9
7	G	-1.97	-1.83	3.03	-1.8	-1.9	-1.9	0

Nota. Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 10 se obtiene la media aritmética de cada grupo, con estos datos en la tabla 12 se calculan las diferencias de los promedios entre todos los pares de grupos. Los grupos designados por las letras A, B, C, D, E, F y G representan respectivamente a los colores en la siguiente forma: A= rojo, B = anaranjado, C= amarillo, D= verde, E= celeste, F= azul y G = violeta.

En la Tabla N° 11 observamos que solo algunas diferencias entre pares de grupos son mayores que diferencia honestamente significativa calculada, HSD = 0.182. Por ejemplo, en la primera fila de Tabla N°12 observamos que la diferencia entre los promedios de los grupos C y A es 5 la cual es considerablemente mayor que nuestro HSD lo cual debe ser interpretado en el sentido de que el grupo C (la luz amarilla) es estadísticamente diferente del grupo E (la luz roja) en cuanto se refiere a su influencia en el número de insectos capturados. En contraste con lo anterior, en la primera fila de la mencionada Tabla observamos también que la diferencia entre los promedios de los grupos D y A es 0.17, la cual es menor que nuestra HSD (0.182). Esta situación debe ser interpretada en el sentido de que el grupo F (la luz azul) es estadísticamente equivalente al grupo E (la luz celeste) en cuanto se refiere a su influencia en el número de insectos capturados.

El análisis de Tukey realizado corrobora la conclusión de que la hipótesis nula (todos los colores tienen la misma influencia en el número de insectos capturados) debe ser rechazada y en su lugar la hipótesis alterna (algunos colores influyen más que otros en el número de insectos capturados) debe ser aceptada. En efecto, de la comparación realizada entre nuestro HSD (0.182) y las diferencias entre promedios mostradas en la tabla N°12 observamos que los valores máximos de tales diferencias están relacionadas al grupo C (es decir a la luz amarilla)

lo que lleva a la conclusión de que el color amarillo es el que tiene más influencia en la captura de insectos.

### 5.2.7. Propuesta de la fórmula empírica de Lorentz para el cultivo de la papa

$$Y(X) = a^2 / Z^2 + b^2$$

Se elabora la Tabla N° 13 Con los valores de longitud de onda “X” y el promedio de insectos capturados “y” para calcular los valores “a” y “b” de la fórmula empírica propuesto.

**Tabla 14**

*Datos de longitud de onda y promedio de insectos capturados para el cultivo de la papa*

N°	Color	X(nm) (lm)	Y
1	Violeta	0.400	3.43
2	Azul	0.450	1.53
3	Celeste	0.480	1.54
4	Verde	0.535	1.63
5	Amarillo	0.600	6.46
6	Naranja	0.680	1.6
7	Rojo	0.730	1.46

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.8. Cálculo de los valores de “a” y “b” antes de linealizar la ecuación empírica de Lorentz propuesto para el cultivo de la papa.

Con los valores de la Tabla 14 se elabora la Tabla 15, que a continuación se muestra.

**Tabla 15***Datos para el cálculo de los valores de “a” y “b” para el cultivo de la papa*

X(nm) (lm)	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
0.4	3.43	1.372	0.16	11.765
0.45	1.53	0.6885	0.203	2.343
0.48	1.54	0.7392	0.230	2.372
0.535	1.63	0.8721	0.286	2.657
0.600	6.46	3.876	0.36	41.732
0.680	1.6	1.088	0.462	2.56
0.73	1.46	1.0658	0.533	2.132
<b>Σ= 3.875</b>	<b>Σ= 17.65</b>	<b>Σ= 9.7013</b>	<b>Σ= 2.234</b>	<b>Σ= 65.561</b>

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de la Tabla 15 se calculó los valores de “a” y “b” que son los siguiente: **a** = 4.335 y **b** = 0.0041, con estos datos se establece la ecuación de la recta que a continuación se muestra.

$$Y = 4.335X + 0.0041 \quad (2)$$

Esta recta sirve como base para obtener datos numéricos en la linealización de la ecuación empírica de Lorentz propuestos.

### **5.2.9. Cálculo de los mínimos cuadrados y la correlación de Pearson para los variables independiente y dependientes y su correspondiente Gráfica para el cultivo de la papa.**

En base a la recta (2) se obtuvo los datos de la Tabla 16.

Tabla. 16

Datos para el cálculo de la correlación de Pearson para el cultivo de la papa

$x'$	$y'$	$y'x'$	$X'^2$	$Y'^2$
6.25	2.008	12.55	39.062	4.032
4.94	1.5872	7.840	24.404	2.518
4.34	1.3944	6.049	18.836	1.943
3.49	1.1238	3.922	12.22	1.2629
2.77	0.8922	2.471	7.673	0.7960
2.16	0.6941	1.500	4.666	0.4826
1.076	0.345	0.371	1.157	0.119
<b><math>\Sigma=25.032</math></b>	<b><math>\Sigma=8.045</math></b>	<b><math>\Sigma=34.703</math></b>	<b><math>\Sigma=108.02</math></b>	<b><math>\Sigma=11.158</math></b>

Nota. Fuente: Elaboración propia

Esta Tabla 16 contiene los datos obtenidos mediante la linealización de la fórmula empírica propuesto de Lorentz, por el método de los mínimos cuadrados, que a la vez se utilizó, para realizar los cálculos para determinar la correlación de Pearson y para ver, qué porcentaje de relación existe entre la variable dependiente e independiente en la investigación desarrollada. A continuación, se muestra el gráfico.



## GRÁFICO PARA EL CULTIVO DE LA PAPA

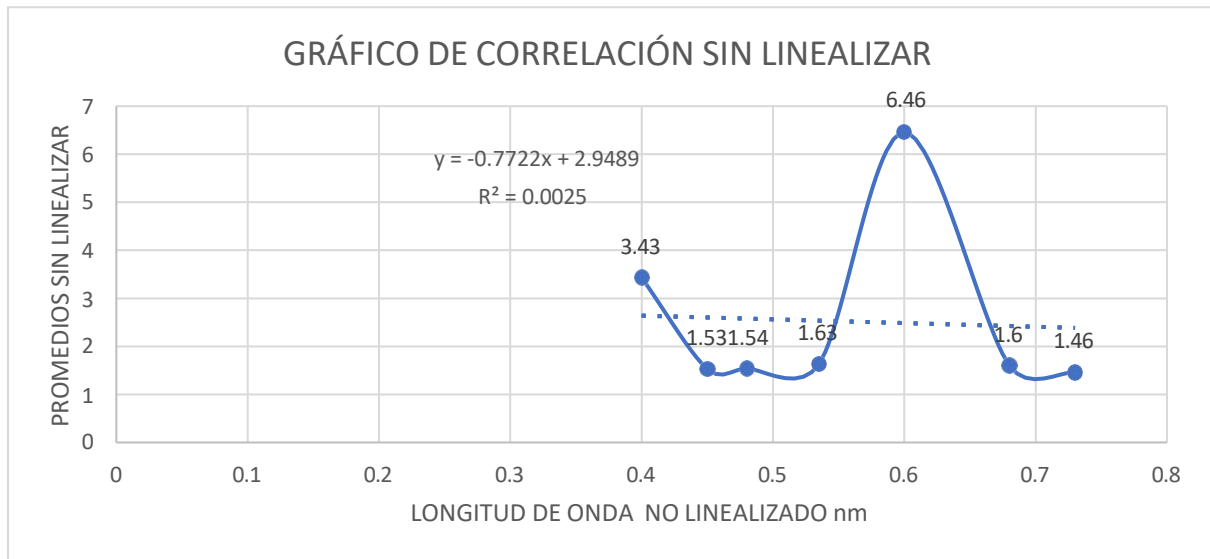


Figura. 5

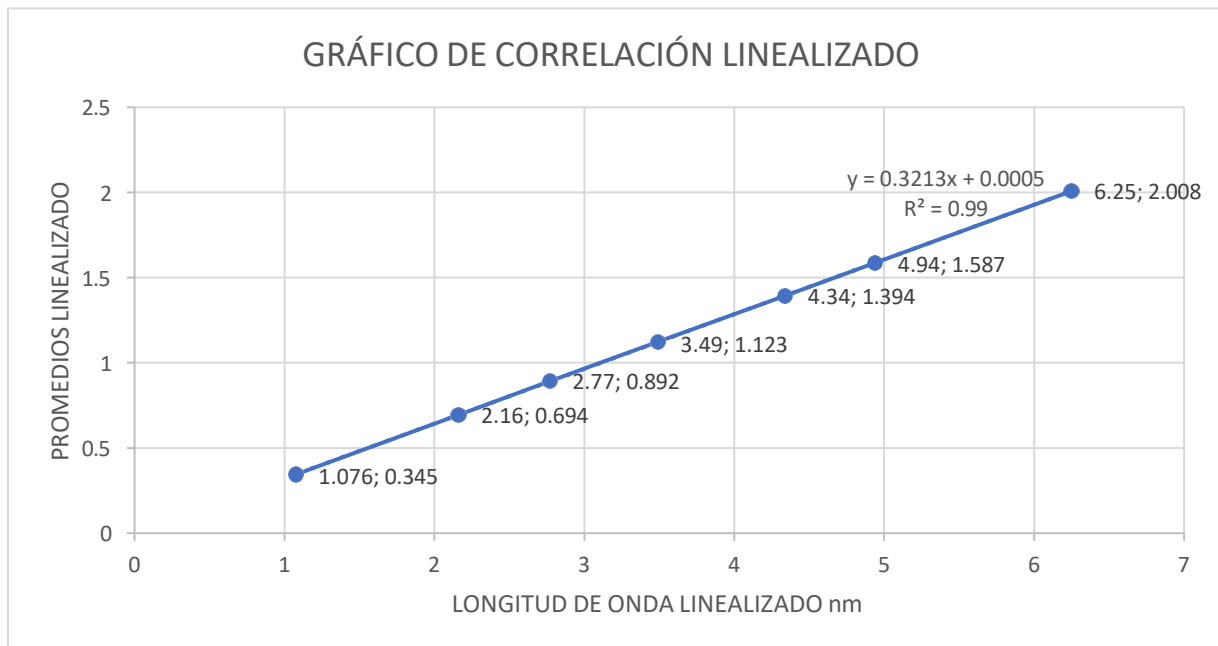


Figura. 6

En la Figura. 5 se muestra una curva con datos no linealizados muy dispersos, ósea la relación de las variables es muy baja, alcanzando el valor de  $R^2 = 0.0025$ , en cambio la Figura 6 muestra una ecuación de una recta con pendiente positivo,  $m = 0.3213$ , esto quiere decir que la relación de ambas variables, dependiente e independiente es directamente proporcional con un valor de  $R^2 = 0.99$ . ósea la relación de ambas variables es de un 99 %. Los cálculos matemáticos están representas en el anexo 7.

### **5.3. Resultados para alfalfa**

#### **5.3.1. Datos obtenidos en el campo para el cultivo de alfalfa**

El estudio se realizó en el campo de cultivo de la alfalfa. Las observaciones del número de insectos capturados se realizaron manteniendo encendidas las lámparas LED, en forma sucesiva. Así por ejemplo en el primer día del estudio se empezó encendiendo la lámpara roja durante una hora (de 7 a 8 pm). Luego, de 8 a 9pm se mantuvo encendida la lámpara anaranjada, de 9 a 10 pm la lámpara amarilla, y así sucesivamente hasta completar con todos los colores, un color diferente cada hora. El segundo día se procedió del mismo modo: se mantuvo encendido un color diferente cada hora; pero se varió el orden de los colores. Esto con la finalidad de contrarrestar sesgamientos indeseables en las observaciones. Similar criterio de alterar la secuencia de colores se aplicó en los demás días en que se tomaron las observaciones. El experimento consistió en exponer los enjambres de insectos a la luz de las diversas lámparas LED. Los insectos se arremolinaban alrededor de las mencionadas lámparas y como consecuencia del comportamiento descrito más antes se confundían y adoptaban un vuelo errático que terminaba en un recipiente conteniendo agua el mismo que se constituía, en consecuencia, en el colector de los insectos capturados y donde consiguientemente podíamos proceder al conteo de los mismos. Las observaciones obtenidas durante los 30 días en que se trabajó en el cultivo de alfalfa, se muestran en la Tabla No 15. En esta tabla, la primera columna se refiere a los 30 días en que se efectuaron las observaciones. El resto de las columnas de esta tabla reporta los números de insectos capturados correspondientes a los diferentes colores. Así, por ejemplo, el primer día del experimento, estando la luz roja encendida se capturo un solo insecto, estando la luz anaranjada encendida, se capturó 2 insecto, estando la luz amarilla encendida, se capturaron 5 insectos, estando la luz verde encendida, se capturó dos insectos, estando la luz celeste encendida, se capturó un solo insecto, estando la luz azul encendida, se capturó dos insectos; finalmente estando la luz violeta encendida, se capturó cuatro insectos.

**Tabla 17***Numero de insectos capturado versus color de la luz para alfalfa*

N°	Rojo 625-740 nm (lm)	Naranja 590-625 nm (lm)	Amarillo 565-590 nm (lm)	Verde 520-565 nm (lm)	Celeste 500-520 nm (lm)	Azul 435-500 nm (lm)	Violeta 380-435 nm (lm)
1	2	1	40	4	3	6	4
	1	1	39	3	2	5	3
3	1	2	37	2	3	4	3
4	2	2	38	3	4	7	4
5	2	3	41	5	3	6	3
6	3	2	40	4	3	4	4
7	1	1	39	3	2	5	3
8	2	2	38	3	2	4	3
9	2	3	40	2	4	7	4
10	2	1	39	3	3	5	3
11	2	2	38	4	4	6	4
12	1	1	37	4	3	5	3
13	2	2	39	2	4	4	2
14	3	3	40	5	4	6	3
15	3	2	41	3	2	5	4
16	2	2	38	4	3	7	3
17	1	1	36	5	4	4	2
18	2	3	38	3	2	5	3
19	2	1	37	4	3	4	4
20	1	1	35	5	4	6	3
21	2	2	39	3	3	8	2
22	3	2	40	4	2	5	3
23	3	3	36	2	3	4	3
24	2	2	37	3	4	6	2
25	3	3	41	4	3	5	4
26	2	2	39	3	4	5	3
27	1	1	36	3	3	4	3
28	2	3	40	4	2	6	2
29	2	1	39	2	3	5	3
30	1	1	36	2	2	4	2

Nota. Fuente: Elaboración propia

**5.3.2. Cálculo de la media aritmética para el cultivo de alfalfa**

En esta tabla 16 se calcula la media aritmética de los datos obtenidos en la Tabla 15 durante la investigación:

**Tabla 18**  
*Cálculo de promedios para alfalfa*

N°	Rojo 625-740 nm (lm)	Naranja 590-625 nm (lm)	Amarillo 565-590 nm (lm)	Verde 520-565 nm (lm)	Celeste 500-520 nm (lm)	Azul 435-500 nm (lm)	Violeta 380-435 nm (lm)
1	2	1	40	4	3	6	4
2	1	1	39	3	2	5	3
3	1	2	37	2	3	4	3
4	2	2	38	3	4	7	4
5	2	3	41	5	3	6	3
6	3	2	40	4	3	4	4
7	1	1	39	3	2	5	3
8	2	2	38	3	2	4	3
9	2	3	40	2	4	7	4
10	2	1	39	3	3	5	3
11	2	2	38	4	4	6	4
12	1	1	37	4	3	5	3
13	2	2	39	2	4	4	2
14	3	3	40	5	4	6	3
15	3	2	41	3	2	5	4
16	2	2	38	4	3	7	3
17	1	1	36	5	4	4	2
18	2	3	38	3	2	5	3
19	2	1	37	4	3	4	4
20	1	1	35	5	4	6	3
21	2	2	39	3	3	8	2
22	3	2	40	4	2	5	3
23	3	3	36	2	3	4	3
24	2	2	37	3	4	6	2
25	3	3	41	4	3	5	4
26	2	2	39	3	4	5	3
27	1	1	36	3	3	4	3
28	2	3	40	4	2	6	2
29	2	1	39	2	3	5	3
30	1	1	36	2	2	4	2
	1.93	1.86	38.43	3.36	3.03	5.23	3.06

Nota. Fuente: Elaboración propia

De la tabla 16 se interpreta que los valores de las medias de los datos de colores de LED: rojo naranja, verde, azul, celeste y violeta son homogéneas, en cambio de la luz amarilla es diferente.

### 5.3.3. Cálculo de la varianza para el cultivo de alfalfa

Los cálculos de la Tabla N° 17 se desarrolló utilizando el software Excel, que luego dilucida, entre los grupos se encuentran los colores de las lámparas, empezando de rojo, naranja, amarillo, verde, celeste, azul y violeta, asimismo la cuenta es 30 datos para cada color, también la suma de los datos se observa con valor numérico alternado, tal es así para la lámpara de color amarillo es de 1153; de igual manera en el promedio los valores de los datos numéricos son alternado, resaltando para el color amarillo de 38.43. Finalmente, para la varianza el valor numérico también es en forma alterno resaltando para la luz amarillo un valor de 2.8.

**Tabla 19**  
*Análisis de varianza*

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Lámpara roja	30	58	1.93	0.46
Lámpara naranjada	30	56	1.86	0.6
Lámpara amarilla	30	1153	38.43	2.8
Lámpara verde	30	101	3.36	0.92
Lámpara celeste	30	91	3.03	0.58
Lámpara azul	30	157	5.23	1.22
Lámpara violeta	30	92	3.06	0.47

Nota. Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.4. Cálculo para la comparación de hipótesis nula y alterna para el cultivo de alfalfa

**Tabla 20**  
*Análisis de datos para afirmar la hipótesis nula y alterna*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico F</i>
Entre grupos	32358.4	6	5393.06	5317.96	3.20E220	2.14
Dentro de los grupos	205.86	203	1.01			
Total	32564.26	209				

Nota. Fuente: Elaboración Propia

De los cálculos de la Tabla N° 18 se ilustra que la suma de cuadrados entre grupos tiene un valor de 32358.4 y el valor dentro de los grupos es de 205.86 haciendo un total de 32564.26 Los grados de libertad que son número de datos tiene un total de 209 distribuidos entre grupos

6 y dentro de los grupos 203, también el promedio de los cuadrados toma valores 5393.06 y 1.01 respectivamente, con ello se calcula el valor de F1 para comparar F crítico2 obtenido de tabla de Fisher. El valor de F calculado es 5393.06 mayor al F crítico 2.14, la probabilidad3 de capturar insectos nocturnos con la Lámpara amarillo con un 95% de confiabilidad no es posible, porque el valor de p es inferior al nivel de significancia 0.05, esto demuestra que las medias de los siete grupos de datos de colores de luz, no son iguales, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula (Ho)(las medias son iguales) y se acepta la hipótesis alternativa(H1)( las medias son diferentes).

### **5.3.5. Prueba de Tukey para alfalfa**

La prueba de Tukey, denominada también prueba de medias, determina el valor de HSD una vez calculado el ANOVA para ver cuál de las medias de los siete grupos de datos, hace la diferencia con un 95 % de confiabilidad.

HSD= Diferencia honestamente significativa,  $w = q \sqrt{(MSE / r (*)}$

Donde:

q= Factor de Tukey obtenido de la tabla VI del apéndice.

MSE=  $SC/r$  = Cuadrado del error medio, del inglés, Mean Square Error r = Número de grados de libertad (210 - 7= 203)

Evaluando numéricamente HSD con la fórmula (\*):

Tenemos:

q= 4.17 (Obtenido de la Tabla VI de Tukey, columna 7, hay 7 grupos], fila  $\infty$  [ el número de grados de libertad es 203].

MSE = suma de los cuadrados dentro de los grupos/número de grados de libertad dentro de los grupos =  $205.86/203 = 1.01$

Con lo cual resulta:  $HSD = 4.17\sqrt{1.01/203} = 0.2919$

Este valor de HSD se utiliza para comparar los resultados de la diferencia de pares de medias, como se muestra en la Tabla N°19

### **5.3.6. Diferencia de medias para aceptar la hipótesis alternativa comparando con HSD= 0.2919**

En esta tabla se calcula la diferencia de medias con los datos obtenidos de la tabla 17 en grupos de dos, para saber que medias específicas generan mayor diferencia comparando con el valor obtenido de HSD.

**Tabla 21**  
*Diferencia de promedios*

N°		1	2	3	4	5	6	7
		A	B	C	D	E	F	G
1	A	0	-0.07	36.5	1.43	1.1	3.3	1.13
2	B	0.07	0	36.57	1.5	1.17	3.37	1.2
3	C	-36.5	-36.57	0	-35.07	-35.4	-33.3	-35.37
4	D	-1.43	-1.5	35.17	0	-0.33	1.87	-0.3
5	E	-1.1	-1.17	35.4	0.33	0	2.2	0.03
6	F	-3.23	-3.37	33.2	-1.87	-2.2	0	-2.17
7	G	-1.13	-1.2	35.37	0.3	-0.03	2.17	0

Nota. Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 17 se obtiene la media aritmética de cada grupo, con estos datos en la tabla 19 se calculan las diferencias de los promedios entre todos los pares de grupos. Los grupos designados por las letras A, B, C, D, E, F y G representan respectivamente a los colores en la siguiente forma: A= rojo, B = anaranjado, C= amarillo, D= verde, E= celeste, F= azul y G = violeta.

En la Tabla N° 19 observamos que solo algunas diferencias entre pares de grupos son mayores que diferencia honestamente significativa calculada, HSD = 0.2919. Por ejemplo, en la primera fila de Tabla N°19 observamos que la diferencia entre los promedios de los grupos C y A es 36.5 la cual es considerablemente mayor que nuestro HSD lo cual debe ser interpretado en el sentido de que el grupo C (la luz amarilla) es estadísticamente diferente del grupo E (la luz roja) en cuanto se refiere a su influencia en el número de insectos capturados. En contraste con lo anterior, en la primera fila de la mencionada Tabla observamos también que la diferencia entre los promedios de los grupos A y B es 0.07, la cual es menor que nuestra HSD (0.2919). Esta situación debe ser interpretada en el sentido de que el grupo F (la luz azul) es estadísticamente equivalente al grupo E (la luz celeste) en cuanto se refiere a su influencia en el número de insectos capturados.

El análisis de Tukey realizado corrobora la conclusión de que la hipótesis nula (todos los colores tienen la misma influencia en el número de insectos capturados) debe ser rechazada y en su lugar la hipótesis alternativa (algunos colores influyen más que otros en el número de insectos capturados) debe ser aceptada. En efecto, de la comparación realizada entre nuestro HSD (0.2919) y las diferencias entre promedios mostradas en la tabla N°19 observamos que los valores máximos de tales diferencias están relacionadas al grupo C (es decir a la luz amarilla) lo que lleva a la conclusión de que el color amarillo es el que tiene más influencia en la captura de insectos.

### 5.3.7. Propuesta de la fórmula empírica de Lorentz para el cultivo de alfalfa

$$Y(X) = a^2 / Z^2 + b^2$$

Se elabora la Tabla N° 20 Con los valores de longitud de onda “X” y el promedio de insectos capturados “y” para calcular los valores “a” y “b” de la fórmula empírica propuesto.

**Tabla 22**

*Datos de longitud de onda y promedio de insectos capturados para el cultivo de la alfalfa*

N°	COLOR	X(nm) (lm)	Y
1	Violeta	0.400	3.06
2	Azul	0.450	5.23
3	Celeste	0.480	3.03
4	Verde	0.535	3.36
5	Amarillo	0.600	38.43
6	Naranja	0.680	1.86
7	Rojo	0.730	1.93

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.8. Cálculo de los valores de “a” y “b” antes de linealizar la ecuación empírica de Lorentz propuesto para el cultivo alfalfa.

Con los valores de la Tabla 22 se elabora la Tabla 23, que a continuación se muestra.



**Tabla 23***Datos para el cálculo de los valores de “a” y “b” para el cultivo de alfalfa*

X(nm)(lm)	Y	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
0.4	3.06	1.224	0.16	9.364
0.45	5.23	2.3535	0.203	27.357
0.48	3.03	1.4544	0.230	9.181
0.535	3.36	1.7976	0.286	11.289
0.600	38.43	23.058	0.36	1476.8
0.680	1.86	1.2648	0.462	3.459
0.73	1.93	1.4089	0.533	3.725
<b>Σ= 3.875</b>	<b>Σ= 56.9</b>	<b>Σ= 32.5612</b>	<b>Σ= 2.234</b>	<b>Σ=1541.231</b>

Nota. Fuente. Elaboración propia

Con estos datos de la Tabla 23 se calculó los valores de “a” y “b” que son los siguiente:  $a = 14.572$  y  $b = 0.0021$ , con estos datos se establece la ecuación de la recta que a continuación se muestra.

$$Y = 14.572X + 0.0021 \quad (3)$$

Esta recta sirve como base para obtener los datos numéricos en la linealización de la ecuación empírica de Lorentz propuestos.

### **5.3.9. Cálculo de los mínimos cuadrados y la correlación de Pearson para los variables independiente y dependientes y su correspondiente Gráfica para el cultivo de alfalfa.**

En base a la recta (3) se obtuvo los datos de la Tabla 24.

Tabla. 24

. Datos para el cálculo de la correlación de Pearson para el cultivo de alfalfa

$x'$	$y'$	$y'x'$	$X'^2$	$Y'^2$
6.25	0.4250	2.656	39.062	0.181
4.94	0.335	1.659	24.404	0.112
4.34	0.295	1.264	18.836	0.087
3.49	0.2377	0.829	12.222	0.057
2.77	0.188	0.521	7.673	0.035
2.16	0.1470	0.3175	4.666	0.022
1.076	0.0731	0.078	1.157	0.006
<b><math>\Sigma=25.032</math></b>	<b><math>\Sigma=1.7</math></b>	<b><math>\Sigma=7.324</math></b>	<b><math>\Sigma=108.02</math></b>	<b><math>\Sigma=0.6</math></b>

Nota. Fuente. Elaboración propia

Esta Tabla 24 contiene los datos obtenidos mediante la linealización de la fórmula empírica propuesto de Lorentz, por el método de los mínimos cuadrados, que a la vez se utilizó, para realizar los cálculos para determinar la correlación de Pearson y para ver, qué porcentaje de relación existe entre la variable dependiente e independiente en la investigación desarrollada. A continuación, se muestra el gráfico.

## GRÁFICO PARA EL CULTIVO DE ALFALFA

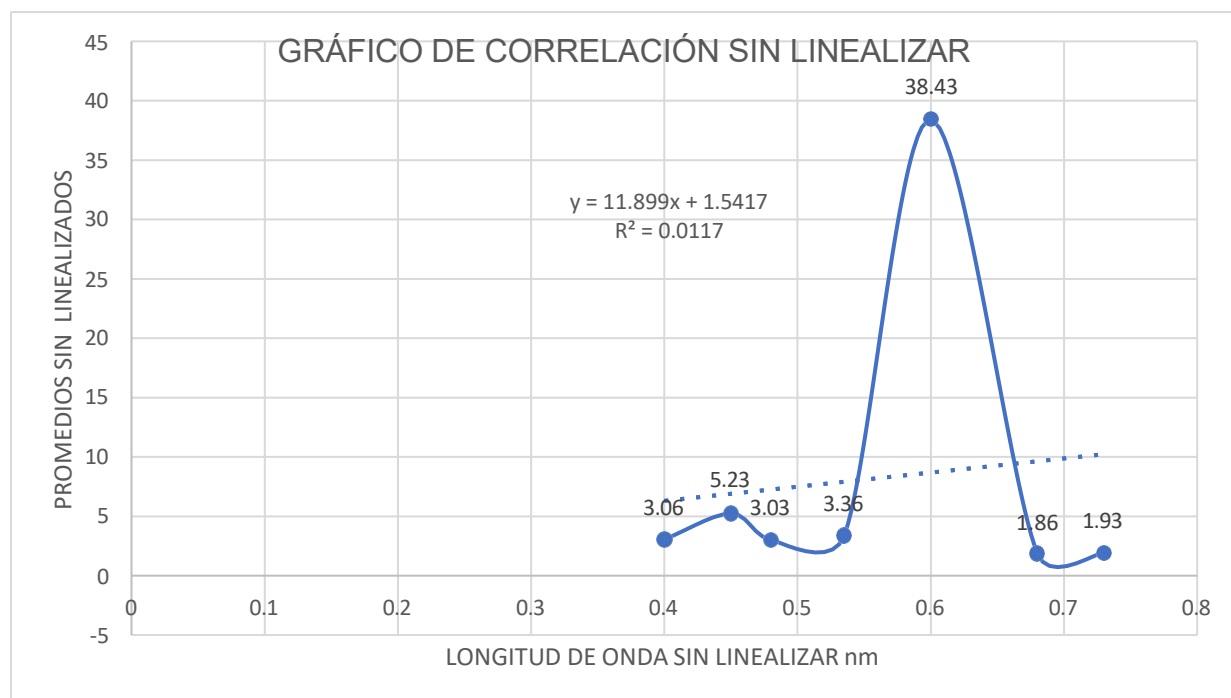


Figura. 7

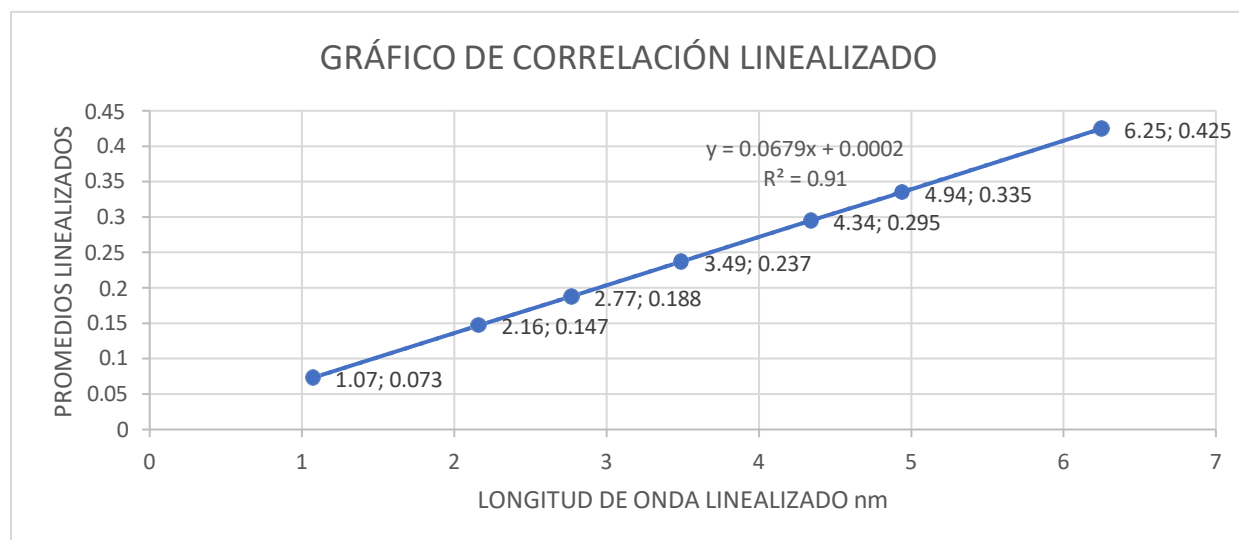


Figura. 8

En la Figura 7. se muestra una curva con datos no linealizados muy dispersos, ósea la relación de las variables es muy baja, alcanzando el valor de  $R^2 = 0.0117$ , en cambio la Figura 8 muestra una ecuación de una recta con pendiente positivo,  $m = 0.0679$ , esto quiere decir que la relación de ambas variables, dependiente e independiente es directamente proporcional con un valor de  $R^2 = 0.91$ . ósea la relación de ambas variables es de un 91 %. Los cálculos matemáticos están representas en el anexo 7

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta investigación a determinar la efectividad de insecticida solar usando las diferentes longitudes de onda del espectro visible en los cultivos de la provincia de Andahuaylas del departamento de Apurímac , se pudo capturar mayor cantidad de insectos nocturnos utilizando la lámpara de color amarillo de longitud de onda del espectro visible de 600 nm, tal es así para el cultivo de frutales un promedio de 14.5, para papa 6.46 y para alfalfa 38.43, la ecuación empírica de Lorentz propuesto contiene las constantes “a” y “b”, sus valores se calculó mediante el método de mínimos cuadrados utilizando los valores de longitud de onda y promedio de insectos nocturnos capturados, cuyos valores para el cultivo de frutales es:  $a=6.474$  y  $b= - 0.00029$ , para papa  $a= 4.335$  y  $b = 0.0041$ , para alfalfa  $a= 14.572$  y  $b= 0.0021$ , con estos datos se pudo establecer las ecuaciones de las rectas que representan la base para la linealización de la ecuación empírica de Lorentz, cuyas representaciones son: Para frutales.  $Y= 6.474X - 0.00029$ . Para papa.  $Y= 4.335X+0.0041$ . Para alfalfa.  $Y= 14.572X+0.0021$ .

Realizando cálculos mediante el métodos de ajuste de los mínimos cuadrados en base a estas rectas se logró linealizar la ecuación empírica de Lorentz, estos datos se utilizaron para determinar los valores de coeficiente de correlación entre las variables independiente y dependientes obteniéndose los siguientes resultados: Para los frutales  $r = 0.96$ , indica que existe una correlación directa entre la variable independiente y la variable dependiente, cercano a uno positivo con un 96 % de linealidad. Para papa  $r= - 0.99$ , de igual manera la correlación es positiva cercano a uno, con 99% de linealidad entre las dos variables. Para alfalfa  $r = 0.91$ , esta correlación también es positiva cercano a uno, estos resultados significan que, con la presencia de lámpara amarilla hay disminución de insectos nocturnos en los cultivos de frutales, papa y alfalfa.

Estos resultados corroboran Rea Tutín Ángel Nazareno (2016) quienes concluyeron en su investigación, que la trampa de luz construido con luz amarillo fue el óptimo en la disminución de la población de insectos nocturnos en el cultivo de papa. Así mismo Cisteil X. Pérez-HERNÁNDEZ y otros (2017) de la investigación que realizaron con dos distintas longitudes de onda (azul y amarilla) observaron disimilitudes en cada tratamiento para la captura de insectos nocturnos. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar los resultados, se confirma que en la captura de insectos nocturnos como las polillas, mariposas, moscas y mosquitos que son dañinos para los cultivos, es útil la trampa solar construida en el presente trabajo de investigación.

## CONCLUSIONES

- En este trabajo se evaluó la influencia del color de la luz mediante una trampa solar, como una alternativa para la captura de insectos nocturnos en los cultivos de frutales, papa y alfalfa. Lo más importante de esta evaluación fue la presencia de la radiación solar que facilitó para cargar la batería, porque generó corriente eléctrica para utilizar durante la noche, lo que más ayudó a la evaluación de la influencia del color de la luz fue el estudio del espectro visible, porque proporcionó conocimientos de las longitudes de onda, lo más difícil en este trabajo fue cuando el día estuvo nublado porque dificultaba cargar la batería.
- En este trabajo se identificó el color de la lámpara LED, para la captura de más cantidad de insectos nocturnos en los cultivos de papa, frutales y alfalfa en la provincia de Andahuaylas. Lo más importante de la identificación del color de la lámpara LED, fue que el color amarillo evidenció mayor atracción a los insectos nocturnos, porque tienen ojos compuestos formados por ommatidios que son sensores con capacidad de detectar la luz polarizada con longitud de onda (565- 596nm) durante la noche.
- Con la construcción de la trampa solar se hizo un aporte significativo para la captura de insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en Andahuaylas. Lo más importante de este trabajo fue el diseño del prototipo, porque servirá como modelo para no contaminar el medio ambiente con los agroquímicos, lo que más ayudó fueron los dueños de los campos de cultivo para desarrollar la investigación.
- Con la fórmula empírica de Lorentz propuesto se calculó la correlación de variables independiente (longitud de onda) y el variable dependiente (promedio de insectos capturados). Lo más importante de estos cálculos fue la utilización del método del ajuste de los mínimos cuadrados, porque facilitó la linealización de la fórmula empírica de Lorentz propuesta. Con estos datos se determinó los valores de coeficiente de correlación de Pearson como sigue: para frutales  $r= 0.96$ , papa  $r= 0.99$  y alfalfa  $r= 0.91$ . estos valores cercanos a uno positivo indica que existe una correlación lineal directa entre las dos variables.

## RECOMENDACIONES

Establecidas las conclusiones de esta investigación se recomienda continuar utilizando los conocimientos de Física, para ello se plantea las siguientes recomendaciones:

- Socializar los resultados obtenidos a los agricultores de Andahuaylas, difundir el funcionamiento e instalación de las trampas solares para su implementación en el área de cultivos agrícolas, utilizando lámparas LED.
- La estructura de la trampa solar debe ser de metal, en su totalidad, el equipo debe permanecer a la intemperie, expuesto a los fenómenos climatológicos como los vientos, lluvias y radiaciones solares, esto influirá en la durabilidad del equipo.
- El desconocimiento y la falta de educación ambiental conllevan que los productores agrícolas realicen actividades atentando al medio ambiente. Una de las mejores alternativas para el cambio es trabajar con la comunidad e Instituciones públicas y privadas, generar proyectos multidisciplinarios sustentables que intervengan en la producción agrícola sin causar efectos negativos al medio ambiente.

## Apéndice A

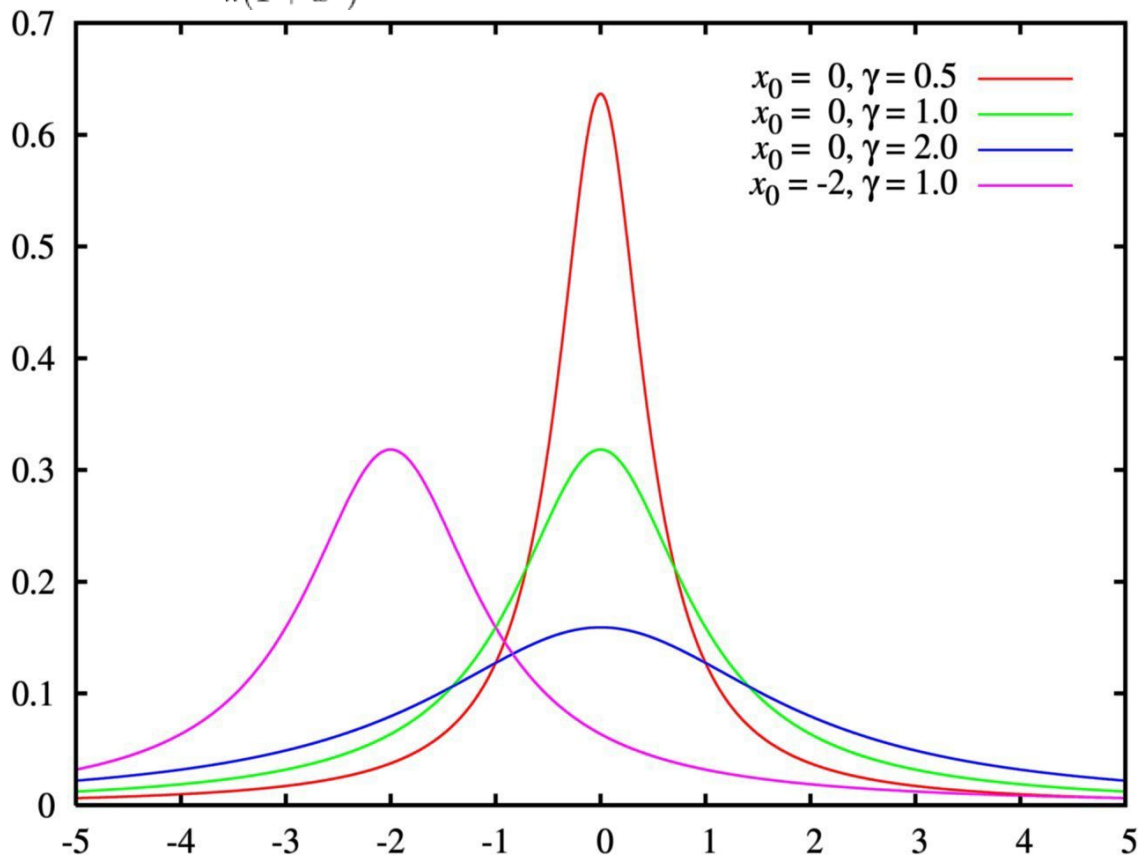
### Ecuación Cauchy-Lorentz

La distribución Cauchy-Lorentz, llamada en honor a Agustín Cauchy y Hendrik Lorentz, es una distribución de probabilidad continua. En espectroscopia describe la forma de las líneas espectrales que son ampliadas por diversos mecanismos, en particular, el mecanismo de ensanchamiento por colisión.

$$\begin{aligned} f(x; x_0, \gamma) &= \frac{1}{\pi\gamma \left[ 1 + \left( \frac{x-x_0}{\gamma} \right)^2 \right]} \\ &= \frac{1}{\pi} \left[ \frac{\gamma}{(x-x_0)^2 + \gamma^2} \right] \end{aligned}$$

En el caso especial donde  $x_0 = 0$  y  $\gamma = 1$  es denominado la distribución estándar Cauchy con la función de densidad de probabilidad.

$$f(x; 0, 1) = \frac{1}{\pi(1+x^2)}.$$

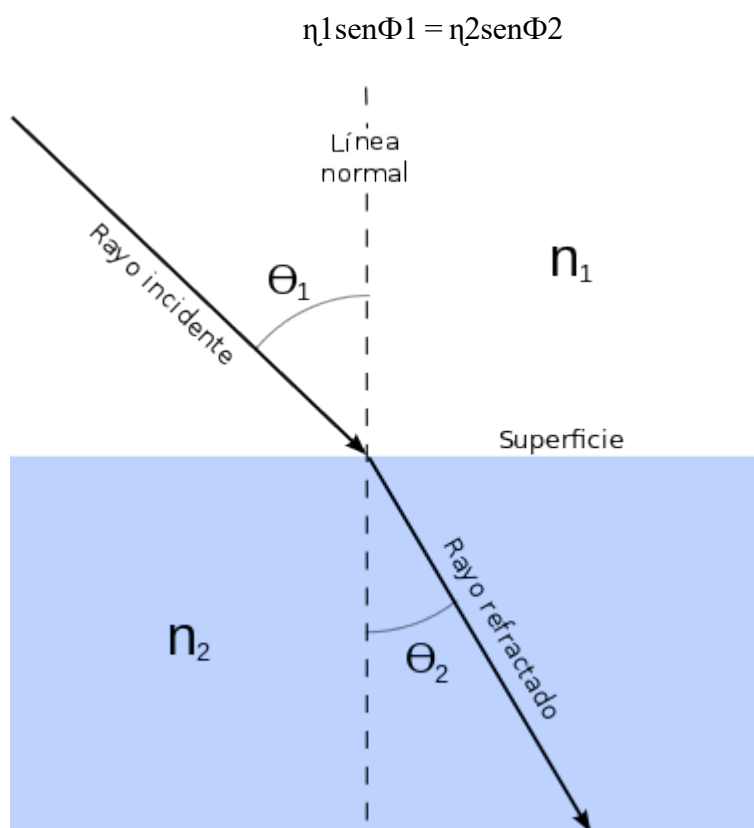


[www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)

## Apéndice B Ley de Snell

Si se consideran dos medios con índices de refracción  $n_1$  y  $n_2$ , ambos medios tienen diferente densidad, separados por una superficie  $S$ . Los rayos de luz que atraviesan los dos medios se refractan, cambian su dirección de propagación, dependiendo del cociente entre los índices de refracción  $n_1$  y  $n_2$ .

Para un rayo de luz con un ángulo de incidencia  $\theta_1$  en el primer medio, ángulo entre la normal a la superficie y la dirección de propagación del rayo, tendremos que el rayo se propaga en el segundo medio con un ángulo de refracción  $\theta_2$  cuyo valor se obtiene por medio de la ley de Snell:



[www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)



## BIBLIOGRAFÍA

- Arнау, J., & Bono, R. (2008). Estudios Longitudinales. Modelos De diseño y análisis. Facultad de Psicología. Universidad de Barcelona2-1: 32-41.  
e-mail:jarnau@ub.edu
- Buffa, Antony, (2003) Física, Tercera Edición, Buenos Aires, Edit. McGraw- HILL.
- Chasquibol, N.; Yácono, J.C. (2015). Composición fitoquímica del aceite de las semillas del fruto del “aguaymanto”, *Physalis peruviana* L. Revista Sociedad Química Perú. 81(4):312-317.
- Castillo, J., & Rivera, M. (2023). Interacciones entre insectos lucípetos y plantas nocturnas. *Botánica y Entomología*, 27(2), 99-112.  
<https://doi.org/10.1016/j.botent.2023.02.005>.
- Duran, Ángeles y Rogero, Jesús (2009). La investigación sobre el uso del tiempo. [en línea]. Madrid: Centro de Investigaciones Sociales, p. 218 Disponible en: [https://www.books.google.com.pe/books?id=mW7dt3Am7cMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://www.books.google.com.pe/books?id=mW7dt3Am7cMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) ISBN: 8474764815, 9788474764819
- Fernández, C., & Gómez, S. (2018). Comparación de tecnologías fotovoltaicas en diferentes condiciones climáticas. *Revista Iberoamericana de Energía Solar*, 10(4), 89-102.
- Fernández-Rubio, F. (1992): Las trampas de luz automáticas para caza de insectos. *Zapateri*, nº 2.
- Fernández, J., & Ruiz, A. (2014). Integración de la energía solar en redes eléctricas inteligentes. *Revista de Energía y Sostenibilidad*, 22(3), 101-118.
- García, M. A., & López, J. R. (2015). Estudio del espectro visible en la percepción del color. *Revista de Física Aplicada*, 12(3), 45-58.
- García, J. M., & López, A. (2015). Calibración de colores en lámparas LED: Un enfoque práctico. *Revista de Iluminación y Color*, 12(3), 45-58.  
[www.metrohm.com/en/products/electrochemistry](http://www.metrohm.com/en/products/electrochemistry)
- Haverkort, A. J. (1990). Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and altitude. *Agricultural Systems* 32(3): 251–272.
- Hawkes, J. G. (1992). History of the potato. In Harris, PM (ed.). *The Potato Crop: The Scientific Basis for Improvement*. p. 1-12
- Hernández, J. P., & Torres, M. E. (2019). Estudio de la fototaxia en larvas de mosquitos. *Revista de Parasitología*, 37(3), 210-223.

- Jones edwin & Clilders Richard, (2001) Física Contemporánea, novena edición, México, Edit. McGraw- HILL.
- Lebbin Daniel J., Harvey Michael G., Lenz Timothy C., Andersen Michael J. and Ellis Jesse M. (2007), Nocturnal Migrants Foraging at Night by Artificial Light, The Wilson Journal of Ornithology, Wilson Ornithological Society, disponible de: <http://www.jstor.org/stable/20456044>.
- López, R. M., & Sánchez, A. P. (2021). Efectos de la contaminación lumínica *en la biología de los insectos lucífugos*. Estudios Ambientales, 32(2), 89-102
- Pareja, Miguel. (2010). Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. Segunda edición. editorial Marcombo S.A., Barcelona, pp 23. ISBN: 978-84-267-1596-8
- Pérez-Hernández, C. X., Luna-Gómez, M. I., Fuentes Barradas, A. E., Rodríguez Miranda, L.A., Guerrero Fuentes, D. R., Ramírez Ballesteros-M., García Calzada, F., Rodríguez-Moreno, Á., & Gutiérrez-Granados, G.(2017) . Eficiencia de trampas “pitlight” con led para el muestreo de coleóptera nocturnos (insecta) en selvas tropicales. *acta zoológica mexicana (N.S.)*, 33(2).  
<https://doi.org/10.21829/azm.2017.3321067>
- Ramírez, S., & López, G. (2021). Función y adaptación de los ojos compuestos en insectos nocturnos. *Revista de Entomología Aplicada*, 15(2), 34-47.
- Rea Tutin, A. N. (2016). “Estudio de la reducción de la población de plagas mediante el uso de la trampa solar.”
- Resh Vincent H, Cardé Ring T, (2003). *Encyclopedia of insects*, press, Elsevier science, California, USA.
- Rodríguez, J. (2017). *Medicago Sativa* [en línea] <http://www.sierrade-baza.org/index.php/component/content/article/82-principal/fichastecnicas/fichasflora/346-alfalfa-medicaco-sativa> [consulta: 18 agosto de 2017]
- Serrano Domínguez Ana Karen (2016), “Atracción de *Lutzomyia cruciata* (Diptera: Psychodidae) a cebos lumínicos” México.
- Zela Uscamayta kenedy (2013) “Trampas de color para control de insectos plaga en hortalizas de hoja en el centro poblado de Jayllihuaya- Puno”

## **ANEXOS**

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE INSECTICIDA SOLAR USANDO LAS DIFERENTES LONGITUDES DE ONDA DEL ESPECTRO VISIBLE EN LOS CULTIVOS DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS DEL DEPARTAMENTO DE APURÍMAC

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable Sindicadores	Metodología de Investigación
<p><b>Problema general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es la influencia del espectro visible sobre los insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en Andahuaylas?</li> </ul> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuáles es el color óptimo de las lámparas LEDs: Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, ¿Celeste, que hace posible la disminución de los insectos nocturnos mediante el uso de una trampa solar en los cultivos de papa, frutales y alfalfa?</li> <li>- ¿Cuál es el aporte de la construcción de una trampa solar para la captura de insectos nocturnos en los cultivos?</li> <li>- ¿Cuál es la correlación entre las variables independiente y dependiente utilizando la fórmula empírica de Lorentz?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar la influencia del espectro visible sobre los insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en Andahuaylas.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el color óptimo de las lámparas LEDs: Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, Celeste, que hace posible la disminución de los insectos nocturnos mediante el uso de una trampa solar en los cultivos de papa, frutales y alfalfa.</li> <li>- Determinar el aporte de la construcción de una trampa solar para la captura de insectos nocturnos en los cultivos.</li> <li>- ¿Determinar la correlación entre las variables independiente y dependiente utilizando la fórmula empírica de Lorentz?</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe la influencia del espectro visible sobre los insectos nocturnos perjudiciales para los cultivos de frutales, papa y alfalfa en Andahuaylas.</li> </ul> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existe la probabilidad de encontrar el color óptimo de las lámparas LEDs: Rojo, Naranja, Amarillo, Verde, Azul, Celeste, que hace posible la disminución de los insectos nocturnos mediante el uso de una trampa solar en los cultivos de papa, frutales y alfalfa.</li> <li>- Existe el aporte de la construcción de una trampa solar para la captura de insectos nocturnos en los cultivos.</li> <li>- Existe la correlación entre las variables independiente y dependiente utilizando la fórmula empírica de Lorentz.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La luz</li> </ul> <p><b>Dependiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los insectos nocturnos</li> </ul> <p><b>Indicadores</b></p> <p>Insectos nocturnos capturados y muertos con el color de la luz amarilla con longitud de onda (565- 590nm)</p>	<p>El diseño de investigación fue experimental. Los diseños longitudinales consisten en recolectar datos a través del tiempo en periodos específicos, mediante fichas técnicas.</p>

MEDIOS DE VERIFICACION

ANEXO 2

FICHA DE LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL CAMPO

INSTITUCIÓN	LUGAR						
	CURIBAMBA- ANDAHUAYLAS(ALFALFA)						
UNSAAC	FECHA	TEMPE- RATURA	HUME- DAD	ALTI- TUD			
INSECTOS CAPTURADOS DURANTE EL EXPERIMENTO							
COLOR DE LUZ POR LONGITUD DE ONDA EN (NM)							
	ROJO	NARANJA	AMARILLO	VERDE	CELES TE	AZUL	VIOLETA
	625-740	590-625	565-590	520-565	500- 520	435- 500	380-435
FECHA							
01/08/2018	2	1	40	4	3	6	4
02/08/2018	1	1	39	3	2	5	3
03/08/2018	1	2	37	2	3	4	3
04/08/2018	2	2	38	3	4	7	4
05/08/2018	2	3	41	5	3	6	3
06/08/2018	3	2	40	4	3	4	4
07/08/2018	1	1	39	3	2	5	3
08/08/2018	2	2	38	3	2	4	3
09/08/2018	2	3	40	2	4	7	4
10/08/2018	2	1	39	3	3	5	3
11/08/2018	2	2	38	4	4	6	4
12/08/2018	1	1	37	4	3	5	3
13/08/2018	2	2	39	2	4	4	2
14/08/2018	3	3	40	5	4	6	3
15/08/2018	3	2	41	3	2	5	4
16/08/2018	2	2	38	4	3	7	3
17/08/2018	1	1	36	5	4	4	2
18/08/2018	2	3	38	3	2	5	3
19/08/2018	2	1	37	4	3	4	4
20/08/2018	1	1	35	5	4	6	3
21/08/2018	2	2	39	3	3	8	2
22/08/2018	3	2	40	4	2	5	3
23/08/2018	3	3	36	2	3	4	3
24/08/2018	2	2	37	3	4	6	2
25/08/2018	3	3	41	4	3	5	4
26/08/2018	2	2	39	3	4	5	3
27/08/2018	1	1	36	3	3	4	3
28/08/2018	2	3	40	4	2	6	2
29/08/2018	2	1	39	2	3	5	3
30/08/2018	1	1	36	2	2	4	2

## ANEXO 3

## FICHA DE LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL CAMPO

INSTITUCIÓN	LUGAR						
	HUANCARAMA- ANDAHUAYLAS(FRUTALES)						
UNSAAC	FECHA	TEMPERA TURA	HUMEDAD	ALTI- TUD			
INSECTOS CAPTURADOS DURANTE EL EXPERIMENTO							
COLOR DE LUZ POR LONGITUD DE ONDA EN (NM)							
	ROJO	NARAN- JA	AMARILLO	VERDE	CE- LESTE	AZUL	VIO- LETA
	625-740	590-625	565-590	520-565	500- 520	435- 500	380- 435
FECHA							
01/09/2018	1	1	13	2	1	1	1
02/09/2018	1	2	14	2	1	2	2
03/09/2018	3	2	15	1	1	3	2
04/09/2018	3	1	16	1	1	3	3
05/09/2018	2	1	14	3	1	3	3
06/09/2018	2	2	12	3	2	2	3
07/09/2018	1	1	13	3	2	2	1
08/09/2018	1	1	12	3	2	2	1
09/09/2018	1	1	14	1	2	1	1
10/09/2018	2	1	15	1	2	2	1
11/09/2018	2	1	15	1	2	2	1
12/09/2018	2	1	14	2	1	2	1
13/09/2018	1	2	14	2	1	2	1
14/09/2018	1	2	16	3	1	2	2
15/09/2018	1	1	16	3	1	2	1
16/09/2018	1	1	14	3	1	2	1
17/09/2018	1	1	14	3	1	2	1
18/09/2018	2	1	13	2	1	2	1
19/09/2018	2	2	16	2	1	2	3
20/09/2018	2	2	16	2	1	2	3
21/09/2018	1	2	15	2	1	1	2
22/09/2018	3	2	14	1	1	1	2
23/09/2018	3	2	14	1	1	1	2
24/09/2018	3	2	13	1	1	1	2
25/09/2018	2	3	12	2	1	2	1
26/09/2018	3	3	16	2	2	2	2
27/09/2018	3	2	17	2	3	2	3
28/09/2018	2	1	15	2	3	2	3
29/09/2018	2	2	17	2	3	2	1
30/09/2018	2	3	16	1	2	1	2

## ANEXO 4

## FICHA DE CAMPO DE LEVANTAMIENTO DE CAMPO

INSTITUCIÓN		LUGAR					
		CURIBAMBA-ANDAHUAYLAS(PAPA)					
UNSAAC		FECHA	TEMPERATURA	HUMEDAD	ALTITUD		
INSECTOS CAPTURADOS DURANTE EL EXPERIMENTO							
COLOR DE LUZ POR LONGITUD DE ONDA EN (NM)							
	ROJO	NA-RANJA	AMARI-LLO	VERDE	CE-LESTE	AZUL	VIO-LETA
	625-740	590-625	565-590	520-565	500-520	435-500	380-435
FECHA							
01/10/2018	1	2	5	2	1	2	4
02/10/2018	1	1	6	1	2	1	3
03/10/2018	2	2	7	2	1	1	3
04/10/2018	1	1	5	2	1	2	4
05/10/2018	2	2	6	1	2	1	3
06/10/2018	2	1	7	2	1	1	3
07/10/2018	1	1	8	1	2	2	4
08/10/2018	2	2	6	2	1	2	3
09/10/2018	1	2	5	1	2	1	4
10/10/2018	2	1	7	2	2	1	3
11/10/2018	1	2	8	1	1	2	4
12/10/2018	2	2	6	2	2	1	3
13/10/2018	1	1	5	1	1	2	3
14/10/2018	1	2	7	2	2	1	4
15/10/2018	2	2	8	1	2	2	3
16/10/2018	1	1	5	2	1	2	3
17/10/2018	2	1	6	2	1	1	4
18/10/2018	1	2	7	1	2	2	3
19/10/2018	2	2	8	2	2	1	4
20/10/2018	1	1	5	2	1	1	3
21/10/2018	1	2	6	2	2	2	4
22/10/2018	2	1	7	1	1	2	3
23/10/2018	2	2	8	2	2	1	4
24/10/2018	1	1	5	1	2	2	3
25/10/2018	1	2	6	2	1	1	3
26/10/2018	1	2	7	1	2	2	4
27/10/2018	2	1	6	2	1	2	3
28/10/2018	2	2	8	2	2	2	4
29/10/2018	1	2	7	2	1	1	3
30/10/2018	2	2	7	2	2	2	4

ANEXO 5

TABLA VI.- VALORES CRÍTICOS PARA LA PRUEBA DE *TUKEY*.

		v1									
v2	$\alpha$										
9	9	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.05	18	29.98	32.82	37.08	40.41	43.12	45.4	47.36	49.07	50.59
	0.01	90.03	135	164.3	185.6	202.2	215.8	227.2	237	245.6	253.2
2	0.05	6.1	8.33	9.8	10.88	11.74	12.44	13.03	13.54	13.99	14.39
	0.01	14.04	19.02	22.29	24.72	26.63	28.2	29.53	30.68	31.69	32.59
3	0.05	4.5	5.91	6.82	7.5	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72
	0.01	8.26	10.62	12.17	13.33	14.24	15	15.64	16.2	16.69	17.13
4	0.05	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.34	7.6	7.83	8.03
	0.01	6.51	8.12	9.17	9.96	10.58	11.1	11.55	11.93	12.27	12.57
5	0.05	3.64	4.6	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.8	6.99	7.17
	0.01	5.7	6.97	7.8	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97	10.24	10.48
6	0.05	3.46	4.34	4.9	5.31	5.63	5.89	6.12	6.32	6.49	6.65
	0.01	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87	9.1	9.3
7	0.05	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6	6.16	6.3
	0.01	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17	8.37	8.55
8	0.05	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.4	5.6	5.77	5.92	6.05
	0.01	4.74	5.63	6.2	6.63	6.96	7.24	7.47	7.68	7.87	8.03
9	0.05	3.2	3.95	4.42	4.76	5.02	5.24	5.43	5.6	5.74	5.87
	0.01	4.6	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.32	7.49	7.65
10	0.05	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.3	5.46	5.6	5.72
	0.01	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05	7.21	7.36
11	0.05	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.2	5.35	5.49	5.61
	0.01	4.39	5.14	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84	6.99	7.13
12	0.05	3.08	3.77	4.2	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.4	5.51
	0.01	4.32	5.04	5.5	5.84	6.1	6.32	6.51	6.67	6.81	6.94
13	0.05	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43
	0.01	4.26	4.96	5.4	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53	6.67	6.79
14	0.05	3.03	3.7	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36
	0.01	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41	6.54	6.66
15	0.05	3.01	3.67	4.08	4.37	4.6	4.78	4.94	5.08	5.2	5.31
	0.01	4.17	4.83	5.25	5.56	5.8	5.99	6.16	6.31	6.44	6.55
16	0.05	3	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.9	5.03	5.15	5.26
	0.01	4.13	4.78	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22	6.35	6.46
17	0.05	2.98	3.63	4.02	4.3	4.52	4.71	4.86	4.99	5.11	5.21
	0.01	4.1	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15	6.27	6.38



		v1									
v2	$\alpha$										
9	9	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18	0.05	2.97	3.61	4	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17
	0.01	4.07	4.7	5.09	5.38	5.6	5.79	5.94	6.08	6.2	6.31
19	0.05	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14
	0.01	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02	6.14	6.25
20	0.05	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.9	5.01	5.11
	0.01	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97	6.09	6.19
24	0.05	2.92	3.53	3.9	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01
	0.01	3.96	4.54	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81	5.92	6.02
30	0.05	2.89	3.49	3.84	4.1	4.3	4.46	4.6	4.72	4.83	4.92
	0.01	3.89	4.45	4.8	5.05	5.24	5.4	5.54	5.65	5.76	5.85
40	0.05	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.74	4.82
	0.01	3.82	4.37	4.7	4.93	5.11	5.27	5.39	5.5	5.6	5.69
60	0.05	2.83	3.4	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65	4.73
	0.01	3.76	4.28	4.6	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36	5.45	5.53
120	0.05	2.8	3.36	3.69	3.92	4.1	4.24	4.36	4.48	4.56	4.64
	0.01	3.7	4.1	4.5	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21	5.3	5.38
$\infty$	0.05	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47	4.55
	0.01	3.64	4.12	4.4	4.6	4.76	4.88	4.99	5.08	5.16	5.23

## ANEXO 6

Distribución F  $\alpha = 0.05n_1$

$n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	16	18	20	24
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	246.5	247.3	248.0	249.1
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.43	19.44	19.45	19.45
3	10.13	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786	8.745	8.703	8.692	8.675	8.660	8.639
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.912	5.858	5.844	5.821	5.803	5.774
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.678	4.619	4.604	4.579	4.558	4.527
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.000	3.938	3.922	3.896	3.874	3.841
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.575	3.511	3.494	3.467	3.445	3.410
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.284	3.218	3.202	3.173	3.150	3.115
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.073	3.006	2.989	2.960	2.936	2.900
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.913	2.845	2.828	2.798	2.774	2.737
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.788	2.719	2.701	2.671	2.646	2.609
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.687	2.617	2.599	2.568	2.544	2.505
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.604	2.533	2.515	2.484	2.459	2.420
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.534	2.463	2.445	2.413	2.388	2.349
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.475	2.403	2.385	2.353	2.328	2.288
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.425	2.352	2.333	2.302	2.276	2.235
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.381	2.308	2.289	2.257	2.230	2.190
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.342	2.269	2.250	2.217	2.191	2.150
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.308	2.234	2.215	2.182	2.155	2.114
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.278	2.203	2.184	2.151	2.124	2.082
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.250	2.176	2.156	2.123	2.096	2.054
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.226	2.151	2.131	2.098	2.071	2.028
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.204	2.128	2.109	2.075	2.048	2.005
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.183	2.108	2.088	2.054	2.027	1.984
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.165	2.089	2.069	2.035	2.007	1.964
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.148	2.072	2.052	2.018	1.990	1.946
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.132	2.056	2.036	2.002	1.974	1.930
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.118	2.041	2.021	1.987	1.959	1.915
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.104	2.027	2.007	1.973	1.945	1.901
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.092	2.015	1.995	1.960	1.932	1.887
35	4.121	3.267	2.874	2.641	2.485	2.372	2.285	2.217	2.161	2.114	2.041	1.963	1.942	1.907	1.878	1.833
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.003	1.924	1.904	1.868	1.839	1.793
45	4.057	3.204	2.812	2.579	2.422	2.308	2.221	2.152	2.096	2.049	1.974	1.895	1.874	1.838	1.808	1.762
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.952	1.871	1.850	1.814	1.784	1.737
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.917	1.836	1.815	1.778	1.748	1.700
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.893	1.812	1.790	1.753	1.722	1.674
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.875	1.793	1.772	1.734	1.703	1.654
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.850	1.768	1.746	1.708	1.676	1.627
125	3.917	3.069	2.677	2.444	2.287	2.172	2.084	2.013	1.956	1.907	1.830	1.747	1.725	1.687	1.655	1.605
150	3.904	3.056	2.665	2.432	2.274	2.160	2.071	2.001	1.943	1.894	1.817	1.734	1.711	1.673	1.641	1.590
175	3.895	3.048	2.656	2.423	2.266	2.151	2.062	1.992	1.934	1.885	1.808	1.724	1.702	1.663	1.631	1.580
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.801	1.717	1.694	1.656	1.623	1.572
300	3.873	3.026	2.635	2.402	2.244	2.129	2.040	1.969	1.911	1.862	1.785	1.700	1.677	1.638	1.606	1.554
400	3.865	3.018	2.627	2.394	2.237	2.121	2.032	1.962	1.903	1.854	1.776	1.691	1.669	1.630	1.597	1.545
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.772	1.686	1.664	1.625	1.592	1.539
750	3.854	3.008	2.617	2.384	2.226	2.111	2.022	1.951	1.892	1.843	1.765	1.680	1.657	1.618	1.585	1.532
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.762	1.676	1.654	1.614	1.581	1.528

## ANEXO 7

Linealización de la ecuación empírica de Lorentz para el cultivo de frutales.

$$Y = \frac{a^2}{z^2 + b^2} \text{ Escribe aquí la ecuación.}$$

Transformación de ecuación de Lorentz en una recta mediante cambio de variables

$$Y = \frac{a^2 + b^2 z^2}{z^2}$$

$$Y = a^2 \frac{1}{z^2} + b^2$$

Cambiando a la forma lineal

$$y' = Ax' + B$$

Donde:

$$Y = y', m = A, x' = \frac{1}{z^2}, B = b^2$$

Con este modelo matemático de una recta establecido se calcula los valores de "a" y "b", mediante las siguientes fórmulas:

$$a = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum (x_i^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum Y_i - a \sum X_i}{N}$$

Fórmula para calcular la correlación de variables dependiente y independiente

$$r_{xy} = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} * \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

Calculando los valores de "a" y "b" para el cultivo de frutales.

El valor de N = 210, porque son 7 datos correspondientes a 30 días

$$a = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum (x_i^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{210(14.454) - 3.875 * 25.03}{210(2.234) - (3.875)^2}$$

$$a = 6.474$$

$$b = \frac{\sum Y_i - a \sum X_i}{N}$$

$$b = \frac{25.03 - 6.475 * 3.875}{210}$$

$$b = - 0.00029$$

Calculando los valores de “a” y “b” para el cultivo de papa.

$$a = \frac{210(9.7013) - (3.875)(17.65)}{210(2.234) - (3.875)^2}$$

$$a = 4.335$$

$$b = \frac{17.65 - 4.335(3.875)}{210}$$

$$b = 0.0041$$

Calculando los valores de “a” y “b” para el cultivo de alfalfa.

$$a = \frac{210(32.5612) - (3.875)(56.9)}{210(2.234) - (3.875)^2}$$

$$a = 14.572$$

$$b = \frac{56.9 - (14.572)(3.875)}{210}$$

$$b = 0.0021$$

Con los valores calculados de “a” y “b” para el cultivo de frutales, papa, y alfalfa se construye las siguientes tablas.

Para frutales:  $x' = \frac{1}{z^2}$ ;  $y' = Ax' + B$

$x'$	$y'$	$y'x'$	$X'^2$	$Y'^2$
6.25	0.143	0.894	39.062	0.020
4.94	0.113	0.558	24.404	0.013
4.34	0.099	0.429	18.836	0.009
3.496	0.080	0.279	12.222	0.006
2.77	0.063	0.175	7.673	0.004
2.16	0.049	0.1058	4.666	0.003
1.076	0.024	0.025	1.157	0.0005
<b><math>\Sigma=25.032</math></b>	<b><math>\Sigma=0.571</math></b>	<b><math>\Sigma=2.465</math></b>	<b><math>\Sigma=108.02</math></b>	<b><math>\Sigma=0.06</math></b>

Para papa:  $x' = \frac{1}{z^2}$ ;  $y' = Ax' + B$

$x'$	$y'$	$y'x'$	$X'^2$	$Y'^2$
6.25	2.008	12.55	39.062	4.032
4.94	1.5872	7.840	24.404	2.518
4.34	1.3944	6.049	18.836	1.943
3.49	1.1238	3.922	12.22	1.2629
2.77	0.8922	2.471	7.673	0.7960
2.16	0.6941	1.500	4.666	0.4826
1.076	0.345	0.371	1.157	0.119
<b><math>\Sigma=25.032</math></b>	<b><math>\Sigma=8.045</math></b>	<b><math>\Sigma=34.703</math></b>	<b><math>\Sigma=108.02</math></b>	<b><math>\Sigma=11.158</math></b>

Para alfalfa:  $x' = \frac{1}{z^2}$ ;  $y' = Ax' + B$

$x'$	$y'$	$y'x'$	$X^2$	$y^2$
6.25	0.4250	2.656	39.062	0.181
4.94	0.335	1.659	24.404	0.112
4.34	0.295	1.264	18.836	0.087
3.49	0.2377	0.829	12.222	0.057
2.77	0.188	0.521	7.673	0.035
2.16	0.1470	0.3175	4.666	0.022
1.076	0.0731	0.078	1.157	0.006
$\Sigma=25.032$	$\Sigma=1.7$	$\Sigma=7.324$	$\Sigma=108.02$	$\Sigma=0.6$

Cálculo de correlación entre la variable independiente y dependiente para frutales.

$$r_{xy} = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} * \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r_{xy} = \frac{210(2.465) - (25.032)(0.571)}{\sqrt{210(108.02) - (25.032)^2} * \sqrt{210(0.06) - (0.571)^2}}$$

$$r_{xy} = \frac{503.357}{520.33}$$

$$r_{xy} = 0.96$$

Cálculo de correlación entre la variable independiente y dependiente para papa.

$$r_{xy} = \frac{210(34.703) - (25.032)(8.045)}{\sqrt{210(108.02) - (25.032)^2} * \sqrt{210(11.1589) - (8.045)^2}}$$

$$r_{xy} = \frac{7086.2479}{7089.6939}$$

$$r_{xy} = 0.99$$

Cálculo de correlación entre la variable independiente y dependiente para alfalfa.

$$Y_{xy} = \frac{210(7.324) - (25.032)(1.7)}{\sqrt{210(108.02) - (25.032)^2} * \sqrt{210(0.6) - (1.7)^2}}$$

$$Y_{xy} = \frac{1495.486}{1647.9181}$$

$$Y_{xy} = 0.91$$

## FOTOGRAFÍAS



Fotografía N° 1

Probando la operatividad de la trampa solar durante el día para la captura de insectos nocturnos



Fotografía N° 2

Captura de insectos nocturnos con lámpara rojo





Fotografía N° 3  
Captura de insectos nocturnos con lámpara verde



Fotografía N° 4  
Captura de insectos nocturnos con lámpara amarillo



Fotografía N° 5  
Captura de insectos nocturnos con lámpara violeta



Fotografía N° 6  
Captura de insectos nocturnos con lámpara azul



Fotografía N° 7  
Captura de insectos nocturnos con lámpara amarilloEn alfalfa

Fotografías N° 8  
Insectos Nocturnos









