

**EVALUACIÓN DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DEL  
HONGO ORELLANA (*Pleurotus pulmonarius*) ENRIQUECIDO CON SELENIO,  
EN LA GRANJA IPRED-UIS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA –  
SANTANDER**

SERGIO ANDRÉS GONZÁLEZ AGUDELO  
JAVIER QUECHO MOGOLLÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2014**

**EVALUACIÓN DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DEL  
HONGO ORELLANA (*Pleurotus pulmonarius*) ENRIQUECIDO CON SELENIO,  
EN LA GRANJA IPRED-UIS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA-  
SANTANDER**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**  
Profesional en Producción Agroindustrial

**PRESENTADO POR:**

SERGIO ANDRÉS GONZÁLEZ AGUDELO  
JAVIER QUECHO MOGOLLÓN

**Director de Proyecto**

PABLO ARTURO MORENO

Ing. Agrónomo. M.Sc. Mejoramiento de Plantas

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2014**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	15
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	18
1.3 HIPÓTESIS .....	20
1.4 OBJETIVOS .....	21
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	21
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
2. MARCO DE REFERENCIA .....	22
2.1 MARCO DE ANTECEDENTES .....	22
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	24
2.3 MARCO TEÓRICO .....	26
2.3.1 Clasificación taxonómica del hongo <i>P. pulmonarius</i> .....	26
2.3.2 Morfología del Champiñón Ostra u Orellana .....	26
2.3.3 Ciclo Vegetativo del Champiñón Ostra .....	27
2.3.4 Medio de Cultivo .....	29
2.3.5 Absorción de Nutrientes en orellanas ( <i>P. Pulmonarius</i> ) .....	29
2.3.6 Generalidades para el cultivo del hongo ( <i>P. pulmonarius</i> ) .....	30
2.3.7 Cultivo del Champiñón Ostra En Sustrato Artificial .....	31
2.3.8 Requerimientos para el cultivo .....	34
2.4 MARCO GEOGRÁFICO .....	35
2.5 MARCO DEMOGRÁFICO .....	36
2.6 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	38

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.1.1 Diseño Del Experimento .....	38
3.1.2 Población .....	40
3.1.3 Muestra .....	40
3.1.4 Variables .....	40
3.1.5 Análisis Estadístico .....	42
3.1.6 Ubicación y adecuación del sitio de cultivo. ....	42
3.1.7 Obtención de la semilla de <i>P. pulmonarius</i> para la siembra. ....	44
3.1.8 Obtención del compuesto de selenio que se agregará al sustrato.....	45
3.1.9 Elaboración del sustrato.....	46
3.1.10 Cultivo del hongo. ....	50
3.2 METODOLOGÍA ESPECÍFICA .....	54
3.2.1 Metodología para lograr el objetivo 1:.....	54
3.2.2 Metodología para lograr el objetivo 2:.....	56
3.2.3 Metodología para lograr el objetivo 3:.....	57
3.2.4 Metodología para lograr el objetivo 4:.....	58
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	60
4.1 Resultados para el objetivo 1:.....	60
4.2 Resultados para el objetivo 2:.....	64
4.3 Resultados para el objetivo 3:.....	67
4.4 Resultados para el objetivo 4:.....	72
5. CONCLUSIONES .....	78
6. RECOMENDACIONES.....	80
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	82

8. PRESUPUESTO.....83

BIBLIOGRAFÍA.....85

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Diseño de Experimento	39
Tabla 2: Formulación sustrato	46
Tabla 3: Cantidad de semilla por unidad experimental	50
Tabla 4: Cantidad de selenio por tratamiento	56
Tabla 5: Registro variables temperatura y humedad relativa	60
Tabla 6: Duración real etapas de cultivo	64
Tabla 7: Resumen resultados laboratorio	66
Tabla 8: Nivel de absorción de selenio en hongos según concentración aplicada	66
Tabla 9: Métodos estadísticos “prueba F” y “rangos múltiples de Duncan” para selenio.	70
Tabla 10: Producción obtenida por tratamiento	72
Tabla 11: Métodos estadísticos “prueba F” y “rangos múltiples de Duncan” para producción.	75

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1: Morfología hongo basidiomiceto.	27
Imagen 2: Ciclo de vida macro hongos tipo sombrilla	28
Imagen 3: Absorción de nutrientes en hongos	30
Imagen 4: Tratamiento térmico sustrato	33
Imagen 5: Mapa Piedecuesta indicando sitio de desarrollo de la investigación.	36
Imagen 6: Estructura semi-invernadero	43
Imagen 7: Construcción estructura semi-invernadero	44
Imagen 8: Semilla hongo <i>P. pulmonarius</i>	45
Imagen 9: Compuesto selenio utilizado.	46
Imagen 10: Materiales para cultivo	47
Imagen 11: Picado de sustrato	47
Imagen 12: Humedecimiento sustrato	45
Imagen 13: Esterilización del sustrato	48
Imagen 14: Escurrido del sustrato	49
Imagen 15: Pesaje componentes sustrato	49
Imagen 16: Empacado del sustrato	50
Imagen 17: Pesaje Semilla	51

Imagen 18: Mezcla del sustrato	51
Imagen 19: Ubicación cultivo en cuarto oscuro	52
Imagen 20: Formación de primordios	53
Imagen 21: Riego	53
Imagen 22: Formación de micelio en cultivo	62
Imagen 23: Formación primordios fase inducción	63
Imagen 24: Cosecha hongos	64

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1: Variables temperatura y humedad relativa fase incubación.	61
Gráfico 2: Variables temperatura y humedad relativa fase inducción	62
Gráfico 3: Variables temperatura y humedad relativa fase fructificación	63
Gráfico 4: Producción promedio por tratamiento	65
Gráfico 5: Contenido de selenio promedio por tratamiento	66
Gráfico 6: Contenido de selenio en hongos cultivados	68
Gráfico 7: Contenido de selenio promedio en hongos por tratamiento	69
Gráfico 8: Producción por unidad experimental	73
Gráfico 9: Producción promedio por tratamiento	73
Gráfico 10: Productividad por tratamiento	74

## RESUMEN

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO ORELLANA (*Pleurotus pulmonarius*) ENRIQUECIDO CON SELENIO, EN LA GRANJA IPRED-UIS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA – SANTANDER

**AUTORES:** JAVIER QUECHO MOGOLLÓN \* \*\*  
SERGIO ANDRÉS GONZÁLEZ ÁGUELO

**PALABRAS CLAVE:** Orellana, selenio, sustrato, absorción, concentración, apoptosis, hifa, micelio, primordio, cuerpo fructífero, viabilidad técnica, temperatura, humedad.

### DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se enmarca dentro del campo de la investigación de tipo exploratoria (cuantitativa experimental).

Se pretende tener un alcance en el campo de la agronomía, la nutrición y en el campo de la salud.

A partir del análisis de la absorción de selenio (Se) por parte del hongo Orellana (*Pleurotus pulmonarius*), se pretende viabilizar la posibilidad de cultivarlo y producirlo en la granja hangar UIS, ubicada en Piedecuesta.

Se partió de la revisión bibliográfica sobre los antecedentes relacionados con el cultivo de este hongo a nivel mundial y sobre el estudio de investigaciones de este tipo al respecto.

La metodología empleada fue la cuantitativa. A partir del análisis de los resultados obtenidos se pretende demostrar la posibilidad de cultivar el hongo Orellana enriquecido con sustratos enriquecidos con selenio en diferentes concentraciones, bajo condiciones medioambientales controladas de temperatura y humedad en la granja hangar UIS.

Asimismo, se quiere poner al servicio de la comunidad científica los resultados de la investigación realizada, para que de esta forma se siga profundizando en el fascinante mundo de los hongos, y que se vea además como una alternativa saludable de nutrición que potencializa su acción benéfica sobre el ser humano, el hecho de consumir este elemento como selenio orgánico, el cual ya forma parte de la composición química del hongo al ser ingerido en la dieta diaria.

\*Trabajo de grado

\*\* Programa profesional en Producción Agroindustrial – IPRED-UIS. Director: Ing. Pablo Moreno.

## ABSTRACT

**TÍTULO:** TECHNICAL FEASIBILITY ASSESSMENT FOR THE PRODUCTION OF FUNGUS ORELLANA (*Pleurotus pulmonarius*) SELENIUM ENRICHED WITH AT THE FARM IPRED-UIS PIEDECUESTA TOWNSHIP - SANTANDER

**AUTHORS:** JAVIER QUECHO MOGOLLÓN \* \*\*  
SERGIO ANDRÉS GONZÁLEZ ÁGUEDELO

**KEYWORDS:** Orellana, selenium, substrate absorption, concentration, apoptosis, hyphae, mycelium, primordium, fruiting body, technical feasibility, temperature, humidity.

### DESCRIPTION:

This project falls within the field of exploratory research (experimental quantitative).

It is intended to have a range in the field of agriculture, nutrition and health field.

From the analysis of the absorption of selenium (Se) by the fungus Orellana (*Pleurotus pulmonarius*), is to make possible the ability to cultivate and produce on the farm UIS hangar, located in Piedecuesta.

It started from the literature review on the background related to the cultivation of this fungus worldwide and on the study of this type of research about it.

The methodology is quantitative. From the analysis of the results is to prove the possibility of growing the fungus Orellana enriched with selenium-enriched in different concentrations under controlled temperature and humidity on the farm hangar substrates UIS environmental conditions.

It also wants to serve the scientific community the results of the research conducted in this way to further deepen the fascinating world of fungi, and is also seen as a healthy alternative nutrition that potentiates its beneficial action on humans consuming the fact this element as organic selenium, which is already part of the chemical composition of the fungus when ingested in the daily diet.

\* Degree work

\*\* Programa profesional en Producción Agroindustrial – IPRED-UIS. Director: Ing. Pablo Moreno.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación está referido al tema de la absorción de selenio por parte del hongo Orellana (*Pleurotus pulmonarius*), el cual está referenciado por la comunidad científica como un poderoso agente antioxidante que actúa sobre el sistema inmunológico, la apoptosis o muerte celular programada, el sistema digestivo y su capacidad en la prevención del cáncer de colon, entre otros beneficios.

El principal objetivo de la investigación es demostrar la capacidad de absorción de selenio por parte del hongo Orellana (*Pleurotus pulmonarius*), mediante el análisis químico de hongos producidos en sustratos enriquecidos con selenio en diferentes concentraciones.

El desarrollo del tema de la investigación inicia con una rigurosa revisión bibliográfica sobre antecedentes a nivel mundial de estudios relacionados con la producción de hongos enriquecidos con selenio; se eligió el hongo Orellana (*P. pulmonarius*), por su adaptación a las condiciones medio ambientales referidas a temperatura y humedad, presentes en la granja hangar UIS.

La investigación pretende demostrar la capacidad del hongo Orellana (*P. pulmonarius*), de absorber selenio directamente del sustrato, el cual es transformado por selenio orgánico fácilmente aprovechable al ser ingerido en la dieta diaria del ser humano.

La producción del hongo Orellana enriquecido con selenio se realiza para demostrar la viabilidad de su producción en la granja hangar UIS, y que además sea considerado como una alternativa seria en la dieta del ser humano como fuente primaria de selenio necesaria para cubrir los requerimientos diarios del ser humano respecto de este oligoelemento.

# EVALUACIÓN DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO ORELLANA (*Pleurotus pulmonarius*) ENRIQUECIDO CON SELENIO EN LA GRANJA IPRED-UIS DEL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA - SANTANDER

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Dr. Manuel López-Cabanillas Lomelí, la cultura de alimentación presente en la actualidad en la sociedad, se ha enfocado en el uso de productos químicos para la elaboración, procesamiento y conservación de los alimentos (México 2012). Por ejemplo, al observar el mercado, se puede constatar que la mayoría de productos que ofrecen los centros de expendio de alimentos, han sido procesados y adicionados con sustancias que cumplen con funciones como conservación del producto, así como adición de color y sabor. Según Felipe Guzmán, Gastroenterólogo y vocero de médicos por Venezuela, “la existencia de productos larga vida o de comidas y platos que se encuentran listos para calentar y servir, hacen la vida diaria más cómoda y práctica. Sin embargo, se convierten en un arma de doble filo para la salud. El problema no sólo son los conservantes, sino también todos los aditivos que se colocan a los alimentos, los colorantes, los texturizantes, los edulcorantes y los saborizantes; los cuales se convierten en una amenaza para la salud” (Guzmán, 2012)

Es necesario investigar sobre alternativas de alimentación que conlleven a crear productos que permitan a las personas alimentarse de forma sana y natural, sin adición de sustancias químicas perjudiciales, que aporten los elementos necesarios para permitir el normal funcionamiento del cuerpo y en lo posible que ayuden a mejorar la salud.

Uno de esos elementos necesarios en nuestro organismo es el selenio, el cual, según (Devlin, 2004), “es un micronutriente para todas las formas de vida conocidas. Está presente en el aminoácido selenocisteína y también se puede

encontrar como selenometionina, reemplazando al azufre de la cisteína y la metionina respectivamente; forma parte de las enzimas glutatión peroxidasa y tiorredoxina reductasa. Además, es un antioxidante, ayuda a neutralizar los radicales libres, induce la apoptosis, estimula el sistema inmunológico e interviene en el funcionamiento de la glándula tiroides. Las investigaciones realizadas sugieren la existencia de una correlación entre el consumo de suplementos de selenio y la prevención del cáncer en humanos. Aún es tema de investigación, pero se sabe que la forma química en la que se encuentra el selenio (selenito, selenato o selenoaminoácidos) afecta a su absorción y a su posible toxicidad. Los datos actuales apuntan a que la forma orgánica (formando parte de proteínas como selenoaminoácidos) es la más beneficiosa para los animales”. (Devlin, 2004)

La ingesta diaria recomendada para personas adultas es de 55-70 mcg; más de 400 mcg puede provocar efectos tóxicos (selenosis)”. (Devlin, 2004)

Según la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos, el Se puede ayudar al cuerpo a producir proteínas especiales, llamadas enzimas antioxidantes, las cuales juegan un papel en la prevención del daño celular, también ayudan al proteger al cuerpo después de una vacuna. Además algunos estudios médicos sugieren que el Se puede ayudar a prevenir ciertos cánceres, a prevenir la enfermedad cardiovascular, ayuda a proteger al cuerpo de los efectos tóxicos de los metales pesados y otras sustancias dañinas y puede incrementar la fertilidad, especialmente en los hombres, ya que se ha demostrado que este mineral aumenta la producción de semen y la motilidad de los espermatozoides.(Medlineplus, 2013)

Existe evidencia que indica que la deficiencia de selenio puede contribuir al desarrollo de enfermedades cardíacas, hipotiroidismo y a un sistema inmune debilitado. También hay evidencia de que la deficiencia de selenio por sí misma, usualmente, no causa la enfermedad, sino que predispone al organismo a ciertas enfermedades de causa nutricional, bioquímica o infecciosa”. (Licata, 2008)

Vista la importancia que representa este mineral para la nutrición y la salud humana, es necesario producir alimentos de origen natural que permitan en su proceso de producción, la incorporación de este elemento de forma controlada.

Una posibilidad que se propone en esta investigación para lograr este objetivo, es mediante la producción de orellanas (*Pleurotus pulmonarius*) enriquecidas con selenio.

Esto da origen al problema específico de esta investigación, el cual consiste en lograr aumentar el contenido de selenio en el hongo conocido como Orellana (*Pleurotus pulmonarius*), mediante la adición de selenio al sustrato utilizado como medio de cultivo para este hongo. Para esto, debe determinarse si en la granja IPRED-UIS se cumplen las condiciones necesarias para brindar el ambiente necesario al hongo con el fin de hacer posible su cultivo y enriquecimiento con selenio.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Las orellanas (*Pleurotus sp.*) son hongos que contienen muchas características deseables, como por ejemplo, su sabor característico, son bajos en calorías, sodio y carbohidratos (Dubost, 2007). Diversos hongos estudiados, entre ellos el champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*), mostraron ser excelentes alimentos nutritivos debido a la presencia de un alto contenido en fibra dietética y bajo contenido en grasas (Furlani, 2007)

Según Alfredo Martínez, jefe del área de oncología del centro de investigación biomédica de la Rioja (España), “el valor nutricional de los hongos depende de su composición química”. Su alto contenido en agua (~92%) significa que contienen muy poca grasa y carbohidratos y aportan pocas calorías. Contienen proteínas y, a diferencia del resto de hortalizas, contienen todos los aminoácidos esenciales, lo que los hace ser un buen aporte de los mismos para los vegetarianos. Constituyen una buena fuente de fibra, que proporciona sensación de saciedad, aumenta el

volumen fecal, mejora el tránsito intestinal y protege frente al cáncer de colon y la enfermedad cardiovascular. Además, su alto efecto saciante y su bajo contenido calórico convierte a los hongos comestibles en alimentos muy útiles en dietas hipocalóricas. (Martínez, 2013)

Además de los beneficios nutricionales y terapéuticos que se pueden observar en los hongos comestibles, como es el caso del hongo Orellana (*Pleurotus pulmonarius*), se piensa que es posible dar un valor agregado a estas setas, mediante el enriquecimiento de las mismas con un elemento esencial para la nutrición y la salud de las personas como lo es el selenio, lo que conllevará a hacer posible su aplicación en diferentes campos de la nutrición y la salud con fines terapéuticos.

Como un caso puntual se puede mencionar el hecho de que existen personas que requieren el selenio de manera primordial para evitar la aparición de enfermedades que se ponen de manifiesto debidas a su deficiencia. Según (Licata, 2008) las personas que requieren de estos suplementos pueden ser:

- ✓ Personas con enfermedades crónicas que reciben nutrición total parenteral (alimentación intravenosa sin adición de selenio) por períodos largos de tiempo. En estos pacientes se observa: debilidad muscular, pérdida de masa muscular y cardiomiopatías.
- ✓ Individuos con alteraciones gastrointestinales, como la enfermedad de Crohn (enfermedad inflamatoria intestinal) o que han tenido una remoción quirúrgica de parte del estómago o intestino, ya que disminuye la absorción de selenio
- ✓ Individuos con enfermedades agudas severas que cursan con inflamación e infección tienen los niveles de selenio en sangre disminuidos.
- ✓ Individuos con desórdenes metabólicos, como la fenilcetonuria (trastorno metabólico), tienen bajos niveles de selenio debido a la dieta médica especializada que siguen.

- ✓ Individuos con deficiencia de yodo. Estudios revelaron que la deficiencia de selenio puede empeorar los efectos de la deficiencia de yodo sobre la glándula tiroides. La ingesta adecuada de selenio puede proteger contra los efectos neurológicos del déficit de yodo.
- ✓ Individuos con inmunosupresión. El suplemento de selenio mejora la respuesta inmune a los antígenos.

Observando el hecho de que el selenio puede jugar un papel muy importante en la calidad de vida de las personas y pensando en la posibilidad de incorporar este elemento de forma natural aunque controlada a un producto alimenticio como el hongo (*P. Pulmonarius*), se cree entonces que los resultados obtenidos en esta investigación van a permitir realizar un valioso aporte a la solución de muchas problemáticas relacionadas con la ausencia de una fuente orgánica de selenio fácilmente identificable en el mercado, que tenga un contenido considerable de selenio.

Teniendo en cuenta que los hongos llamados orellanas (*P. pulmonarius*) son organismos saprófitos, es decir, se alimentan de materia orgánica descompuesta, mediante la absorción de los nutrientes presentes en esta (Lagos, 2003), esta investigación permitirá determinar la posibilidad de producir orellanas (*P. Pulmonarius*), enriquecidas con selenio, mediante la adición de selenio al sustrato utilizado para su cultivo. Además los resultados obtenidos en la investigación, permitirán a futuro implementar un sistema comercial de producción de orellanas (*Pleurotus sp.*) enriquecidas con selenio

### 1.3 HIPÓTESIS

#### **Hipótesis Nula**

La adición del compuesto de selenio en diferentes concentraciones al sustrato utilizado para el cultivo del hongo orellana (*Pleurotus pulmonarius*), no aumentará de forma significativa el contenido de este elemento en la composición del hongo.

## **Hipótesis Alternativa**

La adición del compuesto de selenio en diferentes concentraciones al sustrato utilizado para el cultivo del hongo orellana (*Pleurotus pulmonarius*), aumentará de forma significativa el contenido de este elemento en la composición del hongo.

Teniendo en cuenta lo anterior, ésta investigación pretende evaluar ¿Es viable técnicamente la producción de orellanas (*Pleurotus pulmonarius*) enriquecidas con selenio en la granja IPRED-UIS del municipio de Piedecuesta–Santander?

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluarla viabilidad técnica para la producción de orellanas (*Pleurotus pulmonarius*) enriquecidas con selenio en la granja IPRED-UIS del municipio de Piedecuesta-Santander.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Validar si el sitio de implementación del cultivo en la granja IPRED-UIS reúne las condiciones medioambientales requeridas para el cultivo de los hongos *P. pulmonarius*.
2. Evaluar respecto al requerimiento en la dieta humana las dosis de selenio adicionadas al sustrato usado para el cultivo de los hongos enriquecidos.
3. Determinar el contenido de Se de los hongos cultivados tanto en el sustrato normal, como en el sustrato enriquecido.
4. Comparar el rendimiento productivo de los hongos cultivados en el sustrato normal con el de los hongos cultivados en los sustratos enriquecidos.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 MARCO DE ANTECEDENTES

Existe un artículo llamado “Champiñón al Selenio” publicado en el año 2007 por el periódico la Rioja de España. Según este, el Centro Tecnológico del Champiñón de la Rioja y la Universidad Autónoma de Madrid estaban tratando de obtener champiñones enriquecidos con selenio y a su vez demostrar que estos pueden ser capaces de reducir el riesgo de enfermedades crónicas y degenerativas, incluidos varios tipos de cánceres. Además dice el artículo que dicha investigación, pionera en España y con financiación del gobierno riojano, trataba de diseñar métodos para el enriquecimiento de este mineral en las distintas fases de cultivo de esa seta.

La responsable del proyecto, Margarita Pérez, dijo para este artículo, que el selenio, por su alto poder antioxidante ha generado mucho interés en investigaciones médicas y nutricionales y, más recientemente, en la industria alimentaria.

Para realizar el proyecto, el Centro Tecnológico de Champiñón de La Rioja se centraría en el estudio del contenido de selenio en las distintas fases de cultivo y en la producción de champiñón enriquecido en selenio por adición al sustrato.

En paralelo, la Universidad Autónoma de Madrid, bajo la dirección de Cristina Soler Rivas, ya había comenzado a identificar con pruebas 'in vitro' si los extractos de los champiñones podían tener actividad anti tumoral o actividad reguladora del sistema inmune o si tenían capacidad antimicrobiana y antiviral. (Rioja, 2007)

Sin embargo al observar la página de este instituto (<http://www.ctich.com>), no se encontró información respecto a este proyecto, por lo que aún no se conocen los resultados que arrojó esta investigación.

Por otra parte, se encontró un trabajo publicado en la página web de la empresa de champiñones de Perú Paccu S.A. llamado “Desarrollando champiñones ricos en selenio y medicinales (*Agaricus bisporus*) como ingrediente para alimentos funcionales o suplementos dietarios”, cuyo objetivo de estudio fue desarrollar un nuevo método para hacer crecer champiñones altos en selenio que contuvieran al menos 1200ppm y que pudieran funcionar como una nueva fuente orgánica para ser utilizados como ingredientes en alimentos funcionales o en la elaboración de suplementos dietarios. Para lograr esto, el selenio fue añadido al compost por adición de diferentes cantidades de selenito de sodio a un suplemento comercial de compost y puesto al *Agaricus bisporus*, obteniéndose como resultado un aumento en la captación de selenio por parte de los champiñones. Según dice el informe, el mayor nivel de selenio alcanzado en este estudio, fue de cerca de 1300ppm. (Werner, 2002)

También se encontró un artículo llamado “Fortificación De Hongos Comestibles (*Pleurotus Ostreatus*), Con Calcio, Selenio Y Vitamina C”. Según (Cortés, 2007), el objetivo de este estudio era desarrollar un producto mínimamente procesado con características funcionales a partir de la fortificación del hongo *Pleurotus ostreatus*, con calcio, selenio y vitamina C, mediante un proceso de impregnación del hongo ya cosechado. Los resultados de la fortificación presentaron niveles de Ca y Se de 7.3 y 42.3% de la ingesta diaria recomendada (IDR/100g) de hongos frescos, respectivamente.

En un estudio realizado en la Universidad Industrial de Santander en el año 2012, fueron cultivados dos tipos de orellanas (*P. pulmonarius* y *P. ostreatus*), bajo condiciones naturales en la granja Hangar (Actual IPRED), cuyo objetivo fue evaluar el crecimiento de los hongos en tres tipos diferentes de sustratos que fueron: hoja de la mazorca del maíz, salvado de trigo y aserrín de madera. El autor concluyó que de estos sustratos, el que permitió un mayor desarrollo y crecimiento de los hongos fue el de hoja de la mazorca (capacho) del maíz, y el que menor desarrollo permitió fue el aserrín. Esto, según el autor, demuestra que es posible

la utilización de diferentes residuos agroindustriales disponibles en la región para la implementación de este tipo de cultivos. Además el autor concluyó que las condiciones medioambientales del lugar donde se desarrolló el estudio, principalmente la temperatura y humedad relativa, las cuales fueron en promedio 22,9 °C y 78,76 % respectivamente, son favorables para el desarrollo y crecimiento de esta clase de hongos. Según este estudio, la adición de melaza y cal al sustrato, es necesaria para aportar los requerimientos nutricionales del hongo y regular el pH, ya que en la muestra a la que no se adicionaron estos elementos en el sustrato, se inhibió el desarrollo del micelio hacia el día 28 de la ejecución del experimento. (Aguilar, 2012)

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

**ANTIOXIDANTE:** molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.

**CÁNCER:** enfermedad provocada por un grupo de células que se multiplican sin control y de manera autónoma, invadiendo localmente y a distancia otros tejidos. En general, tiende a llevar a la muerte a la persona afectada, si no se trata adecuadamente.

**CARPÓFORO:** en los hongos, equivalente al cuerpo fructífero, esporocarpio o seta.

**CELULOSA:** la celulosa es un polisacárido estructural en las plantas, que forma parte de los tejidos de sostén. Es el principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas. La pared de una célula vegetal joven contiene aproximadamente un 40% de celulosa; la madera un 50 %, mientras que el ejemplo más puro de celulosa es el algodón, con un porcentaje mayor al 90%.

**HONGOS:** organismos eucariotas, unicelulares o pluricelulares y heterótrofos pertenecientes al reino Fungi, cuyas células poseen paredes celulares compuestas por quitina. Realizan una digestión externa de sus alimentos,

secretando enzimas que disuelven la materia orgánica de su entorno e incorporando luego las moléculas disueltas por absorción.

**HIFAS:** elementos filamentosos cilíndricos característicos de la mayoría de los hongos que conforman su estructura vegetativa. Están constituidos por una fila de células alargadas envueltas por la pared celular que, reunidas, forman el micelio.

**HIMENIO:** capa fértil de un cuerpo fructífero donde se encuentran las ascosporas o basidiosporas.

**LIGNINA:** es una sustancia presente en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, la lignina constituye el 25% de la madera. Este componente de la madera realiza múltiples funciones que son esenciales para la vida de las plantas. Por ejemplo, proporciona rigidez a la pared celular.

**PLEUROTUS:** género de setas con el himenio laminado que incluye a algunas especies comestibles de gran interés comercial.

**PRIMORDIO:** cuerpo fructífero inicial de los hongos pluricelulares.

**SELENIO:** micronutriente presente en todas las formas de vida conocidas. Está presente en el aminoácido selenocisteína y también se puede encontrar como selenometionina, reemplazando al azufre de la cisteína y la metionina respectivamente. Es un antioxidante, ayuda a neutralizar los radicales libres, induce la apoptosis, estimula el sistema inmunológico e interviene en el funcionamiento de la glándula tiroides.

**SUPLEMENTO ALIMENTICIO:** son productos a base de hierbas, extractos vegetales, alimentos tradicionales, deshidratados o concentrados de frutas, adicionados o no, de vitaminas o minerales, que se puedan presentar en forma farmacéutica y cuya finalidad de uso sea incrementar la ingesta dietética total, complementarla o suplir algún componente.

**SUSTRATO:** medio en el que se desarrolla un organismo fijo.

## 2.3 MARCO TEÓRICO

### 2.3.1 Clasificación taxonómica del hongo *P. pulmonarius*

Según (IndexFungorum), el hongo *P. pulmonarius* se clasifica así:

- Reino: Fungi
- Filo: Basidiomycota
- Clase: Agaricomycetes
- Orden: Agaricales
- Familia: *Pleurotaceae*
- Género: *Pleurotus*
- Especie: *P. pulmonarius*
- Nombre vulgar: Hongo Ostra, Orellana, Seta ostreada.

### 2.3.2 Morfología del Champiñón Ostra u Orellana

Según (Barbado, 2003), el sombrero de este hongo es redondeado, su superficie es lisa, abombada y convexa cuando es joven y va aplanándose luego poco a poco. El borde está algo enrollado al principio, su diámetro oscila entre 5cm y 15cm según la edad del hongo. El color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo, aunque va alcanzando una coloración más amarillenta con el tiempo.

En la parte inferior del sombrero posee unas laminillas dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene hasta el borde. Estas son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o de color crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, oblongas casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o espóradas de color blanco con cierto tono lila-grisáceo. El pie suele ser corto, algo lateral u oblicuo,

ligeramente duro, de color blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base.

Este hongo puede crecer en forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles. La carne de la seta es blanca, de olor algo fuerte, tierna al principio y después correosa.

Imagen 1: Morfología hongo basidiomiceto



Morfología Setas (izq.) Gírgola (der.)

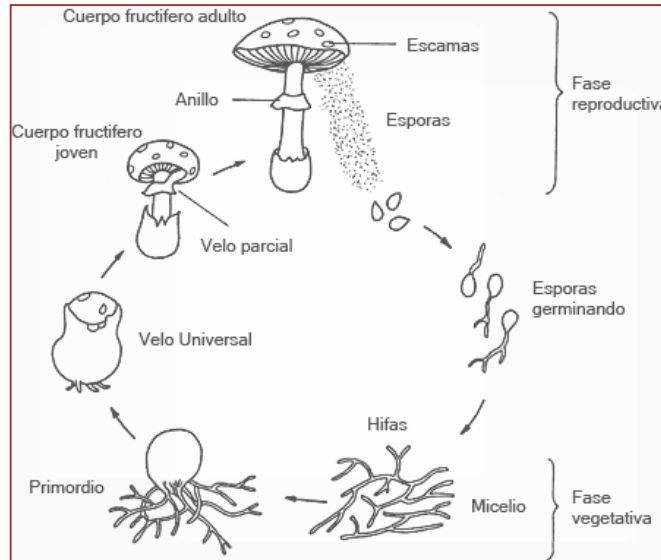
Fuente: (Dipualba, 2013)

### 2.3.3 Ciclo Vegetativo del Champiñón Ostra

Según el proyecto (IndexFungorum), el hongo orellana (*Pleurotus pulmonarius*) es una especie de hongo basidiomiceto del orden *Agaricales*. Así mismo según (Wikipedia), los basidiomicetos son aquellos hongos que se caracterizan por que contienen las clásicas setas y hongos con sombrero.

A continuación se ilustra el ciclo de vida de un hongo tipo sombrero o sombrilla como es el caso de la orellana (*P. pulmonarius*), según el centro de investigación INBio de Costa Rica.

Imagen 2: Ciclo de vida macro hongos tipo sombrilla



**Fuente:** Centro de investigación INBio Costa Rica

Según (INBio Costa Rica) En general, cuando las condiciones ambientales son las adecuadas, las esporas germinan y producen células alargadas llamadas hifas, las cuales se ramifican produciendo una masa algodonosa llamada micelio, que corresponde a la fase vegetativa. El micelio es una masa filamentosa que generalmente no se observa a simple vista, la cual dependiendo de la especie puede desarrollarse sobre diferentes hábitats: terrestre, lignícola (sobre madera), coprófilo (sobre boñiga), fungícola (sobre otros hongos), como parásito o asociado con raíces de ciertos tipos de árboles formando una micorriza.

Los factores climáticos más importantes para que las esporas germinen y formen cuerpos fructíferos son la humedad y la temperatura. La mayoría de los macro hongos, por ejemplo, necesitan una humedad relativa de aproximadamente 70% y un intervalo de temperatura que va de 10 a 25 grados centígrados.

Cuando las condiciones son las adecuadas, el micelio forma los primordios que son etapas tempranas de desarrollo de los cuerpos fructíferos (fase reproductiva), los cuales están envueltos por una membrana o velo universal que cubre totalmente el cuerpo fructífero, protegiéndolo. Cuando éste crece, la membrana se

rompe y forma las escamas y la volva. El himenóforo o parte fértil también se encuentra cubierto por una membrana, llamada velo parcial, que se rompe y da origen al anillo. Cuando el cuerpo fructífero madura, dispersa las esporas y muere. (INBio Costa Rica).

#### **2.3.4 Medio de Cultivo**

Como todos los hongos, el hongo orellana (*P. Pulmonarius*) carece de clorofila por lo que no puede alimentarse con las sustancias minerales que hay en la tierra y ha de vivir sobre un sustrato que le proporcione debidamente preparados los alimentos que precisa. (Infoagro).

Según (Ugalde, 2013), este hongo degrada y se alimenta de la celulosa y la lignina presente en desechos vegetales. Por lo tanto, el cultivo se puede realizar en troncos o en sustratos artificiales.

El cultivo en troncos tiene la ventaja de ser de un bajo costo de implementación pero con producción principalmente estacional, generalmente cuando se dan las condiciones naturales de temperatura y humedad para que el hongo fructifique.

El cultivo en sustratos artificiales (paja de trigo o bien aserrín o viruta de maderas blandas no resinosas) permite una producción continua pero con un mayor costo de inversión inicial. (Ugalde, 2013).

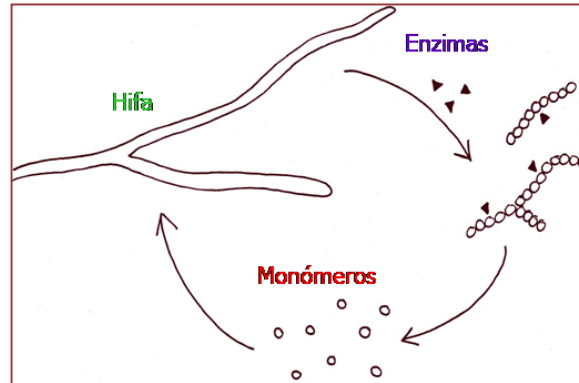
#### **2.3.5 Absorción de Nutrientes en orellanas (*P. Pulmonarius*)**

Al consultar información sobre los hongos, se observa que son organismos heterótrofos. Al igual que los animales, ellos obtienen los nutrientes del medio, a partir de materia ya elaborada por otros organismos. Sin embargo los hongos no ingieren la materia orgánica y la digieren internamente como los animales.

Según (Cubas, 2007), “los hongos requieren que las moléculas orgánicas sean de pequeño tamaño. Para ello, segregan enzimas al medio que rompen las grandes moléculas orgánicas, transformándolas en pequeñas moléculas (azúcares, iones

minerales y otras). El hongo absorbe a través de las paredes y membranas de las hifas las moléculas resultantes de la digestión externa y, ya dentro de las células, utiliza esos compuestos para su metabolismo. Esto define a los hongos como heterótrofos por absorción.”

Imagen 3: Absorción de nutrientes en hongos



Fuente: (Dipualba, 2013)

Según (Lagos, 2003) “las orellanas hacen parte del grupo de hongos denominados “hongos saprófitos”, los cuales obtienen sus nutrientes y energía degradando materia orgánica no viva”. Para el caso del champiñón ostra como tal, según esta fuente, “su cultivo puede hacerse bajo ambiente controlado, aplicándole un sustrato determinado y entregándole las condiciones de temperatura, ventilación, humedad y luz adecuadas para lograr que estos hongos crezcan y fructifiquen”.

Observando esta importante característica en cuanto a la forma de nutrición de los hongos y en particular la posibilidad de cultivar el champiñón en condiciones controladas, se cree que es posible modificar el contenido nutricional del champiñón, agregando elementos adicionales al sustrato del cual se alimenta, como por ejemplo, el selenio.

### 2.3.6 Generalidades para el cultivo del hongo (*P. pulmonarius*)

Según (Barbado, 2003) es posible realizar el cultivo de esta seta con diferentes técnicas, pero en todas ellas lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre

un sustrato leñoso-celulósico húmedo y casi siempre pasteurizado, incubarlo a 20-25°C, mientras se mantiene envuelto en plástico y, por último, mantenerlo descubierto en sitios muy húmedos y frescos, generalmente a menos de 15°C hasta que salgan las setas.

Este autor comenta que a través del tiempo se han ido sucediendo distintas técnicas para el cultivo de *P. pulmonarius*, entre las que se destacan:

- ✓ Cultivos sobre troncos cortados
- ✓ Cultivo sobre tocones de madera, y
- ✓ Cultivo sobre paja de cereales

Para esta investigación se tomó la decisión de utilizar la técnica de cultivo sobre paja de cereales, debido a que nos permitirá cultivar los hongos en cualquier época del año, ya que se pueden controlar las variables medioambientales.

Según (Barbado, 2003), esta técnica consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato preparado a base de paja, incubarlo a unos 25°C y luego dejarlo en un sitio fresco, húmedo, ventilado e iluminado.

### **2.3.7 Cultivo del Champiñón Ostra En Sustrato Artificial**

Según (Ugalde, 2013) este tipo de cultivo se realiza en bolsas y consta de los siguientes pasos:

#### **✓ Preparación del Sustrato**

En sustratos artificiales se requiere un contenido de humedad de 75 % y un pH entre 6,5-7.0.

Estos sustratos deben ser pasteurizados antes de su siembra para evitar posibles contaminaciones.

Para su formulación se puede utilizar 98 % de paja de trigo o de otros cereales y adicionarle un 2 % de yeso.

Se pueden hacer combinaciones con otros componentes como viruta de madera (50 % de paja de trigo + 48 % de viruta).

Lo concreto es que las pajas de cereales son más sencillas de pasteurizar, mientras que las virutas o el aserrín requieren tratamientos térmicos más enérgicos.

En caso de utilizar paja de cereal es necesario realizar una prehidratación, para esto sólo se requiere mojar la paja de 48 a 72 horas antes de ser usada.

Generalmente la paja es primero picada y luego se hidrata por riego con aspersion o manualmente.

✓ **Tratamiento térmico con sistema artesanal.**

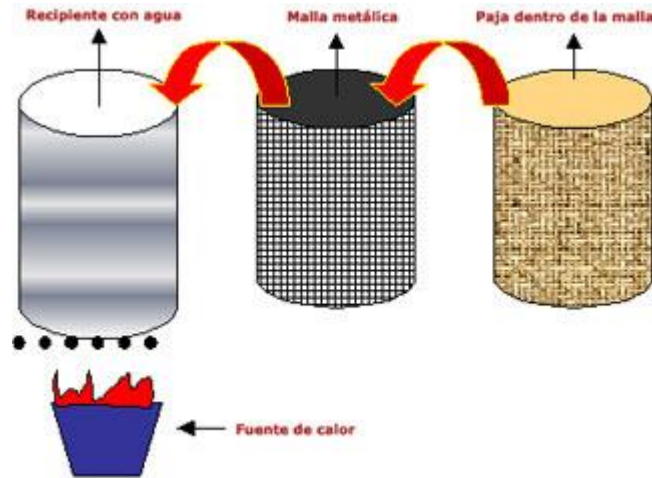
El tratamiento térmico (pasteurización) se puede realizar de forma efectiva, utilizando un sistema artesanal, con el cual se puede lograr una pasteurización mediante la "cocción" de la paja por inmersión en agua caliente.

Para llevar a cabo este paso, se realiza un tratamiento de inmersión en agua caliente a 80 °C por dos horas.

Si en vez de paja de trigo se utiliza por ejemplo viruta de madera para mayor seguridad convendrá acortar los tiempos una hora, pero repetir 3 días seguidos el mismo tratamiento.

La inmersión se puede hacer en un tanque con agua caliente, colocando la paja dentro de un canasto de metal o bien en una bolsa de polipropileno, como muestra la siguiente ilustración:

Imagen 4: Tratamiento térmico sustrato



Fuente: (Ugalde, 2013)

### ✓ Siembra

El sustrato se inocula con lo que comúnmente se denomina "semilla" ; el cual consiste en granos de trigo estériles, cuya superficie se encuentra cubierta por esporas del hongo en cuestión.

En esta operación, se mezcla el sustrato y la semilla lo más homogéneamente posible.

Es conveniente emplear "semilla" en una proporción de 2-3 % del peso del sustrato (mezclar 2 a 3 kg de "semilla" cada 100 kg de sustrato húmedo).

Es importante no realizar la siembra hasta que el sustrato este frío o al menos a 25 °C ya que a mayor temperatura el micelio puede morir.

La "semilla" debe ser mezclada lo mejor posible y luego se coloca el sustrato con la "semilla", dentro de bolsas plásticas negras.

En esta etapa se debe prevenir la aparición de contaminaciones trabajando con ropa limpia y en lugares sin corrientes de aire que transporten polvo.

Al cabo de unos días, el micelio (constituido por el conjunto de hifas) comienza a crecer por sobre el sustrato.

Después de la siembra el micelio no requiere mayores cuidados, debe estar en una habitación oscura con temperatura controlada.

✓ **Riego**

Se puede efectuar en forma manual o por aspersión, una o dos veces por día para evitar la desecación del sustrato.

✓ **Cosecha**

Los hongos se cosechan cortándolos al ras mediante un cuchillo o tijera. Generalmente se producen agrupados en ramilletes (fasciculados) compartiendo los pies. Al igual que en el champiñón (*Agaricus bisporus*), los ciclos de fructificación se producen en oleadas. Se obtienen oleadas cada 10 días aproximadamente. Normalmente se cosechan 2-3 oleadas pero es posible obtener más. Una oleada es un ciclo de producción, seguido de dos o tres días sin cosecha, durante este lapso se forman los primordios del ciclo siguiente.

✓ **Rendimiento:**

Es posible obtener de 15 a 40 kg. de hongos frescos por cada 100kg. de sustrato.

### 2.3.8 Requerimientos para el cultivo

Los requerimientos para el cultivo de *P. pulmonarius* según (Ugalde, 2013) son los siguientes:

✓ **Requerimientos para la incubación**

- Humedad relativa: 90-100 %.
- Temperatura del sustrato: 24-27 °C (no debe excederse los 35 °C ya que es letal para el micelio).
- Duración de la Incubación: 10-15 días.
- Ventilación: no requiere.
- Iluminación: no es necesaria, en general se lo incuba en oscuridad.

- ✓ **Requerimiento para la inducción (formación de Primordios):** se denomina primordio al primer estadio de desarrollo del hongo.
  - Humedad relativa: 90-95 %.
  - Temperatura del ambiente: 15-24 °C.
  - Duración: 7-15 días.
  - Ventilación: cuatro renovaciones por hora.
  - Iluminación: requiere 2000 lux/hora durante 12 horas al día. Se puede utilizar tubos fluorescentes o bien luz difusa natural.
  - Las bolsas deben estar completamente cubiertas de micelio blanco antes de iniciar esta etapa.
  - Inmediatamente después de descender la temperatura del ambiente y comenzar con el fotoperiodo se deben hacer tajos, u orificios sobre las bolsas negras para que el micelio reciba el estímulo de la luz. Es en esos orificios donde se desarrollará la fructificación del hongo.
  
- ✓ **Requerimientos para la cosecha**
  - Humedad relativa: 85-92 %.
  - Temperatura ambiente: 18-24 °C.
  - Duración: 5-7 semanas.
  - Ventilación: 4-6 renovaciones por hora.
  - Iluminación: requiere 2000 lux/hora durante 12 horas al día. Se puede utilizar tubos fluorescentes o bien luz difusa natural.

## 2.4 MARCO GEOGRÁFICO

La presente investigación se ejecutó en la granja IPRED de la Universidad Industrial de Santander, la cual está ubicada en la vereda Guatiguará del municipio de Piedecuesta – Santander. Las coordenadas son las siguientes:

Latitud: 6.9937473           =       6° 59' 37.49" N  
 Longitud: -73.0681405       =       -73° 04' 05.30" O

Imagen 5: Mapa de Piedecuesta indicando sitio de desarrollo de la investigación.



Fuente: Google Earth

La razón por la cual se seleccionó este lugar, es debido a que reúne las condiciones de temperatura y humedad relativa aptas para el cultivo del hongo (*Pleurotus Pulmonarius*). El lugar cuenta con sombrío natural, y está ubicado cerca de una quebrada, lo que ayuda a que la temperatura y humedad relativa, sean relativamente constantes la mayor parte del tiempo, en relación al exterior.

## 2.5 MARCO DEMOGRÁFICO

Esta investigación está dirigida a la población en general, ubicada dentro del área metropolitana de Bucaramanga en el departamento de Santander.

## 2.6 ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación pretende confirmar la posibilidad de producir champiñones ostra enriquecidos con selenio mediante la modificación del sustrato. Los champiñones ostra obtenidos como resultado de esta investigación, además de servir como alimento para consumo humano, también pueden ser útiles como fuente

complementaria de selenio en la dieta, o como suplemento en casos de deficiencia. Ya concluida la investigación se puede crear un sistema comercial de producción de champiñones ostra enriquecidos con selenio para su distribución en el mercado.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación pretende demostrar que es posible producir orellanas (*Pleurotus pulmonarius*) en un tipo de sustrato enriquecido con selenio, con el fin de que el hongo absorba de manera natural este elemento químico y lo incorpore a sus tejidos, y de esta forma, *P. pulmonarius* enriquecido con selenio, pueda ser consumido por el ser humano.

La investigación realizada es de tipo exploratorio (cuantitativo -experimental), debido a que se pretende generar nuevos conocimientos en cuanto a la forma de enriquecer hongos comestibles a partir de la preparación de sustratos con altos contenido de un elemento o compuesto determinado.

##### 3.1.1 Diseño Del Experimento

Una vez se adecuó la estructura para el experimento, se obtuvo el sustrato apropiado y el compuesto de selenio que sería adicionado al sustrato para el cultivo de los hongos (selenio inorgánico con 95% de pureza), se procedió a elaborar las unidades experimentales.

Para la investigación propuesta, se determinó elaborar el diseño del experimento utilizando el modelo denominado “Diseño Completamente al Azar”. Este modelo se seleccionó debido a que permite evaluar la variable principal de investigación, la cual es el nivel de concentración de selenio de los champiñones en respuesta a la adición de diferentes cantidades de selenio en el sustrato, permitiendo determinar de forma estadística si los resultados obtenidos en para cada uno de los tratamientos aplicados presentaron diferencias significativas. También se tomó este modelo porque en el proceso de producción de los hongos (*P. pulmonarius*), debido a la forma de manejo que requiere este cultivo, se logra obtener condiciones relativamente homogéneas para toda la población objeto de estudio.

Esto se justifica en el hecho de que los diferentes factores tales como la composición del sustrato y las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, ventilación, pH, luminosidad, etc.) deben ser controladas periódicamente para lograr obtener un crecimiento apropiado de los hongos. Estas características permiten entonces disminuir los efectos de ruido que podrían presentarse en el desarrollo del experimento. Según lo anterior, se procedió a elaborar el diseño de experimentos como se muestra a continuación:

✓ Número de Tratamientos = 4

Se trabajó 1 Testigo, y 3 tratamientos con adición de selenio en concentraciones del 5%, 10% y 20%.

✓ Número de Repeticiones = 3

Se determinó este valor porque se considera que este número de repeticiones darán mayor confiabilidad a los resultados obtenidos. Se cree que un número menor de repeticiones no brindará la confiabilidad necesaria para los resultados de esta investigación

✓ Unidades Experimentales = 12

1 unidad experimental por cada tratamiento y por cada repetición.

✓ Tamaño de Cada Unidad Experimental = Bolsa por 300g

La siguiente tabla resume el anterior diseño de experimento:

Tabla 1: Diseño de experimento.

<b>Tratamiento</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>Testigo</b>	UE1	UE2	UE3
<b>T1 (5%)</b>	UE4	UE5	UE6
<b>T2 (10%)</b>	UE7	UE8	UE9
<b>T3 (20%)</b>	UE10	UE11	UE12

### 3.1.2 Población

Está constituida por la sumatoria de las cantidades totales de hongos recolectados durante la primera cosecha de cada unidad experimental.

### 3.1.3 Muestra

Está comprendida por el 100% de la población. De esta muestra se tomó la información necesaria para el análisis de las variables del estudio.

### 3.1.4 Variables

#### Objetivo 1:

#### ✓ Temperatura

Grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados

- Unidad de Medida: Grados Centígrados (°C)
- Medición: ser realizó de forma diaria en el sitio de desarrollo del cultivo, mediante la toma y registro de lecturas con un termo-higrómetro digital, durante las diferentes fases de desarrollo de los hongos.

#### ✓ Humedad Relativa

Contenido de agua en el aire. Humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación.

- Unidad de medida: Porcentaje (%)
- Medición: ser realizó de forma diaria en el sitio de desarrollo del cultivo, mediante la toma y registro de lecturas con un termo-higrómetro digital, durante las diferentes fases de desarrollo de los hongos.

## Objetivo 2:

### ✓ Dosis

Cantidad específica y graduada de una sustancia que se añade en cada etapa de un proceso.

- Unidad de medida: Gramo (g)
- Medición: Se realizó en el momento de la preparación del sustrato para las diferentes unidades experimentales, pesando el porcentaje de selenio respectivo para cada tratamiento aplicado.

## Objetivo 3:

### ✓ Contenido de Selenio en los hongos.

Cantidad de selenio absorbida por los hongos durante la fase experimental y determinada mediante análisis de laboratorio.

- Unidad de medida: Microgramo (mcg)
- Medición: Se realizó al momento de obtener la primera cosecha, mediante un análisis de laboratorio específico que permita determinar el contenido total de selenio absorbido por los hongos durante el proceso de cultivo en las muestras seleccionadas para dicho análisis.

## Objetivo 4:

### ✓ Producción

Fabricación o elaboración de un producto.

- Unidad de medida: Gramo (g)
- Medición: Se pesó la producción total de setas durante la primera cosecha, para determinar la influencia de los tratamientos aplicados en el rendimiento productivo de los hongos cultivados.

### 3.1.5 Análisis Estadístico

Para el análisis, una vez obtenidos los resultados del estudio, para el caso de determinación de contenido de selenio en los hongos (*P. pulmonarius*), se utilizó el método estadístico aplicado para diseños experimentales “Completamente al Azar”, mediante la aplicación de las pruebas estadísticas denominadas “Prueba F” y “Prueba de Rangos Múltiples de Duncan”, la primera con el fin de determinar la validez o no de la hipótesis nula, y la segunda para determinar qué tanto difieren las medias de los tratamientos aplicados en caso de rechazarse la hipótesis nula en la “Prueba F”.(Contreras Ferrer, 2003)

Las demás variables fueron medidas con diferentes técnicas estadísticas básicas como promedios, índices y porcentajes.

### ACTIVIDADES GENERALES

Para llevar cabo este propósito, se llevará a cabo la siguiente metodología de trabajo.

#### 3.1.6 Ubicación y adecuación del sitio de cultivo.

- Se seleccionó el lugar para la implementación del cultivo, dentro de la granja IPRED de la Universidad Industrial de Santander, teniendo en cuenta las características técnicas y medioambientales del mismo. Para ello se tomó en cuenta la topografía del sitio y las condiciones ambientales observables. El lugar seleccionado para el desarrollo de la investigación está ubicado en un área relativamente plana (posee poca inclinación) que se encontró cerca de una quebrada que pasa por el predio de la universidad. Se tomó la decisión de trabajar en ese lugar debido a que presenta un sombrío natural que permite una temperatura constante durante la mayor parte del tiempo, además la presencia de la quebrada cerca el sitio seleccionado ayuda mantener una humedad relativa, lo cual es un requisito indispensable para el desarrollo del cultivo de los hongos según la teoría consulta.

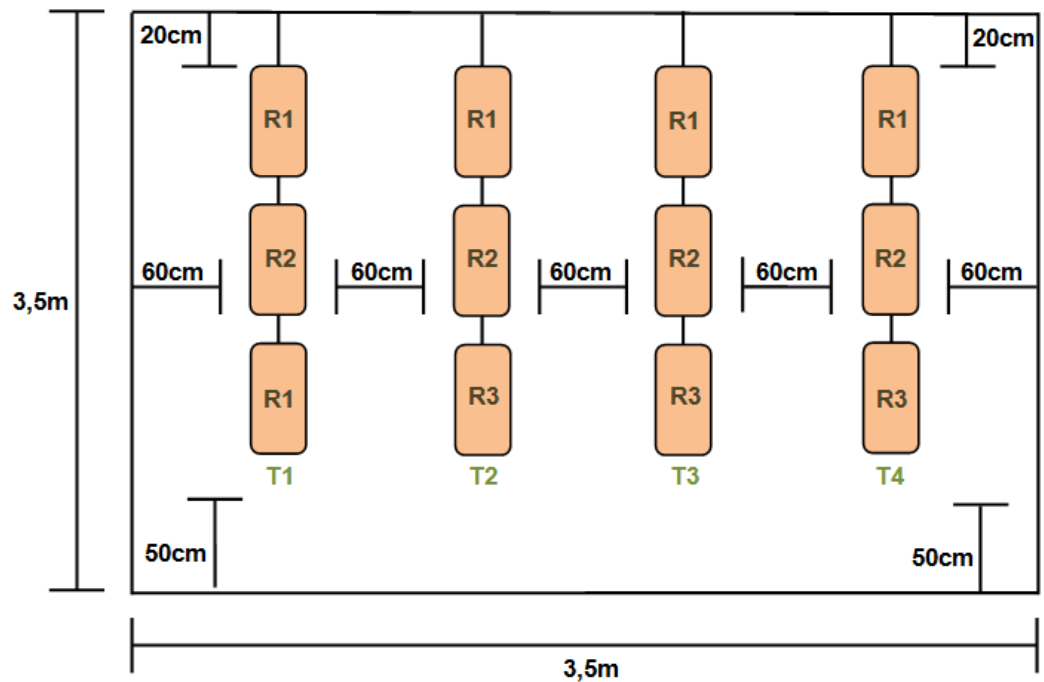
➤ Construcción de Instalaciones:

Para poder proceder con el cultivo de los hongos (*P. Pulmonarius*), primero se construyó una infraestructura tipo semi-invernadero artesanal, con el uso de materiales disponibles en la zona y de bajo costo, tales como: varas de guadua, alambre dulce, puntillas y plásticos como cobertura.

La construcción se llevó a cabo sobre un área de terreno de 3m<sup>2</sup> dentro de la granja IPRED-UIS previamente establecida.

La forma, medidas y distribución de la estructura, se muestran en la siguiente figura:

Imagen 6: Estructura semi-invernadero



**Fuente:** investigadores

Tanto las medidas de la estructura, como la distribución de los espacios al interior de la misma, fueron asesoradas por dos productores de champiñones de la región en base a sus experiencias personales. (Serrano, y otros, 2014)

Como se puede apreciar en la figura, los diferentes tratamientos (T1, T2, y T3) y sus respectivas repeticiones (R1, R2 y R3), se ubicaron de forma organizada, en filas separadas mediante la aplicación de un sistema de colgado en el aire.

Esto con el fin de evitar el contacto de las unidades experimentales con el suelo y prevenir su contaminación.

La estructura se cubrió en su totalidad con plástico en los lados para evitar corrientes fuertes de vientos y así mantener una humedad relativa estable dentro de la estructura, la parte superior se cubrió con plástico transparente y se utilizó polisombra del 60 % para permitir el paso de la luz necesaria en las etapas de inducción y fructificación (una luz tenue). Todo esto con el fin de proteger el cultivo de las condiciones externas, y para ayudar a mantener estables las variables de temperatura y humedad relativa al interior de la estructura. Se dejó una puerta en una de las esquinas para poder ingresar a la estructura y además en la parte superior se dejó una pequeña abertura para permitir el recambio del aire. A continuación se presentan como evidencia algunas fotografías del proceso de construcción de la estructura:

Imagen 7: Proceso Construcción estructura semi-invernadero



Fuente: investigadores

### 3.1.7 Obtención de la semilla de *P. pulmonarius* para la siembra.

La semilla a utilizada consistió en esporas de *P. pulmonarius*. Debido a que en el área metropolitana de Bucaramanga no fue posible conseguir la semilla para el cultivo, se consultó con productores de la región sobre los proveedores con quienes ellos normalmente adquieren la semilla. Con la información obtenida de

los productores consultados, se logró contactar con una empresa productora de semillas de hongos y comercializadora de productos agrícolas ubicada en Bogotá llamada “Champin Fung”. Se contactó la empresa mencionada, se cotizó el precio de la semilla y posteriormente se realizó el pedido respectivo. Se compraron cuatro kilos de semilla del hongo *P. pulmonarius*, debido a que ésta fue la cantidad mínima que accedió vender esta empresa. La semilla fue enviada por parte del proveedor a la ciudad de Floridablanca mediante correo certificado 3 semanas (20 días) después de haberse realizado el pedido. La semilla fue recibida en una caja de cartón, dentro de la cual venían dos bolsas de papel las cuales contenían dos kilos de la semilla cada una. Una vez recibida la semilla se verificó que se encontrara en condiciones óptimas para el desarrollo de la investigación, es decir que el empaque no presentara daños o aberturas y que tampoco presentara humedad. La semilla recibida consiste en semillas de un cereal (cebada) impregnadas con la espora del hongo tal como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 8: Semilla hongo *P. pulmonarius*



Fuente: Investigadores

### **3.1.8 Obtención del compuesto de selenio que se agregará al sustrato.**

Al realizar una consulta en internet se encontró el proveedor que posibilitó la obtención del selenio; Se trata del Dr. Mauricio Franco, propietario de “laboratorios Francol”. El selenio obtenido y utilizado durante la investigación está compuesto de selenio inorgánico con un 95% de pureza tal como se muestra en la ficha técnica anexa al final de este documento.

Imagen 9: Compuesto selenio utilizado.



Fuente: Investigadores

### 3.1.9 Elaboración del sustrato.

- En base a la información obtenida tanto en el marco teórico como en el marco de antecedentes, se trabajó con un sustrato compuesto en base a hoja de mazorca, debido a que este material es de fácil obtención en la región. Además en una investigación aplicada en la misma zona, se concluyó que este sustrato permite un mayor desarrollo del hongo (*P. pulmonarius*) en comparación a otros tipos de sustratos (Aguilar, 2012).
- Formulación del Sustrato: Teniendo en cuenta la metodología propuesta por (Ugalde, 2013) y (Aguilar, 2012), el equipo investigador definió trabajar con la siguiente formulación para el sustrato base:

Tabla 2: Formulación sustrato

Material	Porcentaje
Hoja de mazorca de maíz	99%
Yeso	1%
	100%

Esta formulación se utilizó en las mismas proporciones en todos los tratamientos, independientemente de las cantidades de selenio adicionadas a



Imagen 12: Humedecimiento sustrato



**Fuente:** Investigadores

Luego se realizó el proceso de pasteurización del sustrato, para eliminar posibles contaminantes que pudieran afectar el desarrollo del hongo durante su cultivo.

Para esto, se tomó el sustrato y se introdujo dentro de un saco de fibra, luego estese introdujo dentro de un recipiente con agua a 80°C, dejándolo allí durante un tiempo de dos horas.

Imagen 13: Esterilización del sustrato



**Fuente:** Investigadores

Una vez realizado este paso, se colgó el saco con el material pasteurizado (hoja de mazorca) con el fin de que éste se enfriara y perdiera humedad. Se dejó escurrir hasta lograr una humedad aproximada del 75% (al tocarlo se siente húmedo y no moja la mano).

Imagen 14: Escurrido del sustrato



**Fuente:** Investigadores

Luego de haberse escurrido el contenido del saco (cáscara en mazorca), se procedió a pesar y mezclar los diferentes materiales que componen el sustrato, de acuerdo a la formulación establecida anteriormente, para luego adicionar el selenio a los tratamientos modificados y realizar la siembra de la semilla.

Imagen 15: Pesaje componentes sustrato



**Fuente:** Investigadores

El sustrato utilizado para cada unidad experimental fue introducido dentro de una malla de polietileno a la que se incorporó una cantidad de 300g de sustrato por cada unidad experimental.

Imagen 16: Empacado del sustrato.



Fuente: Investigadores

En cuanto a la adición de selenio para cada uno de los tratamientos, se procedió a pesar con una báscula calibrada en gramos las diferentes cantidades de selenio de acuerdo a las concentraciones determinadas para cada uno de ellos.

### 3.1.10 Cultivo del hongo.

**Siembra de la semilla:** Una vez elaborado el sustrato, se sembró la semilla en una proporción del 3% del peso del sustrato. La semilla se incorporó al sustrato de tal forma que ésta quedara muy bien esparcida y garantizara una distribución homogénea en este.

Debido a que la siembra se realizó sobre 300g de sustrato, la cantidad de semilla sembrada en cada bolsa fue la siguiente:

Tabla 3: Cantidad de semilla por unidad experimental

Peso Sustrato	% Semilla	Cantidad Semilla x bolsa
300g	3%	9g

La semilla fue pesada en una báscula gramera digital, para obtener una mayor precisión en la cantidad adicionada a cada unidad experimental.

Imagen 17: Pesaje Semilla



**Fuente:** Investigadores

Una vez pesada y separada la semilla para cada tratamiento, se procedió a mezclarla con el sustrato, garantizando una distribución uniforme de esta en el mismo.

Para esto, se introdujo todo el contenido (sustrato y semilla) dentro de una bolsa plástica y se agitó hasta lograr una distribución uniforme tanto de la semilla como del selenio en los sustratos modificados.

Imagen 18: Mezcla del sustrato



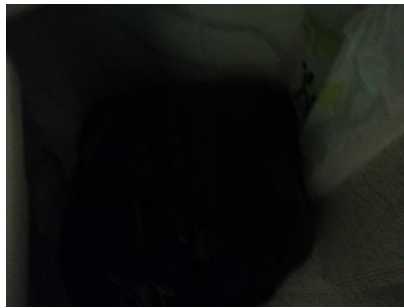
**Fuente:** Investigadores

Luego se pasó el contenido de la bolsa plástica de cada tratamiento a la malla de polietileno respectiva para posteriormente almacenar cada tratamiento con sus respectivas repeticiones dentro de una bolsa plástica transparente nueva. Finalmente se almacenaron los todos tratamientos contenidos en bolsas plásticas transparentes dentro de una bolsa plástica de color negro para luego iniciar la fase de incubación.

## **Incubación**

Durante el periodo de incubación, las bolsas llenas con el sustrato y la semilla fueron ubicadas en un lugar oscuro. En vista de que la granja IPRED-UIS cuenta con un cuarto cerrado en el cual está instalada la motobomba que suministra agua a la granja, y de que este ofrece condiciones de oscuridad apropiadas, se solicitó autorización a la Universidad (UIS) para almacenar allí las bolsa con los tratamientos por el tiempo necesario para cumplir con la fase de incubación de los hongos, este tiempo fue de 15 días.

Imagen 19: Ubicación cultivo en cuarto oscuro



**Fuente:** Investigadores

## **Inducción**

Una vez se completó la fase de incubación dentro del cuarto oscuro, las bolsas se trasladaron al semi-invernadero, con el fin de que los cambios en las condiciones ambientales como son el estímulo de la luz y el cambio de temperatura y humedad relativa indujeran en el micelio la formación de los primordios, que constituyen el cuerpo fructífero inicial del hongo.

A los 9 días se pudo observar la formación de los primeros primordios, tal y como se muestra en las siguientes imágenes.

Imagen 20: Formación de primordios



**Fuente:** Investigadores

**Riego:**

Desde el inicio de la etapa de inducción se aplicó riego a las unidades experimentales mediante el uso de un atomizador plástico, con el fin de mantener el sustrato húmedo durante los periodos de inducción y cosecha de los hongos. Esta actividad se realizó tres veces al día en los siguientes horarios:

Primer riego: 9:00 am

Segundo riego: 12:00 m

Tercer riego: 3:00 pm

Imagen 21: Riego



**Fuente:** Investigadores

### **Cosecha:**

Finalizada la etapa de inducción, se esperó a que los hongos se desarrollaran y alcanzaran un tamaño adecuado para poder proceder con la cosecha de los mismos. La cosecha se realizó a los cuatro días de haberse producido la formación inicial de los primordios, para un tiempo total de cultivo de 28 días desde la siembra de la semilla. Se cortó cada cuerpo fructífero o seta a ras del sustrato con ayuda de un cuchillo previamente esterilizado. La primera oleada de cosecha en cada uno de los tratamientos se utilizó para llevar a cabo la determinación del contenido de selenio en los hongos, mediante análisis de laboratorio, así como para medir el rendimiento productivo de los hongos, para luego comparar estos datos con las variables propuestas en la investigación.

## **3.2 METODOLOGÍA ESPECÍFICA**

### **3.2.1 Metodología para lograr el objetivo 1:**

**Validar si el sitio de implementación del cultivo en la granja IPRED-UIS reúne las condiciones medioambientales requeridas para el cultivo de los hongos *P. pulmonarius*.**

- Se midieron las variables de Temperatura y Humedad Relativa, con ayuda de un termo-higrómetro digital, durante los periodos de incubación, inducción y fructificación de los hongos, con el fin de validar si las condiciones medioambientales del lugar son las indicadas para el cultivo de estos hongos. Para ello se tomaron 3 lecturas diarias (7:00 am – 12:00 m – 5:00 pm) y se llevó un registro diario de los valores promedio de estas variables. Utilizando para ello el siguiente formato:

**Formato 1. Registro diario lecturas Temperatura y Humedad Relativa**

DÍA	ETAPAS								
	INCUBACIÓN			INDUCCIÓN			FRUCTIFICACIÓN		
	Tº (°c)	HR (%)	Promedio	Tº (°c)	HR (%)	Promedio	Tº (°c)	HR (%)	Promedio
1									
2									
3									
...									

- Una vez finalizado el proceso de cultivo, se analizaron los datos obtenidos y se compararon con el nivel de desarrollo que presentaron los hongos durante cada fase del cultivo en cada uno de los tratamientos aplicados en la investigación.

**Variables Objetivo 1:**

- ✓ Temperatura

Grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados

- Unidad de Medida: Grados Centígrados (°C)
- Medición: ser realizó de forma diaria en el sitio de desarrollo del cultivo, mediante la toma y registro de lecturas con un termo-higrómetro digital, durante las diferentes fases de desarrollo de los hongos.

- ✓ Humedad Relativa

Contenido de agua en el aire. Humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación.

- Unidad de medida: Porcentaje (%)
- Medición: ser realizó de forma diaria en el sitio de desarrollo del cultivo, mediante la toma y registro de lecturas con un termo-higrómetro digital, durante las diferentes fases de desarrollo de los hongos.

### 3.2.2 Metodología para lograr el objetivo 2:

**Evaluar respecto al requerimiento en la dieta humana las dosis de selenio adicionadas al sustrato usado para el cultivo de los hongos enriquecidos.**

- Una vez obtenido el sustrato apropiado para el cultivo de los hongos (*P. pulmonarius*), se procedió con la adición del Selenio al sustrato en diferentes cantidades.
- Debido a que en las fuentes consultadas no se encontró información relacionada sobre las dosis de selenio que se deben agregar al sustrato de cultivo del hongo (*P. pulmonarius*) para obtener una concentración adecuada de selenio en los hongos cultivados, el equipo investigador determinó aplicar las siguientes dosis, con el fin de poder conocer el rango apropiado de selenio con que se debe trabajar el sustrato, para así obtener hongos comestibles (*P. pulmonarius*) enriquecidos con selenio en niveles aptos para el consumo por el ser humano.

Las cantidades de selenio que se adicionaron al sustrato de cada uno de los tratamientos fueron las siguientes:

Tabla 4: Cantidad de selenio por tratamiento

TRATAMIENTO	PESO SUSTRATO	CONCENTRACIÓN	CANTIDAD SELENIO APLICADA
Testigo	300g	0%	0g
T1	300g	5%	15g
T2	300g	10%	30g
T3	300g	20%	60g

- Una vez obtenidos los resultados de laboratorio, se compararon los niveles de concentración de selenio en los hongos con las respectivas dosis aplicadas a cada uno de los tratamientos con el fin de confirmar la relación entre la

variación de las dosis de selenio aplicadas a los diferentes sustratos, el grado de asimilación por parte de los hongos y si estaba dentro de los límites de la ingesta diaria requerida por el ser humano.

- Finalmente se compararon los resultados con los requerimientos de selenio en la nutrición humana, según la información científica obtenida de las fuentes consultadas, con el fin de determinar la dosis más apropiada que permita obtener hongos comestibles enriquecidos con selenio en niveles aptos para el consumo humano, sin sobrepasar los límites establecidos para el consumo diario de este mineral en la dieta humana.

### **Variables objetivo 2:**

#### ✓ Dosis

Cantidad específica y graduada de una sustancia que se añade en cada etapa de un proceso.

- Unidad de medida: Gramo (g)
- Medición: Se realizó en el momento de la preparación del sustrato para las diferentes unidades experimentales, pesando el porcentaje de selenio respectivo para cada tratamiento aplicado.

### **3.2.3 Metodología para lograr el objetivo 3:**

**Determinar el contenido de Se de los hongos cultivados tanto en el sustrato normal, como en el sustrato enriquecido.**

- El total de hongos recolectados de cada unidad experimental en la primera cosecha, fueron pesados y enviados al Laboratorio de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander para realizar el análisis de contenido selenio. Se seleccionó éste laboratorio debido a que ofrecen un método apropiado y accesible para determinar el contenido de selenio en los hongos cultivados llamado “Prueba de Selenio”.

- Las muestras fueron enviadas al laboratorio seleccionado para que mediante la aplicación de dicho análisis, fuera posible determinar el contenido de selenio de cada muestra.
- En base a los resultados obtenidos del laboratorio, se realizó la comparación entre los diferentes tratamientos, para determinar de forma estadística las diferencias existentes entre estos. Para esto se utilizaron los métodos estadísticos denominados “Prueba F” y “Prueba de Rangos Múltiples de Duncan”, con el fin de confirmar o rechazar la hipótesis nula del estudio, y determinar el nivel de significancia de los tratamientos aplicados.

### **Variables objetivo 3:**

- ✓ Contenido de Selenio en los hongos.  
Cantidad de selenio absorbida por los hongos durante la fase experimental y determinada mediante análisis de laboratorio.
  - Unidad de medida: Microgramo (mcg)
  - Medición: Se realizó al momento de obtener la primera cosecha, mediante un análisis de laboratorio específico que permite determinar el contenido total de selenio absorbido por los hongos durante el proceso de cultivo en las muestras seleccionadas para dicho análisis.

### **3.2.4 Metodología para lograr el objetivo 4:**

#### **Comparar el rendimiento productivo de los hongos cultivados en el sustrato normal con el de los hongos cultivados en los sustratos enriquecidos.**

- Se midió el rendimiento productivo de los hongos cultivados en los diferentes tratamientos durante las tres primeras cosechas
- Se pesó el total de hongos recolectados en cada cosecha y se llevó un registro de producción por cada tratamiento según el siguiente formato:

### Formato 2. Registro de producción

COSECHA	PRODUCCIÓN PROMEDIO POR TRATAMIENTO (gr.)			
	Testigo	T1 5%	T2 10%	T3 20%
COSECHA 1				
COSECHA2				
COSECHA 3				
TOTAL				
PROMEDIO				

- Una vez finalizada la tercera cosecha, de acuerdo a los datos de producción obtenidos, se determinó el rendimiento productivo promedio de cada tratamiento aplicado.
- Finalmente se analizó la información recolectada y se determinaron las diferencias presentadas en cuanto a nivel de producción en cada tratamiento aplicado durante el desarrollo del cultivo.

#### Variables objetivo 4:

- ✓ Producción  
Fabricación o elaboración de un producto.
  - Unidad de medida: Gramo (g)
  - Medición: Se pesó la producción total de setas durante las tres primeras cosechas, para determinar la influencia de los tratamientos aplicados en el rendimiento productivo de los hongos cultivados.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados para el objetivo 1:

Validar si el sitio de implementación del cultivo en la granja IPRED-UIS reúne las condiciones medioambientales requeridas para el cultivo de los hongos *P. pulmonarius*.

De la toma de datos de temperatura y humedad relativa con ayuda del termo-higrómetro digital, se obtuvo el siguiente registro.

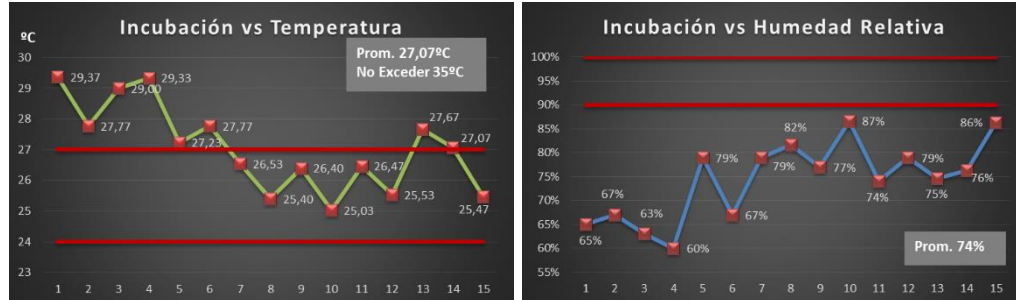
Tabla 5: Registro variables temperatura y humedad relativa

FECHA	DÍA	ETAPAS																											
		INCUBACIÓN						INDUCCIÓN				FRUCTIFICACIÓN																	
		Tº (°c)		̄	HR (%)		̄	Tº (°c)		̄	HR (%)		̄	Tº (°c)		̄	HR (%)		̄										
11-may	1	26,4	31,2	30,5	29,37	79%	56%	60%	65%																				
12-may	2	24,8	31,4	27,1	27,77	81%	55%	65%	67%																				
13-may	3	26,2	30,5	30,3	29	75%	62%	52%	63%																				
14-may	4	28,1	30,9	29	29,33	66%	55%	59%	60%																				
15-may	5	25,8	26,7	29,2	27,23	73%	80%	84%	79%																				
16-may	6	26,8	30	26,5	27,77	72%	60%	69%	67%																				
17-may	7	27,2	28,4	24	26,53	77%	70%	90%	79%																				
18-may	8	24,8	27,5	23,9	25,4	88%	68%	89%	82%																				
19-may	9	28,5	25,8	24,9	26,4	62%	80%	89%	77%																				
20-may	10	23,9	26,2	25	25,03	87%	85%	88%	87%																				
21-may	11	26,5	26,9	26	26,47	64%	78%	80%	74%																				
22-may	12	24,5	26,1	26	25,53	85%	74%	78%	79%																				
23-may	13	26	30,8	26,2	27,67	70%	75%	79%	75%																				
24-may	14	28,5	27,4	25,3	27,07	69%	75%	85%	76%																				
25-may	15	25,3	25,7	25,4	25,47	84%	89%	86%	86%																				
26-may	16	PROM TOTAL			27,07	PROM TOTAL			74%	26,5	30,5	24,9	27,3	85%	65%	81%	77%												
27-may	17									25,2	28,2	27,8	27,07	80%	69%	71%	73%												
28-may	18									23	26,5	23	24,17	94%	75%	85%	85%												
29-may	19									22,5	26	23,2	23,9	99%	79%	91%	90%												
30-may	20									23,7	29,9	25,9	26,5	88%	65%	80%	78%												
31-may	21									24,3	28,5	24,8	25,87	84%	66%	85%	78%												
01-jun	22									25	27,2	25,7	25,97	80%	72%	81%	78%												
02-jun	23									26,2	28	25,4	26,53	83%	70%	79%	77%												
03-jun	24									26,9	27,2	23,8	25,97	73%	74%	90%	79%												
04-jun	25									PROM TOTAL			25,92	PROM TOTAL			79%	27,8	26,8	25,8	26,8	68%	74%	77%	73%				
05-jun	26																				25,8	27,8	27,3	26,97	69%	64%	71%	68%	
06-jun	27																				24,3	26,5	22,9	24,57	90%	76%	99%	88%	
07-jun	28																				23,4	25	26,8	25,07	83%	82%	72%	79%	
										PROM TOTAL			25,85	PROM TOTAL			77%												

Al comparar estos promedios con el rango óptimo de temperatura y humedad relativa requerido por el hongo (*P. pulmonarius*), según (Ugalde, 2013), se observó que las lecturas obtenidas en el sitio de cultivo para estas dos variables, no están dentro del rango relacionado. A continuación se muestran unos gráficos de control donde se puede ver reflejado esto:

## Etapa de Incubación

Gráfico 1: Variables temperatura y humedad relativa fase incubación.



En la etapa de incubación se pudo observar que la mayor parte de los valores de temperatura y humedad relativa estuvieron por fuera de los rangos establecidos, según los datos consultados en la investigación, sin embargo las lecturas de temperatura entre los días 7 al 12 de esta etapa, se mantuvieron dentro del rango, además, según (Ugalde, 2013) en esta etapa es importante que la temperatura no exceda los 35°C ya que afecta el desarrollo del micelio, algo que evidentemente no sucedió en el transcurso de esta etapa del cultivo. A su vez, las lecturas de la humedad relativa siempre estuvieron por debajo del porcentaje mínimo requerido para esta etapa.

El valor promedio de temperatura fue de 27,07°C y el de humedad relativa fue del 74%, para esta primera etapa del cultivo.

Sin embargo, el hecho de que los valores de temperatura y humedad relativa no fueron los más óptimos para el desarrollo del micelio, no impidió que estese desarrollara e invadiera el sustrato de forma eficiente, ya que al finalizar esta etapa se pudo observar un buen desarrollo del micelio en el sustrato, tal y como lo demuestran las siguientes imágenes:

Imagen 22: Formación de micelio en cultivo

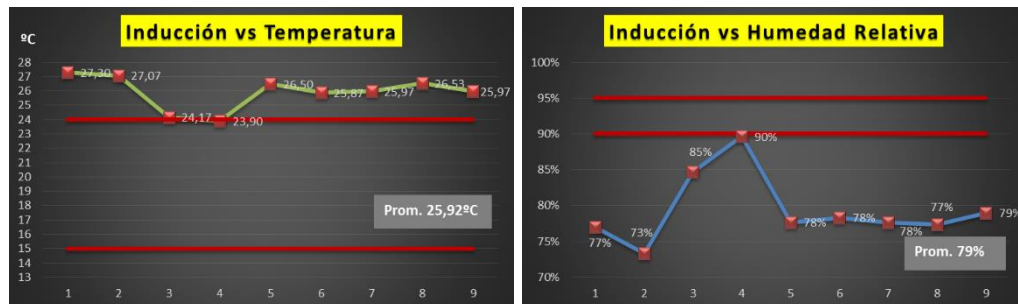


Fuente: Investigadores

### Etapa de Inducción

En el transcurso de esta etapa, las lecturas de temperatura y humedad relativa tampoco se caracterizaron por guardar una relación directa con los rangos establecidos por (Ugalde, 2013), tal y como se muestra en los siguientes gráficos de control.

Gráfico 2: Variables temperatura y humedad relativa fase inducción



Como puede observarse en las gráficas, los datos registrados se mantuvieron siempre por fuera del rango establecido por la fuente consultada. Sin embargo, al igual que en la etapa de inducción, con estos valores también fue posible lograr la formación de los primordios (cuerpos fructíferos iniciales) en las diferentes unidades experimentales a los 9 días de haberse iniciado esta etapa. Cabe aclarar que la humedad interna del sustrato siempre fue superior a la del ambiente, debido a que se aplicó riego a las unidades experimentales a diario. A continuación se presenta una imagen de la formación de los primordios:

Imagen 23: Formación primordios fase inducción

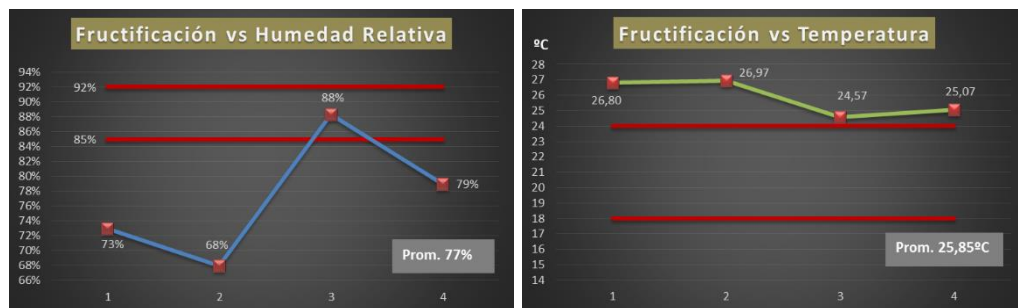


Fuente: Investigadores

### Etapa de Fructificación

Los valores obtenidos en esta etapa para las variables de temperatura y humedad relativa, a pesar de que solo duró cuatro días, tampoco coincidieron con la fuente consultada en la investigación, tal y como se muestra en las gráficas siguientes:

Gráfico 3: Variables temperatura y humedad relativa fase fructificación



En esta etapa las diferencias registradas en las lecturas tampoco representaron un impedimento para que se produjera la fructificación de los hongos. Sin embargo, estas desviaciones presentadas a lo largo del desarrollo del cultivo pudieron influir en la baja productividad registrada por los diferentes tratamientos durante las cosechas realizadas. A continuación se presenta también una imagen del cultivo con los cuerpos fructíferos ya desarrollados al final de la primera oleada de cosecha:

Imagen 24: Cosecha hongos



Fuente: Investigadores

La duración de las diferentes etapas, a pesar de las diferencias presentadas en las variables de temperatura y humedad relativa, estuvieron dentro de los tiempos establecidos según (Ugalde, 2013), tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6: Duración real etapas de cultivo

Etapa	Duración Teórica	Duración Real
Incubación	10-15 Días	15 Días
Inducción	7-15 Días	9 Días
Fructificación	2 a 3 oleadas cada 10 días	3 oleadas en 26 días

Esto permite demostrar que las condiciones de temperatura y humedad relativa presentes en el sitio de cultivo permiten que el hongo se desarrolle dentro de los tiempos normales establecidos para cada etapa.

#### 4.2 Resultados para el objetivo 2:

**Evaluar las dosis de selenio adicionadas al sustrato usado para el cultivo de los hongos enriquecidos.**

En el análisis realizado sobre las diferentes dosis o concentraciones de selenio adicionadas al sustrato con relación a las demás variables del estudio, se logró establecer lo siguiente:

Al comparar las diferentes dosis de cada tratamiento con el rendimiento productivo de los hongos se observó que el testigo absoluto y el tratamiento 1 presentaron la mayor producción. De estos, el tratamiento número 2 al cual se le adicionó un 5% de selenio sobre el peso del sustrato, fue el que presentó la mayor producción, aunque con muy poca diferencia en comparación al testigo absoluto. A partir de una concentración superior al 5% se observó una disminución significativa en la producción promedio, ya que los tratamientos 2 y 3 a los cuales se les aplicaron concentraciones de selenio del 10% y 20% respectivamente, presentaron los valores más bajos de producción y de estos dos últimos, el tratamiento 3 con la mayor concentración de selenio en el sustrato, fue el que obtuvo el menor rendimiento productivo de todos los cuatro tratamientos observados. La siguiente gráfica permite observar este resultado de forma clara:

Gráfico 4: Producción promedio por tratamiento



Otro análisis realizado a la variable de este objetivo, fue la influencia de las dosis de cada tratamiento sobre el contenido total de selenio de los hongos ya cultivados.

Para esto, se tuvo en cuenta el resultado del análisis de determinación de selenio realizado en el laboratorio de Consultas Industriales de la UIS, el cual arrojó los siguientes resultados:

Tabla 7: Resumen resultados laboratorio

<b>RESULTADOS ANÁLISIS SELENIO (mcg Se/g)</b>				
	<b>TESTIGO ABSOLUTO</b>	<b>T1 (5%)</b>	<b>T2 (10%)</b>	<b>T3 (20%)</b>
<b>R1</b>	124	342	328	445
<b>R2</b>	112	309	378	616
<b>R3</b>	47	269	468	526
<b>PROMEDIO</b>	<b>94,333</b>	<b>306,667</b>	<b>391,333</b>	<b>529</b>

Fuente: Informe de resultados original (ver Anexo A)

En este caso se observó que a medida que se incrementaba la concentración de selenio en el sustrato, también aumentaba el contenido de selenio en el cuerpo fructífero del hongo como puede verse en la siguiente tabla:

Tabla 8: Nivel de absorción de selenio en hongos según concentración aplicada

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>PESO SUSTRATO</b>	<b>CONCENTRACIÓN</b>	<b>CANTIDAD SELENIO APLICADA</b>	<b>CANTIDAD SELENIO ABSORBIDA POR EL HONGO (mcg*/gramo)</b>	<b>REQUERIMIENTO NUTRICIONAL DIARIO EN LA DIETA DEL HOMBRE</b>
<b>Testigo</b>	300g	0%	0g	94,33	< 400 mcg
<b>T1</b>	300g	5%	15g	306,66	< 400 mcg
<b>T2</b>	300g	10%	30g	391,33	< 400 mcg
<b>T3</b>	300g	20%	60g	529	< 400 mcg

\*microgramo

En el siguiente diagrama de dispersión se ilustra mejor este comportamiento:

Gráfico 5: Contenido de selenio promedio por tratamiento



Como puede observarse en la gráfica, las variables comparadas presentan una correlación positiva (aumento), lo que indica que a mayor concentración de selenio, se produjo una mayor absorción de selenio en los hongos cultivados. Los tratamientos que presentaron menor diferencia al compararlos entre ellos mediante pruebas estadísticas, fueron el número 1 y el número 2, los cuales presentaron valores muy cercanos, pues ambos estuvieron en el rango de los 300 a 400 mcg/g, valores que se enmarcan dentro de los rangos recomendados en la ingesta diaria de selenio por parte del ser humano.

#### 4.3 Resultados para el objetivo 3:

**Determinar el contenido de Se de los hongos cultivados tanto en el sustrato normal, como en el sustrato enriquecido.**

El análisis físico-químico realizado a las muestras en el laboratorio de Consultas Industriales de la UIS arrojó los siguientes resultados.

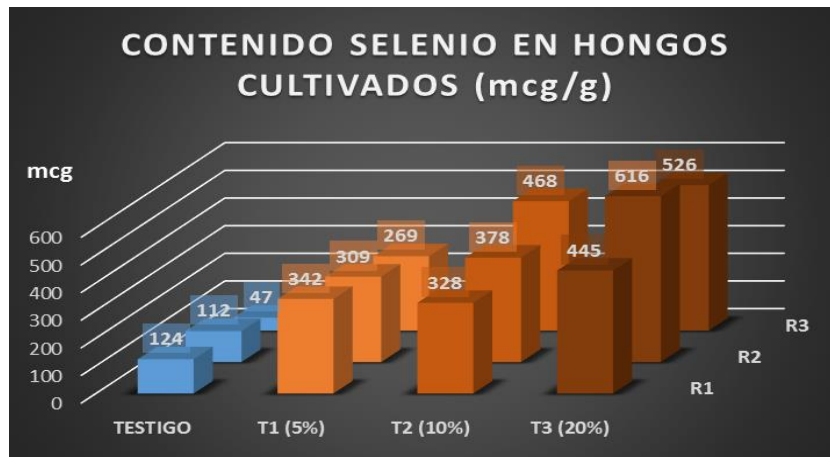
Tabla 7: Resumen resultados laboratorio

RESULTADOS ANÁLISIS SELENIO (mcg Se/g)				
	TESTIGO ABSOLUTO	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (20%)
R1	124	342	328	445
R2	112	309	378	616
R3	47	269	468	526
<b>PROMEDIO</b>	<b>94,333</b>	<b>306,667</b>	<b>391,333</b>	<b>529</b>

Fuente: Informe de resultados original (ver Anexo A)

Al representar estos resultados en una gráfica se obtiene la siguiente distribución del contenido de selenio en los cuerpos fructíferos en relación a cada tratamiento aplicado:

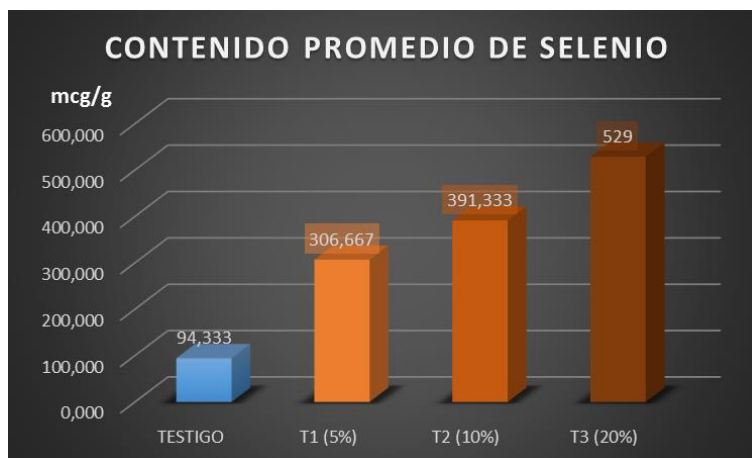
Gráfico 6: Contenido de selenio en hongos cultivados



En esta gráfica pueden verse el total de unidades experimentales con los resultados de contenido de selenio obtenidos para cada una de ellas. Se observó, según esta información, que los tratamientos aplicados tuvieron influencia sobre la variable dependiente del estudio, ya que se evidencia un aumento del contenido de selenio en los hongos a medida que se incrementaba la concentración de selenio en el sustrato.

Al promediar estos datos por tratamiento, se obtiene el siguiente gráfico:

Gráfico 7: Contenido de selenio promedio en hongos por tratamiento



Aquí puede verse nuevamente, a nivel general de cada tratamiento, la notable influencia de los tratamientos aplicados sobre el contenido de selenio de los hongos, la cual tiene una tendencia de aumento de la variable independiente. Sin embargo, estadísticamente es equivocado afirmar el haber detectado a simple vista que los tratamientos aplicados presentaron diferencias significativas en los resultados obtenidos al medir la variable independiente del estudio.

Para demostrar estadísticamente si los resultados obtenidos al medir la variable independiente presentaron diferencias significativas, se procede a elaborar un análisis estadístico con el uso de las siguientes pruebas estadísticas:

- Prueba F: Para determinar la validez o no de la hipótesis nula:
- Prueba de Rangos Múltiples de Duncan: para determinar que tanto difieren las medias de los tratamientos al compararlas entre sí.

Estas pruebas se realizaron con ayuda de Excel aplicando un nivel de significancia igual a 0,05. Los datos obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 9: Métodos estadísticos “prueba F” y “rangos múltiples de Duncan” para selenio”

**ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Ttos	R1	R2	R3	TOTALES	PROMEDIO
TESTIGO	124	112	47,00	283,00	94,33
T1 (5%)	342	309	269,00	920,00	306,67
T2 (10%)	328	378	468,00	1174,00	391,33
T3 (20%)	445	616	526,00	1587,00	529,00
				3964,00	330,33

n	3	Número de observaciones por tratamiento
a	4	Número de tratamientos
N	12	n*a
Nivel signif.	0,05	$\alpha$

**DETERMINACIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA F**

SC Total	329142,67
SC Tratamientos	298336,67
SC Error = SC Total - SC Tratamientos	30806,00
GL Total = an-1	11,00
GL Ttratamientos = a-1	3,00
GL Error = a(n-1)	8,00
SMC Tratamientos = $SC_{Tratamientos}/GL_{Tratamientos}$	99445,56
SMC Error = $SC_{Error}/GL_{Error}$	3850,75
F Calculado = $SMC_{Tratamientos}/SMC_{Error}$	25,82
F Tabla (buscar en tabla) $GL_{TTO}/GL_{ERROR}$	4,07
Comparación F calculado y F tabla	F Calculado > F tabla (Se rechaza Ho)

El enunciado de esta prueba dice que si el Fcalculado es mayor o igual al Ftabla entonces se rechaza la hipótesis nula.

Fcalculado  $\geq$  Ftabla se rechaza Ho.

Nótese que 25,82 es mayor a 4,07 por lo que se rechaza la hipótesis nula, que dice que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, y se acepta la hipótesis alternativa, la cual afirma que si existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

Como el análisis de varianza “Prueba F” indicó que existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se procede a aplicar la “Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, para determinar qué tanto difieren estas entre sí. A continuación se presentan los datos obtenidos de esta prueba:

**PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE DUNCAN**

<b>Ordenar ascendentemente medias de los ttos</b>	TESTIGO	94,33
	T1	306,67
	T2	391,33
	T3	529,00

<b>Error estándar para cada tto (Raiz(SMC Error/n))</b>	35,83
---	-------

$\alpha(p,f)$	valor tabla (p,f)	R	RANGOS CRÍTICOS	RESTA PROMEDIOS	
r0,05 (2,8)	3,26	R4	124,320	434,67	T3-TESTIGO
r0,05 (3,8)	3,39	R3	121,454	222,33	T3-T1
r0,05 (4,8)	3,47	R2	116,796	137,67	T3-T2
		R3	121,454	297,00	T2-TESTIGO
		R2	116,796	84,67	T2-T1
		R2	116,796	212,33	T1-TESTIGO

Al realizar las respectivas comparaciones se observó que en la mayoría de los tratamientos comparados se presentaron diferencias significativas en los resultados obtenidos. Los únicos tratamientos que no presentaron diferencias significativas al compararlos entre ellos fueron el Tratamiento 2 y el Tratamiento 1 en la secuencia 2.

Esto permite afirmar de forma estadística, con un nivel de significancia de 0,05 que los tratamientos de selenio aplicados influyeron en el contenido final de

selenio en los hongos, ya que los resultados obtenidos presentaron en su mayoría diferencias significativas al compararlos entre ellos.

#### 4.4 Resultados para el objetivo 4:

**Comparar el rendimiento productivo de los hongos cultivados en el sustrato normal con el de los hongos cultivados en los sustratos enriquecidos.**

En base a los pesos obtenidos en cada cosecha, se obtuvo el siguiente registro de producción en cada tratamiento:

Tabla 10: Producción obtenida por tratamiento

COSECHA	PRODUCCIÓN PROMEDIO POR TRATAMIENTO (gr.)			
	TESTIGO	T1 5%	T2 10%	T3 20%
COSECHA 1	28,67	29,33	23	18,67
COSECHA 2	30,33	31	23,33	18,33
COSECHA 3	28,33	27,67	22,67	17
TOTAL	87,33	88	69	54
PROMEDIO	29,11	29,33	23	18

A continuación se presentan los gráficos de “producción por tratamiento”, “producción promedio por tratamiento” y “productividad por tratamiento” obtenidos a partir de los datos registrados anteriormente en la tabla:

Gráfico 8: Producción por unidad experimental



Gráfico 9: Producción promedio por tratamiento



Si se ordenan los valores promedio de producción de mayor a menor, obtenemos la siguiente información:

- Tratamiento 1 (5%): 29,33g
- Testigo: 29,11g
- Tratamiento 2 (10%): 23g
- Tratamiento 3 (20%): 18g

Como se puede observar en los datos obtenidos, los tratamientos que presentaron mayor rendimiento productivo, fueron el testigo absoluto y el tratamiento 1, de los cuales la mayor producción se obtuvo en el tratamiento 1, aunque con una diferencia muy pequeña en comparación al testigo absoluto. Así mismo los tratamientos 2 y 3 presentaron un nivel de producción menor en comparación a los dos anteriores, siendo el tratamiento 3 el que menor producción obtuvo.

Al determinar el porcentaje de productividad de cada tratamiento, se obtuvo la siguiente gráfica:

Gráfico 10: Productividad por tratamiento



A pesar de que el testigo absoluto junto al tratamiento 1 fueron los más eficientes en cuanto a rendimiento productivo, al comparar este rendimiento con el rendimiento esperado según (Ugalde, 2013), el cual debería estar entre el 15% y el 40%, encontramos que en este caso, la productividad estuvo muy por debajo de estos valores. Esto puede deberse a la influencia de factores medioambientales, así como el hecho de que para la investigación se utilizó poca cantidad de sustrato (300g), lo cual pudo influir en un menor desarrollo de los hongos.

Una forma de conocer realmente si los tratamientos aplicados influyeron realmente sobre la productividad de forma significativa, es aplicando las pruebas estadísticas

denominadas "Prueba F" y "Prueba de rangos múltiples de Duncan", las cuales ya fueron aplicadas en el objetivo número 2. Estas pruebas se realizaron con ayuda de Excel aplicando un nivel de significancia igual a 0,05 y los datos obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 11: Métodos estadísticos "prueba F" y "rangos múltiples de Duncan" para producción.

#### ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Ttos	R1	R2	R3	TOTALES	PROMEDIO
TESTIGO	28,33	29,66	29,33	87,32	29,11
T1 (5%)	31,33	27,67	29,00	88,00	29,33
T2 (10%)	25	21,67	22,33	69,00	23,00
T3 (20%)	18,67	19,33	16,00	54,00	18,00
				298,32	24,86

n	3	Número de observaciones por tratamiento
a	4	Número de tratamientos
N	12	n*a
Nivel signif.	0,05	$\alpha$

#### DETERMINACIÓN DEL ESTADÍSTICO DE PRUEBA F

SC Total	285,95
SC Tratamientos	265,69
SC Error = SC Total - SC Tratamientos	20,26
GL Total = an-1	11,00
GL Ttratamientos = a-1	3,00
GL Error = a(n-1)	8,00
SMC Tratamientos = $SC_{Tratamientos}/GL_{Tratamientos}$	88,56
SMC Error = $SC_{Error}/GL_{Error}$	2,53
F Calculado = $SMC_{Tratamientos}/SMC_{Error}$	34,97
F Tabla (buscar en tabla) $GL_{TTO}/GL_{ERROR}$	4,07
Comparación F calculado y F tabla	F Calculado > F tabla (Se rechaza Ho)

El enunciado de esta prueba dice que si el F calculado es mayor o igual al F tabla entonces se rechaza la hipótesis nula.

$F_{\text{calculado}} \geq F_{\text{tabla}}$  se rechaza  $H_0$ .

Nótese que 34,97 es mayor a 4,07 por lo que se rechaza la hipótesis nula, que dice que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, y se acepta la hipótesis alternativa, la cual afirma que si existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

Como el análisis de varianza “Prueba F” indicó que existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se procede a aplicar la “Prueba de Rangos Múltiples de Duncan, para determinar qué tanto difieren estas entre sí. A continuación se presentan los datos obtenidos de esta prueba:

**PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE DUNCAN**

<b>Ordenar ascendentemente medias de los ttos</b>	T3	18,00
	T2	23,00
	TESTIGO	29,11
	T1	29,33

<b>Error estándar para cada tto (Raiz(SMC Error/n))</b>	0,92
---	------

$r_{\alpha}(p,f)$	valor tabla (p,f)	R	RANGOS CRÍTICOS	RESTA PROMEDIOS	
$r_{0,05}(2,8)$	3,26	R4	3,188	11,33	T1-T3
$r_{0,05}(3,8)$	3,39	R3	3,115	6,33	T1-T2
$r_{0,05}(4,8)$	3,47	R2	2,995	0,23	T1-TESTIGO
		R3	3,115	11,11	TESTIGO-T3
		R2	2,995	6,11	TESTIGO-T2
		R2	2,995	5,00	T2-T3

Al realizar las respectivas comparaciones se observó que existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos comparados. Se observó además que los únicos tratamientos que no presentaron diferencias significativas al compararlos entre ellos fueron el Tratamiento 1 y el Testigo absoluto en la

secuencia 1. La comparación de los demás tratamientos si produjeron diferencias significativas.

Esto permite confirmar de forma estadística lo que a simple vista se observó en las gráficas 9 y 10 de producción y productividad respectivamente, donde se pudo ver que el testigo absoluto y el tratamiento 1 no presentaban mucha diferencia entre ellos, tal y como puede verse en la comparación realizada entre estos dos tratamientos en la secuencia 1 de la prueba de rangos múltiples de Duncan.

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ La granja IPRED-UIS, ubicada en Piedecuesta - Santander, no posee en su ambiente natural los valores promedio de temperatura y humedad relativa más óptimos para el desarrollo de los hongos. Sin embargo las condiciones medioambientales del lugar permiten al hongo *P. pulmonarius* adaptarse y desarrollarse exitosamente, logrando que las diferentes fases del cultivo se desarrollen dentro de los tiempos normales y sin presentar inconvenientes perceptibles. Esto permite concluir que en referencia a las variables de temperatura y humedad relativa, el sitio reúne las condiciones necesarias para llevar a cabo el cultivo de esta especie de hongo.
- ✓ Tratándose de hongos enriquecidos con selenio, se concluye que la dosis que permitió obtener hongos enriquecidos en niveles aptos para satisfacer los requerimientos diarios de este mineral en el ser humano fue la aplicada en una concentración del 5 % sobre el peso del sustrato; es decir el Tratamiento 1, ya que esta dosis permitió obtener hongos con alto contenido de selenio (306 mcg), sin superar el límite de los 400 mcg, lo cual representa una ingesta de selenio cercana al requerimiento nutricional diario recomendado en la dieta humana, según la información obtenida de las fuentes científicas consultadas (Devlin, 2004). En contraste, de los tratamientos 2 (10%) y 3 (20%) se obtuvieron hongos con contenidos muy elevados de selenio, haciéndolos posiblemente tóxicos para el consumo humano directo.
- ✓ Después de aplicar las pruebas estadísticas denominadas “Prueba F” y “Prueba de Rangos Múltiples de Duncan” se concluye con un nivel de significancia de 0,05 que las diferentes concentraciones de selenio aplicadas al sustrato presentan diferencias significativas en cuanto al contenido de selenio presente en los hongos cultivados. El comportamiento observado en esta variable fue que a mayor concentración de selenio en el sustrato se presenta una mayor incorporación de este mineral en los hongos cultivados. Esto se

explicaría por la tendencia natural del hongo de absorber las sustancias disponibles del medio en el cual se desarrolla.

- ✓ En relación con el rendimiento productivo de los hongos, a partir de los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas denominadas “Prueba F” y “Prueba de Rangos Múltiples de Duncan”, se concluye, con un nivel de significancia de 0,05, que las diferentes concentraciones de selenio, afectan de forma significativa el rendimiento productivo de los hongos (*Pleurotus pulmonarius*) y que aplicar selenio en diferentes concentraciones al sustrato utilizado para el cultivo del hongo orellana (*P. pulmonarius*), produce diferente rendimiento productivo entre los tratamientos aplicados. El comportamiento observado en esta variable indica que utilizar concentraciones inferiores al 5% de selenio (95% de pureza) en el sustrato utilizado para el cultivo del hongo, favorece el rendimiento productivo del hongo, en contraste, al aplicar concentraciones superiores al 10% el rendimiento productivo disminuye de forma notable, lo cual puede deberse a una saturación del sustrato que inhibe la absorción de otros nutrientes por parte del hongo.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✓ Para llevar a cabo el cultivo del hongo *P. pulmonarius* en la granja IPRED-UIS con mejores rendimientos productivos que los obtenidos durante la investigación, es necesario realizar adecuaciones tecnológicas y de estructura en el invernadero que permitan ajustar y controlar de forma constante las variables de temperatura y humedad relativa de acuerdo a las necesidades requeridas en cada fase del cultivo, ya que estas son las principales variables que determinan el óptimo desarrollo del hongo.
- ✓ Los tratamientos con concentraciones del 10% y 20% de selenio implicaron una mayor absorción de selenio por parte del hongo, los hongos cultivados en estos sustratos no son aptos para el consumo humano directo, debido a que exceden el límite de consumo diario de selenio y pueden ser tóxicos. No obstante, estos hongos podrían utilizarse como materia prima para la elaboración de otros productos procesados como los suplementos multivitamínicos, ya que representan una buena fuente de selenio orgánico. También cabe la posibilidad de utilizar este tipo de hongos en la elaboración de concentrados para nutrición animal, con el fin de obtener productos animales enriquecidos con selenio. Por ejemplo, obtener huevos con alto contenido de selenio, utilizando los hongos como fuente orgánica de selenio en la alimentación de las aves ponedoras.
- ✓ También es recomendable trabajar con una mayor cantidad de sustrato y realizar la siembra en bolsas de mayor tamaño, con el fin de permitir un mayor desarrollo del micelio y así mismo obtener un mayor rendimiento productivo.
- ✓ No se recomienda adicionar melaza al sustrato con el fin de aumentar el contenido de carbohidratos disponibles para el hongo, ya que en un primer intento de llevar a cabo el cultivo del hongo utilizando esta materia prima, en la etapa de inducción, atrajo moscas que pusieron sus huevos sobre el sustrato y las larvas de estos huevos al nacer, consumieron la totalidad del micelio del hongo, dañando completamente este primer cultivo, razón por la cual se perdió

el tiempo y el trabajo realizado y fue necesario volver a implementar todo el cultivo desde el principio.

- ✓ Se recomienda utilizar en el sustrato inicial para la siembra yeso como regulador de pH en una concentración del 1% sobre el peso del sustrato. No es recomendable utilizar la cal, ya que esta al parecer tiene un efecto adverso en el sustrato que afecta el desarrollo del hongo. Esto debido a que en el primer cultivo también se utilizó la cal en el sustrato, y este presentó un tipo de fermentación de olor fuerte.
- ✓ Es recomendable contar con suficiente materia prima para el sustrato, y además tratar de sembrar la mayor cantidad de semilla posible, debido a que los proveedores de semilla no la venden en pequeñas cantidades y la vida útil de esta es corta ya que tiende a contaminarse con mohos por la humedad que posee.

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad/ Duración	Jul 2013	Ago 2013	Sep 2013	Oct 2013	Nov 2013	Dic 2013	Ene 2014	Feb 2014	Mar 2014	Abr 2014	May 2014	Jun 2014
Revisión bibliográfica												
Ubicación y Adecuación Sitio de Cultivo												
Obtención Material Fungible												
Selección y obtención compuesto de Se												
Elaboración del sustrato y adición de Se												
Preparación Unidades Experimentales												
Construcción estructura												
Cultivo de los champiñones												
Obtención de Resultados												
Análisis de Información												

## 8. PRESUPUESTO

Concepto	Tiempo	Vr.Mes	Vr. Parcial	Vr. Total
<b><u>Personal investigador</u></b>				<b><u>\$30'600.000</u></b>
Personal investigador (Dos personas)	18	\$1'500.000	\$27'000.000	
Auxiliar medio tiempo	12	\$300.000	\$3'600.000	
<b><u>Materiales</u></b>				<b><u>\$200.000</u></b>
Material Fungible			\$100.000	
Compuesto Selenio			\$ 100.000	
<b><u>Equipos</u></b>				<b><u>\$2'700.000</u></b>
Computador e impresora			\$2'000.000	
Cámara Fotográfica			\$300.000	
Higrómetro y Termómetro			\$400.000	
<b><u>Análisis de Laboratorio</u></b>				<b><u>\$1'200.000</u></b>
Análisis de muestras (12)			\$1'200.000	
<b><u>Gastos Varios</u></b>				<b><u>\$2'500.000</u></b>
Transporte, procesamiento de datos, Asesorías.			\$2'500.000	
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>				<b><u>\$37'200.000</u></b>

## **ANEXOS**

ANEXO 1: Informe de resultados prueba de determinación de selenio en hongos del laboratorio de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander.

ANEXO 2: Ficha técnica del compuesto de selenio utilizado en la investigación.

ANEXO 3: Imágenes tomadas como evidencia durante la ejecución de la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, Nancy. 2012.** Evaluación del crecimiento de *Pleurotus pulmonarius* y *Pleurotus ostreatus* en dos sustratos bajo condiciones naturales en la granja el Hangar del municipio de Piedecuesta-Santander. Bucaramanga : s.n., 2012. Proyecto de grado.
- Arnau, Josep Vincent. 2013.** En buenas manos. [En línea] 2013. [Citado el: 09 de Abril de 2013.]  
<http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1473>.
- Arthur, K.M. Brown Y J.R. 2003.** *Selenio, selenioproteínas y salud humana: una revisión*. Escocia : public health nutrition, 2003.
- Arzac, Juan J. 2007.** Agrizac c.a. [En línea] Agosto de 2007. [Citado el: 27 de Mayo de 2013.] <http://agrizak.setamed.com/6pasos/index.htm>.
- Barbado, José Luis. 2003.** *Hongos Comestibles Su Empresa De Fungicultura*. Buenos Aires : Albatros Saci, 2003. ISBN 950-24-1034-3.
- Contreras Ferrer, Carlos Humberto. 2003.** *Seminario de Investigación Avanzada*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2003.
- Cortés, Misael. 2007.** Fortificación de Hongos Comestibles (*Pleurotus ostreatus*) con Calcio, Selenio y Vitamina C. [En línea] 2007. [Citado el: 04 de Octubre de 2013.] ISSN 0121-4004.
- Cubas, Paloma. 2007.** aula2pontonet. [En línea] 2007. [Citado el: 10 de Abril de 2013.]  
[http://www.aulados.net/Botanica/Curso\\_Botanica/Hongos/31\\_hongos\\_general\\_texto.pdf](http://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Hongos/31_hongos_general_texto.pdf).
- Deagustini, María Elena. 2004.** Aspectos principales sobre producción y comercialización de hongos Gírgolas. [En línea] 2004. [Citado el: 05 de Marzo de 2014.] [http://issuu.com/mauretoo/docs/manual\\_girgolas/1](http://issuu.com/mauretoo/docs/manual_girgolas/1).
- Devlin, Thomas M. 2004.** Bioquímica Libro de Texto Con Aplicaciones Clínicas. *Bioquímica Libro de Texto Con Aplicaciones Clínicas*. Barcelona : Reverté S.A., 2004.
- Dipualba. 2013.** Dibualpa. [En línea] 2013. [Citado el: 17 de Agosto de 2013.]
- Dubost, J. 2007.** *The mushrooming health benefits of fungi. Food Technology*, 61 – 8: 17. 2007.

**Furlani, RPZ. 2007.** *Nutritional value of edible mushrooms.* *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27- 1: 154-157. 2007.

**Guzmán, Felipe. 2012.** Venezolana de Televisión. [En línea] Noviembre de 2012. [Citado el: 03 de Mayo de 2013.]  
<http://www.vtv.gob.ve/articulos/2012/11/08/la-agresividad-creciente-de-los-saborizantes-conservantes-una-amenaza-a-la-salud-4757.html>.

**INBio Costa Rica.** INBio Costa Rica. [En línea] [Citado el: 08 de Mayo de 2013.] <http://www.inbio.ac.cr/papers/hongos/ciclo.htm>.

**IndexFungorum.** [En línea] [Citado el: 04 de Octubre de 2013.]  
<http://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=143543>.

**Infoagro.** Infoagro.com. [En línea] [Citado el: 07 de 05 de 2013.]  
<http://www.infoagro.com/forestales/champinyon.htm>.

**Lagos, Carlos Cisterna. 2003.** Micotec Ltda. [En línea] PDF, 2003. [Citado el: 11 de Abril de 2013.] [www.micotec.cl](http://www.micotec.cl).

**Licata, Marcela. 2008.** zonadiet.com. [En línea] 2008. [Citado el: 30 de marzo de 2013.] <http://www.zonadiet.com/nutricion/selenio.htm#Carencia>.

**Martínez, Alfredo. 2013.** Propiedades Nutricionales y Medicinales del Champiñón y Otros Hongos Cultivados. [En línea] 2013. [Citado el: 12 de Abril de 2013.]  
[http://www.ctich.com/index.php?option=com\\_remository&Itemid=79&func=startdown&id=29](http://www.ctich.com/index.php?option=com_remository&Itemid=79&func=startdown&id=29).

**Medlineplus. 2013.** Medlineplus - Biblioteca Nacional de Medicina de EE.UU. [En línea] 22 de marzo de 2013. [Citado el: 30 de marzo de 2013.]  
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002414.htm>.

**Michel, Francisco Fernández. 2005.** *Manual práctico de producción comercial de champiñón.* Guadalajara, Jalisco - México : s.n., 2005.

**Rioja, La. 2007.** La Rioja.com. [En línea] 19 de Noviembre de 2007. [Citado el: 10 de Abril de 2013.] <http://www.larioja.com/20071119/sociedad/champinon-selenio-20071119.html>.

**Sanchez. 2001.** Hongos de Chile. [En línea] 2001. [Citado el: 05 de Octubre de 2013.] <http://hongos.cl/es/pleurotus-ostreatus>.

**Serrano, francho y Serrano, Angela. 2014.** Piedecuesta - Santander, 05 de Marzo de 2014.

**Ugalde, Rodolfo A. 2013.** Instituto de Investigaciones Tecnológicas "Dr. Rodolfo A. Ugalde". [En línea] 2013. [Citado el: 05 de Octubre de 2013.] <http://www.iib.unsam.edu.ar/web/micologia.php?mico=4&cultivo=2>.

**Werner. 2002.** PACCU S.A. [En línea] 2002. [Citado el: 15 de Abril de 2013.] <http://www.paccu.com/art-cientifico3.swf>.

**Wikipedia.** Wikipedia. [En línea] [Citado el: 04 de Octubre de 2013.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Basidiomycota>.