

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSGRADO
INGENIERÍA AGRONÓMICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN CIENCIAS FÍSICAS Y ENERGÍAS
ALTERNATIVAS**



**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES ATEMPERADOS Y A CAMPO
ABIERTO EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL
KALLUTACA”.**

PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS
Resolución HCC N° 157/2020
Resolución HCC N° 008/2021

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Ing. Reinaldo Mendoza Segovia
Lic. Faustino Ticona Jahuirá

Univ. Edwin Flores Mamani
Univ. Luis Quispe Ajahuana
Univ. Marcos Paucara Condori

EL ALTO – BOLIVIA
2021

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico

RECTOR

Dr. Efraín Chambi Vargas Ph. D.

VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Laoreno Coronel

DECANO

ÁREA CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Ing. Daniel Condori Guarachi

DIRECTOR

INGENIERIA AGRONOMICA

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Ing. Edwin Guarachi Laura

**COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRICOLA Y
POSGRADO - IINEAP**

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

Lic. Faustino Ticona Jahuirá

DIRECTOR a.i.

CARRERA DE CIENCIAS FÍSICAS Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Lic. Wilfredo Cano Mamani

COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

CARRERA DE CIENCIAS FÍSICAS Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO – SEDE KALLUTACA

DEREGOS RESERVADOS: resolución Administrativa NRV. 1-3301/2021

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

PRESENTACIÓN

Las Universidades Publica De El Alto “UPEA”, como institución de formación Académica y de formación de Recurso humano sobre todo del conocimiento como factor de desarrollo, se encuentran en el centro del análisis ya que, es importante el capital humano con conocimientos agronómicos como apoyo al desarrollo del País. Mediante la investigación puede acelerar los procesos de crecimiento y desarrollo.

Ante la imperiosa necesidad de estar a la altura de los desafíos de desarrollo económico, y por ende a la altura del avance de los conocimientos, la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, emprendió un proceso de análisis, discusión, y construcción de una nueva propuesta curricular en el marco de los fines y objetivos que persigue la formación de profesionales en Bolivia. El proyecto durante su elaboración tomo en cuenta elementos fundamentales como: el análisis los problemas, los objetivos, hipótesis, justificación y finalmente las conclusiones y recomendaciones. En la investigación se maneja toda la cadena productiva desde la producción, post-producción, transformación, comercialización agropecuaria, y tecnología, mismos que contribuyen a la solución de la demanda social que se indican en el perfil profesional.

Es necesario reconocer los aportes de docentes con la participación de los estudiantes en su etapa inicial de la parte teórica y llevar posteriormente a la parte práctica realizando investigación es decir demostrando en campo, en este caso el proyecto de investigación ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL KALLUTACA, pretende presentar la principales necesidades a resolver en un futuro para investigadores.

Ing. Edwin Guarachi Laura
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE AGRONOMÍA

Lic. Wilfredo Cano Mamani
COORDINADOR
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS
FISICAS Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Al culminar la Investigación referida al estudio de la radiación solar en ambientes atemperados y a campo abierto en la producción de cultivos en la Estación Experimental Kallutaca, siendo esta una labor conjunta con los Institutos de Investigación de las Carreras de Ingeniería Agronómica y la Carrera de Ciencias Físicas y Energías Alternativas nos es grato agradecer:

A la casa superior de estudios Universidad Pública del El Alto (UPEA), por dar oportunidad de realizar la investigación como parte práctica.

A la carrera de Ingeniería Agronómica por las áreas en la sede Kallutaca. En ambientes atemperados de producción de hortalizas.

A la carrera de Ciencias Físicas y Energías Alternativas por su contribución con equipos para medir la Radiación Solar

A los jóvenes auxiliares de investigación Univ. Edwin Flores Mamani, Univ. Luis Quispe Ajahuana y Univ. Marcos Paucara Condori.

Ing. Reinaldo Mendoza Segovia
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE AGRONOMIA

Lic. Faustino Ticona Jahuira
INVESTIGADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS
FISICAS Y ENERGIAS ALTERNATIVAS

ÍNDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1. EL PROBLEMA	3
2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	4
3. LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	4
4. LA JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA	6
2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES	14
3. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR	17
4. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INVESTIGACION	18
1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.	21
3. VARIABLES DE LA INVESTIGACION	22
4. POBLACIÓN Y MUESTRA	24
5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACION	24
6. TECNICAS E INSTRUMENTOS.....	26
7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	27
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	29
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	53
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFIA	56
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Producción nacional por departamentos.....	7
FIGURA 2: Poder de penetración de la radiación UV según su tipo.	12
FIGURA 3: Radiación Solar Anual en Bolivia.....	13
FIGURA 4: Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta	46
FIGURA 5: Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta	47
FIGURA 6: Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta	49
FIGURA 7: Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta	50
FIGURA 8: Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta	52

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: Zonas productoras en el departamento de La Paz	7
CUADRO 2: Diseño DBCA (Bloques Completamente al Azar)	22
CUADRO 3: Croquis de campo	24
CUADRO 4: Análisis de mes de julio	40
CUADRO 5: Análisis de mes de agosto.....	40
CUADRO 6: Análisis de mes de septiembre	40
CUADRO 7: Análisis de mes de octubre.....	41

INDICE DE IMÁGENES

FOTOS 1: Imagen Ubicación del Ambiente Atemperado Sede Kallutaca	32
---	----

RESUMEN

La cebolla es la segunda hortaliza más importante en el mundo, después del tomate, con cerca de 78 millones de toneladas producidas en el mundo [FAO, 2010].

Su ventaja es que puede consumirse en diferentes formas: bulbo seco, hojas verdes, bulbo o cabeza fresca, cabeza tierna o de desarrollo intermedio, deshidratado en polvo o escamas y en encurtidos. Además, es un cultivo que cuenta con gran diversidad genética adaptable a diferentes condiciones agroclimáticas, pudiendo establecerse exitosamente en muchas regiones.

Dentro del buen manejo agronómico, el método de siembra es vital ya que es posible proporcionar a la semilla las condiciones más favorables de temperatura, humedad y oxigenación para su buen desarrollo.

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Kallutaca dependiente de la Facultad de Agronomía – UPEA. El objetivo de la investigación fue: Evaluar el efecto de la radiación solar, temperatura y humedad en la producción de cebolla (variedad Perilla.) con riego complementario (goteo), para los meses de julio a octubre época en la que se tienen temperaturas muy bajas y humedad ambiental baja, en esta época no se acostumbra la siembra de hortalizas en todo el altiplano del departamento de La Paz.

La investigación se enfocó en mejorar la eficiencia de la producción de cebolla en el altiplano boliviano en ambientes atemperados en comparación con la producción a campo abierto, los invernaderos ubicados en la estación experimental de Kallutaca, uno de ellos con carpa amarilla y otro con carpa blanca.

Los resultados obtenidos muestran que el nivel de radiación solar dentro de los invernaderos (800 w/m^2 carpa amarilla y 450 w/m^2 carpa blanca) es baja en comparación a la radiación a campo abierto (1150 w/m^2), así mismo la temperatura y la humedad relativa son mayores a la del campo abierto, factores muy importantes que influyen en el crecimiento, desarrollo y finalmente en la producción de la cebolla en esta región del altiplano boliviano.

Luego del procesamiento de los datos agronómicos, los resultados finales sobre el crecimiento, desarrollo de hojas y finalmente la producción total, nos muestran que el invernadero de carpa blanca es la más recomendable para su uso en el altiplano boliviano.

ABSTRACT

Onion is the second most important vegetable in the world, after tomato, with about 78 million tons produced in the world [FAO, 2010].

Its advantage is that it can be consumed in different forms: dry bulb, green leaves, fresh bulb or head, tender or intermediate development head, dehydrated in powder or flakes and in pickles. In addition, it is a crop that has great genetic diversity adaptable to different agroclimatic conditions, being able to establish itself successfully in many regions.

Within good agronomic management, the sowing method is vital since it is possible to provide the seed with the most favorable conditions of temperature, humidity and oxygenation for its proper development.

The present research work was carried out in the Experimental Station of Kallutaca dependent on the Faculty of Agronomy - UPEA. The objective of the research was: To evaluate the effect of solar radiation, temperature and humidity in onion production (variety Perilla.) With complementary irrigation (drip), for the months of July to October, when temperatures are very high. low and low humidity, at this time it is not customary to plant vegetables throughout the highlands of the department of La Paz.

The research focused on improving the efficiency of onion production in the Bolivian highlands in temperate environments compared to open field production, the greenhouses located in the Kallutaca experimental station, one of them with yellow carp and the other with white carp.

The results obtained show that the level of solar radiation inside the greenhouses (800 w / m² yellow carp and 450 w / m² white carp) is low compared to radiation in the open field (1150 w / m²), likewise the temperature and the relative humidity are greater than that of the open field, very important factors that influence the growth, development and finally the production of onion in this region of the Bolivian highlands.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El cultivo de la cebolla requiere una mayor cantidad de radiación por eso se puede considerar que la radiación es el principal factor influyente en el crecimiento bajo invernadero de las hortalizas, por tal motivo la producción de la cebolla bajo invernadero se ve reflejado en el aumento del rendimiento esto dependiendo de la cantidad de radiación obtenida por el cultivo. (<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>)

El origen de la cebolla se dio en Asia Central y el Mediterráneo, se habla del desarrollo de estas hortalizas desde hace mucho tiempo atrás, en época de los sumerios y los egipcios, valorados por los romanos y los griegos, incluso se incluían en los tratados médicos desde la Edad Media, y a partir del siglo XIX se valoraron en el continente asiático, la cebolla tiene una mayor descripción en el antiguo Egipto y se utilizaba como alimento y medicamento. Las cebollas egipcias son verdes y son representadas en los textos y jeroglífico desde la antigüedad en donde indican que los campesinos lo tomaban cruda la cebolla se utilizaba como antídoto ante el envenenamiento por serpientes, donde se encontraron formulas descritas en los papiros médicos donde la cebolla conjuntamente con el ajo se mencionaba que eran buenas para tratar ciertas enfermedades como ser cardiopatías, mordeduras, parásitos intestinales, infecciones y tumores se aconsejaba también su uso. (Torija *et al.*, 2013)

El cultivo de la cebolla (*Allium cepa*) es el más importante dentro de la familia de las liliáceas en la que también incluyen al puerro y el cebollín, el origen de la cebolla se sitúa en Asia central.

Según, FAO (2014), la cebolla es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, ya que se destinan para su siembra un aproximado de 3.5 millones de hectáreas y con un rendimiento aproximado de 70 millones de toneladas por año, entre los mayores productores se tiene a China que alcanza una producción de 20.5 millones de toneladas año, seguidamente por la India, Estados Unidos, Egipto, Irán, Turquía, Brasil y Rusia.

Las importaciones se han aumentado considerablemente en los últimos años por parte de Europa, Asia y Estados Unidos. Los principales países productores y exportadores son de India, China Egipto, Argentina, se destaca a Chile en América Latina. En términos de calidad

para el comercio, en la cebolla se valora el hecho de que los bulbos estén limpios, secos que no cuenten con enfermedades defectos e imperfecciones. La tendencia en el marco de la globalización y la creación de nuevos mercados ofrecen nuevas oportunidades en la producción de la cebolla en el sector agropecuario y a su vez exigen mayor competitividad (Melo *et al.* 2006)

En Bolivia existen cuatro regiones productoras de cebolla, entre ellas se encuentran: Cochabamba, Chuquisaca, Santa Cruz y La Paz. En Bolivia el cultivo de la cebolla se distingue entre la producción de cebolla de verdeo y la producción de cebolla en bulbo o seca, la producción nacional de cebolla en bulbo, comprende la mayor parte de la superficie cultivada. El área cosechada de cebolla en conjunto logró alcanzar 7.102 hectáreas en la campaña agrícola 2019-2020, algo menor a lo observado en la campaña anterior, pero que debido a una mejora en los rendimientos se logró incrementar los volúmenes de producción hasta alrededor de 89.98 mil toneladas en dicha campaña (DAPRO, 2020).

La radiación es uno de los factores principales que ayudan a la vida en el planeta este controla el funcionamiento de nuestros ecosistemas terrestres y acuáticos a través de procesos fotobiológicos sobre factores ambientales y ciclos naturales. La radiación que llega a la tierra abarca un 40% del espectro magnético aproximadamente y se la conoce como radiación visible (Carrasco y Ríos 2009)

La radiación solar sobre la superficie del suelo es muy importante en el cultivo de la cebolla ya que el crecimiento depende de la cantidad de radiación disponible, esta radiación es absorbida por hojas, y otras partes de la planta, esto incrementa la producción por tal motivo es importante la relación que existe entre la radiación y el cultivo de la cebolla (Márquez *et al.* 2010)

La radiación en línea recta proveniente del sol se llama radiación directa y la radiación difusa es la que proviene de diferentes direcciones, en días nublados la radiación solar se constituye de una radiación difusa en un mayor porcentaje y al contrario en un día despejado la radiación que predomina es la radiación solar directa. La radiación difusa es la que mejor se adhiere entre la vegetación a comparación de la radiación directa, solo una pequeña parte de la radiación solar perceptible por la vista y se denomina radiación PAR, esta radiación es útil para la fotosíntesis, otros componentes con los que cuenta la radiación solar son la radiación

infrarroja que aporta energía y la radiación ultravioleta tiene una importancia ya que envejece los materiales plásticos en los invernaderos. (Hernández *et al.* 2001)

La fotosíntesis transforma la energía proveniente del sol en energía química para este tal objeto utiliza longitudes de ondas que van desde 400 y 700 nm. Mejor conocida como radiación fotosintética activa (RFA), estos son absorbidos por la clorofila, que producen la elongación del tallo entre otros (Machicado, 2014).

Los pigmentos fotosintéticos son fundamentales en la vida sobre la tierra estas sustancias son las encargadas de captar la energía lumínica proveniente del sol y también se encarga de transformarla en energía química todo esto mediante el proceso de la fotosíntesis, los pigmentos primarios son los que se encargan de captar la energía lumínica. (Reol 2003).

1. EL PROBLEMA

El 80% de las familias en la región del altiplano viven de su producción agrícola pecuaria, haciendo un autoconsumo de los mismos, con trabajos eventuales en las áreas urbanas a causa de las migraciones temporales realizadas por la población más joven en épocas de poca producción y/o en temporadas de frío donde no se puede realizar la siembra.

La producción de la cebolla en el altiplano boliviano está limitada a causa de varios factores, como ser el desconocimiento de las variedades tolerantes a este clima frío característico de la región, la época de siembra bien definida es de octubre a marzo y la radiación solar que requiere el cultivo bajo invernaderos no es conocida menos practicada para realizar la producción de este cultivo en época de invierno, esto genera que se tengan bajos o casi nada en rendimientos de la producción en estas épocas y que los agricultores prefieran migrar a las ciudades a buscar otras oportunidades para generar ingresos.

Las estadísticas no son alentadoras, en particular hablando de la cebolla falta realizar investigación para la actualización de datos oficiales que indiquen los volúmenes reales de producción y como poder mejorar los rendimientos e incrementar la producción y poder tener mayor demanda en la región.

La problemática que enfrentan los productores en esta región del país, es la falta de conocimientos en nuevas innovaciones en el manejo del cultivo de cebolla, como es la producción en ambientes atemperados o invernaderos en épocas y para esto es necesario

**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”**

conocer el efecto de la radiación solar, sobre los colores de agrofilm, amarillo y blanco, en ambientes controlados y a campo abierto para poder observar el desarrollo y producción óptima del cultivo de la cebolla en la zona, en invierno.

La cebolla en Bolivia es consumida y comercializada hace mucho tiempo, gracias al trabajo de los agricultores desde generaciones atrás, según la producción de la cebolla el país con mayor rendimiento es Holanda con 50 ton/Ha. (Alarcón, 2019).

2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Objetivo General

- Realizar ensayos bajo radiación solar en la producción de cebolla en ambientes atemperados con cubierta de color amarillo, blanco y a campo abierto en situación controlada con distintos grados de exposición a la radiación solar y verificar los efectos en el cultivo de la cebolla, en el centro experimental de Kallutaca.

2.2. Objetivos Específicos

- Monitorear la intensidad de radiación solar en tres condiciones en ambientes atemperados (con cubierta blanca, amarilla y a campo abierto) con cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)
- Estudiar la interacción de la radiación solar en el desarrollo de materia orgánica agrícola (cultivo de cebolla).
- Evaluar las características agronómicas del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.).
- Evaluar la adaptabilidad del cultivo de la cebolla en condiciones de invernadero con techo amarillo, blanco y a campo abierto en la estación de invierno.

3. LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

- **Ho:** No existe una relación entre la intensidad de la radiación solar en los distintos ambientes controlados (invernadero con techo amarillo y blanco), a campo abierto y el desarrollo de materia viva como es el cultivo de la cebolla.

- **Ha:** Existe una relación entre la intensidad de la radiación solar en los distintos ambientes controlados (invernadero con techo amarillo y blanco), a campo abierto y el desarrollo de materia viva como es el cultivo de la cebolla.

4. LA JUSTIFICACIÓN

La cebolla es un cultivo que crece en distintas condiciones climáticas tanto en climas templados o cálidos, no obstante, la cebolla se la puede cultivar en ambientes un tanto fríos, el rango para el óptimo crecimiento varía desde los 14° a unos 32° C, esto hace que se cultive tanto en invernaderos como a campo abierto, dependiendo de la época de la estación ya que en invierno la exposición a la radiación solar dura más en comparación a verano en donde los días y la exposición a la radiación solar duran menos por consiguiente, se deberá conseguir cebollas de días cortos o cebollas de días largos ya que son sensibles a las horas luz.

Existen pocos o casi ninguna investigación relativa a los efectos de la radiación solar en cultivos en el altiplano boliviano, mayormente se encuentra información sobre los efectos que provocan en la piel y su exposición a nivel de la salud de las personas.

La zona del altiplano en particular la Estación experimental de Kallutaca no cuenta con información sobre el impacto que genera la radiación solar sobre los cultivos, por consiguiente, lo que se pretende realizar en este trabajo de investigación es la generación de información relacionada al estudio de los efectos de la radiación solar que puede desencadenar sobre el cultivo de la cebolla en la época de invierno, y así poder determinar el beneficio de la radiación en la altura, sobre el cultivo de la cebolla en un ambiente controlado como son los invernaderos con dos distintos colores de techo amarillo y blanco, comparando con el cultivo a campo abierto o sin invernadero.

La relación entre la intensidad de la radiación solar es fundamental en el proceso del desarrollo de materia orgánica como son los cultivos, mismo que será útil a los productores agrícolas en la elección de sistema de producción en la zona.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

1. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

Origen del cultivo

Maroto (1995), Menciona que el origen del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) es difícil determinar, muchos estudios hacen referencia que su procedencia es asiática, aunque también se piensa que pudieron ser originarios de Irán y china, lo que se puede decir es que en Asia Central su punto de origen. En la época de los griegos y romanos la cebolla era muy consumida, siendo ellos los que los que introdujeron este cultivo al resto de países mediterráneos en esa época, donde se desarrollaron las cebollas de bulbo grande, y de ahí se obtuvieron las variedades de cebollas que conocemos en la actualidad. La cebolla llegó a América a través de los colonizadores y se incorporó con rapidez por esta parte del mundo en la actualidad la cebolla es un cultivo que se cultiva a gran escala en los climas templados de todo el mundo.

En el siglo XVIII, su producción y su uso se hizo extensivo a América y muchos estudios hacen referencia de que los conquistadores españoles hayan sido los que lo introdujeron probablemente a esta zona, el cultivo se ha expandido posteriormente en todo el mundo siendo la hortaliza de mayor importancia en el consumo de todas las familias de diferente estrato social en la dieta diaria durante todo el año, hoy en día el consumo per cápita a nivel mundial es de 40 kg/persona/año y se encuentra distribuido el cultivo en todo el mundo, donde los principales países productores a nivel mundial son: Estados Unidos, Japón, Turquía, Italia, en Sud América los países con mayor producción figuran Brasil, Argentina y México. (Pinto, 2017).

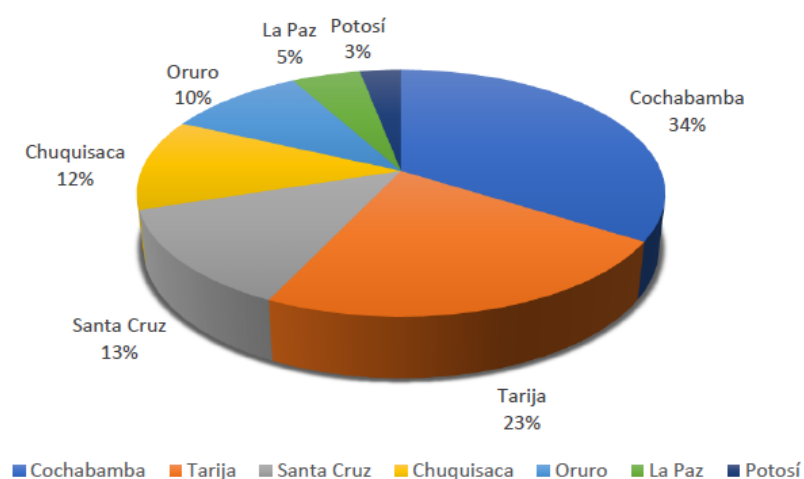
Producción nacional de la cebolla

Para MDRyT (2012), la producción de cebolla en Bolivia ocupa el segundo lugar de preferencia después del tomate por sus distintas formas de consumo y se distinguen dos grupos muy importantes que son: la producción de cebolla en bulbo y la producción de cebolla verde, por otra parte, la producción nacional en nuestro territorio de cebolla abarca el 68.4 % de la superficie empleada para su producción, alcanzando una producción de 10 mil

hectáreas por año con un rendimiento promedio de 8,6 Tn/Ha en bulbo, siendo los principales departamentos productores como Cochabamba, Tarija, Santa Cruz y Chuquisaca.

FIGURA 1: Producción nacional por departamentos

Participación Departamental en la Producción de Cebolla 2018-2019



Fuente: INE, Elaboración: MDPyEP-DAPRO 2020

CUADRO 1: Zonas productoras en el departamento de La Paz

PROVINCIA	SUPERFICIE CULTIVADA ha	RENDIMIENTO t/ha
Omasuyos	880,00	6,8
Camacho	342,00	5,0
Loayza	16,53	6,8
Aroma	96,00	7,2

Descripción botánica del cultivo

Rojas (2014), indica que el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) es una planta herbácea y bianual que constituye una de las 500 especies del género *Allium*, que pertenece al orden Liliales y a la familia de las Amarillidaceae (Liliácea).

- **Planta:** Bienal, a veces vivaz de tallo reducido a una plataforma que da lugar por debajo a numerosas raíces y encima a hojas, cuya base carnosa e hinchada constituye el bulbo.
- **Bulbo:** Está formado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior, que realizan las funciones de reserva de sustancias nutritivas necesarias para la alimentación de los brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas. La sección longitudinal muestra un eje caulinar llamado corma, siendo cónico y provisto en la base de raíces fasciculadas.
- **Sistema radicular:** es fasciculado, corto y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples.
- **Tallo:** el tallo que sostiene la inflorescencia es derecho, de 80 a 150 cm de altura, hueco, con inflamamiento ventrudo en su mitad inferior.
- **Hojas:** envainadoras, alargadas, fistulosas y puntiagudas en su parte libre
- **Flores:** hermafroditas, pequeñas, verdosas, blancas o violáceas, que se agrupan en umbelas.
- **Frutos:** es una cápsula con tres caras, de ángulos redondeados que contienen las semillas, las cuales son de color negro, angulosas, aplastadas y de perfil rugosa

Fenología de la cebolla

Calderón (1989), Realiza una investigación en fertilización química en el valle alto del departamento de Cochabamba, recomienda que el cultivo de cebolla durante su primera fase que es el desarrollo vegetativo requiere temperaturas frescas, como climas templados, frescos y cálidos.

Huanca (2010), al respecto menciona que se trata de una especie más adaptada a climas templados o cálidos, esto permite que se adapte a zonas frías, y hace posible su cultivo en latitudes donde el frío es muy extremo, siempre que durante la vegetación se consiga las condiciones climáticas que permitan cubrir sus necesidades de fotoperiodo y temperatura para la buena formación de los bulbos.

Suelo

López (1994), asegura que esta hortaliza como es la cebolla requiere suelos fértiles y bien preparados en cuanto a su textura y abonamiento. No tolera acidez alta, el requerimiento óptimo para un buen desarrollo del cultivo es de un pH entre 6 y 7.

Temperatura

Maroto (1995), afirma que es una planta resistente al frío, aunque para la formación y maduración de los bulbos, requiere temperaturas altas y fotoperiodos largos. El mismo autor indica que la temperatura esta muy relacionada con la fotosíntesis, donde a mayor temperatura, se produce mayor fotosíntesis y viceversa. La temperatura mínima es de 5 °C y la temperatura óptima de crecimiento para el cultivo entre 12 y 23°C.

Según Valadez (1993), la cebolla es una hortaliza bianual de clima frío, lo que permite su cultivo año redondo. Esta planta es muy resistente al frío, tolera temperaturas de hasta – 5°C en etapa adulta. Las semillas comienzan a germinar a temperaturas de 2 a –3 °C, pero muy lentamente.

Plagas y enfermedades.

Según López (1994) este grupo de insectos y otros organismos con hábitat normal en el suelo y cuyo ataque se dirige a los órganos subterráneos. Ocasionan daños a las raíces o bulbos o cortan las plántulas a ras del suelo, entre ellas tenemos:

- **Chisas** (*Ancognata scarabaeiodes Burmeister*): Se les conoce también como “gusanos blancos” y “mojojoy” y corresponden a las larvas de los coleópteros de la familia scarabaeidae Las chisas son plagas en cebolla y ajo solo ocasionalmente su daño consiste en cortar las raíces de las plántulas recién germinadas o plantas desarrolladas y algunas veces hacen galerías en los bulbos (López, 1994).
- **Mosca de la raíz de la cebolla** (*Delia antiqua*): Es una plaga específica de la cebolla, registrada causando daño en la mayoría de las zonas productoras del país, tanto en la cebolla de bulbo como la rama (López, 1994).

- **Trips** (*Trips tabaci*): Son insectos pequeños que raspan superficialmente las estructuras de la planta y chupan el contenido de las células. Estas especies se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo (López, 1994).
- **Enfermedades de la almaciguera o Mal de la almaciguera o Damping Off** (*Fusarium spp*, *Pythium spp*): Causa enfermedad en semillas. Las semillas cuando comienzan a germinar, se cubren de un moho blanquecino y se cubren, Cuando las plántulas han logrado emerger, en base de tallos y en las raíces se desarrolla una pudrición acuosa de color café, las raíces se tornan negras y luego se cubren (FDTA-Valles, 2007).
- **Mildiu o Kamanchaca** (*Peronospora destructor*): Afecta las plántulas en cualquier etapa de desarrollo del cultivo desde el almacigo hasta la producción de semillas. Las infecciones primarias producen en las hojas lesiones extendidas de color verde pálido, que se cubren de color grisáceo. (FDTA-Valles, 2007).

Labores Culturales

Las labores culturales son muy necesarias en el cultivo de esta hortaliza, al ejecutarlas se incrementa los rendimientos tanto en verde, en bulbo, en semilla y son los siguientes:

Trasplante: Se recomienda realizar el trasplante de los plantines de cebolla por las mañanas, en las primeras horas del día, preferentemente antes del mediodía, para que no se deshidrate las plántulas. Si el sistema de riego será por gravedad, se formarán surcos previamente con distancia de 30 a 70 cm entre sí y entre plantas de 10 a 15 cm.

Control de Maleza: Según Valadez (1993), esta práctica es de gran importancia para hortalizas de bulbo y raíz, sobre todo cuando se realizan las siembras en suelos arcillosos el removido del suelo se realiza de 20 a 30 días después del trasplante, cuando las malezas aun no han alcanzado su estadio de 2 a 3 hojas verdaderas.

Aporque: Según Valadez (1993), el objetivo de esta actividad es tan solo “tapar” con tierra los bulbos para evitar el “verdeo” en la parte comestible. (Herbas1995), indica que “el aporque se realiza 20 a 30 días después del trasplante, se debe mover completamente el suelo alrededor

de las plántulas la misma que se puede estar acompañada por una segunda aplicación de fertilizante”.

Riego: Sobrino (1992), indica que los riegos suelen realizarse cada 10 a 15 días, según la época y la capacidad de retención de agua del suelo.

Cosecha: López (1994), señala que se realiza la cosecha de acuerdo al propósito. Si se trata de cebolla verde, la cosecha se realiza de 45 a 90 días posteriormente a la plantación y de 90 a 150 días para bulbos maduros, dependiendo de la variedad. Los bulbos están maduros cuando los tejidos del cuello empiezan a ablandarse y las hojas comienzan a doblarse hacia el suelo. Es decir, con 20 % de las plantas en esta situación.

La radiación ultravioleta en Bolivia.

La radiación ultravioleta (UV) es la energía electromagnética emitida a longitudes de onda menores que la correspondiente a la visible por el ojo humano, pero mayor que la que caracteriza a los rayos X, esto es, entre 100 y 360 nm. La radiación de longitud de onda entre 100 y 200 nm se conoce como ultravioleta lejano o de vacío. Comúnmente proviene del Sol o de lámparas de descarga gaseosa. La radiación ultravioleta es tan energética, que su absorción por parte de átomos y moléculas produce rupturas de uniones y formación de iones (reacciones fotoquímicas), además de excitación.

El Sol, además de luz visible, emite una radiación invisible de longitud de onda más corta que el azul y el violeta. Esa banda recibió el nombre convencional de “ultravioleta”, dividida en tres sub regiones: UV-A de 400nm a 320nm, UV-B de 320nm a 280nm y UV-C de 280nm a 100nm. La UV-A, es la continuación de la radiación visible y es responsable del bronceado de la piel. La UV-B, llamada también UV biológica, llega a la Tierra muy atenuada por la capa de ozono y es muy peligrosa por los efectos que produce en la piel y en los ojos de los humanos. En caso de exposiciones prolongadas puede producir cáncer de piel, melanoma, catarata y debilitamiento del sistema inmunológico entre otros. A nivel del mar, representa solo el 5% de la UV y el 0.25% de toda la radiación solar que llega a la superficie terrestre. La UV-C, en teoría la más peligrosa para el hombre, es afortunadamente absorbida totalmente por la atmósfera.

FIGURA 2: Poder de penetración de la radiación UV según su tipo.



Fuente: wordpress.com/2018/04/03/radiación-natural/

La radiación ultravioleta (RUV) que llega a la Tierra depende de muchos factores, unos más relevantes que otros. Entre los importantes están:

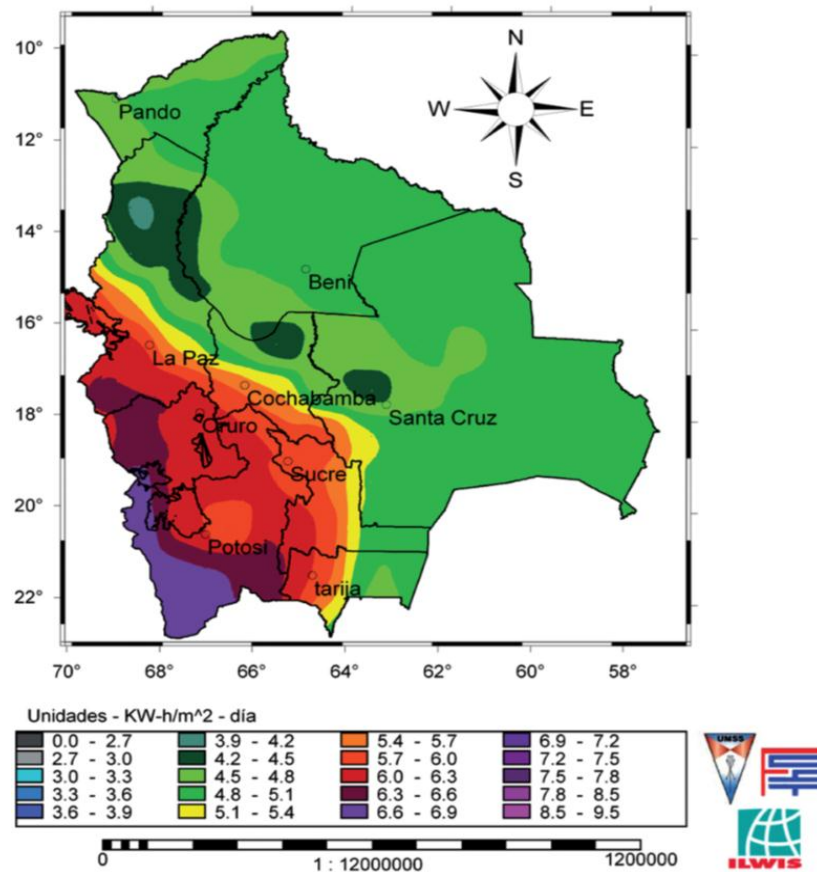
- Hora, día y época del año (factores que determinan la altura del Sol, la inclinación de los rayos solares)
- Latitud (la RUV es más intensa entre el Ecuador y los trópicos)
- Elevación sobre la superficie (la RUV se reduce a medida que el aire se hace más denso)
- Espesor de la capa de ozono (a mayor concentración de O₃ menor RUV)
- Nubosidad (en un día nublado se recibe en general menos radiación que en un día soleado).

Entre los factores que influyen en menor medida están:

- La contaminación atmosférica (a mayor contaminación menor radiación)
- La actividad solar y el albedo (capacidad reflectiva de la superficie).

La radiación solar produce desinfección de organismos que hacen daño a los cultivos, así como provee de energía para el desarrollo si es bien aprovechado (pros y contras).

FIGURA 3: Radiación Solar Anual en Bolivia



Fuente DICyT UMSS 2010

Cómo la luz UV mata a los microbios

Los virus no se reproducen o replican solos, pero tienen material genético, ya sea ADN o ARN. Se reproducen uniéndose a las células e inyectando su ADN. Algunos virus salen de la

**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”**

célula infectada (esta forma de reproducción se llama ciclo lítico), mientras que otros se funden en la célula infectada, reproduciéndose cada vez que la célula se divide (lisogénica).

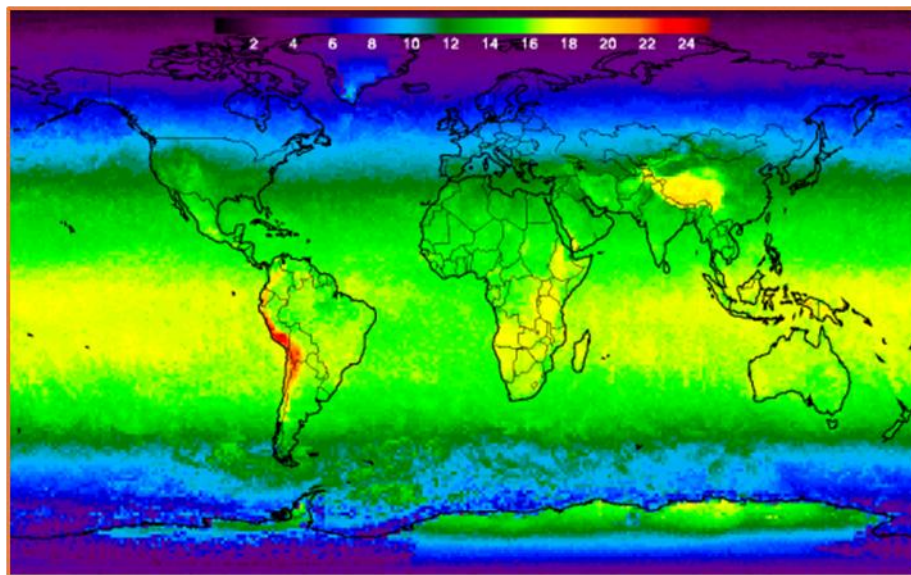
Si alguna vez te has quemado con el sol, has probado cómo la luz ultravioleta mata los virus: la luz ultravioleta puede dañar el ADN. Una molécula de ADN está formada por dos cadenas unidas por cuatro bases, adenina (A), citosina (C), guanina (G) y timina (T). Estas bases son como un alfabeto, y su secuencia forma instrucciones para que las células se reproduzcan.

La luz UV puede hacer que las bases de timina se fusionen, revuelvan la secuencia de ADN y esencialmente arrojen una llave en la maquinaria. Como la secuencia de ADN ya no es correcta, ya no puede replicarse correctamente. Así es como la luz UV aniquila los virus, destruyendo su capacidad de reproducción.

2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

La radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre de la región andina de Bolivia es particularmente intensa, debido a que ésta se encuentra a más de 3000 msnm y está ubicada en la franja tropical. En La Paz, los valores promedio mensual de las dosis eritemicas de UVB, medidos a lo largo de 6 años, varían en verano entre 5500J/m² y 9000J/m² y en días soleados la irradiancia supera los 500mW/m². La población boliviana que vive en el altiplano a más de 3000 msnm representa alrededor del 40% de la población total boliviana. En el área metropolitana altiplánica viven casi dos millones de personas y en el área rural altiplánica aproximadamente un millón y medio. Dentro de este 40%, muchas personas desarrollan sus actividades expuestas directamente o indirectamente al sol (Fanola *et al*, 2012).

FIGURA 4: La radiación ultravioleta es más intensa en los andes y la región del altiplano (McKenzie, 2006)



Fuente: SENAMHI 2012

Zaratti (2002), Hace referencia que la dependencia de la UV-B con la altura se debe a dos efectos: reducción de la atmósfera (menos dispersores de la radiación) y reducción del contenido de ozono. Sin embargo, intervienen críticamente otros factores, como el cambio en el albedo (porcentaje de energía reflejada por la superficie terrestre), la altura efectiva a la cual se mide la UV-B, la disminución del contenido de aerosoles y el ángulo cenital, factores que afectan diversamente las diferentes longitudes de onda. Se entiende entonces que no exista un valor único para el incremento porcentual de la UV-B con la altura, habiéndose obtenido valores que varían entre 5% y 50 % por km para el incremento de la UV-B eritémica (o sea la UV-B medida con referencia al daño que produce en la piel). Medidas realizadas en Bolivia, entre La Paz (3420 msnm) y Chacaltaya (5300 msnm) muestran un incremento de 7% por km para UV-B eritémica.

La radiación solar en los cultivos

El sol se encarga de irradiar la energía a la tierra a través del espacio en forma de pulsaciones u ondas. Para describir la radiación se recurre a las características de ondas que los componen (longitud de ondas), el conjunto de los tipos de radiación son los que se

conforman el espectro electromagnético de la radiación solar, las longitudes de onda van desde los 100 a los 5.000 nm. Del cual solo una pequeña parte resulta visible 380 y 760 (espectro visible). La cantidad de energía que se requiere para la fotosíntesis puede calcularse a partir del balance de radiación que se encuentra en la cubierta menos la energía que sale de la misma (Secades *et al.* 1991).

Efecto del estrés provocado la alta radiación solar

Secades *et al.* (1991) Indica que el alto porcentaje de radiación en las plantas produce un estrés, incidiendo en un aumento de la foto respiración de los cultivos, lo que produce una disminución en su productividad debido al aumento del consumo de carbohidratos fijados en la fotosíntesis.

Estrés provocado por una radiación baja

La alta concentración produce un estrés en las plantas, pero también la baja intensidad de luz provoca este estrés en las plantas provocando la fotosíntesis neta que implica mayor competencia por los fotoasimiladores, lo que afecta en el desarrollo y la producción de las plantas, una radiación baja provoca un alargamiento de los entrenudos, tallos más delgados, hojas anchas y finas y un escaso desarrollo radicular. (Fischer y Pérez, 2012).

El fotoperiodo en el cultivo de cebolla.

Haunca (2016), Menciona que la planta de cebolla es un cultivo que requiere de días largos para la buena formación del bulbo, un aproximado de entre 45 y 50 días después del transplante el cultivo requiere de mayor duración del día, sin embargo, existen variedades que no necesitan de la misma duración de la luz del día por esta razón las distintas variedades de cebolla se distinguen en tres grupos que se muestran a continuación:

- Variedades de día corto (requieren entre 10 a 15.5 horas/luz)
- Variedades de días intermedios (requieren entre 11.6 a 13.5 horas/luz)
- Variedades de días largos (necesitan más de 13.6 horas/luz)

Ambientes Atemperados

Un invernadero como herramienta de producción, exige algunas condiciones para maximizar su aprovechamiento. Se considera para ello la orientación, transparencia (color de la cobertura), ventilación, y la operatividad (INTA, 2012).

Los mismos autores indican, si bien tenemos una carpa de la dimensión que veamos conveniente, el espacio utilizado para cultivos, debería ser por lo menos del 70 % o aproximadamente, el restante 30 % será utilizado para pasillos. Asimismo, el diseño tiene que tomar en cuenta: el viento, la nevada, granizada, fríos intensos, ventilación del ambiente, materiales para la construcción y el personal capacitado para la construcción.

Importancia de la Carpa Solar en el Altiplano

Una carpa solar se la diseña principalmente según la disponibilidad del espacio y tipo de cultivo que se requiera producir, el más común es el denominado de una sola agua, en zonas periurbanas, se puede observar carpas solares de dos aguas, túneles por la mayor disponibilidad de espacio y los fuertes vientos que predominan en la ciudad de El Alto (Huanca, 2016).

Tipos de Cubiertas en invernaderos.

Porco y Terrazas (2009), señalan que en nuestro medio existe los siguientes tipos de construcción de ambientes atemperados: tipo túnel, medio túnel, dos aguas, media agua y en baterías (dos aguas unidas).

La carpa solar se la diseña principalmente según la disponibilidad del espacio, el más común es el denominado de una sola agua, en zonas periurbanas se puede observar 6 carpas solares en semi túneles o túneles por la mayor disponibilidad de espacio y los fuertes vientos que predominan en esos lugares, también se toma en cuenta el color de la cubierta ya sea por mayor retención de luz y tipo de cultivo que se requiera producir. (Pérez ,2011)

3. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

El enfoque principal que se eligió para implementar este proyecto de investigación en la localidad de Kallutaca por varios factores las familias en épocas de invierno no realizan la

siembra del cultivo de cebolla debido a los factores adversos que presenta el altiplano Bolivia como es el invierno, el mismo que impide realizar cualquier actividad agrícola.

El lugar de experimentación de la investigación se eligió el área del Módulo de Hortalizas del centro experimental de Kallutaca por que ya cuenta con los ambientes atemperados de diferentes cubiertas como es el techo de color amarillo y blanco donde se producen diferentes tipos de hortalizas durante todo el año.

Se tomó como base revisiones bibliográficas de otros países como ser Guatemala donde producen cebollas en ambientes atemperados y la finalidad de aplicar en nuestro sector como es el altiplano del departamento de la ciudad de La Paz, es con el fin de generar una nueva alternativa de producción de cebolla en época de invierno bajo un sistema controlado como son los ambientes atemperado o invernaderos como se lo conoce en esta zona.

En cuanto a la elección de la variedad de cebolla para la producción en invernadero se eligió la variedad roja arequipeña que es la más recomendada por su ciclo corto de desarrollo y buen comportamiento en ambientes atemperados, las mismas que serán evaluadas su comportamiento agronómico en ambientes atemperados con diferentes cubiertas o techos de color amarillo, blanco y a campo abierto para ver su comportamiento y rendimiento de la producción.

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Hartman,F (s/f), considera que el cultivo bajo invernadero permite obtener producciones de calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, ya sean cultivos de ciclo corto e intermedio, dando una ventaja de producción en épocas con temperaturas bajas, y obteniendo diversidad de verduras durante todo el año y que el agricultor pueda generar ingresos económicos mediante la implementación de esta tecnología, donde el ambiente es controlado, los sistemas de riego localizado y otros que posteriormente se refleja en la optimización de la producción en calidad y cantidad.

Castilla (2005), menciona que el manejo de la radiación es un factor de mucha importancia a tomar en cuenta dentro de un invernadero, ya que influye en el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos que se consideren producir, normalmente la temperatura optima

que se debería manejar en un ambiente controlado para las plantas se considera entre 10 y 20° C.

El mismo recomienda que a mayor es la luminosidad en el interior del invernadero, se debe aumentar la temperatura, la Humedad relativa y el CO₂, para que la fotosíntesis en las plantas sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores. Para esto se debe tomar en cuenta el color de la cubierta, como los colores que permita mayor entrada y retención de la luz y calor, la orientación del invernadero y otros.

El cultivo de cebolla producidos en ambientes atemperados se caracterizan por tener cuatro distintas fases durante su desarrollo hasta su maduración fisiológica; la primera fase se da cuando la planta realiza su desarrollo vegetativo (es el ciclo donde la planta desarrolla la raíz tallo y hojas); la segunda fase: comienza con el inicio y formación de bulbos; la tercer fase: es el reposo del vegetativo de la planta, entrando en dormancia; y la cuarta y última fase: hace referencia a la reproducción sexual que es la producción de la semilla, ocurriendo al segundo año del cultivo. La planta de cebolla en invernaderos necesita un clima específico para lograr su buen y perfecto crecimiento de su ciclo completo (Perez, 2000).

El clima indicado para un óptimo crecimiento y producción de la cebolla es una temperatura templada, de esta manera se lograra un buen crecimiento y maduración optima del bulbo, con temperaturas elevadas y días largos en el periodo de maduración, teniendo una humedad recomendada en invernaderos o ambientes atemperados de 60% y que la disponibilidad de agua (humedad) este en los 40 cm de la capa superficial del suelo, las cebollas de invernaderos se caracterizan por ser muy sensibles a la humedad y la luminosidad del sol que nuestra planta requiera (Ruiz, 1993).

Porco y Terrazas (2009) Indica que el trasplante de la cebolla en ambientes atemperados se recomienda realizar o colocar una planta por golpe dejando espacios de 10 a 12 cm entre plantas o líneas, es necesario realizarlo en camellones o platabandas, proporcionando un riego con un intervalo de 8 a 10 días, controlando siempre la limpieza de las malezas y cuando el desarrollo de las cebollas de invernadero presenta características, o rasgos fuera de los comunes, se recomienda incorporar abono natural de cobertera, siempre antes a la formación del bulbo.

Sifuentes (2006) en su tesis de investigación realizado, como tema “Evaluación Agroeconómica de Cinco Variedades de Cebolla (*Allium cepa*) en Invernadero y a Campo Abierto en San Carlos Sija – Guatemala” menciona que los mejores rendimientos y características cualitativas de la evaluación de cinco variedades de cebolla bajo invernadero con cubierta de color amarilla, se logró con la variedad Victoria F1 y Nube con rendimientos que alcanzaron de 50,060 t/ha y 46,121 t/ha

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Siendo un trabajo de investigación cuantitativa, serán de tipo: Descriptiva, explicativa y experimental.

Descriptiva, según Jorge Padua (1993) “en estudios descriptivos el interés está enfocado en las propiedades del objeto o de la situación, estos estudios dan por resultado un diagnóstico. Los estudios descriptivos sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes”. Por las características del presente estudio, este tipo de investigación permitirá describir la situación problemática identificada de manera clara y concreta, como así también la posible solución al problema formulado.

Explicativa, se orienta a establecer las causas que originan un fenómeno determinado. Se trata de un tipo de investigación cuantitativa que descubre el por qué y el para qué de un fenómeno, Se revelan las causas y efectos de lo estudiado a partir de una explicación del fenómeno de forma deductiva a partir de teorías o leyes. La investigación explicativa genera definiciones operativas referidas al fenómeno estudiado y proporciona un modelo más cercano a la realidad del objeto de estudio. (Vásquez, I. 2005).

Experimental, El método científico experimental es un conjunto de técnicas que se utilizan para investigar fenómenos, adquirir nuevos conocimientos o corregir e integrar conocimientos previos se basa en la observación sistemática, la toma de medidas, la experimentación, la formulación de pruebas y la modificación de hipótesis

2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

2.1. Modelo lineal aditivo

Al ser un trabajo realizado en invernadero, las unidades experimentales se distribuyeran bajo un diseño Completamente al azar, donde los tratamientos serán el color del techo del agrofilm. Cada uno con tres repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i - eximo nivel del factor (color de cubierta del invernadero)

ε_{ij} = Error experimental

2.2. Tratamientos

CUADRO 2: Diseño DBCA (Bloques Completamente al Azar)

COLOR DEL TECHO DEL INVERNADERO	REPETICIONES
Agrofilm o techo amarillo	Repetición 1,2 y 3
Agrofilm o techo blanco	Repetición 1,2 y 3
A campo abierto	Repetición 1,2 y 3

2.3. Superficie unidad experimental

El área de la superficie experimental es de 4.8 metros cuadrados por tratamiento que son los invernaderos con cobertura amarilla, blanca y a campo abierto, haciendo un total de la superficie experimental de 14.4 metros cuadrados.

3. VARIABLES DE LA INVESTIGACION

3.1. Variables independientes

Control de temperaturas del invernadero

Los registros de temperatura se realizarán con el instrumento termómetro en el interior del invernadero colgado desde el eje central de la cumbrera del invernadero registrando temperaturas máximas y mínimas desde 6°C hasta 29°C

Medida de la radiación solar

El registro semanal de la radiación en la carpa solar se lo obtendrá con un equipo de medición de radiación, analizándose los datos con los promedios semanales y mensuales, así conocer

su influencia en el desarrollo del cultivo. De igual manera se trabajará en la medición de la radiación a campo abierto.

3.2. Variables dependientes Agronómicas

a). Porcentaje de prendimiento. El porcentaje de prendimiento nos mostrara la cantidad de unidades experimentales prendidas, esta evaluación se calculará desde el momento en que se realice el trasplante hasta un que un 50% de las plántulas hayan prendido.

b). Días a la madurez fisiológica. Son los días que transcurrirán desde el trasplante hasta el momento en que más de 50 % lleguen a la madures fisiológica.

c). Numero de hojas. Se tomaron datos para el registro de las variables a través del conteo de las hojas por cada muestra de 3 plantas marcadas al azar de cada unidad experimental, el conteo se realizó cada 7 días después del trasplante.

d). Altura de planta. Se registró cada 7 días después del trasplante, con la ayuda de un flexómetro expresados en cm. De las cuales se tomaron 3 plantas por cada unidad experimental y el registro son tomadas desde la base del falso tallo hasta el ápice de la hoja más alta.

e). Diámetro del falso tallo. Esta variable se tomó datos de 3 plantas por cada unidad experimental donde se registró el diámetro del falso tallo de la cebolla, cada 7 días esto con la ayuda de un vernier expresado en cm.

f). Diámetro del bulbo. Esta variable es tomada después de la cosecha a los 147 días desde el trasplante con la ayuda del mismo vernier en cm, el registro se tomó por la parte central del bulbo de las 4 plantas y de cada unidad experimental.

g). Peso del bulbo. Se efectuó con la ayuda de una balanza digital expresado en gramos (g), la toma de datos se realizó después de la cosecha bajando la parte aérea del cultivo de cebolla, con 3 bulbos por cada unidad experimental y se realizó a los 147 días después del trasplante.

e). Rendimiento. Esta variable será expresada en unidades de t/ha de bulbo para cada investigación en condiciones de invernadero y a campo abierto.

f). Análisis de costos parciales de producción. Se realizará el análisis costo beneficio con el método de evaluación económica propuesto por el CIMMYT (1988), que a partir del presupuesto parcial se determinará los costos y beneficios de los tratamientos

3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

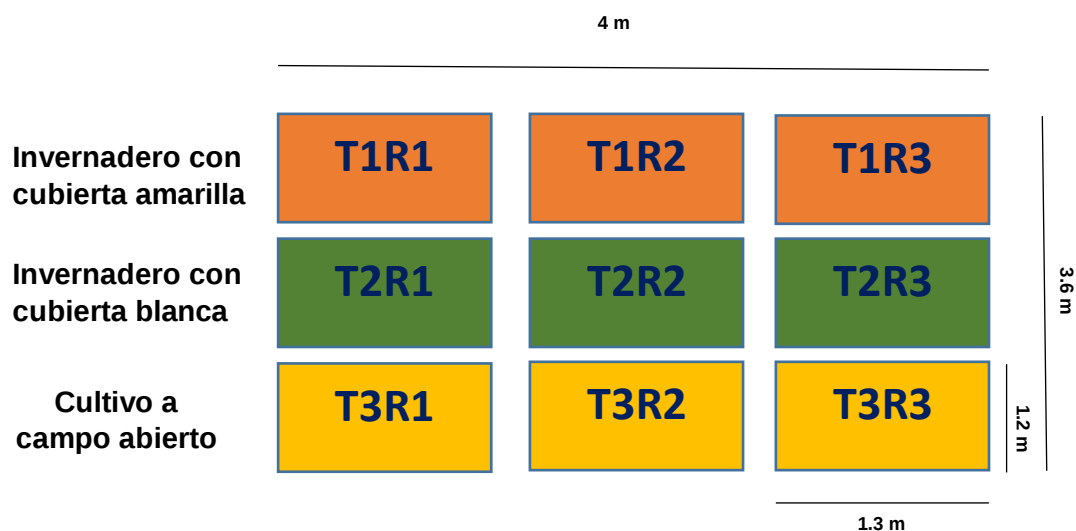
Este compuesto de 9 parcelas de evaluación, tres por tratamiento y cada tratamiento con 50 plantines como unidad de muestreo.

Muestra

La muestra está representada por los plantines de cebolla de las cuales serán seleccionados aleatoriamente o al azar para la toma de datos por cada tratamiento.

3.1. Croquis de campo

CUADRO 3: Croquis de campo



4. AMBIENTE DE LA INVESTIGACION

4.1. Ubicación de la investigación

El presente trabajo de investigación, se realizará en la Estación Experimental de Kallutaca, de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, ubicada en el municipio de Laja, de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, geográficamente

situada entre los paralelos $16^{\circ}31'22''$ de Latitud Sur $68^{\circ}18'29''$ de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y, una altitud de 3903 msnm.

FIGURA 5: Fuente: Google eart, 2021



4.2. Características Edafoclimáticas

Clima

La temperatura media es de 7.1°C , siendo las mínimas entre -10.8 a -11.0°C en los meses de mayo, junio y julio, en las temperaturas máximas es de 25.0 a 28.0°C .

En cuanto a la precipitación media anual para la zona de estudio es 613.1mm *año- en los meses de diciembre y enero se tienen las mayores precipitaciones entre 113.1 a 141.3 mm^* mes- respectivamente (Guarachi, 2011).

La evaporación media encuentra los máximos valores en los meses de septiembre a febrero con 5 a 5.2 mm como promedio, en los meses de marzo a julio disminuye entre 4.1 a 3.9 mm con una acumulación anual de 55.2 mm (Guarachi, 2011).

Suelo

La región de Kallutaca presenta suelos de formación fluvio-lacustre no inundable con características de bofedales, texturalmente son suelos franco arcillosos con perfiles de

horizontes distinguidos. Con una pendiente mínima de 1%, casi a nivel, el drenaje superficial es lento debido a su textura y pendiente (Guarachi, 2011).

Flora

El tipo de vegetación natural que presenta la región de Kallutaca está conformada por: thola (*Parastrephia lepidophylla*), gramíneas como chillihua (*Festuca dolychophylla*), crespillo (*Calamagrostis* sp.) y grama (*Muhlenbergia* sp.) cola de ratón (*Hordeum muticum*) Cebadilla (*Bromus lenatus*), pilli (*Hipochoeria taraxacoides*) y alfombrilla (*Lucilia areioidea*), chiji (*Disticha*), totorilla (*Scirpus*), etc, (Huanca, 1996).

5. TECNICAS E INSTRUMENTOS

La técnica utilizada para dicha investigación será mediante el muestreo probabilístico que nos permitirá recolectar información de la muestra seleccionada de forma aleatoria, lo cual evita el sesgo en la investigación.

Donde se realizarán la toma de datos de los tres tratamientos para luego ser evaluados e interpretados

5.1. Materiales y métodos

5.1.1. Material biológico

El material biológico a utilizar, corresponde a plantines de cebolla de variedades tolerantes al clima frío y de un fotoperiodo de horas luz corto.

5.1.2. Material de campo

A continuación, se muestra un listado de los materiales a utilizar tanto en campo como en el invernadero del módulo de investigación.

- Marcadores
- Tijeras
- Atomizador
- Balanza de precisión
- Regla metálica
- Regadera

- Flexómetro
- Pala
- Pico
- Cernidor
- Carretilla
- Planilla para el registro de datos
- Cámara digital
- Marbetes
- Tablero de campo
- Letreros
- Tierra del lugar
- Arena corriente
- Turba
- Vernier
- Medidor de radiación

5.1.3. Material de gabinete

Se deberá contar con los siguientes materiales de gabinete, para poder procesar los datos que se obtendrán en las planillas de registro en las distintas mediciones que se realizarán.

- Material de escritorio
- Computadora
- Cámara digital
- Planilla de registros
- Cuaderno de campo
- Impresora
- Calculadora

6. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Delimitación y preparación del terreno de plantación del sitio experimental.

***“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”***

La presente investigación se realizó en un área de 14.4 metros cuadrados dividido en tres platabandas de 4 X 1.20 metros y estas dividido en tres parcelas en ambientes protegidos (invernaderos) y a campo abierto.

Preparación del sustrato para las platabandas.

- ✓ Primero se cernió la tierra del lugar para que no tenga terrones el suelo.
- ✓ Luego se midió con carretilla la cantidad de tierra, turba o guano.
- ✓ Mezclando con la pala, tres a cuatro veces de manera homogénea.
- ✓ Incorporación del sustrato preparado a las platabandas

Periodo de transplante

Se obtuvo los plantines de cebolla para el transplante de un invernadero que almacigo la cebolla, generalmente se realiza a los 60 días después de la siembra de la semilla en almacigo o cuando la planta llega a un tamaño de 15 centímetros de largo.

Transplante en el campo definitivo

Primeramente, se ubicó las áreas en donde se trabajó la investigación ya se en invernaderos como en campo abierto, para realizar el transplante en el terreno definitivo se realizarán los siguientes pasos:

- Preparación del terreno: Se realizará labranza primaria, seguido de la mulción de los terrones.
- Trazado de área experimental: Se realizará el trazo de acuerdo a la metodología tanto a campo abierto como en el invernadero.
- La distancia de siembra entre hileras y plantas fue de 0.15 por 0.15 m., este distanciamiento se utilizó a nivel de campo abierto e invernadero.

Riego

El riego constituye una de las operaciones más importante para el cultivo, especialmente en la fase de prendimiento, una vez concluido el trasplante, se procedió a regar cuidadosamente en forma homogénea con intervalo de día por medio a través del riego por surcos; en los últimos 30 días el riego será por inundación.

Aporque y Desmalezado

El aporque y desmalezado se empleó de forma manual en el invernadero y a campo abierto, para mejorar la infiltración del riego y evitar el encostramiento de la superficie del suelo y la mal formación de los bulbos, para dar las condiciones favorables en el desarrollo y también de esta manera maximizar el uso del agua para el beneficio de las plantas, este procedimiento se realizó con un intervalo de 15 días mediante el uso de una chonta.

Registro de la radiación

El registro de la radiación lo realizó el auxiliar de la carrera de física, ya que la carrera de física cuenta con un instrumento que mide dicha radiación esta toma de datos se realizó semanalmente, en la carpa solar con cobertura amarilla y blanca como también a campo abierto se obtuvo de igual manera distintas medidas de radiación ya que esta varía de lugar en lugar, en esta investigación se trabajó en tres diferentes áreas y el clima también es un factor determinante a la hora de medir la radiación ya que cuando se nubla baja el nivel de la radiación, se midió cada 15 minutos en cada una de las áreas ya establecidas de la investigación rotando conjuntamente con el piranómetro instrumento utilizado para la medida de la radiación y así conocer la influencia que esta causa en el desarrollo del cultivo de la cebolla.

Cosecha

Una vez alcanzado los tres meses y haya cumplido la madurez fisiológica la cebolla se la cosecho con la ayuda de una chuntillo, primeramente se trabajó en la carpa amarilla en donde se realizó esta cosecha con el auxiliar de la carrera de física y donde pudimos observar a simple vista el porcentaje del crecimiento de las hojas y del bulbo en comparación con el invernadero con cobertura blanca, seguidamente se continuó con este trabajo de cosecha en el invernadero blanco en donde se podía observar que había un mayor número de plantas de cebolla de igual manera se cosecho con la ayuda del chuntillo para no dañar al jalar la cebolla del suelo se separó en distintas bolsas y marcándolas con su respectiva etiqueta para no mezclar las muestras para su posterior pesaje y determinar el rendimiento de las mismas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

El estudio de la radiación solar en nuestro país se remonta a los años cincuenta cuando un grupo de interesados científicos logran conformar el laboratorio de rayos Cósmicos en la región de Chacaltaya a 5200 m.s.n.m. Sin embargo, a la toma sistemática de datos y posterior estudio estadístico viene a darse en la década de los 80, cuando la Red Solarimétrica comienza a dar sus primeros frutos. Anteriores iniciativas gubernamentales fueron las que dieron origen a SENAMHI el cual queda encargado de los servicios de recopilación e información de datos meteorológicos en Bolivia. (Blacutt B, 1997) Instituciones que al transcurrir el tiempo se vinieron a constituir en pilares de la investigación sobre la radiación solar

La energía liberada por el Sol, que se transmite al exterior mediante radiaciones electromagnéticas, es la radiación solar. Esta energía es una mezcla de radiaciones de longitudes de onda entre 200 nm y 4000 nm, que se denominan radiación ultravioleta, luz visible y radiación infrarroja.

La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que se define como la potencia por unidad de superficie, y se mide en vatios/metro cuadrado (W/m^2).

La irradiancia que llega a la atmósfera superior de la Tierra es definida como constante solar, teniendo por valor, el establecido por la NASA de $1353 W/m^2$ y de $1373 W/m^2$ según la WMO (Organización Mundial de Meteorología).

1. Irradiancia Solar en el interior y fuera del invernadero

La radiación solar como es un conjunto de varias longitudes de onda que llegan a la tierra a partir del sol y que se perciben en forma de luz y calor, es la fuente principal de energía en el microclima de un invernadero, y está directamente relacionada con el proceso de fotosíntesis que regula el crecimiento y la producción de las plantas.

La radiación recibida por unidad de área de una superficie se denomina irradiancia, es una magnitud representada por el cociente entre la potencia (la energía por unidad de tiempo) y el área que recibe la radiación. En palabras simples la irradiancia nos permite conocer cuánta energía incide sobre un área en un tiempo determinado.

$\text{Irradiancia} = P/A$

Dónde: P= potencia medida en Watts (W) y A= área en metros cuadrados (m²).

Las unidades presentadas anteriormente son las de irradiancia en el sistema internacional de unidades, sin embargo, para usos prácticos de mediciones de radiación solar diaria y anual se utilizan las unidades kWh/m²/día y kWh/m²/año.

La irradiancia a nivel planetario alcanza un valor promedio de 1.366 W/m² en la capa exterior de la atmósfera, este valor es conocido como constante solar, pero en la superficie de la Tierra no alcanza esta irradiancia tan alta debido a la presencia de la atmósfera, la cual no permite que llegue la radiación solar de forma directa

La radiación solar se divide en radiación de onda corta y radiación de onda larga. En la radiación de onda corta se encuentra la radiación fotosintéticamente activa. En la radiación de onda larga se encuentra la radiación infrarroja que cuando incide sobre una superficie, la calienta.

De la radiación solar que llega a la cubierta del invernadero, una parte es reflejada, otra es absorbida por la cubierta (calienta la superficie) y la restante es transmitida al interior del invernadero. incidiendo sobre el cultivo y calienta las diferentes superficies en el interior del invernadero.

La fracción de radiación solar transmitida al interior del invernadero se denomina transmisividad y es una propiedad que depende del polietileno o material de la cubierta.

Es importante procurar que el material de la cubierta transmita la máxima cantidad de radiación al interior del invernadero, con el fin de captar la mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa.

Para simplificar notoriamente nuestro trabajo de toma de datos y su procesamiento utilizamos un piranometro el cual es un Instrumento para medir la radiación solar que incide sobre una superficie plana. El aparato, por lo general, consta de una pila termoeléctrica que se encuentra bajo una cubierta protectora en forma de semiesfera de cristal.

La disponibilidad de energía solar en el interior del invernadero es diferente para cada zona, así en la siguientes graficas desde la 4.1. hasta 4.8. se muestra el comportamiento de la

radiación global exterior e interior en la parte media de una nave del invernadero, los datos obtenidos se la realizaron utilizando un piranometro.

FOTOS 1: Imagen Ubicación del Ambiente Atemperado Sede Kallutaca, derecha carpa amarilla, izquierda equipo de medición de la radiación solar



Fuente: Propia

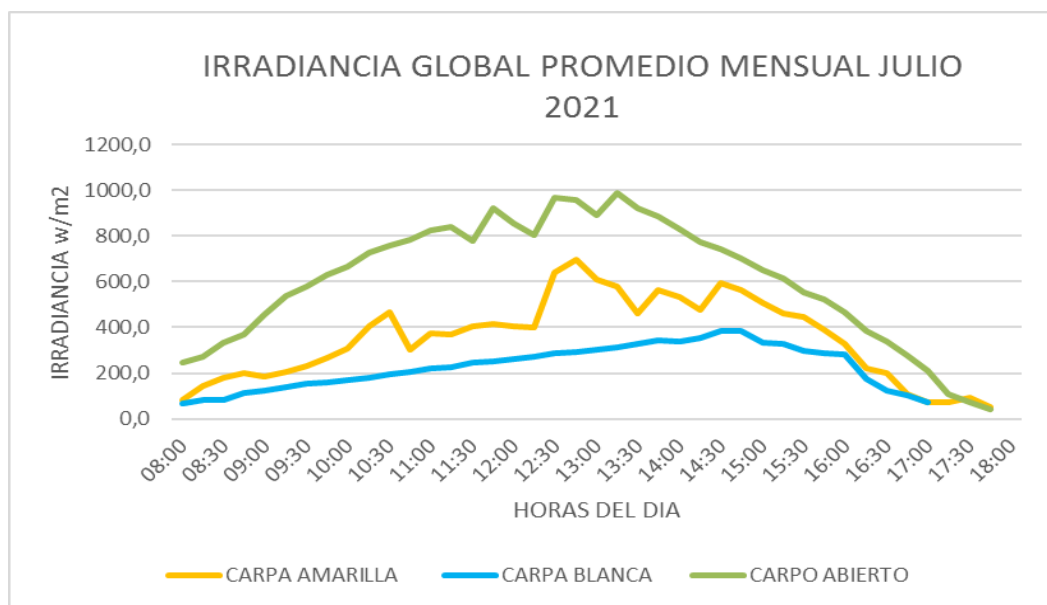
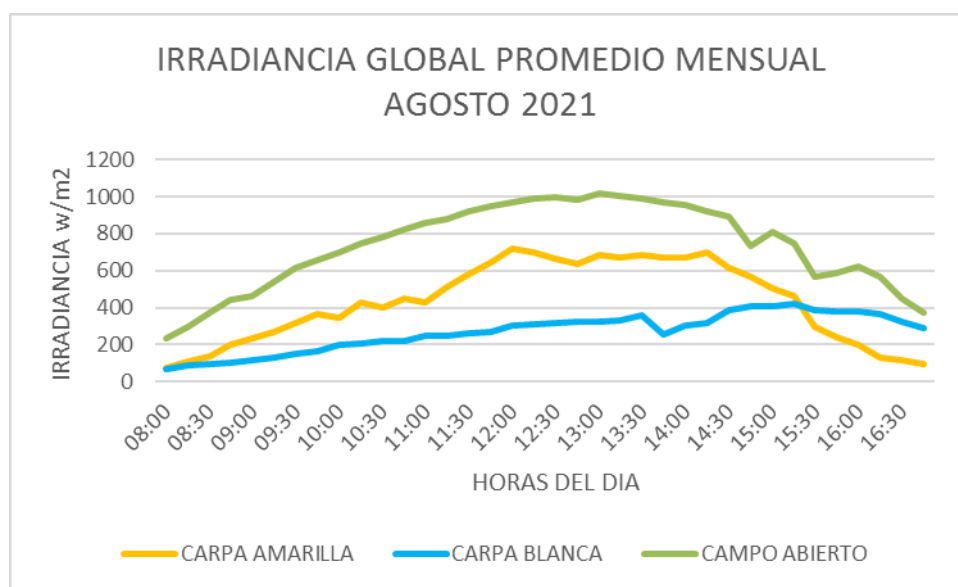


FIGURA 6: Perfil promedio de la radiación solar global correspondiente al mes de julio de 2021, con días claros y con muy pocas nubes, en los invernaderos de cobertura amarilla, blanca y campo abierto en Kallutaca.

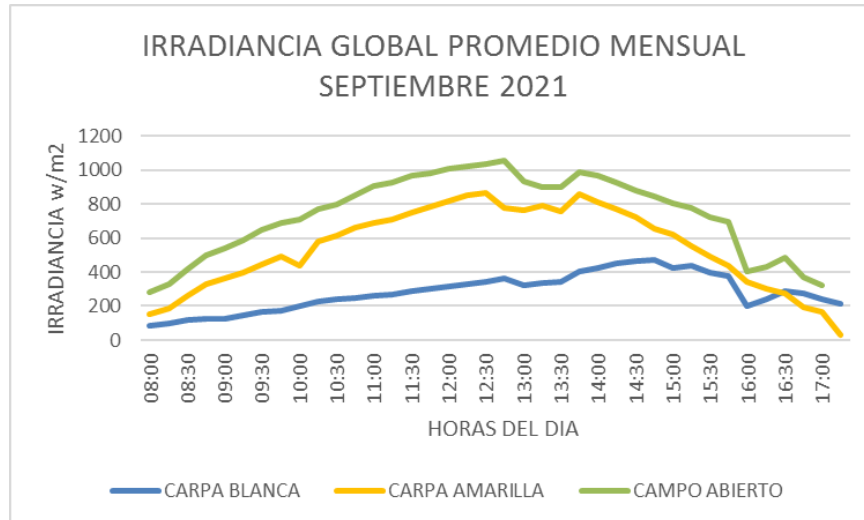
FOTOS 2: Invernadero de cobertura blanca Kallutaca



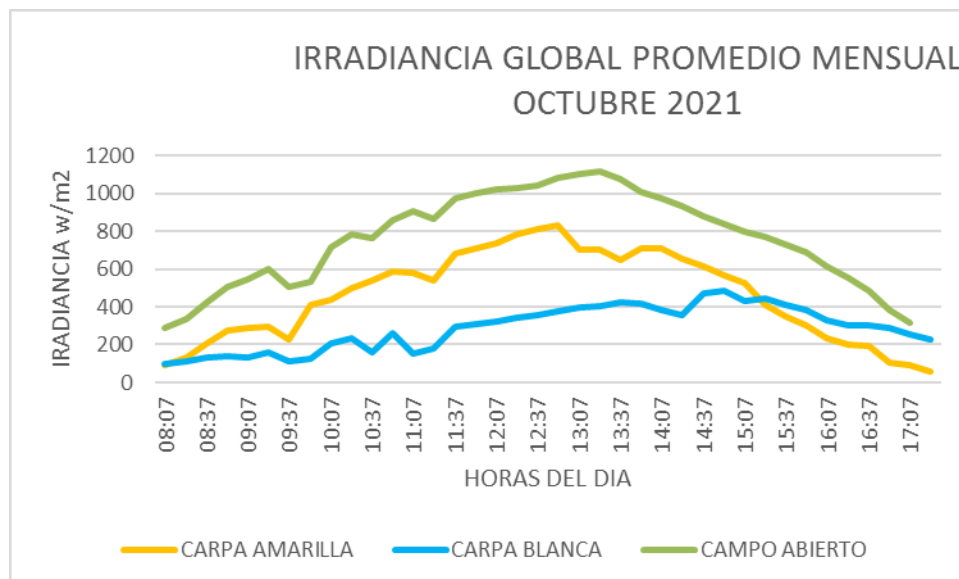
Fuente: Propia



Grafica 1.2. Perfil promedio de la radiación solar global correspondiente al mes de agosto de 2021, con días claros y con muy pocas nubes, en los invernaderos de cobertura amarilla, blanca y campo abierto en Kallutaca.



Grafica 1.3. Perfil promedio de la radiación solar global correspondiente al mes de septiembre de 2021, con días claros y con muy pocas nubes, en los invernaderos de cobertura amarilla, blanca y campo abierto en Kallutaca.



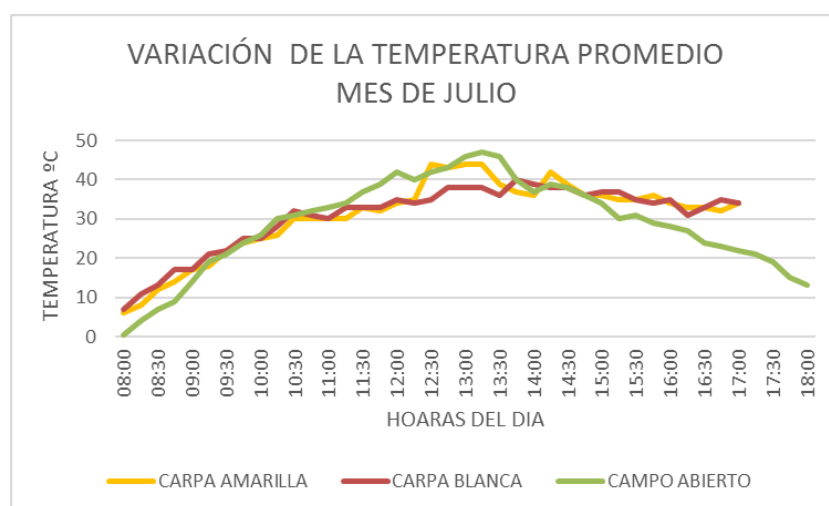
Grafica 1.4. Perfil promedio de la radiación solar global correspondiente al mes de agosto octubre de 2021, con días claros y con muy pocas nubes, en los invernaderos de cobertura amarilla, blanca y campo abierto en Kallutaca.

En la gráfica del 1.1. al 1.4. se muestran el comportamiento de la radiación global medida en el interior del invernadero de carpa amarilla, invernadero de carpa blanca y a campo abierto durante los meses de Julio, agosto, septiembre y octubre del presente año, durante aproximadamente ocho horas diarias.

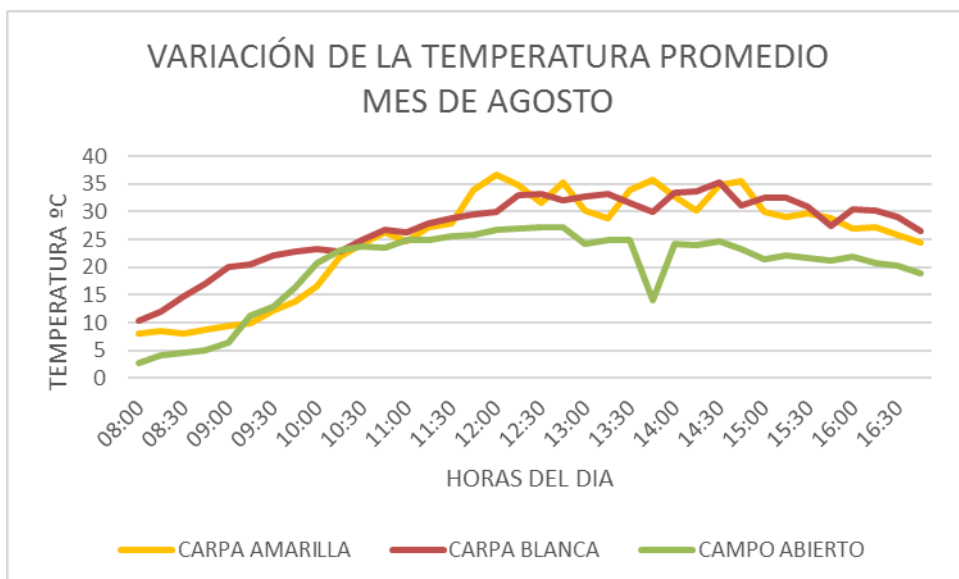
2. Temperatura en el Interior y Exterior del Invernadero

Después que la radiación solar es transmitida al interior del invernadero, la fracción no utilizada en los procesos fisiológicos, se encarga de calentar las diferentes superficies y éstas a su vez emiten radiación de onda larga o térmica. Este intercambio de energía entre las superficies aumenta sus temperaturas propias y mientras no se intervenga en este proceso continuarán incrementándose, reemitiendo radiación de onda larga y simultáneamente estarán calentando el aire por convección natural (sin movimiento o renovación del aire interno).

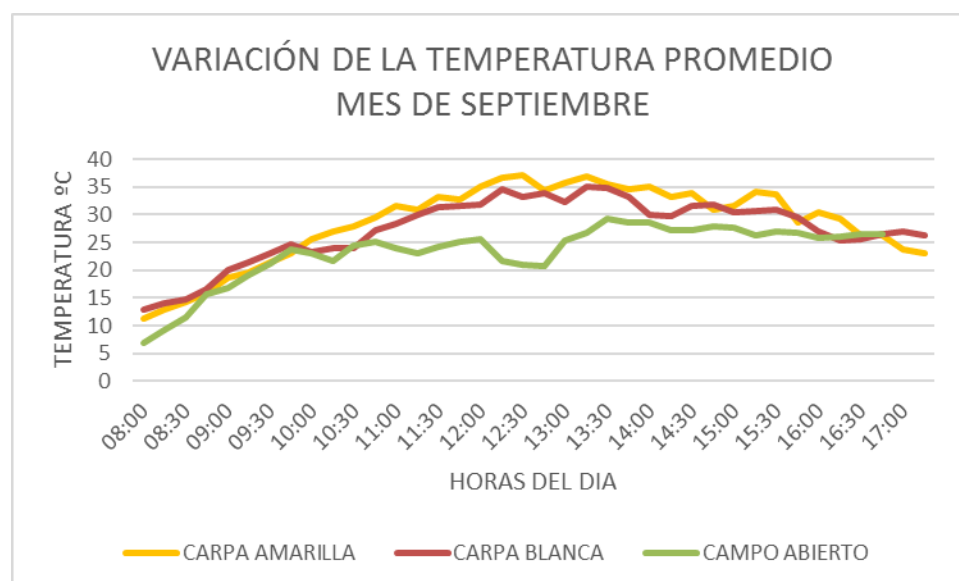
Noreña et al., (2013b) menciona que la temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. La temperatura es un factor determinante de la actividad metabólica y del crecimiento y desarrollo de los vegetales (Lorenzo, 2012). La correcta elección de la cubierta puede ayudar a controlar la temperatura diurna excesiva en el invernadero. Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada (Caldari, 2007).



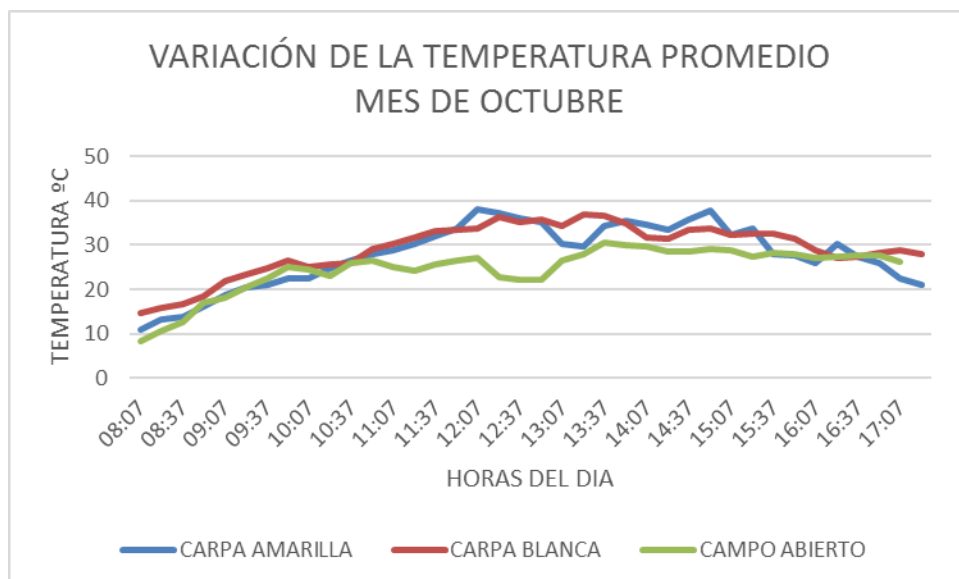
Grafica 2.1. Perfil de temperaturas interior del invernadero y exterior del invernadero, correspondiente el mes de julio 2021.



Grafica 2.2. Perfil de temperaturas interior del invernadero y exterior del invernadero, correspondiente el mes de agosto 2021.



Grafica 2.3. Perfil de temperaturas interior del invernadero y exterior del invernadero, correspondiente el mes de septiembre 2021.



Grafica 2.4. Perfil de temperaturas interior del invernadero y exterior del invernadero, correspondiente el mes de octubre 2021.

En la descripción anterior se aprecia muy claramente la variación de temperatura del aire en el interior de los invernaderos y fuera del invernadero campo abierto.

Puede apreciarse que, en estos ambientes, el calor ganado por la radiación solar incrementa la temperatura interior, principalmente en horas de mayor radiación solar, con diferencias de hasta 13 °C sobre la temperatura del exterior en el invernadero de carpa amarilla y de 12 °C sobre la temperatura del aire exterior en el invernadero de carpa blanca. Esto puede deberse a que se trata de un invernadero con un volumen de aire muy pequeño, y abierto.

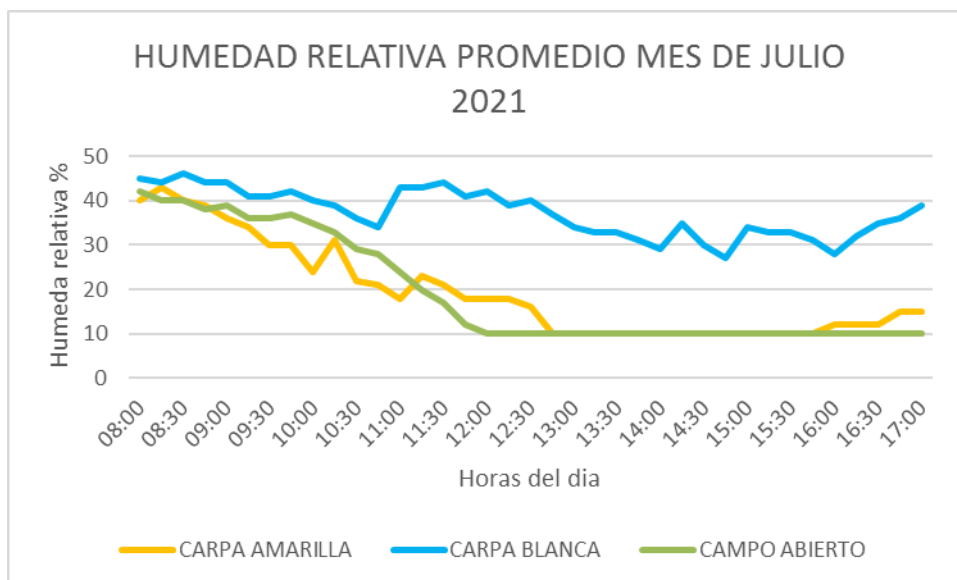
Una forma de intervenir en el proceso de incremento de temperaturas (reduciéndolo a niveles más bajos) es a través de la ventilación (renovación con aire exterior).

3. Humedad relativa

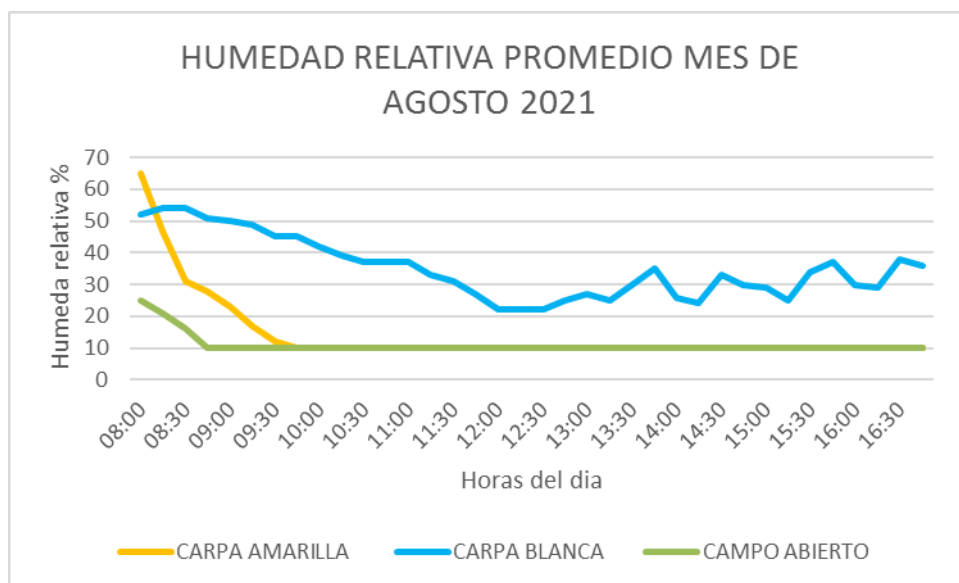
La ausencia de control climático en el invernadero produce grandes variaciones diarias de la humedad relativa.

El contenido de humedad de la atmosfera incide sobre: el crecimiento, expansión foliar, desarrollo aéreo, la transpiración del cultivo, la absorción de nutrientes y la producción de materia seca (Lorenzo, 2012). Si la ventilación no es adecuada, la humedad relativa aumenta por encima del nivel deseado, condensándose en la pared interna del invernadero.

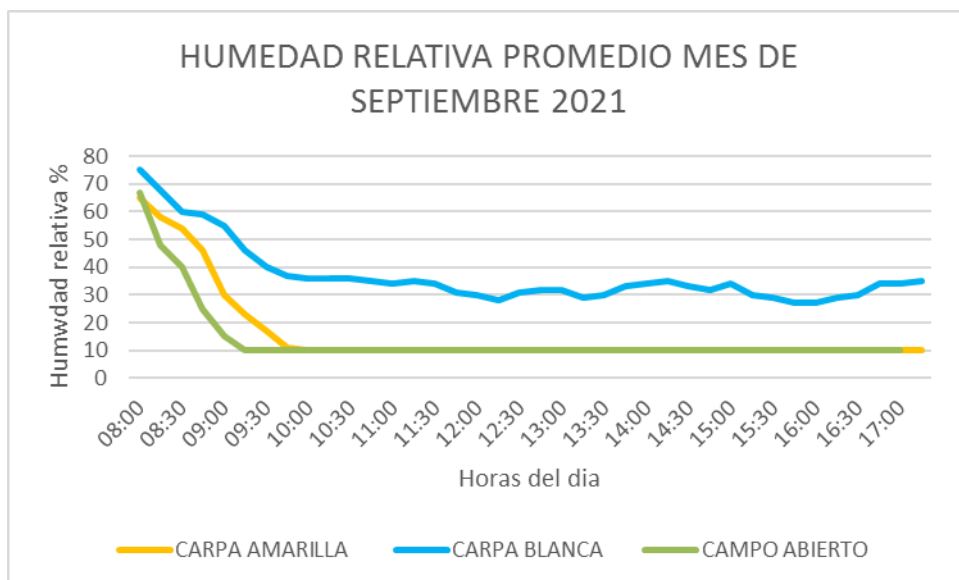
Las gráficas desde 3.1. hasta 3.4. muestran el comportamiento de la humedad en el interior y exterior de los invernaderos de carpa blanca y carpa amarilla.



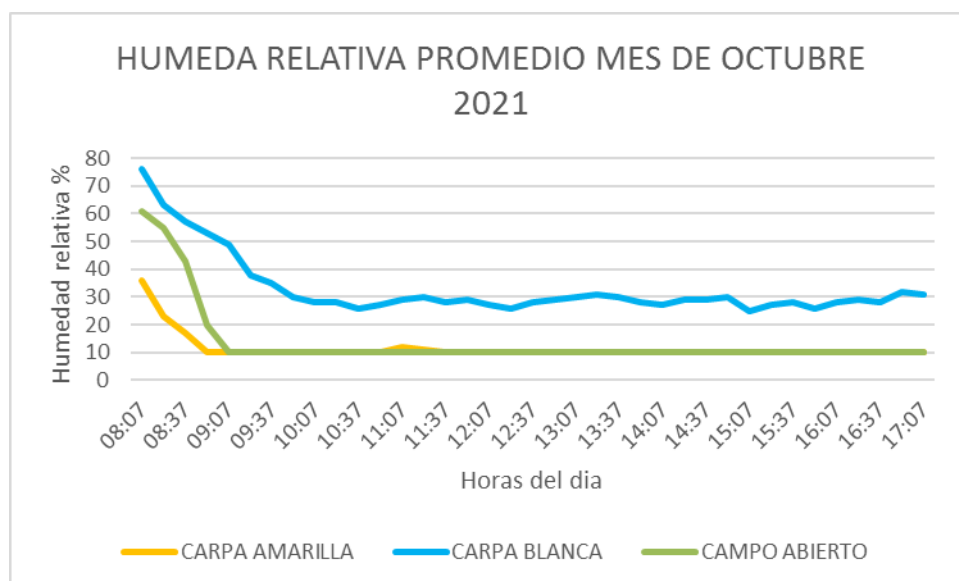
Grafica 3.1. Distribución de la humedad relativa promedio correspondiente al mes de julio 2021.



Grafica 3.2. Distribución de la humedad relativa promedio correspondiente al mes de agosto 2021.



Grafica 3.3. Distribución de la humedad relativa promedio correspondiente al mes de septiembre 2021.



Grafica 3.4. Distribución de la humedad relativa promedio correspondiente al mes de octubre 2021

En las siguientes tablas registramos los valores máximos y mínimos de la irradiación global, de la temperatura y la humedad relativa, para los meses de julio, agosto, septiembre y octubre.

CUADRO 4: Análisis de mes de julio

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	220	698	7	42	22
CARPA BLANCA	69	382	7	40	44
CAMPO ABIERTO	245.5	989	0.5	47	12

CUADRO 5: Análisis de mes de agosto

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	86	721.5	10.3	36.6	10
CARPA BLANCA	71.5	360.5	10.3	35.2	37
CAMPO ABIERTO	238	1016	2.8	21.7	10

CUADRO 6: Análisis de mes de septiembre

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	152.3	867.3	12.8	37.2	10
CARPA BLANCA	152.3	475.4	12.8	35.1	35
CAMPO ABIERTO	284	1052	7	29.2	10

CUADRO 7: Análisis de mes de octubre

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	97	832	8.3	38.2	10
CARPA BLANCA	97	426	14.6	36.9	31
CAMPO ABIERTO	290	1115	8.3	30.5	10

4. Transmitancia.

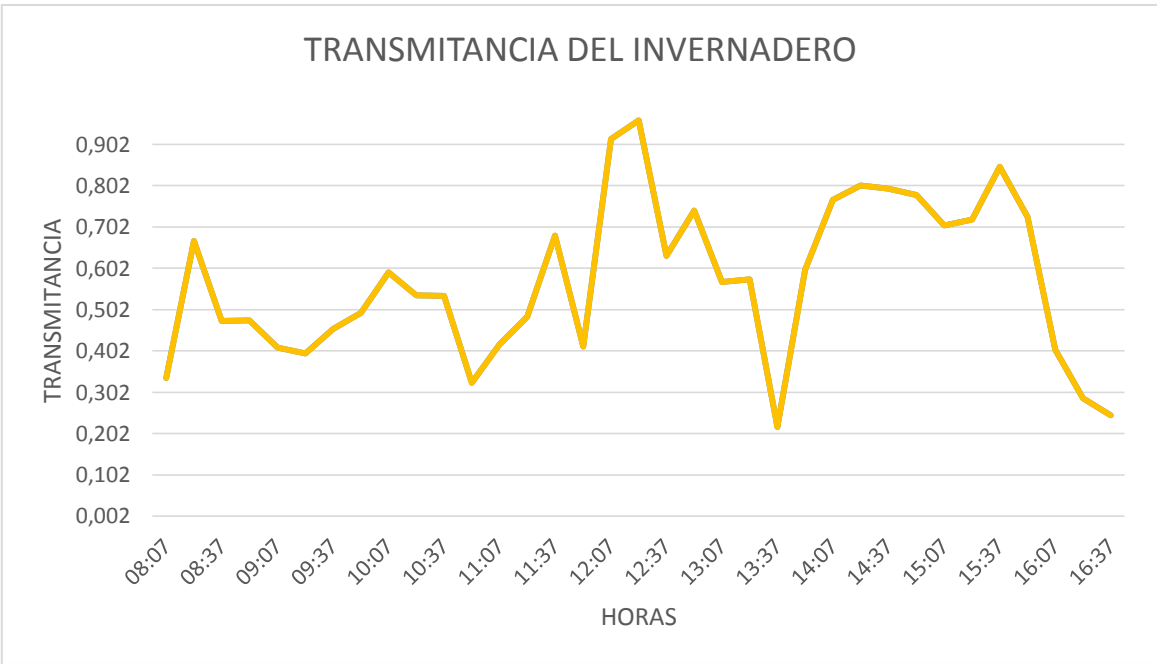
Las gráficas 4.1. y 4.2. muestran la transmitancia a la radiación global calculada, según la definición, con las mediciones realizadas. Los datos experimentales muestran una transmitancia promedio de 0,495 con una desviación estándar de 0,16 y atenuación más pronunciada, pero ésta dándose después del mediodía (13:30 hr) para el invernadero de carpa blanca y para el invernadero de carpa amarilla se muestra una transmitancia promedio de 0,57 con una desviación estándar de 0,20 y su atenuación pronunciada también pasado el medio día (13:37 hr). Ese último fenómeno se presentó debido a que en los días de registro de datos hubo la presencia de nubes, la cual limita la entrada de radiación global

Nuestros resultados muestran una diferencia en la transmitancia medida con el valor comercial proporcionado por el fabricante. Estas diferencias se atribuyen a los factores difíciles de cuantificar, tales como deformaciones e impurezas en la cubierta, por citar algunos.

Los datos experimentales de ambas carpas muestran una atenuación más pronunciada de la transmitancia para después del medio día entre 13:15 y 13:52 horas, también se observa una irregularidad del comportamiento de transmitancia debido a los días nublados, ya que en estos días desaparece la radiación directa y solo se capta una porción de la radiación solar difusa.



Grafica 4.1. En esta grafica se muestra la transmitancia experimental con un valor de 0.49 y con desviación estándar de 0.16, para el invernadero de carpa blanca.



Grafica 4.2. En esta grafica se muestra la transmitancia experimental con un valor de 0.57 y una desviación estándar de 0,20 para el invernadero de carpa amarilla.

En las siguientes tablas se detallan los resultados finales de las variables medidas en cada invernadero, para los meses que se indican

CUADRO 8: Análisis del mes de julio final

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	220	698	7	42	22
CARPA BLANCA	69	382	7	40	44
CAMPO ABIERTO	245.5	989	0.5	47	12

CUADRO 9: Análisis del mes de agosto final

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	86	721.5	10.3	36.6	10
CARPA BLANCA	71.5	360.5	10.3	35.2	37
CAMPO ABIERTO	238	1016	2.8	21.7	10

CUADRO 10: Análisis del mes de septiembre final

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	152.3	867.3	12.8	37.2	10
CARPA	152.3	475.4	12.8	35.1	35

BLANCA					
CAMPO ABIERTO	284	1052	7	29.2	10

CUADRO 11: Análisis del mes de octubre final

INVERNADERO	IRRADIANCIA MINIMA w/m ²	IRRADIANCIA MAXIMA w/m ²	TEMPERATURA MINIMA °C	TEMPERATURA MAXIMA °C	HUMEDAD RELATIVA %
CARPA AMARILLA	97	832	8.3	38.2	10
CARPA BLANCA	97	426	14.6	36.9	31
CAMPO ABIERTO	290	1115	8.3	30.5	10

En la presente investigación las plantas de cebollas en invernaderos necesitan un clima específico para lograr su buen y perfecto crecimiento.

Según datos registrados al interior del invernadero de carpa amarilla durante la investigación, la temperatura máxima alcanzada en promedio mensual fue de 38.5 °C, la mínima de 9.6 °C con un valor intermedio o promedio de 24.05 °C y en el invernadero de carpa blanca la temperatura máxima alcanzada en promedio mensual fue de 36.8 °C, la mínima de 11.2 °C con un promedio de 24 °C, temperatura que favoreció tanto al establecimiento del cultivo como al desarrollo de éste, pues coincide con lo afirmado por varios autores que indican que de forma general el cultivo de cebollas se comporta bien en temperaturas entre 13°C y 25°C. Desde el momento de la siembra pasaron 60 días hasta la cosecha. El crecimiento en altura de las plantas fue diferente en cada invernadero y a campo abierto, siendo en el crecimiento en el invernadero de carpa blanca de 46.5 cm y en el invernadero de carpa amarilla fue 26.8 cm a tiempo de la cosecha, a campo abierto no se tuvo cosecha de cebollas ya que por las condiciones climatológicas murieron los plantines.

Para observar un rango de crecimiento ascendente se realizaron registros del tamaño de las alturas de los plantines cada 5 días observando que cada semana crecían como promedio 5 cm.

La optima temperatura para el desarrollo de las plantas de cebollas oscila entre 15 y 20°C. Es tolerante a las heladas, responde bien a temperaturas frescas al inicio del ciclo y altas al final. Al inicio de la formación de bulbos se requieren temperaturas de entre 15 y 25°C. En la germinación hay que buscar temperaturas de 20 a 25°C

El área del sembradío en cada invernadero fue de 4.8 m² y la producción final obtenida en cada invernadero se detallan es la siguiente:

Los resultados finales que se obtienen del procesamiento de los datos agronómicos, nos muestran los siguientes resultados:

Número de hojas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NDH	8	0,61	0,54	21,25

Cuadro de Análisis de la Varianza

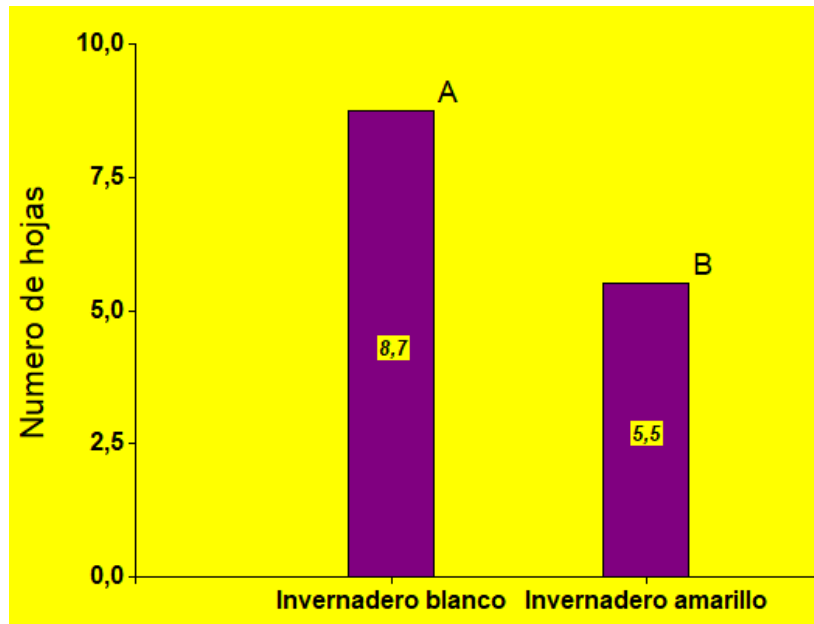
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	21,13	1	21,13	9,22	0,0229*
TRAT	21,13	1	21,13	9,22	0,0229*
Error	13,75	6	2,29		
Total	34,88	7			

Según el análisis de varianza (ANVA) realizado para el numero de hojas del cultivo de cebolla producidos en invernadero con diferente color de cobertura muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos, con un cooficiente de variación de 21,25% el cual indica que los datos fueron tomados correctamente.

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2,2917 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
B	8,75	4	0,76	A
A	5,50	4	0,76	B



Según la prueba Duncan para el tratamiento número de hojas nos muestra mayor desarrollo en el invernadero con techo blanco con un promedio de 8,7 hojas en comparación al invernadero con techo amarillo donde se mostró un desarrollo de 5,5 hojas por planta

Altura de planta

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ADP	8	0,83	0,80	16,46

CUADRO 12: Análisis de Varianza para altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2151,68	1	2151,68	28,44	0,0018
TRAT	2151,68	1	2151,68	28,44	0,0018**
Error	453,92	6	75,65		
Total	2605,60	7			

**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”**

Según el análisis de varianza para el tratamiento altura planta del cultivo de cebolla en los invernaderos con diferente color de cobertura nos indica que existe diferencia altamente significativa.

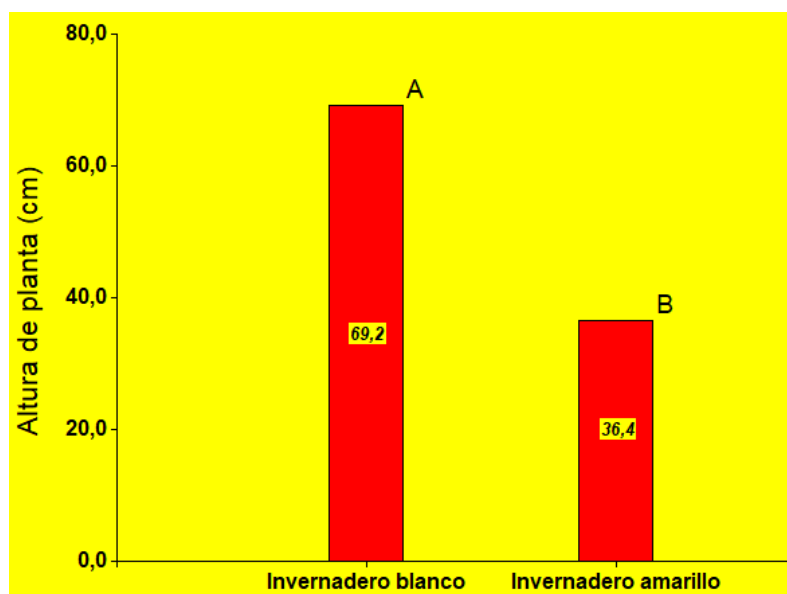
Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 75,6533 gl: 6

TRAT Medias n E.E.

B 69,25 4 4,35 A

A 36,45 4 4,35 B



Realizado la prueba DUNCAN para la altura planta del cultivo de cebolla en invernadero con diferentes tipos de cobertura, se puede observar que el tratamiento o invernadero con carpa blanca fue en el que mejor crecimiento mostro la planta con una altura promedio de 69,2cm. Frente al invernadero con techo amarillos donde las plantas tuvieron un crecimiento de 36,4cm.

Este resultado nos hace entender que la intensidad o radiación solar es más efectivo en invernaderos con carpa amarillo permitiendo un mayor desarrollo del cultivo de cebolla en época de invierno en el altiplano.

Diámetro de falso tallo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DDFT	8	0,51	0,42	16,51

CUADRO 13: Análisis de Varianza para diámetro falso de tallo

Cuadro de Análisis de la Varianza

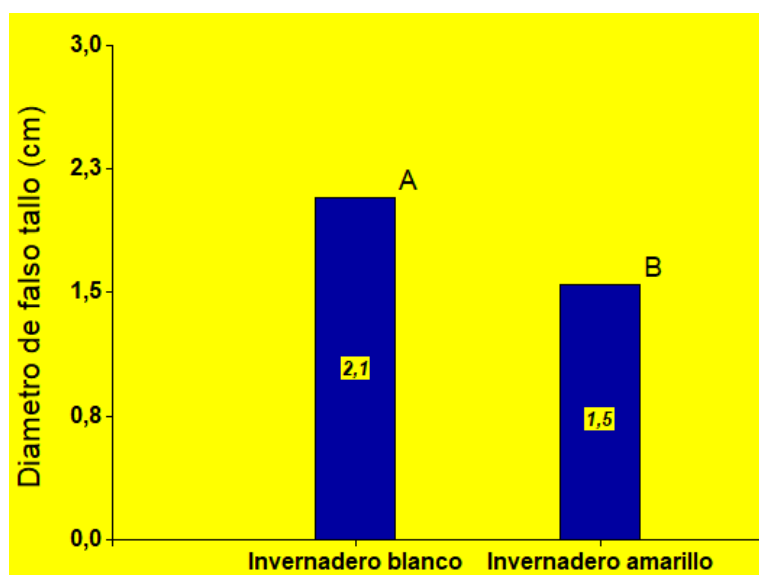
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,55	1	0,55	6,15	0,0478
TRAT	0,55	1	0,55	6,15	0,0478*
Error	0,54	6	0,09		
Total	1,09	7			

El análisis de varianza para el diámetro tallo del cultivo en los diferentes invernaderos muestra que existe diferencia significativa estadísticamente entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 16,51% el mismo indica que los datos fueron tomados correctamente durante la investigación.

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0896 gl: 6

TRAT	Medias	n	E.E.	
B	2,08	4	0,15	A
A	1,55	4	0,15	B



En la prueba DUNCAN para el desarrollo del diámetro del falso tallo del cultivo de cebolla cultivados en invernaderos con diferente cobertura en el altiplano indica que el cultivo en el invernadero de color blanco se desarrolló un mejor diámetro del falso tallo con 2.1cm en comparación al tratamiento con techo amarillo con un diámetro de 1,5cm

Diámetro de bulbo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DDB	8	0,76	0,72	12,73

CUADRO 14: Análisis de Varianza para diámetro de bulbo

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8,00	1	8,00	18,60	0,0050
TRAT	8,00	1	8,00	18,60	0,0050**
Error	2,58	6	0,43		
Total	10,58	7			

En el cuadro x análisis de varianza para el diámetro del bulbo (cabeza de la cebolla) indica

**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”**

que existe una diferencia estadística altamente significativa entre los dos tratamientos que son los colores de techo de los invernaderos.

Test:Duncan Alfa=0,05

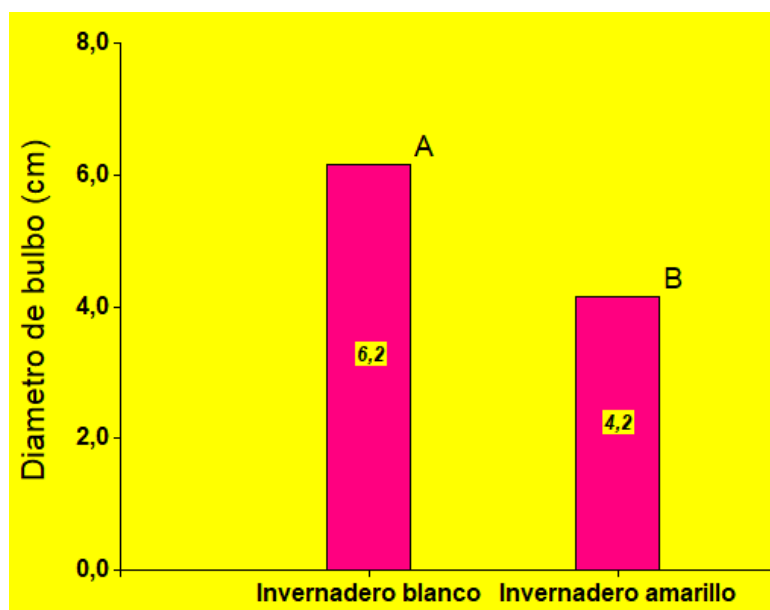
Error: 0,4300 gl: 6

TRAT Medias n E.E.

B 6,15 4 0,33 A

A 4,15 4 0,33 B

La prueba DUNCAN realizado para el diámetro del bulbo de la cebolla cultivados en invernaderos con diferentes tipos de cobertura, nos tiene como resultado de 6,2cm de diámetro del bulbo en plantas cultivadas en invernadero con techo blanco siendo el mejor frente al diámetro de 4,15cm del bulbo del cultivo producidas en el invernadero de techo amarillo



Peso de bulbo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Columnal	8	0,63	0,57	24,23

**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”**

CUADRO 15: Análisis de Varianza para peso de bulbo

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20543,65	1	20543,65	10,22	0,0187
Columna2	20543,65	1	20543,65	10,22	0,0187*
Error	12064,86	6	2010,81		
Total	32608,50	7			

Análisis de varianza realizado para la variable peso del bulbo del cultivo de cebolla, muestra que si existe diferencia significativa entre los tratamientos que son los tipos o color de cobertura de los invernaderos donde se realizó el cultivo, mostrando un coeficiente de variación de 24,23%

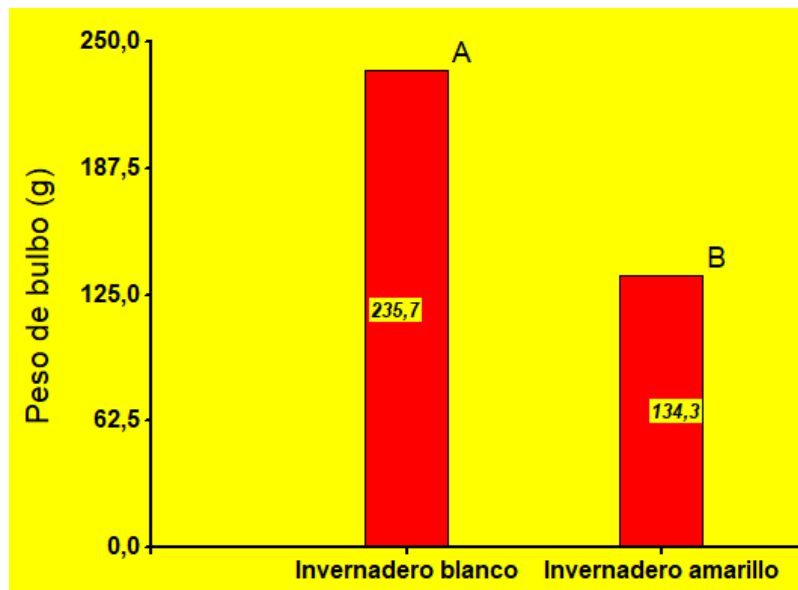
Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 2010,8092 gl: 6

Columna2 Medias n E.E.

B	235,73	4	22,42	A
A	134,38	4	22,42	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



La prueba DUNCAN para la variable diámetro del bulbo del cultivo de cebolla se puede observar una diferencia estadística de 235,7 grs. de peso del bulbo de la cebolla cultivada en invernadero de techo blanco teniendo mejores resultados frente al invernadero con carpa amarillo donde el cultivo mostro un peso del bulbo de 134,3gr.

Según este resultado se puede evidenciar que el color de cobertura o carpa utilizada en invernadero para el cultivo de cebolla en el altiplano boliviano influye significativamente la radiación solar incidente como se muestran en los resultados de los registros de la irradiancia global, temperatura y humedad, así mismo en el tratamiento estadístico de la producción los cuales muestran resultados óptimos para el cultivo de cebollas en ambientes atemperados. Los invernaderos con carpa blanca son una muy buena alternativa para producir este tipo de hortalizas en época de invierno y a la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el altiplano boliviano.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

El estudio de los parámetros que intervienen en los fenómenos físico-biológicos mediante modelos matemáticos es muy útil para prever lo que sucederá bajo diferentes escenarios. Sin embargo, implica disponer de la información de los distintos parámetros, cosa que para el caso de los invernaderos en nuestra estación de kallutaca es complicada, puesto que la información es aún escasa y muchas veces se consideran valores obtenidos bajo condiciones diferentes. La transmitancia es un parámetro de mucha utilidad en los balances de energía en los invernaderos, pero la mayoría de las veces solo se considera el valor comercial de la transmisividad del material proporcionada por el fabricante. Nuestros resultados demuestran que un buen análisis de la irradiancia global y la transmitancia depende de la consideración de factores como, posición del sol en el cielo, la latitud del lugar, la hora y de la forma y orientación del techo del invernadero. Este modelo ayudó a predecir la transmisividad de luz y tomar decisiones para el manejo del clima del invernadero, sin afectar las necesidades energéticas para el desarrollo fisiológico del cultivo.

La eficiencia de un invernadero puede verse mejorada si se utilizan cubiertas adecuadas que maximicen la radiación recibida por el material vegetal en las bandas en que la actividad fotosintética es más fuerte. En este trabajo se estudiaron la irradiancia global, temperatura, humedad relativa y las transmitancias espectrales de dos tipos de cubiertas con pigmentos de diferentes colores.

Hay que tener presente que el uso de estos materiales produce, en general, un efecto en las producciones obtenidas cuando los niveles de radiación solar son bajos o altos y cuando la relación "energía transmitida / energía incidente" es reducida. Por ello es evidente que los materiales fotoselectivos se podrán utilizar de manera conveniente únicamente cuando no existan problemas de intensidad luminosa, ya que todo material coloreado, además de modificar cualitativamente el espectro solar, reduce siempre la transparencia total del film en el visible.

La radiación solar estudiada en esta investigación y su relación con la producción de cebollas en ambientes atemperados, nos muestran que los efectos son muy significativos, ya que el micro clima creado dentro de los invernaderos cambia la irradiancia solar, la temperatura y la humedad respecto a campo abierto, favorecen en la producción de este tipo de hortalizas en esta región altiplánica con una altura promedio de 4000 msnm y en épocas de mucho frío o

invierno como son los meses de julio, agosto y parte de septiembre, prueba muy clara es que en la parcela a campo abierto no se tuvo producción de cebollas, las plantas se fueron muriendo a temprana edad por las condiciones extremas de una radiación solar muy intenso, temperaturas muy bajas como son las heladas y el ambiente muy seco.

Según los resultados obtenidos se puede evidenciar que el color de cobertura o carpa utilizada en invernadero para el cultivo de cebolla en el altiplano boliviano influye significativamente, la cobertura o carpa blanca filtra la radiación solar incidente como se muestran en los resultados de los registros de la irradiancia global, que cambia la temperatura y la humedad dentro el invernadero, así mismo en el tratamiento estadístico de los datos agronómicos sobre el desarrollo y la producción nos muestran resultados óptimos para el cultivo de cebollas en ambientes atemperados. Los invernaderos con carpa blanca son una muy buena alternativa para producir este tipo de hortalizas en época de invierno y a la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el altiplano boliviano.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

A pesar de que la implementación de invernaderos representa amplias ventajas sobre la producción a campo abierto, también es cierto que tiene sus inconvenientes, pues el costo y el mantenimiento requieren de una inversión económica y días de trabajo extras, además no son libres de provocar algún tipo de impacto en el ambiente.

Dentro de los invernaderos obtendremos unas condiciones artificiales (microclima) que genera a las plantas una mayor productividad con un mínimo costo y en menos tiempo. Resguarda a las plantas o cultivos que están en su interior de daños ambientales como heladas, fuertes vientos, granizo, plagas de insectos, etc.

Recomendamos utilizar invernaderos en el altiplano boliviano para la producción de hortalizas como la cebolla, ya que con los invernaderos se intensifica la producción, aumenta el rendimiento, aminora los riesgos de pérdidas en la producción, se hace mayor control de plagas, malezas y enfermedades, posibilidad de cultivar todo el año, obtención de productos fuera de temporada, obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas, obtención de productos de alta calidad, condiciones ideales para investigación.

Los invernaderos con de cobertura o carpa blanca de acuerdo a nuestros resultados finales son los más recomendables para obtener una buena producción en el cultivo de cebollas en esta región altiplánica donde las condiciones climáticas y de radiación solar son extremas y muy notorias en las cuatro estaciones del año.

BIBLIOGRAFIA

- Alarcón Beltrán, K. A. (2019). Evaluación de desarrollo y la producción del cultivo de cebolla de bulbo aplicando tecnologías de sistemas de acolchado, riego por goteo para el municipio de Chipaque Cundinamarca.
- Calderon. (1989). Efecto de fertilidad química y orgánica en el cultivo de Cebolla en el Valle Alto de Cochabamba. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias agrícolas y pecuaria. Cochabamba, Bolivia. pp 1 – 78.
- Castilla, N. (2005). Invernaderos de plástico tecnología y manejo(Mundi-Pren). Almería, España.
- DAPRO y MDP y EP. (2020). Dirección General de Análisis Productivo. Informe estadístico de la Cebolla 2018 – 2019. Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia.
- Carrasco y Ríos, L. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. Idesia (Arica). Place Published, (3): 59-76
- FAO. (2010). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Capacitación en políticas agrícolas y alimentarias: Política de Desarrollo Agrícola, conceptos y principios. Material conceptual y técnico.
- Fischer, G. y Pérez, C. P. (2012). Efecto de la radiación solar en la calidad de los productos hortícolas. *In* Memorias del Congreso Internacional de Hortalizas en el Trópico (en CD) 2012. p. 28-30.
- Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de los Valles (FDTA – Valles). (2007). Manual de cultivo de Cebolla. Cochabamba, Bolivia 13, 16,17, 19 p.
- Hartman, F. (s/f). Invernaderos y ambiente atemperados. Edición FIDE, Bolivia Ltda. La Paz – Bolivia. 9-30p.
- Huanca, S. (2010). Cultivo de cebolla bajo riego para zona altiplánica. Proyecto de Promoción al desarrollo Rural en el Altiplano Central SUMA UMA – JICA. Primera Edición. La Paz, Bolivia. 10, 11, 24 – 60 pp.
- Huanca, P, R. (2016). Comportamiento agronómico de tres variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) bajo tres densidades de siembra en almacigo en la Estación Experimental de Patacamaya.
- Hernández, J.;Escobar, I. y Castilla, N. (2001). La radiación solar en invernaderos mediterráneos. Caja Rural.

- INTA. (2012). Cultivo de cebolla. Informe Técnico. INTA. Disponible en <http://inta.gob.ra/documentos/cultivo-de-cebolla>
- Lerena. (1980). Enciclopedia de la huerta. Editorial Mundo Técnico. S.R.L. Buenos Aires – Argentina. 335 p.
- Lopez. (1994). Horticultura . Primera Edición . Editorial Trillas. México. pp 120 - 121.
- Maroto, J. (1995). Horticultura: herbácea especial. 4 ed. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 56, 611 p.
- Márquez, J. L. L.;Andressen, R. y Denet, M. 2010. Intercepción de radiación solar por el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) en condiciones tropicales semiáridas. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. Place Published, 43-46.
- Machicado, C. (2014). Evaluación agronómica de ocho variedades de cebolla (*Allium cepa*) de fotoperiodo corto en las provincias de Capinota, Quillacollo y Mizque de los valles de Cochabamba.
- Melo, L. I.;Melo, M. M. y Rodríguez, L. F. (2006). Competitividad del sistema agroalimentario de la cebolla de bulbo con enfoque de cadena productiva en el distrito de riego del Alto Chicamocha (Boyacá). Agronomía Colombiana. Place Published, (2): 367-377.
- Ministerio de Desarrollo Rural y tierras (MDRyT). (2012). Compendio Agropecuario. La Paz, Bolivia. 528 p.
- Pérez (2000) En la Revista de la Agricultura, Manejo Agronómico del Ajo y la Cebolla. Editorial IMPRESS. S.A. Agosto del 2000, Guatemala
- Reol, E. M. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. Revista Ecosistemas. Place Published, (1).
- Rojas, F. (2014). Clasificación Filogenéticamente Molecular. Apuntes de Botánica Sistemática. La Paz, Bolivia. 34 p.
- Ruiz, D, T. (1993). Manual de horticultura. La Paz , Bolivia pp.60.
- Secades, P. M.;Martín, I. y Curt, M. D. (1991). La producción vegetal en relación a la radiación solar. Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera. Place Published, (705): 344-350
- Sifuentes, V, W. (2006) Evaluacion Agroeconomica de cinco variedades de cebolla (*Allium cepa*) en invernadero y a campo abierto en San Carlos Guatemala
- Sobrino. (1992). Tratado de horticultura herbacea II. Ed. Aedos Barcelona, España. pp 225 – 243.

Torija, M. E.;Matallana, M. C. y Chalup, N. (2013). El ajo y la cebolla: de las medicinas antiguas al interés actual. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural Sección Biología. Place Published, 29-37.

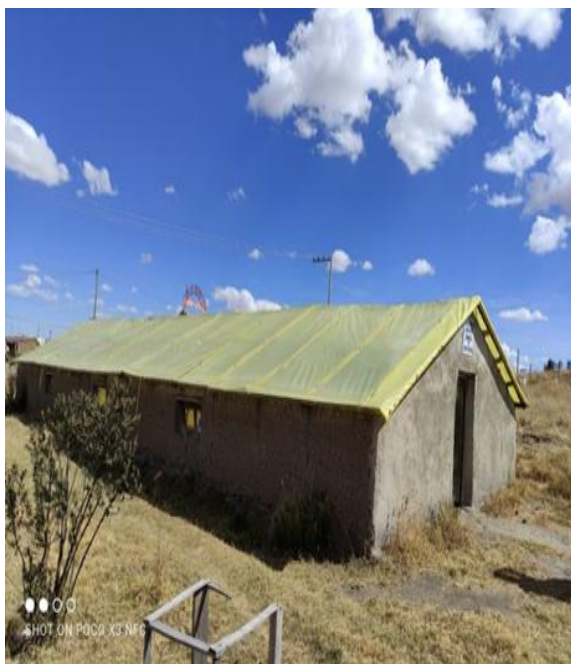
Valadez, L. (1993). Producción de hortalizas. México, D.F. 85 – 95 pp.

Zaratti, F; Forno, R., Garcia, J.; Andrade, M. (2003). Erythemally weighted UV-B variations at two high altitude locations. Journal Geophysical Research, Vol.108, No. D9, 4263

WEBGRAFIA

<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>

ANEXOS



Anexo 1. Ubicación de la investigación

**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”**



Anexo 2. Incorporacion de materia organica





Anexo 3. Preparacion del terreno en la carpa amarilla de Fitopatologia.



Anexo 4. Preparacion del terreno a campo abierto

**“ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR EN AMBIENTES
ATEMPERADOS Y A CAMPO ABIERTO EN LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL KALLUTACA”**



Anexo 5. Preparacion del terreno en la carpa blanca de Horticultura



Anexo 6. Trasplante y riego de la cebolla a campo abierto



Anexo 7. Se cubrio con mulch



Anexo 8. Trasplante y riego de la cebolla en la carpa amarilla de fitopatología



Anexo 9. Trasplante y riego de la cebolla en la carpa blanca de horticultura



Anexo 10. Riego constante en el cultivo de cebolla





Anexo 11. Al cultivo de cebolla se les puso letreros en los diferentes áreas de investigación



Anexo 12. Medicion y toma de datos



Anexo 13. Cosecha de la cebolla