

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA COMERCIAL

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE MALLA DE SOMBREADO EN HUERTOS DE PERAS
PACKHAM'S TRIUMPH**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

AUTOR

CRISTIAN ESTEBAN VALDÉS ARRIAGADA

PROFESOR GUIA

RODRIGO AUGUSTO ORTEGA BLU

PROFESORES CORREFERENTES

ROBERTO MUÑOZ LAGOS

HUGO POBLETE HERRERA

SANTIAGO DE CHILE, 13 DE MARZO, 2021

Dedicatoria

Gracias a Dios por permitirme llegar hasta esta instancia, de poder presentar este trabajo, soy consciente que todo esto está en sus manos, y sin en nada de esto sería posible, a él la gloria.

Gracias a mi familia, particularmente a mi padre Fernando y a mi madre Carolina, con su apoyo y entrega me permitieron cumplir este ciclo, me apoyaron en todo momento, solo ustedes saben el camino recorrido, no puedo no mencionar a Daniel y Natalia, gracias por ser los maravillosos hermanos que son, no hay estrés que se resista a sus risas y anécdotas, son geniales.

Gracias a mis profesores, en especial a usted Profesor Rodrigo Ortega por proveerme muchas oportunidades impensadas para mí, por su gran disposición, buena voluntad y grandes conocimientos, que me hicieron amar esta disciplina basada en los datos y la información.

Gracias Don Hugo por hacer posible esta experiencia, por proveerme los medios necesarios, agradezco su buena voluntad y sus conocimientos.

INDICE

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	8
2. MARCO TEORICO.....	9
2.1 Cambio climático	9
2.1.1 Calentamiento global	12
2.1.1.1 Principal causa del calentamiento global	13
2.1.1.2 Radiación de onda corta–larga y efecto invernadero	13
2.1.1.3 Consecuencias del calentamiento global y su implicancia en la agricultura....	16
2.2 Radiación solar y agricultura	17
2.2.1 Radiación fotosintéticamente activa	18
2.2.2 Golpe de sol.....	19
2.2.2.1 Daño económico producido por el golpe de sol en La Rosa Sofruco S.A. en peras Packham Triumph.....	20
2.2.3 Medidas de protección ante golpe solar	22
2.2.3.1 Protectores químicos	22
2.2.3.2 Malla protectora	23
2.2.3.3 Riego Evaporativo.....	24
2.2.3.4 Manejo del vigor de los arboles	25
2.2.3.5 Ubicación y orientación del huerto	26
2.2.3.6 Envoltura de frutos individuales	26
3. OBJETIVOS	27

3.1 Objetivo General	27
3.2 Objetivos específicos	27
4. METODOLOGÍA	28
4.1 Análisis de efectividad técnica de la malla de sombreado	28
4.2 Análisis económico	29
4.3. Materiales y métodos	29
4.3.1 Muestreos	29
4.3.2 Sensores de temperatura.....	31
4.3.3 Herramientas de análisis estadístico.....	32
4.3.3.1 Análisis de estadística descriptiva.....	32
4.3.3.2 Análisis de regresión lineal	33
4.3.3.3 Análisis de regresión logística	33
4.3.4 Análisis fotográfico.....	33
4.3.5 Evaluación costo beneficio	33
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1 Resultados de muestreo y análisis descriptivo	35
5.2 Resultados de regresión.....	37
5.2.1 Regresión lineal.....	37
5.2.2 Regresión lineal con variable dependiente ordinal	38
5.2.3 Regresión Logística.....	38
5.3 Resultados del análisis fotográfico.....	39
5.4 Análisis económico	40

6. CONCLUSIÓN	43
7. REFERENCIAS	45
8. ANEXOS.....	47
8.1 Normalidad de variables	47
8.1.1 Peso y diámetro	47
8.1.2 Temperatura sensores.....	48
8.1.3 Resultado de imágenes.....	48
8.2 Estadísticos descriptivos, comparación de varianza y media de variables	48
8.2.1 Peso y diámetro	48
8.2.2 Temperatura sensores.....	49
8.2.3 Resultado de imágenes.....	51
8.3 Modelos regresivos	51
8.3.1 Regresión lineal.....	51
8.3.2 regresión lineal con variable dependiente ordinal.....	52
8.3.3 Regresión logística	52
8.4 Análisis económico	54
8.4.1 Costos relacionados al tratamiento de golpe de sol	54
8.4.2 Variables simuladas	54

ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Gráfico Oscilación secular del clima a partir del año mil	11
--	----

Ilustración 2: Gráfico concentración de CO ₂ (%) y anomalía de la temperatura respecto a la temperatura moderna a lo largo de la historia.....	12
Ilustración 3: Esquema del espectro electromagnético, frecuencias, longitudes de onda y energías	14
Ilustración 4: Efecto invernadero.....	15
Ilustración 5: Absorción de luz de distintos pigmentos.....	18
Ilustración 6: Tasa de fotosíntesis en función de la emisión de O ₂	19
Ilustración 7: Daño por sol en peras	20
Ilustración 8: Precios promedios de comercialización de pera Packham Triumph	21
Ilustración 9: Aplicación de caolinita	22
Ilustración 10: Huertos con malla tipo "mediagua"	24
Ilustración 11: Riego Evaporativo	25
Ilustración 12: Envoltura individual de frutos con cambuchos de papel en plantas de granado ..	26
Ilustración 13: Fruto de la variedad Fuji con un severo daño por golpe de sol	27
Ilustración 14: Sector con malla de sombreado en el huerto	30
Ilustración 15: Ubicación de termógrafos.....	31
Ilustración 16: Termógrafos.....	32
Ilustración 17: Diagramas de caja con las distribuciones de los sensores	36

TABLAS

Tabla 1: Resultados de muestreo	35
Tabla 2: Resultados de sensores	36

Tabla 3: Bondad de ajuste del modelo Logit	39
Tabla 4: Probabilidades en función de la presencia o ausencia de malla de sombreado	39
Tabla 5: Resultados Análisis fotográfico	39
Tabla 6 Escenario 1 Sin malla	40
Tabla 7 Escenario 2 Con malla	40
Tabla 8 Resultados de simulación.....	42

ECUACIONES

Ecuación 1: Modelo MCO	37
Ecuación 2 Modelo MCO con variable dependiente ordinal.....	38
Ecuación 3: Modelo Logit	38

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La agricultura y la fruticultura son algunas de las prácticas más antiguas ejercidas por la humanidad, siendo en un inicio un medio de subsistencia complementario a la ganadería. A lo largo de la historia logran posicionarse como actividades fundamentales para el desarrollo humano.

Muchos son los países que en la actualidad dependen de estas actividades, a tal grado que un alto porcentaje del producto interno bruto tiene relación directa con la agricultura y la fruticultura. Algunos países como Chile continúan relacionándose con los cultivos de diversas especies, y a pesar de que la agricultura no es la actividad que más aporta en términos numéricos al producto interno, sigue siendo un sector muy importante, que moviliza una gran cantidad de recursos y aporta muchos puestos de trabajo.

El desarrollo de la fruticultura y la agricultura ha ido avanzando en compás con el avance tecnológico. En la constante búsqueda de mejorar las técnicas productivas que aseguren una mayor calidad y cantidad en las cosechas, las empresas del rubro se ven enfrentadas a varios obstáculos que entorpecen la llegada al objetivo propuesto.

Son muchos los factores externos que afectan de manera negativa los resultados finales obtenidos en un año agrícola, algunos de estos son: el clima, la erosión del suelo, la compactación, la escasez hídrica, las plagas, entre otros. Sin embargo, el factor a considerar en este estudio es la radiación solar y su incidencia en la calidad de la fruta producida.

El golpe de sol puede ser considerado el problema más importante en huertos de manzano en la última década, pudiendo alcanzar incidencias de más de un 40% en algunas localidades y en ciertas variedades. El problema, no obstante, se ha hecho extensivo a otras especies frutales y pareciera

ser transversal a todos los cultivos que crecen bajo condiciones de alta temperatura (T°) e intensidad lumínica (Yuri, Pomaceas, 2001).

La característica principal de este problema es el daño que se genera en la fruta, que a su vez impacta el valor de comercialización y exportación, impidiendo que esta pueda llegar a venderse en mercados extranjeros.

Ante este problema se han propuesto diversas alternativas que permitan disminuir el efecto provocado por el golpe de sol, tales como la aplicación de protectores solares como caolín, los envoltorios de papel y la sombra con mallas (Díaz Soler, 2012), siendo el ultimo procedimiento mencionado el objeto del estudio en cuestión.

La incógnita de Sociedad Agrícola La Rosa Sofruco S.A. Empresa que cultiva peras y que lidia contra el efecto del golpe de sol, se puede separar en tres preguntas ¿Es significativo el efecto protector generado por la malla? ¿Cuál es el impacto económico y los beneficios que la malla aporta? ¿Vale la pena realizar la inversión? La resolución de estas permitirá aportar en la toma de decisiones y evaluación de métodos para enfrentar las externalidades propias del rubro agrícola.

2. MARCO TEORICO

2.1 Cambio climático

El clima puede ser comprendido como un fenómeno de interés para muchas disciplinas. Incluye un conjunto de elementos y condiciones atmosféricas que logran afectar al planeta, factores tales como la humedad, la temperatura, la velocidad del viento, que inciden de manera directa en el desarrollo de la naturaleza, así mismo estos factores también afectan el desarrollo de las actividades económicas propias del ser humano.

A nivel general se tiende a considerar al clima como una serie de condiciones variables a lo largo del tiempo, las cuales, a nivel general, no responden a un comportamiento cíclico (mayor a un año). Sin embargo, al extender el rango de análisis del clima, y entender este mismo como una longeva serie temporal, es posible darse cuenta de que el clima no es un sistema macroestructural perfectamente invariable, pero si obedece a una estructura estacionaria con ciertos comportamientos cíclicos.

El cambio climático puede ser entendido como la variación a nivel global del clima. Su estudio se basa fundamentalmente en el análisis de los estados estacionarios que ha presenciado el clima del planeta a lo largo de la historia, así como también aquellos fenómenos que han hecho variar el comportamiento general de este. Se estudian las variaciones climáticas a lo largo de la historia, a fin de comprender el alcance que podrían llegar a tener fenómenos actuales tales del calentamiento global (Lozano y col., 2007).

El estudio del cambio climático permite realizar inferencias prácticas respecto al comportamiento que experimenta el clima, y como este y su desarrollo han repercutido y/o pueden seguir afectando el comportamiento de la naturaleza y también al desarrollo de las actividades realizadas por el ser humano.

El alcance del cambio climático referente al efecto que este genera en el desarrollo de la actividad humana puede ser comprendido analizando las repercusiones históricas de ciertos fenómenos climatológicos registrados, un ejemplo se muestra en el artículo referenciado anteriormente de Caballero, Lozano, & Ortega (2007). El cual detalla que, mediante estudios en las partículas de oxígeno contenidas en los casquetes polares, se ha podido determinar que entre los siglos XV, XIX la tierra tenía un clima mucho más frío que el actual, conociéndose este como

la pequeña edad de hielo, periodo que se caracterizó como una época de grandes problemas a nivel agrícola, donde las crisis hídricas fueron constantes en los registros de ayuntamientos europeos.

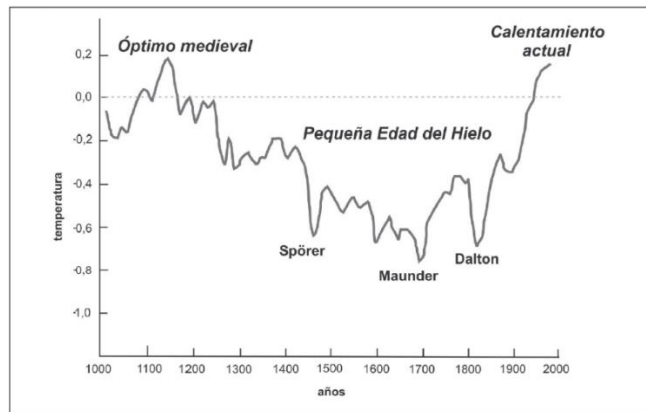


Ilustración 1: Gráfico Oscilación secular del clima a partir del año mil

(Gómez Ortiz & Plana Castellví, 2006)

A modo de un segundo ejemplo, que es capaz de mostrar el comportamiento cíclico que presenta el clima, se detalla el siguiente gráfico, donde la concentración de dióxido de carbono (CO_2) se correlaciona con las disminuciones y aumentos en la temperatura a lo largo del tiempo, generándose ciclos de frío.

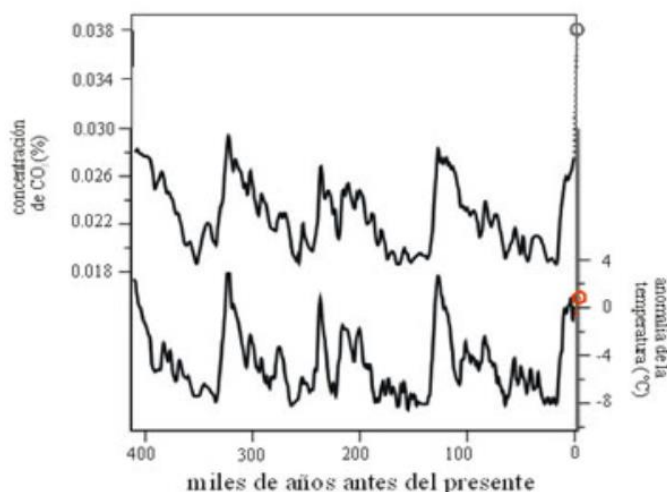


Ilustración 2: Gráfico concentración de CO₂ (%) y anomalía de la temperatura respecto a la temperatura moderna a lo largo de la historia

(Caballero, Lozano, & Ortega, 2007)

2.1.1 Calentamiento global

El calentamiento global es uno de los fenómenos más urgentes y contingentes del último tiempo. Puede ser definido como el aumento en la temperatura promedio de la tierra, aumento que está íntimamente relacionado con una serie de factores, tanto naturales como inducidos por la actividad humana.

Su contingencia y gran importancia en el debate público se relaciona a los diversos problemas que este fenómeno genera, y las diversas consecuencias que actualmente se experimentan, así como aquellas que puedan llegar a percibirse con el paso de los años. El principal foco problemático del calentamiento global se sustenta en el efecto nocivo que el alza de las temperaturas genera en el medioambiente, lo cual repercute en el desarrollo normal de los ciclos naturales y de la vida silvestre, así como también, se ve afectado el desarrollo de la actividad humana.

2.1.1.1 Principal causa del calentamiento global

El calentamiento global no es un fenómeno monocausal, sino que se compone como una serie de factores que inciden en el aumento de las temperaturas. Sin embargo, la variable que es capaz de explicar gran parte del fenómeno del alza de las temperaturas es el aumento en la concentración de dióxido de carbono CO_2 en la atmosfera.

2.1.1.2 Radiación de onda corta–larga y efecto invernadero

Todos los cuerpos en el espacio emiten algún tipo de radiación, y está varía dependiendo la frecuencia a la cual se emite, a mayor frecuencia, mayor es la energía, así mismo, a mayor longitud de onda, menor energía. Sin embargo, la radiación también se relaciona con la temperatura del cuerpo que la emite, así como también, con la temperatura del cuerpo que la absorbe. Dentro del espectro de la radiación se distinguen distintos tipos, siendo la radiación gamma aquella que posee una mayor energía y frecuencia, así como una menor longitud de onda, le sigue a esta radiación los rayos x, radiación ultravioleta, radiación infrarroja, microondas, ondas de radio, siendo estas últimas las de mayor amplitud y menor energía.

Así mismo, otro factor que está íntimamente relacionado con la frecuencia, la energía y la longitud de onda, es la temperatura, mientras más energía posee la onda, esta también tiene mayor

temperatura, de la misma manera, una onda con una alta longitud de onda posee una menor temperatura.

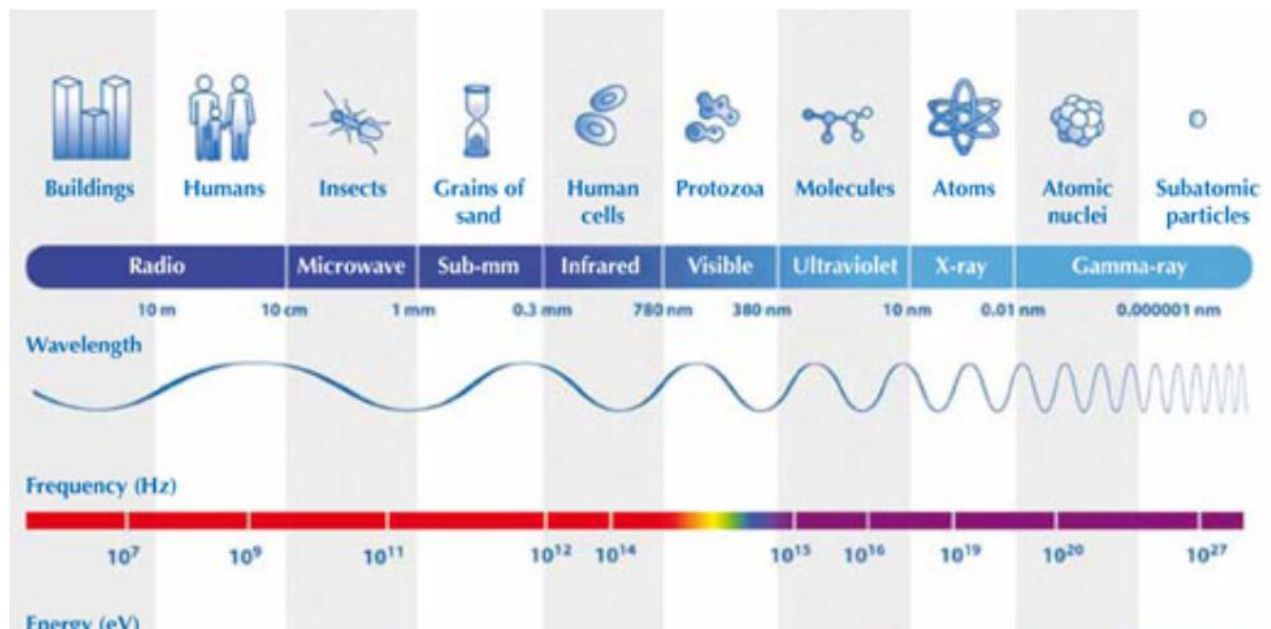


Ilustración 3: Esquema del espectro electromagnético, frecuencias, longitudes de onda y energías

(Mignone & Barnes, 2012)

La radiación que el ser humano puede observar se diferencia en un espectro de colores que inicia en orden energético con el rojo, siendo este el portador de menor energía y culmina con el violeta, el resto del espectro tanto de menor como mayor energía no es posible visualizarlo.

Tanto la tierra como el sol emiten radiación, siendo este último quien emite una radiación mucho más potente en términos energéticos; dada esta gran diferencia, la radiación solar es conocida como radiación de onda corta, mientras que la radiación emitida por la tierra es conocida como radiación de onda larga.

Parte de la radiación que es emitida por el sol logra llegar a la tierra, de esa radiación una parte es absorbida por la capa de ozono, precisamente la radiación ultravioleta de baja frecuencia (150-300 nm), el resto que no es absorbido por algún gas o reflejado, es absorbido por la corteza

terrestre, haciendo que esta emita radiación de menor frecuencia (infrarroja), sin embargo, parte de esta radiación emitida por la tierra, no logra permear la propia pared gaseosa del planeta, sino que vuelven a ser reflejada hacia la corteza, generándose un aumento en las temperaturas.

En base a lo señalado por Garduño (2004) la capa de gases de la atmosfera es muy permeable por la radiación proveniente del sol y, por el contrario, muy difícil de permear por la radiación que emite la tierra, siendo este un factor que incide directamente en el aumento de las temperaturas.

La evidente dificultad que la radiación infrarroja posee para lograr salir hacia el espacio se debe al aumento en la atmosfera de gases que impiden la salida de esta, siendo estos gases conocidos como “gases de efecto invernadero”. Dentro de estos gases se encuentra el dióxido de carbono (CO_2), así como también el metano, entre muchos otros.



Ilustración 4: Efecto invernadero

(Caballero, Lozano & Ortega, 2007)

2.1.1.3 Consecuencias del calentamiento global y su implicancia en la agricultura

Las consecuencias del calentamiento global afectan de manera significativa el desarrollo humano, así como el ecosistema y de manera particular, a la agricultura.

“Quizás uno de los más claros es que los glaciares se derriten, tanto los de las montañas como los que forman los casquetes polares” (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007). El aumento en las temperaturas provocará el derretimiento de las mayores masas de agua dulce, lo cual aumentará de manera lenta pero progresiva el nivel del mar, de igual manera, disminuirá la disponibilidad de agua para el consumo humano y para la agricultura, lo que se traducirá en problemas de irrigación de cultivos, lo cual afectará negativamente el vigor de las plantas, la cantidad de fruta o grano cosechado, así como la calidad de estos productos.

Otro efecto del calentamiento global es el cambio en los patrones de precipitación, esto se traduce en sequías, así como también inundaciones, ambas situaciones catastróficas para la agricultura, dado el peligro al que quedan expuestos los cultivos.

Según Rodríguez Vargas (2007). Las consecuencias de una inundación son: daños en los cultivos, erosión del suelo e inhabilidad para cultivar tierras por la extracción de agua de los suelos. Por su parte, la sequía trae como consecuencia: Degradación de tierras y tanto daño como pérdidas de cultivos.

“En las áreas secas, se espera que el cambio climático conduzca a salinización y desertificación de tierras agrícolas” (Rodríguez Vargas, 2007), esto implica una disminución en la superficie apta para el cultivo y el desarrollo de la agricultura.

En base a lo expuesto por Rodríguez Vargas (2007). Se reducirá el rendimiento de los cultivos en zonas frías, producto del estrés que el calor genera. El aumento en las temperaturas no solo

afecta al cultivo, sino también a la calidad de la misma fruta. Este efecto conocido como golpe de calor, golpe de sol o estrés térmico corresponde al objeto de interés a observar y analizar en el presente estudio, pues su repercusión en la calidad del producto final y las limitaciones económicas que este problema genera despierta el interés en la búsqueda de medidas paliativas que permitan mantener un nivel de rentabilidad óptimo.

2.2 Radiación solar y agricultura

La radiación solar está íntimamente relacionada con el desarrollo de la vida vegetal, la energía del sol es uno de los principales elementos necesarios para la realización de la actividad fotosintética.

La fotosíntesis es un proceso fisicoquímico por el cual plantas, algas, bacterias fotosintéticas y algunos protistas como diatomeas utilizan la energía de la luz solar para sintetizar compuestos orgánicos. Se trata de un proceso fundamental para la vida sobre la tierra y tiene un profundo impacto sobre la atmósfera y el clima terrestres: cada año los organismos con capacidad fotosintética convierten en carbohidratos más del 10% del dióxido de carbono atmosférico. El conocimiento básico de este proceso es esencial para entender las relaciones entre los seres vivos y la atmósfera, así como el balance de la vida sobre la tierra (Pérez-Urria Carril, 2009).

2.2.1 Radiación fotosintéticamente activa

La radiación fotosintéticamente activa corresponde a aquella radiación cuyo rango de longitudes de onda son capaces de producir actividad fotosintética.

La radiación fotosintéticamente (PAR) activa es la región del espectro solar cuya longitud de onda está comprendida entre 0.40 y 0.70 μm . Los valores del PAR son importantes como parámetro de entrada de energía en diversos procesos biológicos y su evaluación temporal tiene particular interés en el seguimiento del crecimiento de cultivos. Debido a que las plantas realizan fotosíntesis y que el PAR es su fuente de energía, conocer la distribución espacial y temporal del mismo es fundamental para el análisis de los procesos biológicos asociados (Grossi Gallegos, 2005).

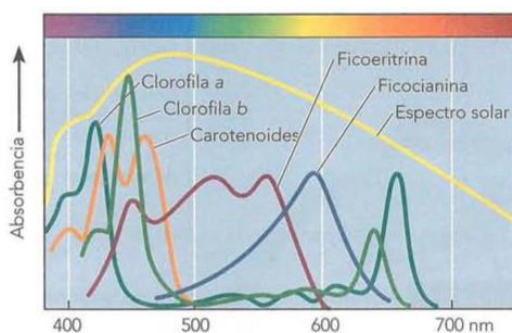


Ilustración 5: Absorción de luz de distintos pigmentos

(Nabors, 2006)

La ilustración anterior muestra como la clorofila absorbe luz mayoritariamente en la región azul y roja respectivamente, reflejando principalmente, la zona del *espectro* verde. Ante longitudes de onda mayores a 400 nm o menores a 700 nm, la absorción comienza a disminuir hasta que ya no es posible aprovechar la energía que llega a la planta para la actividad fotosintética.

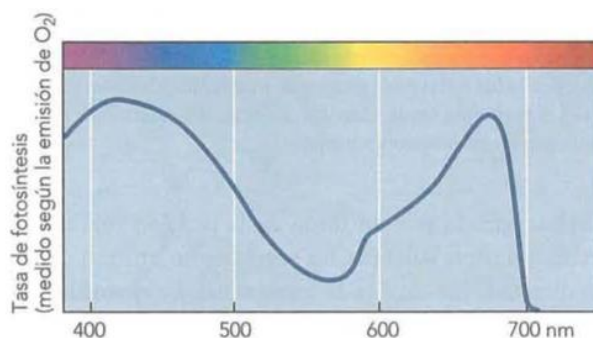


Ilustración 6: Tasa de fotosíntesis en función de la emisión de O_2

(Nabors, 2006)

En base a las imágenes anteriores, se determina que la clorofila es el principal pigmento responsable de la fotosíntesis en las plantas, pues en los valores donde este pigmento es capaz de absorber más energía, la tasa de fotosíntesis es mayor.

2.2.2 Golpe de sol.

El golpe de sol puede ser entendido como un fenómeno químico que se produce en la fruta producto de un exceso de energía fotoquímica. Según Guerrero (2014), el golpe solar puede describirse como un proceso de estrés térmico e hídrico producido en la fruta, producto del exceso de energía fotoquímica que no puede utilizarse en la fotosíntesis, y que se libera en reacciones foto-oxidativas.

En base a lo señalado por Chabbal et al. (2014), el golpe de sol genera un aumento en la temperatura del fruto, lo cual ocasiona modificaciones en los pigmentos celulares, llegando a casos extremos donde se genera muerte celular generando zonas necróticas.

El daño solar se traduce en la producción de fruta defectuosa, con problemas que van desde lo estético, con manchas en la periferia del fruto, así como también ennegrecimiento producto de la necrosis anteriormente señalada.



Ilustración 7: Daño por sol en peras

(Yuri, 2001)

Según Yuri (2001). La radiación UV-C (<280 nm) y UV-B (280-320 nm) son altamente dañinas, y actualmente pueden llegar al tejido de la fruta con mayor facilidad, gracias al debilitamiento de la capa de ozono. Esto muestra que la radiación de onda corta que no es absorbida afecta de manera directa la calidad de la fruta, así como también a las plantas.

Aquella energía fotoquímica que no es utilizada en la fotosíntesis se transforma en calor, lo cual aumenta la temperatura de las plantas y frutos, a su vez, la radiación de onda larga producida por la tierra, energía infrarroja, aporta calor directo a la fruta, generando estrés térmico.

2.2.2.1 Daño económico producido por el golpe de sol en La Rosa Sofruco S.A. en peras Packham Triumph

El daño producido por el golpe de sol impacta de forma directa la comercialización de la fruta expuesta a este problema, pues afecta la calidad de la fruta.

Una fruta con un alto nivel de daño solar no puede ser exportada a los mercados de interés, sino que, dependiendo del daño, deben ser desechados al momento de la cosecha, o vendidos en el mercado interno a un precio mucho más bajo del precio promedio de exportación.

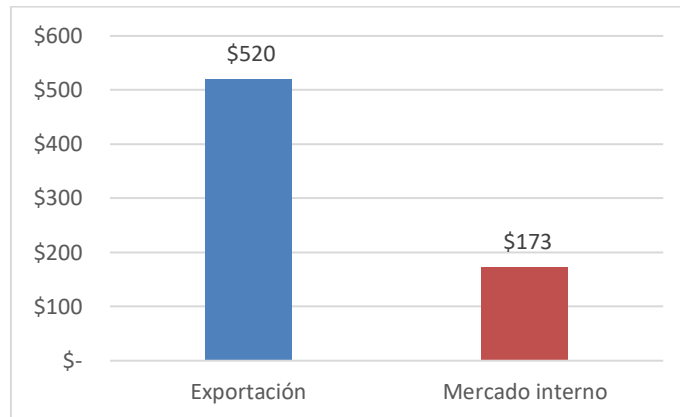


Ilustración 8: Precios promedios de comercialización de pera Packham Triumph

En base a lo observado, el precio promedio de exportación es 3 veces más alto que el precio de venta en el mercado interno, lo que supone una urgencia para la empresa poder exportar el mayor porcentaje de fruta posible.

En base a los registros actuales, en la producción 2019-2020 el costo de producción de un kilogramo de peras asciende a 186 pesos, lo que implica, que la fruta no exportada representa una pérdida directa de CLP13 por cada kilogramo de fruta no exportado.

En la temporada 2019-2020 el 15.3% del total de fruta cosechada no pudo llegar a ser exportada por problemas directos relacionados con el daño solar.

Si se toma como referencia un huerto estándar que produce 60.000 kilogramos de fruta, 9180 kilogramos son rechazados por daño solar, implicando con ello una pérdida directa estimada de CLP 119.340.

2.2.3 Medidas de protección ante golpe solar

El desarrollo de la agricultura, la medición y cuantificación de los efectos nocivos a los que esta actividad se enfrenta, ha permitido el desarrollo de técnicas y estrategias que permiten aminorar los distintos tipos de riesgos propios de la actividad.

En el caso de las medidas que permiten proteger los huertos del daño producido por golpe de sol, se han generado distintas alternativas que disminuyen el porcentaje de daño solar, dentro de estas, muchas pueden trabajar de manera complementaria, a fin de reducir el nivel de daño.

2.2.3.1 Protectores químicos

Una de las alternativas más generalizadas para prevenir el daño por golpe de sol se basa en la aplicación de productos químicos que sirvan como pantalla reflectante de luz solar, en base a lo expuesto por Yuri (2001). El principal producto aplicado es la caolinita, sustancia que dado su color blanco sirve como pantalla bloqueadora, su utilización busca aumentar el nivel de reflectancia de radiación nociva y con esto disminuir la temperatura de los frutos y aminorar el daño producto de la exposición directa a la radiación.



Ilustración 9: Aplicación de caolinita

(Yuri, 2001)

Actualmente existen otras alternativas químicas, altas en vitaminas C o vitamina E, que se postulan como nuevas opciones capaces de funcionar como pantalla solar, sin embargo, su eficacia sigue siendo materia de estudio.

Dentro de los huertos de la empresa, la caolinita es la alternativa que se ha aplicado durante años, como método para el control del daño provocado por golpe sol, actualmente el daño solar en peras Packham Triumph fue de un 15.3% del total cosechado en la temporada 2019-2020.

2.2.3.2 Malla protectora

Dentro del concepto de la protección contra el daño solar, la malla de sombreado es una de las alternativas más recurrentes para proteger la fruta, siendo un método ampliamente utilizado en plantaciones de manzanas y otras pomáceas.

El insumo esencialmente consiste en una malla de polietileno color blanco o negro, la cual es dispuesta estratégicamente para la generación de sombra a lo largo del día. En base a lo planteado por Soriano (2006) “Cuanto mayor sea la densidad y su grosor, mayor será el sombreado proporcionado por la malla”. A su vez, en la actualidad se han llevado a cabo pruebas con mallas de distintos colores, a fin de encontrar nuevos beneficios que las mallas pueden aportar para el cultivo y desarrollo de los frutales.

El uso de mallas protectoras resulta ser una alternativa con bastante versatilidad, según Yuri (2001). Deben ser extendidas antes de los primeros días calurosos, y recogida posteriormente a la cosecha para que las hojas puedan captar una alta intensidad lumínica, sin embargo, a pesar de los beneficios positivos que la malla genera, distintos autores advierten que deben realizarse estudios para evaluar si el uso de la malla puede afectar a lo largo de los años algún aspecto nutricional, problemas de pigmentación o brotación.

La malla protectora es el método que actualmente se encuentra en periodo de evaluación para su aplicación general en los huertos de la empresa. El costo general de instalación de malla es significativamente más elevado que la aplicación de caolinita usada actualmente, siendo 4.3 veces más elevado el costo anual de instalación y recogida de malla, que el costo anual de aplicación de caolinita. Esto sugiere que la malla solo poseerá viabilidad económica, si los beneficios por protección de daño solar en huertos con mallas son sustancialmente mayores a los huertos donde se aplica bloqueador solar, tal que, sean capaces de compensar el mayor costo y generar un relativo nivel de rentabilidad.



Ilustración 10: Huertos con malla tipo "mediagua"

(Yuri, 20001)

2.2.3.3 Riego Evaporativo

En base al artículo de Yuri (2001). El riego evaporativo es otra alternativa para combatir el daño solar, siendo popular y mayormente utilizada en Estados Unidos. Consta de la aspersión de agua en altura y tiene por objetivo disminuir la temperatura de los frutos, dado que el agua es capaz de consumir 80 cal/mL de agua. Este medio se convierte en un eficaz método de control de golpe de sol, dado la gran capacidad de refrigeración del agua.



Ilustración 11: Riego Evaporativo

(Yuri, 2001)

El gran inconveniente que presenta este método se basa en el desconocimiento de cuando se debe encender y apagar este mecanismo, así mismo, es difícil de implementar en sectores donde existe escasez hídrica, ya que la racionalización de agua impide que este mecanismo pueda implementarse de forma absoluta. Finalmente, otro problema que señala Yuri (2001) respecto a este método de control de golpe de sol, es la acumulación de impurezas en la fruta producto de la aspersión con agua de riego.

2.2.3.4 Manejo del vigor de los arboles

Otro de los mecanismos que permiten afrontar el golpe de sol se basa en manejar un delicado equilibrio entre el follaje de los árboles y la exposición al sol, según Yuri (2001). En los tiempos actuales se está optando por disminuir el follaje de los árboles, así como también formar arboles más pequeños, que carguen mucha fruta, la cual tiene una mayor posibilidad de recibir directamente la radiación solar, dada una menor cantidad de sombra natural.

2.2.3.5 Ubicación y orientación del huerto

Uno de los factores que podrían ayudar a aminorar el golpe de sol es la orientación del huerto y la capacidad que este tiene de ser un conducto de corrientes de aire, sin embargo, no existe un consenso exacto que permita determinar la mejor orientación que debería tener un huerto, a su vez, esta medida es muy costosa de implementar en huertos que ya están desarrollados, por lo que es una opción poco viable, no obstante, es un factor a considerar en las nuevas plantaciones.

2.2.3.6 Envoltura de frutos individuales

El método en cuestión consiste en cubrir las frutas con envoltorios, el propósito es impedir el contacto directo entre la fruta y la luz solar, este mecanismo se caracteriza por ser muy costoso, y es utilizado solamente en huertos de alto valor, los envoltorios utilizados mayormente son de papel de fruta.



Ilustración 12: Envoltura individual de frutos con cambuchos de papel en plantas de granado

(Díaz Soler, 2012)

A pesar de ser un buen método para prevenir y aminorar el daño por golpe de sol, dada la acumulación de calor total al interior del envoltorio, es posible que la fruta pueda sufrir quemaduras graves.



Ilustración 13: Fruto de la variedad Fuji con un severo daño por golpe de sol

(Yuri, 2001)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Estimar y cuantificar el beneficio total proporcionado por la malla de sombreado en huertos de peral variedad Packham's Triumph tanto a nivel técnico como económico, a fin de determinar la factibilidad de inversión en este mecanismo como el nuevo medio para el control de daño por golpe de sol.

3.2 Objetivos específicos

- Cuantificar el efecto protector que produce la malla de sombreado sobre el golpe de sol.
- Buscar posibles efectos secundarios que la malla puede generar tanto en la fruta como en el ambiente.

- Estimar los beneficios económicos que la malla podría producir en el corto y mediano plazo.

4. METODOLOGÍA

4.1 Análisis de efectividad técnica de la malla de sombreado

Se realizó un estudio fundamentado en la recolección de información procedente de distintos muestreos, los cuales permitieron comparar la efectividad de la malla de sombreado en contraste del actual método de control de daño solar en la empresa, la aplicación de caolinita.

El estudio constó de un primer muestreo de frutos, cuyo objetivo fue comparar de manera estadística, las características principales de dos muestras objetivo: una conformada por frutas pertenecientes a árboles que recibieron tratamiento con caolinita y otra de frutos procedentes de árboles con malla de sombreado. Se buscó determinar si existen diferencias a nivel fruto entre ambos métodos de control de golpe de sol, estudiando el nivel de daño sumado a otras características de interés. El muestreo es la columna vertebral de la investigación, pues todo el proceso de inferencia estadística posterior se realizó en base a los datos obtenidos de este procedimiento. Los datos obtenidos son los siguientes:

-Peso del fruto

-Diámetro

-Nivel de daño (Ninguno-Leve-Medio-Alto)

A modo de segundo muestreo, se realizó una segunda recolección de frutos, procedentes de los mismos grupos de interés del primer muestreo, los cuales fueron analizados a través de un proceso fotográfico, el cual tuvo por objetivo evaluar el nivel de reflectancia de luz ultravioleta por parte del fruto.

Finalmente se realizó una comparación de temperaturas entre sectores con malla y sin malla, con el objetivo de determinar si la malla de sombreado tiene la capacidad de influir en la temperatura dentro del huerto.

4.2 Análisis económico

El análisis económico se concibe como la etapa posterior al análisis de efectividad técnica. En el presente trabajo se realizó un estudio costo beneficio, mediante la comparación de dos escenarios, uno basado en la situación actual de la empresa, con las aplicaciones de caolinita como medio de control del daño para golpe de sol, contra un segundo escenario basado en la implementación de la malla de sombreado. Para este estudio se consideraron los parámetros de cosecha y precios de venta 2019-2020, así como también la información obtenida de los procedimientos estadísticos realizados en el análisis de factibilidad técnica. También se añadió el efecto de la incertidumbre mediante la modelación de variables que influyen en la rentabilidad económica para los periodos posteriores.

Mediante este análisis, se evaluó el beneficio económico obtenido por la implementación de la malla en los huertos de peral var. Packham Triumph.

4.3. Materiales y métodos

4.3.1 Muestreos

Para la recolección de datos necesaria para el modelamiento estadístico, se realizó un muestreo probabilístico estratificado.

El **muestreo estratificado** es un proceso de dos pasos en que la población se divide en subpoblaciones o estratos. Los estratos tienen que ser mutuamente excluyentes y colectivamente

exhaustivos, por lo que cada elemento de la población debe asignarse a un único estrato sin omitir algún elemento de la población. A continuación, se seleccionan los elementos de cada estrato mediante un procedimiento aleatorio, por lo regular a través de un muestreo aleatorio simple. Aunque en teoría sólo debe emplearse el muestreo aleatorio simple para seleccionar los elementos de cada estrato, en ocasiones se emplean el muestreo sistemático y otros procedimientos de muestreo probabilístico. (Malhotra, 2008).

Las muestras recolectadas proceden de un huerto homogéneo llamado “La Vaina”, en el cual se instaló una malla de sombreado negra de polietileno con una cobertura de 10.000 m^2 , del sector con cobertura de malla, se extrajeron 311 frutos para su análisis, mientras que, del sector aledaño sin malla, se extrajeron 330 frutos. Obteniéndose así un total de 641 frutos.



Ilustración 14: Sector con malla de sombreado en el huerto

Para el segundo muestreo se tomaron 38 muestras totales de las cuales 20 correspondían a la zona sin malla y 18 a la zona con malla. Estas muestras fueron fotografiadas con un filtro capaz de bloquear la luz visible y captar la capacidad de reflexión de luz ultravioleta.

4.3.2 Sensores de temperatura

Para la comparación de temperatura, se instalaron 6 termógrafos en distintos puntos del huerto en cuestión, tres de los cuales estaban dentro de la zona con malla y 3 en la zona sin malla, estos sensores registraron la temperatura entre los días 30 de enero y 10 de febrero, con un intervalo de 10 minutos entre cada registro.



Ilustración 15: Ubicación de termógrafos



Ilustración 16: Termógrafos

SENSITECH

Finalmente se tomaron 1909 registros de temperatura por cada sensor, con un total de 11454 registros.

4.3.3 Herramientas de análisis estadístico

Para la fase de análisis estadístico, se realizaron diversas pruebas para la estimación y comparación de parámetros, así como también el modelamiento regresivo. El análisis fue realizado utilizando los softwares Stata y SPSS.

4.3.3.1 Análisis de estadística descriptiva

Se realizaron pruebas de normalidad y comparación de medias, para las variables peso y diámetro; el objetivo de estas pruebas fue determinar si existía algún factor que no fuera el nivel de daño por golpe de sol, que igualmente fuera afectado por la malla.

También se realizaron pruebas de comparación múltiple de promedios para la temperatura del ambiente, a fin de estudiar alguna particularidad que la malla puede generar en la temperatura ambiente dentro de la zona de sombreado.

Ante la ausencia de normalidad en algunas variables, se realizó un análisis no paramétrico para comprobar la igualdad de medias en los casos donde el supuesto de normalidad se veía comprometido.

4.3.3.2 Análisis de regresión lineal

Se realizaron dos análisis de regresión lineal, para determinar el efecto que genera la malla en la probabilidad de sufrir daño por golpe de sol.

El primer modelo corresponde a una regresión lineal simple con variable tanto dependiente como independiente dicotómica, donde se estima como la malla afecta la probabilidad de sufrir un daño significativo por golpe de sol, en presencia o ausencia de malla, impidiendo que la fruta se venda.

El segundo modelo es una regresión con variable dependiente ordinal y variable independiente dicotómica, tiene por objetivo ver como la malla disminuye el nivel de daño por golpe de sol en la fruta.

4.3.3.3 Análisis de regresión logística

Se realizó un análisis de regresión logística para determinar con mayor precisión el efecto que la malla genera en la probabilidad de sufrir daño por golpe de sol.

4.3.4 Análisis fotográfico.

Se analizaron las fotografías de las muestras, mediante un software capaz de descomponer la fotografía y cuantificar su nivel de reflectancia.

4.3.5 Evaluación costo beneficio

Se realizó una comparación entre dos escenarios a través de una variante de un proceso evaluación de proyectos. Esta comparación se basó en los costos anuales y los beneficios hipotéticos de la empresa a dos años, tomando en consideración diversos factores relacionados con costos y precios.

Para la comparación se consideró un huerto maduro cuya producción se estima en 60.000 kg/ha. En el primer escenario se consideraron todos los parámetros actuales de cosecha, el 15.3% del total de la fruta cosechada no pudo ser exportada por daño por golpe de sol, mientras que otro 9.7% no pudo exportarse debido a daños varios, obteniéndose un porcentaje de exportación de un 75%. Se consideró un costo anual de producción de la temporada 2019-2020, de 186 CLP/kg y los precios de venta, tanto de exportación y mercado interno de 520 CLP/kg y 173 CLP/kg respectivamente.

Para el segundo escenario las variables a modificar fueron el porcentaje de fruta no exportable producto del daño por golpe de sol, ya que este valor ahora dependerá de los resultados provenientes de los modelos regresivos. Y el costo anual de producción, La diferencia de este costo con el anterior radica en que ahora se considera la instalación y extensión de la malla, y se desestima las aplicaciones de caolinita.

Dado que la diferencia entre el periodo 0 y 1 es solo un año y el periodo 0 también es un periodo productivo, se desestimó el uso de tasa de descuento, no obstante, se modelaron las distribuciones de todas las variables de interés que pueden inferir en los resultados del periodo 1, esto permite añadir el efecto de la incertidumbre y la propia varianza de los factores obtenidos y calculados.

Se realizó un procedimiento de sensibilidad utilizando el método de Montecarlo, de esta manera se realizaron 100 simulaciones con 50000 iteraciones cada una.

A través de este procedimiento se compararon los beneficios generados en ambos modelos, y se generó información concluyente respecto a la factibilidad económica de la malla de sombreado.

De este proceso también se evaluarán las variables más sensibles en el diferencial de ganancia entre ambos escenarios.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados de muestreo y análisis descriptivo

En base a los resultados obtenidos del proceso de muestreo de frutos, los datos y estadísticos preliminares son los siguientes:

Sector	Peso (g) promedio	Diámetro (mm) promedio	Sin daños	Daños leves	Daños medios	Daños severos	Total
Con malla	156.25	65.33	286	13	7	5	311
%			92%	4%	2%	2%	100%
Sin malla	160.43	64.71	177	51	50	52	330
%			54%	15%	15%	16%	100%

Tabla 1: Resultados de muestreo

Las pruebas de normalidad indicaron que la variable Diámetro sigue una distribución normal, mientras que la variable Peso no, por lo que fue necesario tratar esta última de distinta manera para determinar los efectos previos de la malla de sombreado.

Mediante el análisis de varianza y análisis de comparación de medias, se determinó con un 95% de confianza que, a nivel poblacional el promedio del diámetro es igual entre frutos proveniente de huertos sin malla de sombreado y huertos con malla de sombreado.

Con respecto a la variable peso, mediante la prueba “U de Mann-Whitney” se determinó con un 95% de confianza que, no existen diferencias a nivel poblacional entre el peso promedio de frutos.

Los resultados de los registros de temperatura fueron los siguientes:

	Sensor 1 Malla	Sensor 2 Malla	Sensor 3 Malla	Sensor 4 no Malla	Sensor 5 no Malla	Sensor 6 no Malla
T máxima	38.4	37.8	36.1	40.8	36.5	39.7
T Mínima	6.4	6.7	6.0	5.4	6.3	6.8
T Promedio	22.5	21.2	20.9	22.7	21.5	22.0
Desviación estándar	9.4	8.6	8.6	10.7	9.2	9.2
Coefficiente de variación	42%	40%	41%	47%	43%	42%

Tabla 2: Resultados de sensores

Las pruebas de normalidad indicaron que la temperatura no sigue un comportamiento normal en ningún sensor, por lo que fue necesario aplicar pruebas no paramétricas para realizar inferencias.

Mediante la prueba “H de Kruskal-Wallis se determinó que la temperatura promedio es distinta entre los diferentes sensores. Sin embargo, esto no es prueba suficiente que permita aseverar la efectividad de la malla para el control de temperaturas.

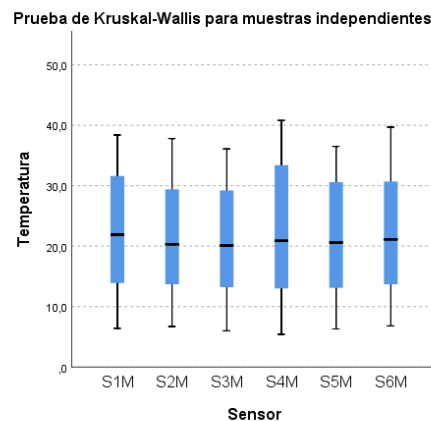


Ilustración 17: Diagramas de caja con las distribuciones de los sensores

Como medida posterior se aplicaron comparaciones entre cada uno de los sensores utilizando la prueba “U de Mann-Whitney” con la corrección Bonferroni para varias pruebas, a través de

estos procedimientos, se determinó que no existe una clara diferencia en cuanto a la temperatura registrada y su distribución entre los sectores con malla y sin malla. Por lo que no es posible aseverar la efectividad de la malla en el control de la temperatura ambiente.

5.2 Resultados de regresión.

A continuación, se detallan los resultados provenientes de los dos modelos regresivos utilizados para determinar el efecto que la malla de sombreado genera en la probabilidad de sufrir daño solar. Ambos modelos entregan resultados similares, a través de una metodología estadística distinta.

5.2.1 Regresión lineal

Los resultados que se obtuvieron del modelo de regresión lineal, que intenta explicar el daño por golpe de sol en función de la presencia de malla son los siguientes:

$$P(\text{Daño} = 1/\text{malla}) = 0.309 - 0.271 \times \text{malla}$$

$$P(\text{Daño} = 1/\text{malla} = 0) = 0.309$$

$$P(\text{Daño} = 1/\text{malla} = 1) = 0.038$$

$$R^2 = 0.125$$

Ecuación 1: Modelo MCO

La interpretación *Ceteris Paribus* sugiere que: Ante la instalación de una malla de sombreado (malla = 1), la probabilidad de sufrir daño por golpe de sol disminuye en un 27.1% ($P \text{ value} < 0.05$).

El modelo estima que la probabilidad de sufrir daño por golpe de sol en un sector sin malla de sombreado es de un 30.9%, mientras que la probabilidad de sufrir golpe de sol en un sector con malla de sombreado es de un 3.8%. A través de esto se puede interpretar que la malla de sombreado

es un método más eficaz que las aplicaciones de caolinita a la hora de reducir el daño por golpe de sol.

5.2.2 Regresión lineal con variable dependiente ordinal

Los resultados provenientes del modelo de regresión lineal, que intenta medir la relación existente entre el nivel de daño producido por golpe de sol y la implementación de malla de sombreado se detallan a continuación:

$$Daño = 0.930 - 0.795 \times malla$$

$$R^2 = 0.165$$

Ecuación 2: Modelo MCO con variable dependiente ordinal

En base a la interpretación *Ceteris Paribus*, se puede determinar que la implementación de malla disminuye la categorización de daño en 0.795, esto sugiere que existe un consistente efecto positivo a la hora de reducir el tipo de daño, generando una movilidad descendente entre niveles, haciendo que el daño grave pueda ser daño mediano, y así reiterativamente con todos los niveles.

5.2.3 Regresión Logística

Los resultados del modelo de regresión logística se detallan a continuación:

$$Logit(P(daño = 1/malla) = -0.804 - 2.411 \times malla$$

$$Logit(P(daño = 1/malla = 0) = -0.804$$

$$Logit(P(daño = 1/malla = 1) = -3.215$$

Ecuación 3: Modelo Logit

Resumen del modelo			
Paso	Logaritmo de la verosimilitud -2	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	509,773 ^a	,131	,216

Tabla 3: Bondad de ajuste del modelo Logit

En función de los resultados, mediante el procedimiento $Logit^{-1}$ se calculó la probabilidad de sufrir daño solar considerando la presencia de malla de sombreado.

P(Y/X)	Malla=0	Malla=1
P(Daño=1)	30.92%	3.86%
P(Daño=0)	69.08%	96.14%

Tabla 4: Probabilidades en función de la presencia o ausencia de malla de sombreado

En base a los resultados obtenidos se concluye que la malla ejerce un efecto significativo sobre la probabilidad de sufrir daño por sol ($P\text{ value} < 0.05$), y que esta reduce la probabilidad de sufrir daño por golpe de sol en un 27.06%.

5.3 Resultados del análisis fotográfico

Los resultados del análisis fotográfico se detallan a continuación:

Método	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
Malla	6	242	82.989	6.693
Caolinita	5	252	81.883	11.740

Tabla 5: Resultados Análisis fotográfico

En base a la información preliminar, se puede observar en los resultados provistos por la muestra, que la malla posee un mayor índice de reflectancia y una menor desviación estándar respecto a la aplicación de caolinita. Sin embargo, al aplicar un análisis de varianza y una posterior comparación de medias, se determina con un 95% de confianza que no existe información

suficiente para aseverar diferencias a nivel poblacional respecto al índice de reflectancia promedio. Sin embargo, existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis de igualdad de varianza a nivel poblacional.

5.4 Análisis económico

Los resultados provenientes del análisis de escenarios fueron los siguientes:

Escenario 1 sin malla	0	1
Producción	60000	60000
Kilos exportados	45000	45000
Kilos mercado interno	15000	15000
Precio exportación	\$ 520	\$ 520
Precio mercado interno	\$ 173	\$ 173
Ingreso/ha	\$ 25,995,000	\$ 25,995,000
Screen Duo (caolinita)	\$ 268,125	\$ 268,125
Maquinaria	\$ 41,250	\$ 41,250
Mano de obra	\$ 13,350	\$ 13,350
Costos varios	\$ 10,837,275	\$ 10,837,275
Costos/Ha	\$ 11,160,000	\$ 11,160,000
Beneficio CLP/Ha	\$ 14,835,000	\$ 14,835,000
VAN	\$29,670,000	

Tabla 6 Escenario 1 Sin malla

Escenario 2 con malla	0	1
Producción	60000	60000
Kilos exportados	51865	51865
Kilos mercado interno	8135	8135
Precio exportación	\$ 520	\$ 520
Precio mercado interno	\$ 173	\$ 173
Ingreso/ha	\$ 28,377,120	\$ 28,377,120
Malla Rachel	\$ 1,526,400	\$ -
Mano de obra (malla)	\$ 750,000	\$ 500,000
Costos varios	\$ 10,837,275	\$ 10,837,275
Costos/ha	\$ 13,113,675	\$ 11,337,275
Beneficio CLP/Ha	\$ 15,263,445	\$ 17,039,845
VAN	\$32,303,290.60	

Tabla 7 Escenario 2 Con malla

Mediante la comparación de escenarios se logra determinar la viabilidad económica de la malla de sombreado, dado que el escenario 2 posee un mayor VAN que el escenario 1.

Dado lo básico que es el modelo anterior, se añade a este el efecto de la incertidumbre en los precios y la producción mediante la asignación de distribuciones y un proceso de simulación tipo Montecarlo, la variable a evaluar será el diferencial entre el VAN del modelo 1 y modelo 2

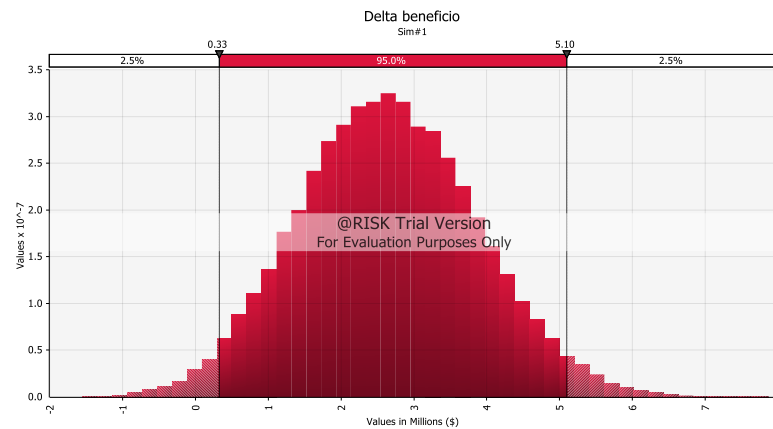


Ilustración 18 Distribución del diferencial de beneficio

Summary Statistics	
Statistic	Value
Minimum	-\$1,544,212.18
Maximum	\$7,860,816.35
Mean	\$2,643,499.27
Std. Deviation	\$1,222,700.01
Variance	1.495E+012
Skewness	0.1056
Kurtosis	2.9239
Median	\$2,622,529.51
Mode	\$2,636,850.75
Left X	\$666,916.62
Left P	5%
Right X	\$4,697,039.28
Right P	95%

Tabla 8 Resultados de simulación

En base a la tabla de resultados, se puede concluir con mayor certeza que el VAN del escenario con malla es CLP 2.643.499 mayor que el escenario sin malla. Lo cual evidencia la viabilidad económica de la adquisición de la malla.

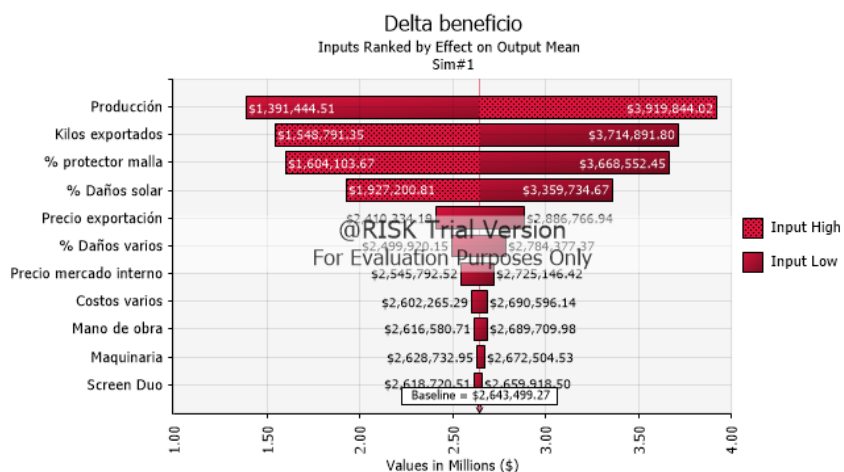


Ilustración 19: Variables que influyen en la sensibilidad

El gráfico muestra las variables que más influyen en aumentar o reducir el diferencial, tres de las cuatro variables más significativas tienen relación directa con la malla y el efecto que esta genera.

6. CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en el apartado de análisis técnico y análisis económico es posible concluir que:

la malla de sombreado es una medida más eficaz a la hora de reducir el daño por golpe de sol que la aplicación de caolinita. Pues la malla reduce a 3.86% la probabilidad de sufrir daño en contraste del 30.92% de probabilidad que otorga la caolinita, o sea, la malla es una medida 8 veces más eficaz

La implementación de la malla de sombreado no afecta el calibre de la fruta, pues no altera el peso ni el diámetro de esta, lo que implica que la malla no provoca efectos colaterales en la fruta.

La malla de sombreado reduce significativamente el daño por golpe de sol producido directamente por la radiación, sin embargo, no afecta de manera significativa la temperatura ambiente al interior del huerto, lo cual implica que es posible sufrir daño por golpe de sol producto de las altas temperaturas, no obstante, es posible complementar esta medida con algún método de control de temperatura, tal como el riego evaporativo, entre otras opciones.

Se concluye que la malla de sombreado es un método con menor varianza en el índice de reflectancia, lo cual complementa el modelo regresivo, pues se puede afirmar que la malla de sombreado protege de manera más uniforme.

En términos económicos se puede concluir que la implementación de la malla de sombreado otorga significativas ganancias a la empresa, esto a pesar de aumentar el costo de producción, dado

un aumento sustancial en la cantidad de fruta exportable, variable que es muy sensible para el aumento de la rentabilidad de la empresa.

Finalmente es posible concluir que la malla de sombreado debe seguir siendo objeto de estudio a lo largo de todo el período fenológico del peral, a fin de encontrar posibles efectos secundarios producidos por su implementación, que datan más allá del alcance de este estudio, a su vez, resulta interesante la implementación de mallas de distinto color, para la medición de otros beneficios y factores.

7. REFERENCIAS

- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). EFECTO INVERNADERO, CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO: UNA PERSPECTIVA DESDE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA. *Revista Digital Universitaria*, 2-12.
- Chabbal, M. D., Piccoli, A. B., Martínez, G. C., Avanza, M. M., Mazza, S. M., & Rodríguez, V. A. (2014). APLICACIONES DE CAOLÍN PARA EL CONTROL DEL GOLPE DE SOL EN MANDARINO 'OKITSU'. *CULTIVOS TROPICALES*, 50-56.
- Díaz Soler, I. A. (2012). *EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS PARA EL CONTROL DEL GOLPE DE SOL EN FRUTOS DE GRANADO (Punica granatum L.)*. Santiago, Chile.
- Garduño, R. (2004). ¿Qué es el efecto invernadero? En J. Martínez, A. Fernández Bremauntz, & P. Osnaya, *Cambio climatico: una visión desde México* (págs. 29-39). Ciudad de México: SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.
- Gómez Ortiz, A., & Plana Castellví, J. (2006). LA PEQUEÑA EDAD DEL HIELO (LITTLE ICE AGE) EN SIERRA NEVADA A TRAVÉS DE LOS ESCRITOS DE EPOCA (SIGLOS XVII Y XIX) EN SU RELACIÓN CON EL PROGRESO DE LA GEOGRAFÍA FÍSICA Y GEOMORFOLOGÍA ESPAÑOLA. *Boletín de la A.G.E*, 71-98.
- Grossi Gallegos, H. (Enero de 2005). *ResearchGate*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/237205736>
- Guerrero, M. (2014). QUEMADOS. *MUNDO AGRICOLA*.
- IBM Corp. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows.

- Malhotra, N. (2008). Muestreo estratificado. En N. K. Malhotra, *INVESTIGACIÓN DE MERCADOS* (pág. 348). Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Educación de México.
- Mignone, C., & Barnes, R. (13 de 01 de 2012). *Science in School*. Obtenido de <https://www.scienceinschool.org/es/2011/issue20/em>
- Nabors, M. (2006). Fotosíntesis. En M. Nabors, *Introducción a la Botánica* (págs. 199-220). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
- Pérez-Urria Carril, E. (2009). Fisiología Vegetal: aspectos básicos. *REDUCA*, 2 (3), 1-47.
- Rodríguez Vargas, A. (2007). Cambio climático, agua y agricultura. *COMUNIICA*, 13-23.
- Runtom J, A. (2012). *ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, PROBABILIDAD E INFERENCIA. Una visión conceptual y aplicada.* . Santiago.
- Soriano, M. T. (2006). Cultivos estivales bajo mallas plasticas. *HORTICULTURA*, 14-18.
- StataCorp. (2015). Stata Statistical Software: Release 14.
- Wooldridge, J. M. (2009). *Introducción a la econometría*. Ciudad de México: South-Western.
- Yuri, J. A. (2001). EL DAÑO POR SOL EN MANZANAS. *FRUTICOLA*, 1-8.
- Yuri, J. A. (2001). Pomaceas. *Boletín Técnico*, 1.
- Yuri, J. A., Torres, C., & Vasquez, J. (2000). GOLPE DE SOL EN MANZANAS. I. EVALUACION DEL DAÑO Y METODOS DE CONTROL. *Agro-Ciencia*, 13-21.

8. ANEXOS

8.1 Normalidad de variables

8.1.1 Peso y diámetro

```
name: <unnamed>
log: D:\Kross\Escritorio\Daño solar\Log Normalidad Variables Malla.smcl
log type: smcl
opened on: 6 Aug 2020, 11:02:41
```

```
. sfrancia diametro_malla peso_malla
```

Shapiro-Francia W' test for normal data

Variable	Obs	W'	V'	z	Prob>z
diámetro_m~a	311	0.99502	1.186	0.363	0.35827
peso_malla	311	0.94285	13.610	5.555	0.00001

```
. swilk diametro_malla peso_malla
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
diámetro_m~a	311	0.99427	1.261	0.545	0.29300
peso_malla	311	0.94457	12.193	5.881	0.00000

```
. sktest diametro_malla peso_malla
```

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
diámetro_m~a	311	0.1303	0.8599	2.33	0.3114
peso_malla	311	0.0000	0.0000	49.45	0.0000

```
. log off
name: <unnamed>
log: D:\Kross\Escritorio\Daño solar\Log Normalidad Variables Malla.smcl
log type: smcl
paused on: 6 Aug 2020, 11:04:24
```

```
name: <unnamed>
log: D:\Kross\Escritorio\Daño solar\Log Normalidad Variables Malla.smcl
log type: smcl
resumed on: 6 Aug 2020, 11:04:56
```

```
. sfrancia diametro_sin_malla peso_sin_malla
```

Shapiro-Francia W' test for normal data

Variable	Obs	W'	V'	z	Prob>z
diámetro_s~a	330	0.99467	1.335	0.618	0.26835
peso_sin_m~a	330	0.95919	10.232	4.967	0.00001

```
. swilk diametro_sin_malla peso_sin_malla
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
diámetro_s~a	330	0.99531	1.087	0.196	0.42231
peso_sin_m~a	330	0.96043	9.174	5.226	0.00000

```
. sktest diametro_sin_malla peso_sin_malla
```

Skewness/Kurtosis tests for Normality

Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj chi2(2)	joint Prob>chi2
diámetro_s~a	330	0.5374	0.1218	2.79	0.2482
peso_sin_m~a	330	0.0000	0.0000	41.25	0.0000

```
. log close
name: <unnamed>
log: D:\Kross\Escritorio\Daño solar\Log Normalidad Variables Malla.smcl
log type: smcl
closed on: 6 Aug 2020, 11:06:29
```

8.1.2 Temperatura sensores

```

names: <unnamed>
log: D:\Kross\Escritorio\Daño solar\Normalidad temperatura.smcl
log type: smcl
opened on: 6 Aug 2020, 11:11:49

. sfrancia s1m s2m s3m s4m s5m s6m

Shapiro-Francia W' test for normal data

+-----+-----+-----+-----+-----+
| Variable | Obs | W' | V' | z | Prob>z |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| s1m | 1,909 | 0.91967 | 96.675 | 10.913 | 0.00001 |
| s2m | 1,909 | 0.94225 | 69.502 | 10.125 | 0.00001 |
| s3m | 1,909 | 0.93301 | 80.618 | 10.480 | 0.00001 |
| s4m | 1,909 | 0.91536 | 101.862 | 11.038 | 0.00001 |
| s5m | 1,909 | 0.92169 | 94.238 | 10.852 | 0.00001 |
| s6m | 1,909 | 0.92781 | 86.874 | 10.658 | 0.00001 |
+-----+-----+-----+-----+-----+

. swilk s1m s2m s3m s4m s5m s6m

Shapiro-Wilk W test for normal data

+-----+-----+-----+-----+-----+
| Variable | Obs | W | V | z | Prob>z |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| s1m | 1,909 | 0.91883 | 92.273 | 11.490 | 0.00000 |
| s2m | 1,909 | 0.94103 | 67.040 | 10.679 | 0.00000 |
| s3m | 1,909 | 0.93207 | 77.223 | 11.038 | 0.00000 |
| s4m | 1,909 | 0.91450 | 97.195 | 11.622 | 0.00000 |
| s5m | 1,909 | 0.92061 | 90.247 | 11.434 | 0.00000 |
| s6m | 1,909 | 0.92660 | 83.446 | 11.235 | 0.00000 |
+-----+-----+-----+-----+-----+

. sktest s1m s2m s3m s4m s5m s6m

Skewness/Kurtosis tests for Normality
+-----+-----+-----+-----+-----+ joint +-----+
| Variable | Obs | Pr(Skewness) | Pr(Kurtosis) | adj chi2 (2) | Prob>chi2 |
+-----+-----+-----+-----+-----+ joint +-----+
| s1m | 1,909 | 0.9191 | . | . | . | . |
| s2m | 1,909 | 0.0227 | 0.0000 | . | . | . |
| s3m | 1,909 | 0.3837 | . | . | . | . |
| s4m | 1,909 | 0.0635 | . | . | . | . |
| s5m | 1,909 | 0.4374 | . | . | . | . |
| s6m | 1,909 | 0.1256 | . | . | . | . |
+-----+-----+-----+-----+-----+ joint +-----+

. log close
name: <unnamed>
log: D:\Kross\Escritorio\Daño solar\Normalidad temperatura.smcl
log type: smcl
closed on: 6 Aug 2020, 11:13:57

```

8.1.3 Resultado de imágenes

Pruebas de normalidad							
	Malla	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mean	0	,105	20	,200*	,971	20	,770
	1	,116	18	,200*	,970	18	,795
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

8.2 Estadísticos descriptivos, comparación de varianza y media de variables

8.2.1 Peso y diámetro

Estadísticas de grupo					
	Malla	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Diámetro	1	311	65,3297	5,23432	,29681
	0	330	64,7061	5,37376	,29582

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Diámetro	Se asumen varianzas iguales	,033	,856	1,487	639	,138	,62356	,41938	-,19997	144,708
	No se asumen varianzas iguales			1,488	638,300	,137	,62356	,41905	-,19933	144,644

Resumen de contrastes de hipótesis				
Hipótesis nula		Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Peso es la misma entre categorías de Malla.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,084	Conserve la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.				

Resumen de prueba U de Mann-Whitney de muestras independientes	
N total	641
U de Mann-Whitney	47262,000
W de Wilcoxon	95778,000
Estadístico de prueba	47262,000
Error estándar	2343,225
Estadístico de prueba estandarizado	-1,730
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,084

8.2.2 Temperatura sensores

Resumen de contrastes de hipótesis				
Hipótesis nula		Prueba	Sig.	
1	La distribución de Temperatura es la misma entre categorías de Sensor.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	11454
Estadístico de prueba	63,663 ^a
Grado de libertad	5
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000
a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.	

Comparaciones por parejas de Sensor					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
S3M-S2M	172,870	107,027	1,615	,106	1,000
S3M-S5M	-241,139	107,027	-2,253	,024	,364
S3M-S6M	-451,268	107,027	-4,216	,000	,000
S3M-S1M	639,773	107,027	5,978	,000	,000
S3M-S4M	-675,184	107,027	-6,309	,000	,000
S2M-S5M	-68,269	107,027	-,638	,524	1,000
S2M-S6M	-278,398	107,027	-2,601	,009	,139
S2M-S1M	466,903	107,027	4,362	,000	,000
S2M-S4M	-502,314	107,027	-4,693	,000	,000
S5M-S6M	-210,129	107,027	-1,963	,050	,744
S5M-S1M	398,634	107,027	3,725	,000	,003
S5M-S4M	434,045	107,027	4,055	,000	,001
S6M-S1M	188,505	107,027	1,761	,078	1,000
S6M-S4M	223,916	107,027	2,092	,036	,546
S1M-S4M	-35,410	107,027	-,331	,741	1,000

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales.

Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de .05.

a. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

8.2.3 Resultado de imágenes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Mean	Se asumen varianzas iguales	5,102	,030	,351	36	,727	1,106,439	3,148,258	-5,278,525	7,491,403
	No se asumen varianzas iguales			,361	30,724	,720	1,106,439	3,062,736	-5,142,332	7,355,210

8.3 Modelos regresivos

8.3.1 Regresión lineal

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,354 ^a	,125	,124	,358
a. Predictores: (Constante), Malla				

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	11,716	1	11,716	91,286	,000 ^b
	Residuo	82,010	639	,128		
	Total	93,725	640			
a. Variable dependiente: Daño_Exp						
b. Predictores: (Constante), Malla						

Coeficientes ^a					
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	Sig.
		B	Desv. Error	Beta	
1	(Constante)	,309	,020		,000
	Malla	-,271	,028	-,354	,000

a. Variable dependiente: Daño_Exp

8.3.2 regresión lineal con variable dependiente ordinal

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,406 ^a	,165	,163	,897
a. Predictores: (Constante), Malla				

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	101,258	1	101,258	125,950	,000 ^b
	Residuo	513,725	639	,804		
	Total	614,983	640			
a. Variable dependiente: Daño Ord						
b. Predictores: (Constante), Malla						

Coeficientes ^a						
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
Modelo		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	,930	,049		18,848	,000
	Malla	-,795	,071	-,406	-11,223	,000
a. Variable dependiente: Daño Ord						

8.3.3 Regresión logística

Pruebas ómnibus de coeficientes de modelo				
		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Paso 1	Paso	90,348	1	,000
	Bloque	90,348	1	,000
	Modelo	90,348	1	,000

Resumen del modelo			
Paso	Logaritmo de la verosimilitud -2	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	509,773 ^a	,131	,216
a. La estimación ha terminado en el número de iteración 6 porque las estimaciones de parámetro han cambiado en menos de .001.			

Prueba de Hosmer y Lemeshow			
Paso	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	,000	0	.

Tabla de contingencia para la prueba de Hosmer y Lemeshow						
		Daño_Exp = 0		Daño_Exp = 1		Total
		Observado	Esperado	Observado	Esperado	
Paso 1	1	299	299,000	12	12,000	311
	2	228	228,000	102	102,000	330

Tabla de clasificación ^a					
			Pronosticado		
Observado			Daño_Exp		Porcentaje
			0	1	correcto
Paso 1	Daño_Exp	0	527	0	100,0
		1	114	0	,0
	Porcentaje global				82,2
a. El valor de corte es .500					

Variables en la ecuación							
		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 ^a	Malla(1)	-2,411	,318	57,637	1	,000	,090
	Constante	-,804	,119	45,597	1	,000	,447
a. Variables especificadas en el paso 1: Malla.							

8.4 Análisis económico

8.4.1 Costos relacionados al tratamiento de golpe de sol

Gasto	\$/kg	Kilos/ha	\$/hora	\$/ha	N aplicaciones	\$/Anual
Screen Duo	\$ 4,290	12.5		\$ 53,625	5	\$ 268,125
Maquinaria			\$ 8,250	\$ 8,250	5	\$ 41,250
Mano de obra			\$ 2,670	\$ 2,670	5	\$ 13,350
					\$ anual/ha	\$ 322,725

Año instalación

Gasto	\$/Rollo	Rollo/ha	Instalación	Desinstalación	\$/ha
Malla Rachel	\$ 38,160	40			\$ 1,526,400
Mano de obra			\$ 500,000	\$ 250,000	\$ 750,000
				\$ anual/ha	\$ 2,276,400

Año 2

Gasto	\$/Rollo	Rollo/ha	Instalación	Desinstalación	\$/ha
Mano de obra			\$ 250,000	\$ 250,000	\$500,000
				\$ anual/ha	\$ 500,000

Producción kg	Costo/kg bloqueador
60,000	\$ 5.38

8.4.2 Variables simuladas

Producción	60000
Precio exportación	\$ 520
Precio mercado interno	\$ 173
Screen Duo	\$ 268,125
Maquinaria	\$ 41,250
Mano de obra	\$ 13,350
Malla Rachel	\$ 1,526,400
Costos varios	\$ 10,837,275
Kilos exportados	\$ 45,000
% Daños solar	31%
% protector malla	-27%
% Daños varios	9.70%