

**Evaluación de los Parámetros Morfofisiológicos de Crecimiento del Área Foliar y
Diámetros del Fruto en 13 Árboles de Ciruelo (*Prunus salicina* (Lindl.) cv. Horvin, en el
Municipio de Pamplona**

Nidian Rubiela Vera Rodríguez y Liseth Johana Pérez Chasoy

Facultad de Ciencias Agrarias, Ingeniería Agronómica

Universidad de Pamplona

Trabajo de Grado Modalidad Investigación, Presentado como Requisito Parcial para Optar al

Título de Ingeniero Agrónomo

Tutor:

Ingeniero Agrónomo. Dr. Enrique Quevedo García

Pamplona, 2021

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedicamos al forjador de nuestros caminos, a nuestro padre celestial, el que nos acompaña y siempre nos levanta de nuestros continuos tropiezos a nuestro creador.

También se lo dedicamos a nuestras hijas Liseth Daniela Vera Rodríguez y Ashley Valentina Suarez Pérez quienes son las que nos motivan a seguir con nuestros sueños y alcanzar nuestras metas.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Universidad de Pamplona, especialmente a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía por acogernos en sus aulas y brindarnos los conocimientos para poder desempeñarnos en el campo profesional.

Un agradecimiento a todos los ingenieros que nos dieron clases ya que a ellos debemos todas las enseñanzas emprendidas en nosotras, un agradecimiento muy especial al Ingeniero Agrónomo Dr. Enrique Quevedo García profesor asociado Universidad de Pamplona por guiarnos en todo el transcurso de nuestra vida Universitaria y más aún al culminarla en calidad de tutor de nuestra tesis de grado.

Tabla de contenido

Resumen	11
Introducción	13
Planteamiento y Descripción del problema	15
Hipótesis de investigación.....	17
Justificación	18
Delimitación.....	21
Objetivos	22
Objetivo General	22
Objetivos específicos.....	22
Marco de Referencia	23
Marco contextual.....	26
Marco Teórico	27
Marco legal.....	38
Metodología	39
Variables Morfométricas medidas una sola vez.....	40
Variables Fisiológicas y morfológicas	40
Resultados y Discusión	43
Conclusiones	92
Recomendaciones	93
Referencias Bibliografías.....	94

Lista de Tablas

- Tabla 1 Escala BBCH en Ciruelo ([P. salicina] cv. Horvin. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2 Taxonomía de la Ciruelo Japonés **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 3 Correlaciones de Pearson Entre las Variables Morfofisiológicas Asociadas a la Hoja y el Fruto de Ciruelo. Y Demostrar su Relación Fuente Demanda como Determinante Fisiológico del Rendimiento. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 4 : Pruebas de Efectos inter-sujetos Usando la Técnica del Modelo Lial Multivariante (monova) para Probar el Crecimiento Vegetal Morfofisiológico del Ciruelo Japonés en los órganos Hoja y Fruto. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 5 : Pruebas Estadísticas para Probar la Validez del Modelo Lineal Multivariante (Manova)..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 6 : Medias Comparadas del Carácter Morfológico Largo de la Hoja (cm) Durante el Crecimiento, Usando la Prueba de Tukey^{a,b} **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 7 : Medias Comparadas del Carácter Ancho de la Hoja (cm) Durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b} **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 8 : Medias Comparadas del Carácter Fisiológico Silueta (cm²) Durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b} **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 9 : Medias Comparadas del Carácter Fisiológico Largo*Ancho (cm²) Durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b} **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 10 Medias Comparadas del carácter fisiológico Índice de Clorofila (Index) durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b} **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 11 : Medias Comparadas del Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm) Durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b} **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 12 Medias Comparadas para el Carácter Morfológico Diámetro Polar del Fruto (mm), Usando Tukey^{a,b} **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 13 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Ancho de la Hoja. **¡Error! Marcador no definido.**

- Tabla 14 Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Ancho de la Hoja. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 15 Coeficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Ancho de la Hoja..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 16 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Largo de la Hoja. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 17 Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Largo de la Hoja. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 18 Coeficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Largo de la Hoja..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 19 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico de la Silueta (cm²). **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 20 Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico de la Silueta..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 21 Coeficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico de la Silueta (cm²). **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 22 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico del Largo por Ancho de la Hoja (cm²). **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 23 Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico del Largo por Ancho de la Hoja (cm²). **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 24 Coeficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico del Largo por Ancho de la Hoja (cm²). **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 25 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm). **¡Error! Marcador no definido.**

- Tabla 26 Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto ((mm))..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 27 Coeficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm) **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 28 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm). **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 29 Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Polar del Fruto ((mm)) **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 30 Coeficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Polar del Fruto (mm) **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 31 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico Área Foliar (cm^2)..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 32 Análisis de Varianza de la Regresión Lineal Simple o Bivariada para Estimar el Área Foliar del Ciruelo Japonés. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 33 Coeficientes de la Regresión Lineal Simple o Bivariada para Estimar el Área Foliar del Ciruelo Japonés. **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 34 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico Área Foliar (cm^2) y Supuestos de Independencia de Durbin- Watson..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 35 Pruebas de Normalidad no paramétrica..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 36 Estadísticos de Colinealidad del Modelo de Regresión Lineal Simple o Bivariada para Estimar el área Foliar en Ciruelo Japonés..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 37 Valor de R cuadrado **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 38 Análisis de Varianza de la Regresión Lineal simple o Bivariada para Estimar el área Foliar del Ciruelo Japonés **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 39 Coeficientes de la Regresión Lineal simple o Bivariada para Estimar el área Foliar del Ciruelo Japonés **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 40 Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico Área Foliar (cm^2) y Supuestos de Independencia de Durbin- Watson..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 41 Pruebas de Normalidad no Paramétrica..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 42 Pruebas de Colinealidad **¡Error! Marcador no definido.**

Lista De Figuras

- Figura 1 Detalle de las hojas Del Ciruelo Japonés..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2 Etapa Fenológica A1 00 **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 3 Etapa Fenológica A2 01 **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 4 Etapa Fenológica B 54/55..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 5 Etapa Fenológica, C 59/11..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 6 Etapa Fenológica D1 69/19 **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 7 . Etapa Fenológica D2 72 **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 8 Etapa Fenológica D3 75 **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 9 Etapa fenológico F1 78..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 10 Etapa Fenológica F2 85 **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 11 Medias Marginales Estimadas para el Carácter Fisiológico Índice de Clorofila (Index) Durante el Crecimiento de la Hoja, Debido a que los Modelos de Regresión no Ajustan con esta Variable Cuantitativo Discreta..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 12 Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Ancho de la Hoja, Usando un Modelo de Regresión Potencial..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 13 Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Largo de la Hoja, Usando un Modelo de Regresión Potencial. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 14 Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Fisiológica Silueta cm^2 , Usando un Modelo de Regresión Potencial..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 15 Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Fisiológica del Largo por el Ancho $(\text{cm})^2$ de la Hoja, Usando un Modelo de Regresión Potencial. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 16 Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Diámetro Ecuatorial del Fruto, Usando un Modelo de Regresión Potencial. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 17 Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Diámetro Polar del Fruto, Usando un Modelo de Regresión Potencial. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 18 Relación durante su Crecimiento de la Variable Ancho por Largo de la Hoja con Respecto al área Foliar, Usando un Modelo de Regresión Lineal Simple o Bivariado, para Poder Estimar el área Foliar del Ciruelo Japonés. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 19 La Relación Entre Área Foliar como Variable Dependiente y el Largo por el Ancho de la Hoja (cm^2) como Variable Independiente. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 20 Histograma, Variable Dependiente: Área Foliar (cm^2); **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 21 P-P Normal de Regresión Residuo Estandarizado, Variable Dependiente: Área Foliar del Limbo (cm^2) **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 22 Diagrama de Dispersión: Variable Dependiente: Área Foliar del Limbo (cm^2) **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 23 Relación Durante su Crecimiento de la Variable Ancho por Largo de la Hoja con Respecto al Area Foliar (cm^2), Usando un Modelo de Regresión Lineal Simple o Bivariado, para Poder Estimar el Area Foliar del Ciruelo Japonés en el Grupo de 100 Hojas Adultas..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 24 Relación Entre el Área Foliar Como Variable Dependiente y el Largo (cm^2) por el Ancho de la Hoja (cm^2)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 25 Histograma, de la Variable Dependiente que es el Área Foliar (cm^2)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 26 P-P Normal de Regresión Residuo Estandarizado **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 27 Diagrama de Dispersión entre los Valores Pronosticados Contra los Valores Residuales, Variable Dependiente: Área Foliar del Limbo (cm^2) **¡Error! Marcador no definido.**

Resumen

El área foliar es un parámetro ampliamente usado en estudios de ecofisiología de cultivos, debido a que la relación existente entre el área foliar y la producción de fruta es bastante estrecha. Para su determinación se utilizó el método no destructivo. La estimación del área foliar es una importante observación biométrica que debe hacerse con el propósito de comparar el comportamiento de los vegetales. El objetivo principal de la investigación fue evaluar los parámetros morfofisiológicos de crecimiento del área foliar y los diámetros del fruto de 13 árboles de ciruelo (*P. salicina*) cv. Horvin, en la vereda Cariongo Occidental del municipio de Pamplona. Donde se encuentra a 2.525 metros sobre el nivel del mar. El estudio se empezó a los 30 días después de la defoliación determinando ,ancho del limbo (cm), longitud del limbo(cm), ancho por largo del limbo (cm²), longitud del peciolo(cm), longitud hoja(cm), diámetro peciolo(mm), peso fresco del limbo(g), peso fresco del peciolo(g), peso fresco de la hoja(g), peso seco del limbo(g), longitud /ancho limbo, longitud del peciolo/longitud del limbo, área foliar del limbo(cm²), la silueta que es 2/3 del largo por ancho del limbo(cm²) y el estimado del limbo, donde se seleccionaron 13 árboles y se marcaron 3 hojas y 3 frutos por árbol a los cuales se les realizó los muestreos cada 8 días a la 1 Pm. A si mismo se hallaron modelos de estudio observacional con un diseño de medidas repetidas, el máximo contenido relativo de clorofila fue durante el crecimiento de la hoja, se obtuvo a los 94 días después de la defoliación y nos indica

una alta actividad fotosintética. La relación entre el área foliar y el largo por el ancho de la hoja es lineal y directa, lo que indica que la hoja después de la defoliación fue creciendo.

Palabras Claves: Ciruelo Japonés, crecimiento, regresión lineal, regresión potencial, área foliar, diámetros fruto.

Abstract

Leaf area is a widely used parameter in studies of crop ecophysiology, because the relationship between leaf area and fruit production is quite close. For its determination, the non-destructive method was used. The estimation of the leaf area is an important biometric observation that must be made in order to compare the behavior of the plants. The main objective of the research was to evaluate the morphophysiological parameters of growth of the leaf area and the diameters of the fruit of 13 plum trees (*P. salicina*) cv. Horvin, in the Cariongo Occidental village of the Pamplona municipality. Where it is located at 2,525 meters above sea level. The study began 30 days after defoliation, determining blade width (cm), blade length (cm), blade width by length (cm^2), petiole length (cm), leaf length (cm), petiole diameter (mm), fresh weight of blade (g), fresh weight of petiole (g), fresh weight of leaf (g), dry weight of blade (g), length / width of blade, length of petiole / length of blade, leaf area of the blade (cm^2), the silhouette that is 2/3 of the length by width of the blade (cm^2) and the estimate of the blade, where 13 trees were selected and 3 leaves and 3 fruits were marked per tree to which Samples were carried out every 8 days at 1 PM. In itself, observational study models were found with a repeated measures design, the maximum relative content of chlorophyll was during leaf growth, it was obtained at 94 days after defoliation and indicates a high photosynthetic activity. The relationship between the leaf area

and the length by the width of the leaf is linear and direct, which indicates that the leaf was growing after defoliation.

Keywords: Japanese Plum, increase, linear regression, potential regression, leaf área, fruit diameters.

Introducción

El principal productor de ciruelo Japonés es China tiene una superficie cultivada de 1.925.399 hectáreas seguida de Bosnia y Herzegovina con 97.739 hectáreas. En general, China es una gran potencia en cuanto la superficie cultivada, especialmente en frutales de hueso donde la diferencia con respecto a otros países es muy elevada. España está en el puesto 160 detrás de México con 14.640 hectáreas en 2019. En España la evolución del área cultivada se ha mantenido constante, aunque en los últimos 10 años el cultivo ha sufrido una reducción apreciable de unas 4.055 hectáreas. En 2008 disponíamos de unas 18.695 hectáreas pasando en 2018 a unas 14.640 hectáreas (M.A.P.A.,2020).

El origen del ciruelo japonés (*P. salicina* Lindl.) se centra en la zona oriental, concretamente en China donde ya lo cultivaban desde el año 300 a.C (Okie, 2008).

El ciruelo es un árbol de la familia de las Rosáceas, la cual incluye más de 2.000 especies de plantas herbáceas, arbustos y árboles alcanza una altura de 5 metros. Esta familia incluye más de 2.000 especies de plantas herbáceas, arbustos y árboles distribuidos por las regiones templadas de todo el mundo, el ciruelo es un árbol caducifolio que posee hojas oblongas, aserradas, color verde, liso por el haz y pubescente por el envés (Hortiplanet.2019).

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2011), para el año 2005 existían 2165 ha dedicadas a frutales caducifolios, de los cuales la ciruela ocupa el segundo lugar en importancia, con un área cultivada de 500 ha y rendimientos de 3,0 a 4,5 Tn/ha (Parra et al., 2013).

Las frutas inician una serie de cambios una vez son cosechadas, debido a la actividad enzimática y síntesis de proteínas, que en el caso de productos climatéricos afecta directamente el proceso de maduración. El cosechar tempranamente lleva a una pérdida significativa en el rendimiento, pues en los últimos días de desarrollo la ciruela crece rápidamente hasta alcanzar la madurez fisiológica, además de no desarrollar a menudo sabores aceptables. Por otra parte, una cosecha tardía puede significar que la fruta presente un tiempo de almacenamiento corto e incapaz de soportar procesos de distribución y comercialización (Abdi et al., 2012).

El desconocimiento de las propiedades físicas y fisiológicas, hace que la recolección del producto se realice mediante indicadores como coloración de la epidermis y tamaño de la fruta, parámetros inadecuados para definir el momento propio de la cosecha de las ciruelas, dado que estas características se ven influenciadas por las condiciones climáticas y por las prácticas de manejo de cultivo (Abdi et al., 2012).

En lo que respecta a los modelos estadísticos asociados a la morfometría vegetal, los modelos de regresión se han utilizado comúnmente para relacionar variables morfométricas entre sí o con otras variables fisiológicas (West y Noble, 2011; Schulte-Hostedde et al. 2013). Varios autores han demostrado que la variación del área foliar es el factor más en la acumulación de materia seca en las plantas (Disegna et al., 2012; Muñoz et al., 2008).

El desconocimiento de las propiedades morfofisiológicas del ciruelo hace necesario la investigación de tipo observacional de este trabajo.

Planteamiento y Descripción del problema

El árbol de ciruelo es de tamaño mediano que alcanza una altura máxima de 5-6 m. Produce ramas alternas, pequeñas, delgadas, unas veces lisas, glabras y otras pubescentes y vellosas. Sus hojas son caducifolias, oblongas, aserradas de color verde, lisas por el haz y pubescentes por el envés (ASAGRIN, 2014).

El Área Foliar (AF) es la característica morfofisiológica que define la capacidad de la planta del ciruelo, para interceptar la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR), así como es también un factor indispensable para cubrir demandas fotosintéticas para el resto de los órganos vegetales que ejercen en ciertos estados de desarrollo para crecer y desarrollarse en forma apropiada (Contreras et. al., 2012). Su tamaño y su actividad son dos de los tres determinantes fisiológicos del rendimiento agronómico, de ahí su estudio y tratamiento en este estudio.

Diferentes cultivares pueden exhibir variaciones significativas en su capacidad de AF potencial y arreglo foliar espacial (ángulos foliares), que en caso del ciruelo es plagiotrópico según la clasificación de Wit y consecuentemente condice como planta C3 a variaciones en su fenología (estados de desarrollo usando la escala BBCH) , fisiología del crecimiento y actividad fotosintética de las hojas la cual no es constante, pues depende de la utilización de la radiación solar a nivel de cultivo, que afecta el crecimiento , la acumulación de materia seca y rendimiento a través de la EUR (Eficiencia en el uso de la radiación) , que viene siendo la pendiente de la relación lineal entre la RFA(radiación fotosintéticamente activa) y la materia Seca (MS) sintetizada, y está determinada por el potencial genético (variedad) y manejo agronómico del cultivo (González et al. , 2018).

En la producción de ciruelo en Pamplona no se ha realizado estudios sobre el AF, por esta razón surge la necesidad de investigar los parámetros Morfofisiológicos de Crecimiento del Área Foliar y los diámetros del fruto con los cuales está asociada en la relación fuente-demanda, como determinante fisiológico de rendimiento agronómico y cuyo conocimiento permita un manejo del cultivo adecuado.

El área foliar es un parámetro ampliamente usado en estudios de ecofisiología de cultivos, debido a que la relación existente entre el área foliar y la producción de fruta es bastante estrecha. La medición del área foliar, se realiza regularmente mediante métodos directos con la ayuda de medidores electrónicos, para lo cual es necesario retirar las hojas del vegetal, por ser un método destructivo. Además, esta medición se restringe a la disponibilidad de equipos especializados. Por otro lado, los métodos indirectos como el que se va usar en el trabajo es de gran utilidad cuando no se dispone de los respectivos equipos electrónicos (Blanco y Folegatti, 2013). Mediante la utilización de las funciones de predicción de área foliar (Modelos de regresión) se puede estimar el área de las hojas sin causar daños a las plantas y además, este método puede proporcionar a los investigadores, muchas ventajas en experimentos hortícolas, como la estimación del área foliar en la misma temporada de crecimiento de las plantas y de este modo es posible reducir la variabilidad en los resultados de los experimentos (Serdar y Demirsoy, 2011). También se tendrá en cuenta los diámetros polar y ecuatorial del fruto estableciendo su tamaño con el método no destructivo donde nos permitirá establecer las medidas con el calibrador desde la fructificación hasta donde se alcance el proyecto, donde los frutos alcanzan un diámetro de 2 a 3 cm, hasta el tiempo límite de la investigación.

Por consiguiente de esta investigación de tipo observacional surge las siguientes preguntas:

¿Los parámetros morfofisiológicos de la hoja, sirven para estimar el área foliar que es un determinante fisiológico del rendimiento agronómico?

¿El contenido máximo relativo de la clorofila en la hoja del ciruelo nos indicaría en qué momento llega a su máxima actividad fotosintética, como determinante fisiológico del rendimiento agronómico y, en cuanto tiempo lo obtiene en Pamplona?

¿ El crecimiento del fruto del ciruelo sigue un modelo sigmoide de tres etapas?.

Para estas preguntas de investigación observacional se plantea las siguientes hipótesis.

Hipótesis de investigación

Ho: Las variables asociadas a la hoja permiten estimar el tamaño del área foliar como determinante fisiológico del rendimiento agronómico.

Ho: Los contenidos relativos de clorofila durante las diferentes fases del crecimiento vegetativo de la hoja de ciruelo son similares.

Ho: Los frutos del ciruelo siguen el modelo del crecimiento sigmoide de tres etapas.

Justificación

Usualmente se describen las etapas de crecimiento de todos los cultivos agrícolas utilizando la escala BBCH, para identificar las etapas fenológicas en plantas herbáceas y leñosas. Este sistema está básicamente conformado por un código de dos dígitos, el primero define las etapas principales con valores de 0 a 9, y el segundo dígito identifica el estado secundario de desarrollo (Meier et al., 2009).

La fenología que hace parte del desarrollo del ciruelo, estudia los cambios externos visibles del proceso de desarrollo del cultivo, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales, cada etapa fenológica de la escala BBCH no extendida puede tener presiones selectivas diferentes. El desarrollo se diferencia del crecimiento en una determinada etapa del desarrollo, porque se pueden presentar una serie de tamaños diferentes según la escala BBC (Meier, 2009; Bonilla, 2014).

En un ciclo fenológico, las hojas de árboles frutales necesitan reservas del árbol durante las primeras semanas de su desarrollo, porque no elaboran lo que demandan; posteriormente, son la fuente de abastecimiento de nutrimentos (Ramírez, 2011); en estado de desarrollo avanzado, la decadencia fisiológica de las hojas afecta procesos fisiológicos generales. Es decir, la edad y estado de desarrollo foliar son importantes en procesos fisiológicos que operan bajo condiciones ambientales cambiantes, dan como resultado fases fenológicas y revelan conocimiento de procesos subyacentes de cambios de masa y energía entre las plantas y su ambiente (González et al., 2018).

La temperatura incide sobre la tasa de producción y el área foliar que conforma el dosel vegetal, a través del cual los cultivos interceptan la radiación solar y realizan los procesos

metabólicos tendientes a la acumulación de fotoasimilados. El conocimiento de la duración exacta de las fases de desarrollo y su interacción con los factores ambientales, es esencial para alcanzar los máximos rendimientos en las plantas cultivadas, ya que determinan factores como la absorción de nutrientes y el llenado de frutos que inciden directamente sobre la productividad del cultivo (Prabhakar et al., 2013).

La temperatura, la variación de la luz en función de la latitud y el régimen pluviométrico a través del año, son los principales factores que afectan la fenología del duraznero, cultivo que presenta interrupción del crecimiento, es decir, alterna flujos de actividad y reposo, lo que se conoce como crecimiento rítmico (Sanabria, 2011).

La estimación del área foliar es una importante observación biométrica que debe hacerse con el propósito de comparar el comportamiento de los vegetales en función de diferentes tratamientos (Casierra et al., 2017).

Entre los estimadores de la fotosíntesis, los más utilizados son el peso específico de la hoja, la concentración de carbohidratos, la proteína soluble y el contenido de clorofila (Reyes et al. 2011). En la época temprana de la estación de crecimiento foliar, durante la expansión de las hojas, se ha observado un incremento en el contenido de clorofila (a+b). (Zhang et al., 2013).

La capacitación en recolección, elaboración de matrices de datos y análisis de información en ensayos de campo en el cultivo de ciruelo para analizar la morfometría, fenología y fisiología de la variedad Horvin en Pamplona, constituye una experiencia enriquecedora y complementaria de la formación como ingeniero agrónomo, investigación que pretende contribuir al conocimiento del cultivo para su mejoramiento en la región del trópico alto colombiano.

Otra razón que valora el trabajo es que los productores de ciruelo en la región de Pamplona no tienen un conocimiento técnico científico respecto a la evaluación de los parámetros morfofisiológicos de crecimiento del área foliar y del fruto, para estimar la fotosíntesis, el tamaño de la hoja y del fruto, por lo tanto se requiere investigar estos procesos para aportar nuevos conocimientos a los agricultores, y así ellos puedan conocer el momento en que la hoja tendrá mayor contenido de clorofila, y el fruto un tamaño adecuado para su posterior maduración, lo que le permitirá ajustar actividades agronómicas a los estados vegetativos del cultivo.

Una vez culminada la investigación aportará información a la comunidad tecnocientífica y a los productores de ciruelo de la región, por medio de una charla y entrega de un informe donde se explique al productor sobre la importancia de cuidar el área foliar para lograr altos rendimientos en el cultivo y así el agricultor también pueda conocer el momento en que la hoja tendrá mayor contenido de clorofila que indica su madurez fisiológica, para realizar la máxima fotosíntesis como planta C_3 , lo que le permitirá ajustar actividades agronómicas a los estados vegetativos del cultivo.

Delimitación

La presente investigación es de tipo observacional, donde se uso para realizar la identificación de las variables morfofisiológicas del crecimiento del área foliar del ciruelo asociadas a la hoja a su estado fenológico, y un estimador de la fotosíntesis como los contenidos relativos de clorofila, así como también la medición de los diámetros ecuatorial y polar del fruto.

La investigación se llevó a cabo en la finca Llano Corazón, perteneciente al señor Pedro Ignacio Mantilla Flórez de la vereda Cariongo Occidental del municipio de Pamplona en el departamento Norte de Santander, a 2.525 metros sobre el nivel del mar, situada en las coordenadas 72°39' de longitud al Oeste de Greenwich y a 7° y 23' de latitud norte (EcuRed,2015).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar los parámetros morfofisiológicos de crecimiento del área foliar y los diámetros del fruto de 13 árboles de ciruelo (*P. salicina*) cv. Horvin, en la vereda Cariongo Occidental del municipio de Pamplona.

Objetivos específicos

- Determinar las fases del crecimiento de las hojas de ciruelo (*P. salicina*) cv. Horvin usando la escala BBCH.
- Establecer las medidas morfofisiológicas directas no destructivas sobre las hojas para estimar el área foliar del ciruelo japonés (*P. salicina*) cv. Horvin.
- Cuantificar los contenidos de Clorofila de la hoja durante su ontogenia (Desarrollo y crecimiento) como estimador de la fotosíntesis.
- Evaluar el diámetro polar y ecuatorial del fruto (Ciruela), para establecer el modelo del crecimiento.

Marco de Referencia

Antecedentes

En concordancia con la metodología implementada en el presente estudio se han realizado diferentes investigaciones con el propósito de establecer una relación confiable entre el área de las hojas y las dimensiones foliares en diferentes especies frutícola.

Casierra et al., (2017) realizaron una investigación en Paipa Colombia, sobre la comparación de métodos directos e indirectos para la estimación del área foliar (AF) en durazno (*Prunus persica*) y ciruelo Japonés (*P. salicina*) cv Horvin, seleccionaron 100 hojas de cada árbol los cuales no presentaban daños mecánicos, ni problemas sanitarios y en cada hoja se midió el área foliar cinco veces, se calculó el promedio y se dejó como dato definitivo, al final de la investigación se concluyó que en los cultivares de durazno y ciruelo puede predecirse el área foliar usando mediciones curvilíneas simples.

González et al.,(2018). Evaluaron el área foliar y la eficiencia en el uso de la radiación del ciruelo japonés (*P. salicina*) durante un ciclo fenológico en México, seleccionaron 20 árboles sanos e integrados y determinaron las fechas de inicio y final de las fases fenológicas, se realizaron correlaciones estadísticas entre AF, Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada (RFAi) y fases fenológicas. Dando como resultado, el AF incrementó durante el crecimiento y desarrollo de frutos; simultáneamente, aumentó la acumulación radical. La mayor AF sucedió durante la segunda etapa del crecimiento de frutos y madurez fisiológica. Existió correlación positiva significativa del AF con la RFAi y el crecimiento vegetativo y de frutos. La EUR se mantuvo durante el crecimiento de diversos órganos, incluso durante abscisión foliar.

Quevedo et al., (2017). Desarrollaron unos modelos estadísticos para estimar el área y el peso seco del limbo de frutos y de ramas de la variedad Jarillo en los municipios de Pamplonita,

Pamplona y Chitagá, para ser utilizados como herramientas, para facilitar la recolección de datos. El estudio, se realizó en las montañas de Pamplona, noroeste de Colombia. Se seleccionaron 240 hojas de 2,5 meses, 240 frutos de 3,5 y 7 meses y 240 ramas de 9 meses de edad, para desarrollar los modelos. Los resultados del análisis de regresión indicaron que varios modelos son adecuados, para estimar el área del limbo y el peso seco de los órganos de durazno de la variedad Jarillo. Los datos observados y estimados se compararon estableciendo la relación, mediante una regresión lineal simple, para la rama y el limbo. La relación para el fruto fue de tipo cuadrático. El número de yemas de volumen de longitud y el diámetro basal/medio de las ramas mixtas, el peso seco del fruto, el muestreo, el diámetro longitudinal del fruto, la altitud, la longitud del limbo, el peso seco del limbo, el producto de la longitud por el ancho del limbo, el ancho del limbo, el peso seco del limbo, están involucrados en la estimación del área del limbo y el peso seco de los órganos de *P. persica* (L.), variedad Jarillo.

Quevedo et al .,(2012). Determinaron un modelo matemático para la estimación del Área Foliar y peso seco del limbo de *Prunus persica* cv. Jaramillo en la provincia de Pamplona, donde seleccionaron y midieron 50 hojas de 2,5 meses de edad: longitud y ancho del limbo de la hoja, longitud del pecíolo, longitud de la hoja, diámetro del pecíolo, peso fresco del limbo de la hoja, peso fresco del pecíolo, peso fresco de la hoja, peso seco del limbo de la hoja, peso seco del pecíolo, hoja peso seco, limbo largo / ancho, largo pecíolo / limbo y área del limbo foliar. Los resultados les permitieron obtener ecuaciones de regresión para estimar el área foliar y el peso seco del limbo. Utilizando los modelos lineales $LA = \beta_1 + \beta_2 (LLL \times LLW)$ y $LA = \beta_1 + \beta_2 LLL + \beta_3 LLW$ se determinó una ecuación de área foliar. Se evaluaron modelos alternativos para calcular el peso seco del limbo $LLDW = -\beta_1 + \beta_2 LLL + \beta_3 LLW$ y $LLDW = -\beta_1 + \beta_2 LLL + \beta_3 LLW$

PL. Las mejores ecuaciones encontradas con un R^2 de 0.99 fueron $LA = 1.572 + 0.65169 (LLL \times LLW)$, $LA = -23.106 + 2.8064LLW + 3.6761LLL$ y $LLDW = -0.002 + 0.401 (LLFW)$.

Sachet et al., (2015). Desarrollaron y probaron tres modelos de estimación del área foliar de durazno por métodos no destructivos en Pato Branco, Brasil. Utilizaron el ancho (L), el largo (L) o ambas dimensiones de la hoja de durazno "BRS Kampai". Un modelo genérico de Demirsoy, propuso determinar la AF en melocotoneros y se desarrolló en condiciones de crecimiento en Turquía. El uso de una sola dimensión con el fin de reducir la carga de las evaluaciones, no permite predicciones adecuadas y puede conducir a errores estadísticos al alterar la variabilidad de los datos en relación con la AF real. El modelo no destructivo propuesto en el trabajo fue " $AF = 6.852 + 0.823L * C - 0.691L^2 - 1.614C / L$ ", el cual puede estar indicado para estimar satisfactoriamente el AF como sustituto del análisis destructivo y presentó ganancias de estimación cuando en comparación con el modelo genérico de Demirsoy.

Ordúz et al., (2020). Realizaron una investigación en Paipa Boyacá en Colombia, donde evaluaron la dinámica del N-P-K-Ca y Mg, junto con las unidades SPAD en plantas injertadas de ciruelo (*Prunus domestica*) var. Horvin en condiciones del trópico alto evaluadas en diferentes puntos de crecimiento (cm) desde la injertación, hasta las condiciones para el trasplante. Las concentraciones de N foliar se presentaron en mayor proporción, seguidos de K, las concentraciones de P y Mg se registraron en menor proporción. Las concentraciones de macronutrientes en plantas injertadas de vivero en su primera etapa, requiere de un balance nutricional adecuado que permita el desarrollo vegetativo adecuado para su éxito en el establecimiento en sitio definitivo.

González et al., (2018). Realizaron una investigación en sobre el conocer las tendencias y efectos del Peso Específico de Hoja y Concentración de Nitrógeno en Hojas en la fenología del

ciruelo japonés cv. Harvin. A través de un muestreo por cuotas fueron seleccionados veinte árboles sanos con íntegra estructura general. Se determinaron las fechas de inicio y fin de las fases fenológicas. Se realizaron correlaciones estadísticas del Peso Específico de Hoja y Concentración de Nitrógeno en Hojas con fases fenológicas que supusieron una lógica relación entre variables y una distribución bivariada. El grado y tipo de asociación entre variables fue analizado a través de coeficientes de correlación de Spearman mediante el procedimiento SAS|CORR en SAS_studio University Version 2016 para Windows. Los resultados fueron, el mayor Peso Específico de Hoja en 2015 y 2016 ocurrió durante madurez de cosecha, y en ambos años disminuyó durante el último periodo del crecimiento vegetativo; este índice está significativamente correlacionado con el crecimiento vegetativo y de frutos. En 2015 y 2016, la mayor Concentración de Nitrógeno en Hojas ocurrió durante madurez de cosecha; en ambos años la menor Concentración de Nitrógeno en Hojas ocurrió durante la última etapa del crecimiento y desarrollo de frutos; este índice tiene una significativa correlación negativa con el crecimiento vegetativo y de frutos.

Marco contextual

Localización

Cariongo Occidental es una de las 37 veredas del municipio de Pamplona de Norte de Santander. Pamplona se encuentra ubicado sobre la cordillera central al Nororiente de Colombia y es uno de los 40 municipios del Departamento Norte de Santander. Su localización geográfica hacia el suroccidente del departamento es de $07^{\circ} 22' 41''$ de latitud Norte y $72^{\circ} 39' 09''$ de longitud Oeste. El municipio de Pamplona pertenece a la Región Sur-occidente del Departamento junto con los municipios de Pamplonita, Chitagá, Silos, Cácuta y Mutiscua.

La extensión total del municipio es de 318 Km² y corresponde al 0.0274% de la extensión total del país. La extensión del suelo urbano es de 59.214 ha (EcuRed,2015).

Importancia económica

La superficie mundial destinada al cultivo del ciruelo se concentra principalmente en China, con un total de 1.663.115 ha en 2008. En segundo lugar, se encuentra Serbia con un total de 200.000 ha, le sigue Bosnia Herzegovina, Rumanía y España. La producción mundial de ciruela durante el año 2009 se estima en 10.679.206 t. Los mayores productores, según datos de 2008, son: China, con 5.373.001 t; seguida de Serbia, con 662.631 t; Estados Unidos de América, con 561.366 t; Rumanía, con 533.691 t; y (en quinto lugar) España con una producción de 200.100 t de ciruela (Sánchez, 2013).

Marco Teórico

Importancia del cultivo de Ciruelo Horvin:

En Colombia el área sembrada en ciruela (*P. salicina.*) cv Horvin, es de 2548 hectáreas, el departamento con mayor producción es Boyacá, con una participación del 77,7%, destacándose el municipio de Tuta. Estudios previos han evidenciado pérdidas en volumen superiores al 30%, debido a la falta de asociatividad y organización de los productores. Unido a esto se relacionan causas en el área de producción, cosecha, transporte y mercados, tales como desconocimientos de índices de cosecha, empaques inadecuados, falta de control de temperatura y bajo precios del mercado, encontrando como principal problema el trabajo individual de las fruticulturas (Serrano et al. ,2020).

Factores que afectan al IAF:

El IAF varía tanto en tiempo como en espacio. Las variaciones establecionales en el IAF pueden deberse a una variedad de factores, entre los que se incluyen cambios generados por el desarrollo del rodal, el crecimiento de las especies, su genética y su arquitectura, las condiciones climáticas, las propiedades del suelo, los contaminantes aéreos y gases (Sánchez, 2013).

Principales características del ciruelo

El árbol de ciruelo es de tamaño mediano que alcanza una altura máxima de 5-6 m. Produce ramas alternas, pequeñas, delgadas, unas veces lisas, glabras y otras pubescentes y vellosas. (ASAGRIN, 2014).

Morfología de la hoja:

El ciruelo japonés es originario de China. Sus hojas son caducifolias, oblongas, aserradas, de color, verde, lisas por el haz y pubescentes por el envés (Hernández de Elche, 2013).

Son alternas, simples, con estípulas fijas al pecíolo, donde además a menudo se observan varias glándulas de pequeño tamaño llamadas nectarios. En general suelen ser de forma elíptica, con ápice agudo, un tamaño de entre 5 y 10 cm de longitud y entre 3 y 6 Cm de anchura como se ve en la figura 1 , teniendo el margen crenado o serrado (ASAGRIN,2014; Guerra, 2011; Okie, 2008).

Figura 1

Detalle de las hojas Del Ciruelo Japonés

**Peso de la hoja:**

El peso específico de hoja (PEH) evidencia actividad fotosintética para el alcance de una máxima Área Foliar (AF) y crecimiento vegetativo. En ciruelo europeo, las hojas en fases fenológicas lejanas a letargo tienen PEH más altos, que aquellas temporalmente cercanas a esta fase fenológica, debido a la acumulación de almidón y su efecto sobre el desplazamiento del agua (Reyes et al., 2011).

Flores: Aparecen en pequeños ramos cortos de un año de edad. Son blancas, solitarias, con pedúnculos cortos que los de las flores del cerezo, pubescentes, aplastados y con pequeñas yemas de escamas ásperas. Tienen un tálamo en copa, en cuyo borde se instalan los sépalos, los pétalos y los estambres, mientras que en el fondo se inserta el ovario. Los sépalos son 5 y los pétalos se alternan con aquellos también número de 5, están libres, estrechados en la base y presentan el borde ondulado. Los estambres son numerosos y presentan anteras bilobuladas. El ovario es de forma oval y encierra en una sola cavidad dos óvulos (Reyes et al., 2011).

Fruto: Drupa redonda u oval recubierta por una cera blanquecina (pruina), de color rojo ovioláceo, con pedúnculo mediano, peloso, con hueso oblongo, comprimido, algo áspero y que por un lado presenta una sola costilla. Dentro del hueso se encuentran dos semillas o más frecuentemente una sola, por aborto de la otra. Las semillas pierden después de un mes la facultad germinativa (Reyes et al., 2011).

Clorofila

La clorofila es el pigmento de color verde que absorbe la luz solar o artificial y se encuentra en todos los organismos que fabrican su propio alimento a través de la fotosíntesis, a estos se les conoce como autótrofos. La clorofila, que se forma en hojas, tallos y otras partes de plantas, se encuentra en unas estructuras llamadas cloroplastos, y ahí es donde se lleva a cabo la fotosíntesis. En una hoja, los cloroplastos se acumulan generalmente en las células superiores, dando a la superficie un color verde más intenso que el interior. La clorofila se forma solo cuando hay luz (Biología general, 2015).

Las fases fenológicas:

Son expresiones externas de procesos fisiológicos internos que operan bajo condiciones ambientales cambiantes. Estos procesos revelan conocimiento subyacente de cambios de masa y energía entre las plantas y su ambiente, por lo que son importantes en el estudio de la fenología. En este contexto, el Peso Específico de Hoja (PEH) y Concentración de Nitrógeno en Hoja (CNH) son índices que estiman la fotosíntesis y actividad del N durante la fenología, a través de evaluaciones sencillas, rápidas y representativas (Reyes et al., 2011).

Ciclo Fenológico:

En un ciclo fenológico, las hojas de árboles frutales necesitan reservas del árbol durante las primeras semanas de su desarrollo, porque no elaboran lo que demandan; posteriormente, son la fuente de abastecimiento de nutrimentos en estado de desarrollo avanzado, la decadencia fisiológica de las hojas afecta procesos fisiológicos generales. Es decir, la edad y estado de desarrollo foliar son importantes en procesos fisiológicos que operan bajo condiciones ambientales cambiantes, dan como resultado fases fenológicas y revelan conocimiento de procesos subyacentes de cambios de masa y energía entre las plantas y su ambiente (Fitzjarrald et. al., 2014).

Requerimientos Edafoclimáticos

El ciruelo Horvin puede ser sembrado hasta los 700 msnm en zonas templadas, pero en el caso de latitudes tropicales se produce en zonas que van desde los 1.500 hasta los 2.300 msnm, además requiere de bajas temperaturas para establecer la fase de inactividad y llenar su requerimiento de horas frío, lo cual en nuestras condiciones se obtiene a mayores altitudes sobre el nivel del mar (CUDECA, 2010).

La temperatura óptima para su desarrollo está entre 12° a 22° C, sin embargo dependiendo de la variedad, suele resistir bastante bien las bajas temperaturas., requiere suelos sueltos, profundos y bien drenados, ricos en materia orgánica. Además la literatura señala que puede tolerar suelos húmedos y poco profundos, dado su sistema radicular superficial (FAO, 2010).

Manejo agronómico del cultivo de ciruelo

Polinización y fecundación: El ciruelo posee flores hermafroditas, cada una de ellas posee órganos masculinos y femeninos, lo cual favorece su autofecundación. Las bajas temperaturas con alta humedad relativa y niebla persistente pueden afectar la polinización y fecundación del

cultivo, también fuertes lluvias durante el periodo de floración, debido a que la actividad de los insectos polinizadores es escasa o nula y el polen de los estambres se malgama y se pega, por lo cual no se disemina entre la plantación (CUDECA, 2010).

Tabla 1

Escala BBCH en Ciruelo ([P. salicina] cv. Horvin.

Etapas Fenológicas	Identificación con foto del ciruelo variedad Horvin	Código BBCH	Días después de la defoliación
Inactividad	A1	00	30
Comienzo de la hinchazón de las yemas	A2	1	38
Primeras hojas desplegadas			
Primeras hojas completamente expandidas			
Inflorescencia encerrada	B	54	46
Capullos de flores individuales visibles			
La mayoría de las flores con pétalos formando una bola hueca (Plena floración)	C	59	54
Fin de la floración	D1	69	62
Sépalos comenzando a caer	D2	72	70
Cae el cáliz	D3	75	78
Fruto tierno	F1	78	86
Fruto alrededor del 80% del tamaño final	F2	85	94
Comienzo de la coloración de frutas	G	88	

La primera etapa fenológica del ciruelo Japonés es la inactividad A1 00 a los 30 días después de la defoliación, donde las yemas se forman como un ramillete y se tornan de color café, como se puede ver en la figura 2.

Figura 2. *Etapa Fenológica A1 00.*



Fuente: Autoras

La segunda etapa fenológica del ciruelo Japonés es el comienzo de la hinchazón de las yemas, A2 01 como se muestra en la figura 3. Las yemas empiezan a romperse y se visualiza el color verde de las primeras hojas, esto ocurre a los 38 días después de la defoliación.

Figura 3. *Etapa Fenológica A2 01*



Fuente: Autoras

La siguiente etapa fenológica del ciruelo Japonés es la inflorescencia encerrada (B 54/55), los botones se separan y se pueden ver los estambres como se puede ver en la figura 4, esta etapa empieza a los 46 días después de la defoliación.

Figura 4. *Etapa Fenológica B 54/55*



Fuente: Autoras

Esta etapa fenológica de C 59/11 en donde se encuentran la mayoría de las flores con pétalos formando una bola hueca, es decir se encuentran las flores abiertas y estas forman un ramillete como se muestra en la figura 5, esta etapa ocurrió a los 54 días después de la defoliación.

Figura 5: *Etapa Fenológica, C 59/11*



Fuente: autoras

A los 62 días después de la defoliación, se termina la floración del ciruelo Japonés (D1 69/19), como se muestra en la figura 6.

Figura 6. *Etapa Fenológica D1 69/19*



Fuente: Autoras

En la etapa fenológica en donde los sépalos comienzan a caer (D2 72), como se muestra en la figura 7, esto ocurrió a los 70 días después de la defoliación.

Figura 7. *Etapa Fenológica D2 72*



Fuente: autoras

A los 78 días después de la defoliación del cultivo del ciruelo Japonés, el fruto se encuentra cuajado y empieza a caer el cáliz (D3 75), como se muestra en la figura 8.

Figura 8 *Etapa Fenológica D3 75*



Fuente: Autoras

A los 86 días después de la defoliación del cultivo del ciruelo Japonés, el fruto está tierno (F1 78) y empieza a crecer en sus diámetros, como se muestra en la figura 9.

Figura 9. *Etapa fenológico F1 78*



Fuente: Atoras

A los 94 días después de la defoliación el fruto está alrededor del 80% del tamaño final (F2 85), como se muestra en la figura 10.

Figura 10. *Etapa Fenológica F2 85*

Fuente: autoras

El ciruelo japonés (*Prunus salicina Lindl.*), es un árbol frutal de hueso que pertenece a la familia Rosaceae y la subfamilia Amygdaloideae, se encuentra dentro del género y subgénero *Prunus*. Dicha clasificación botánica (Tabla 2), fue descrita y publicada en 1828 por John Lindley en el artículo Transactions of the Horticultural Society of London de ese mismo año (Murcia ,2020).

Tabla 2*Taxonomía de la Ciruelo Japonés*

Reino	Plantae
División	Madnoliohypta
Clase	Madnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Prunus</i>
Especie	<i>P. salicina (Lindl.)</i>

Fuente:LinkFang.org.(2021)

Marco legal

Reglamento Estudiantil, Universidad de Pamplona. ACUERDO No.186

Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado de la Universidad de Pamplona. CAPÍTULO VI. TRABAJO DE GRADO

Artículo 35. Definición de trabajo de grado: En el plan de estudios de los programas, la universidad establece como requisito para la obtención del título profesional la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina TRABAJO DE GRADO por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite diagnosticar problemas y necesidades específicas y desarrollar planes y ejecutar proyectos que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones, aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

Artículo 36. Modalidades de trabajo de grado: Este trabajo se desarrolla mediante la modalidad de investigación con el fin de llevar a cabo un aporte de conocimientos mediante el uso de diseños y ejecución de proyectos.

Metodología

- **Material vegetal**

El cultivo de ciruelo variedad Horvin, fue sembrado el 6 de Julio del 2006, por medio de injertos que fueron comprados al señor Rafael Salamanca en el Instituto Superior de Educativo Rural (ISER).

- **Ubicación del cultivo**

El cultivo está ubicado en la vereda Cariongo Occidental, en la finca Llano corazón del propietario de don Pedro Ignacio Mantilla Flórez a 20 minutos caminando del parque recreativo los tanques, pasando por la construcción de ladrillo y por el restaurante J&R conocido como don Nepo., el cultivo de ciruelo está cerca de la casa de la finca a 2.521 m.s.n.m.

- **Distancia de siembra y densidad de siembra**

El cultivo se encuentra sembrado a una distancia de 4 m x 4 m, donde se cuenta con 700 plantas de ciruelo. Cuando se sembró el cultivo se le aplicó 200 gr de abono orgánico.

Esta investigación es de tipo observacional usando variables cuantitativas, tales como: el área foliar, largo, ancho, largo * ancho, silueta, índice de clorofila (IC) y los diámetros polar y ecuatorial de 13 árboles de ciruelo (*P. salicina*) cv. Horvin, en la finca Llano corazón.

Se seleccionaron 13 árboles de ciruelo, donde cada uno se marcó con pintura y con un número romano para su identificación. De cada árbol se seleccionaron 3 hojas y 3 frutos tratando que sean del mismo tamaño. Cada muestreo se determinó las fases del crecimiento de las hojas de ciruelo con la ayuda de la escala BBCH para su respectiva identificación, del fruto se midió los diámetros polar y ecuatorial con la ayuda de un calibrador. También de ellos se

hallaron las siguientes variables.

Variables Morfométricas medidas una sola vez

Se seleccionaron además por una sola vez cien hojas maduras del mismo tamaño del tercio medio de las ramas productivas del último año y del tercio medio del árbol y se tomaron las siguientes medidas: ancho del limbo (cm), longitud del limbo(cm), ancho por largo del limbo (cm^2), longitud del peciolo(cm), longitud hoja(cm), diámetro peciolo(mm), peso fresco del limbo(g), peso fresco del peciolo(g), peso fresco de la hoja(g), peso seco del limbo(g), longitud /ancho limbo, longitud del peciolo/longitud del limbo, área foliar del limbo(cm^2), la silueta que es $2/3$ del del largo por ancho del limbo(cm^2) y el estimado del área foliar.

El área foliar se determino en 50 y 100 hojas adultas por una sola vez, para comparar el comportamiento de los residuales del error muestral, mediante el uso del programa Image J de análisis de imágenes de dominio público (Rasband, 2010). El proceso se empezó con la descarga de la foto (extensión jpg) en el programa y la inclusión de largo del limbo (cm) como parámetro de entrada en el programa, el cual fue medido previamente con un pie de rey electrónico marca Forte. Con estos parámetros el software estimo el área del limbo (cm^2)

Variables Fisiológicas y morfológicas

Todas las observaciones se efectuaron en hojas de las ramas del año y las muestras se tomaron en el tercio central de la rama y tercio medio del árbol. Se tomaron las muestras para determinar todos los caracteres respecto a la hoja.

Para la toma de las variables fisiológicas de contenido relativo de la clorofila en la hoja del ciruelo se tomaron los datos a la 1 pm de tres brotes foliares por árbol, cada uno con tres hojas. Usando el calibre electrónico (calibrador o nonio) se obtendrá la anchura y la longitud del

limbo de las 3 muestras por cada árbol y para el área foliar la cámara fotográfica y el programa imagen, donde se realizó el promedio de ellas y la desviación típica para generar generó el intervalo de referencia.

El equipo para la toma de los datos de clorofila se utilizó el clorofilómetro FIELD SCOUT CM1000 marca Spectrum Technologies, Inc durante diez muestreos. Para su uso en campo se empezó con el encendido del equipo, se midió 3 hojas por planta y para la obtención del dato indirecto del contenido de clorofila, se ubicó a una distancia de entre 20 y 40 cm de la hoja, posteriormente se accionó el gatillo que refleja un láser y se apuntó al centro de la hoja manteniendo el pulso en un punto fijo durante 20 a 30 segundos, evitando la nervadura. Se suelta el gatillo y se guardan los datos de index que no tiene unidades y es una medida relativa de la presencia de Clorofila en la hoja del ciruelo. Para pasar los datos del equipo al computador, la técnica que consistió en conectar el cable al computador donde se guardaron los datos y se empieza a probar los puertos, para ver cuál sirve haciéndole contacto con un clip, hasta que se reconoció el puerto número 5, luego se conectó el equipo y se le dio la opción Download (Descargar), ahí se pide la ubicación para guardar el archivo y se le dio guardar. Además, si se pidió clear memory al terminar cada uno de los muestreos (Borrar la memoria), se le da si la memoria está llena borrando los datos recabados en el último muestreo.

Los datos de cada muestreo se registraron en una tabla en Excel, cada semana desde el 23 de Julio hasta el 15 de Octubre. Con los datos registrados en Excel se trabajó un estudio observacional con un diseño de medidas repetidas, el cual es una extensión del diseño de bloques, en que el sujeto sustituye al bloque y actúa de control propio. Con este formato los sujetos de la muestra reciben el factor tiempo y repiten medidas o registros de respuesta; asimismo la comparación de los tiempos es intra-sujeto. De este modo, el uso del

procedimiento de medidas repetidas proporciona un control más efectivo de las fuentes de variación extrañas asociadas, por lo general a las características individuales de cada órgano; estimado a través de las variables, es decir se consiguió una reducción de la variancia del error, esto es así porque al actuar el sujeto de la repetición, la variabilidad debida a las diferencias individuales es eliminada del error. De este modo, el diseño de medidas repetidas constituye una estructura más potente que los diseños completamente aleatorizados (Turmero, 2010). Sobre el diseño de medidas repetidas se ejecutó un manova y una prueba de comparación múltiple de medias por muestreo que es la de Tukey.

Se realizó una comparación usando la correlación bivariada con los datos de las dimensiones y clorofila de la hoja como fuente de fotoasimilados contra las dimensiones del fruto como demanda, para relacionar la variación de estos dos variables de la planta.

Se usó la regresión curvilínea potencial para estimar las variables morfofisiológicas de la hoja y del fruto.

Por último, se usó la regresión lineal simple para estimar el área foliar usando una variable independiente lineal como fue el largo * ancho. Y se escogió de dos grupos muestrales de hojas adultas el que cumplía con todos los supuestos de la regresión, el cual fue el de 100 hojas.

Resultados y Discusión

En la Tabla 3, Las correlaciones de Pearson entre las variables morfofisiológicas asociadas a la hoja y el fruto de ciruelo Japonés y su demostración en relación fuente- demanda como determinante fisiológico del rendimiento, se pudo determinar la relación estrecha que existe entre los órganos que tiene que ver con el tercer determinante fisiológico del rendimiento agronómico que es fuente - demanda, las características morfofisiológicas y fisiológicas de la hoja con las características morfológicas del fruto, por ejemplo: podemos comparar el diámetro polar con el largo de la hoja donde aparece el 50% una estrecha relación entre el diámetro y el largo de la hoja $0,761^{**}$ donde es bilateral al $0,01$ donde se mide con la prueba DT y el segundo $0,734^{**}$ con una probabilidad de $P = 0,01$ al igual el largo por el ancho que es una variable de tipo fisiológico, la silueta que es de tipo fisiológico y con el que no se encuentra ninguna relación. Esta Variable de Pearson es el único dato que no tiene relación es el índice de Clorofila porque tiene mucho efecto en la parte ambiental el cual es el único que no tiene relación.

El área foliar del limbo se encuentra íntimamente relacionado con las demás variables asociadas tanto al fruto como a la hoja ya que, según estudios realizados por Quevedo, Arévalo & Cancino, (2012) existe una relación estrecha entre el área foliar del limbo y sus parámetros lineales, es decir la longitud y la anchura.

El índice de Correlación para el diámetro polar estuvo entre $0,755^{**}$ a $0,761^{**}$ hubo un rango con respecto a las variables morfofisiológicas de la hoja y el diámetro Ecuatorial $0,772^{**}$ a $0,803^{**}$ el cual hubo un rango de alta correlación y significa que un valor probado de $P = 0,01$ como determinante fisiológico de la planta como fuente de demanda.

Tabla 3

Correlaciones de Pearson Entre las Variables Morfofisiológicas Asociadas a la Hoja y el Fruto de Ciruelo. Y Demostrar su Relación Fuente Demanda como Determinante Fisiológico del Rendimiento.

		Hoja largo (cm)	Hoja ancho (cm)	silueta(cm²)	Largo *ancho (cm²)	Índice de clorofila (Índice)	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	Diámetro polar del fruto (mm)
Hoja largo (cm)	Correlación de Pearson	1	0,856**	0,955**	0,955**	-0,058	0,803**	0,761**
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,311	0,000	0,000
	N	312	312	312	312	312	312	312
Hoja ancho (cm)	Correlación de Pearson	0,856**	1	0,964**	0,964**	-0,010	0,772**	0,734**
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,854	0,000	0,000
	N	312	312	312	312	312	312	312
silueta(cm²)	Correlación de Pearson	0,955**	0,964**	1	1,000**	-0,038	0,800**	0,755**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,501	0,000	0,000
	N	312	312	312	312	312	312	312
Largo *ancho (cm²)	Correlación de Pearson	0,955**	0,964**	1,000**	1	-0,038	0,800**	0,755**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,501	0,000	0,000
	N	312	312	312	312	312	312	312
Índice de clorofila (Índice)	Correlación de Pearson	-0,058	-0,010	-0,038	-0,038	1	-0,056	-0,011
	Sig. (bilateral)							

	Sig. (bilateral)	0,311	0,854	0,501	0,501		0,325	0,844
	N	312	312	312	312	312	312	312
Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	Correlación de Pearson	0,803**	0,772**	0,800**	0,800**	-0,056	1	0,952**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,325		0,000
	N	312	312	312	312	312	312	312
Diámetro polar del fruto (mm)	Correlación de Pearson	0,761**	0,734**	0,755**	0,755**	-0,011	0,952**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,844	0,000	
	N	312	312	312	312	312	312	312

Nota. ** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 4, Las pruebas de efectos inter-sujetos usando la técnica del modelo lineal multivariante (monova), para probar el crecimiento vegetativo morfofisiológico del ciruelo japonés, los órganos de hoja y fruto. El área foliar es un parámetro ampliamente usado en estudios de ecofisiología de cultivos, debido a que la relación existente entre el área foliar y la producción de fruta es bastante estrecha (Casierra et al. 2017).

En la aprobación del crecimiento vegetal del ciruelo, en el modelo corregido de interceptación y el factor tiempo el cual tiene que ver con estos efectos Inter sujetos, un crecimiento irreversible tanto de hoja como de fruto. El R al cuadrado ajusta muy bien en las variables morfofisiológicas dando un valor mayor de la constante de 0,7 a excepción de la variable que no se ajusta al modelo es el índice de clorofila que dio 0,032.

El crecimiento vegetativo, es una herramienta utilizada en diferentes áreas, como lo son fisiología vegetal y la agronomía, ha sido practicado de dos maneras distintas. La primera denominada Análisis Clásico de Crecimiento, contempla medidas realizadas a intervalos relativamente largos de tiempo y usando un gran número de plantas. La segunda denominada Análisis Funcional de Crecimiento comprende medidas a intervalos de tiempo más frecuentes y usando un pequeño número de plantas. La diferencia entre los dos se basa en el uso que del método de regresión hace el análisis funcional (Oliveros, 2002).

En esta prueba no se cumple la hipótesis que dice. Los contenidos relativos de clorofila durante las diferentes fases del crecimiento vegetativo de la hoja de ciruelo son similares, ya que esta variable no se ajusta al modelo.

El Área Foliar (AF) es la característica que define la capacidad vegetal para interceptar la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFAi), así como un factor indispensable para cubrir demandas fotosintéticas que el resto de los órganos vegetales ejercen en ciertos estados de desarrollo para crecer y desarrollar (Warnock, et. al., 2006). Sin embargo, diferentes cultivares pueden exhibir variaciones significativas en su capacidad de AF como las variaciones en su fenología, fisiología (Boote et. al., 2001) y actividad fotosintética de las hojas la cual, no es constante (Fishler, et. al., 1983).

Tabla 4

Pruebas de Efectos inter-sujetos Usando la Técnica del Modelo Lienal Multivariante (monova) para Probar el Crecimiento Vegetal Morfofisiológico del Ciruelo Japonés en los órganos Hoja y Fruto.

<i>Origen</i>	<i>Variable dependiente</i>	<i>Tipo III de suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Modelo corregido	Hoja largo (cm)	116,660 ^a	7	16,666	131,222	0,000
	Hoja ancho (cm)	16,050 ^b	7	2,293	130,443	0,000
	silueta(cm ²)	444,092 ^c	7	63,442	161,979	0,000
	Largo *ancho (cm ²)	1019,496 ^d	7	145,642	161,979	0,000
	Índice de clorofila (Index)	253881,099 ^e	7	36268,728	2,466	0,018
	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	11314,776 ^f	7	1616,397	463,132	0,000
	Diámetro polar del fruto(mm)	9232,089 ^g	7	1318,870	262,495	0,000
Intersección	Hoja largo (cm)	4568,581	1	4568,581	35971,930	0,000
	Hoja ancho (cm)	753,926	1	753,926	42891,315	0,000
	silueta(cm ²)	5068,060	1	5068,060	12939,748	0,000
	Largo *ancho (cm ²)	11634,666	1	11634,666	12939,748	0,000
	Índice de clorofila (Índice)	41163490,157	1	41163490,157	2799,036	0,000
	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	71769,880	1	71769,880	20563,580	0,000
	Diámetro polar del fruto (mm)	92561,294	1	92561,294	18422,512	0,000
Días después de la defoliación	Hoja largo (cm)	116,660	7	16,666	131,222	0,000
	Hoja ancho (cm)	16,050	7	2,293	130,443	0,000
	silueta(cm ²)	444,092	7	63,442	161,979	0,000
	Largo *ancho (cm ²)	1019,496	7	145,642	161,979	0,000
	Índice de clorofila (Index)	253881,099	7	36268,728	2,466	0,018
	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	11314,776	7	1616,397	463,132	0,000
	Diámetro polar del fruto (mm)	9232,089	7	1318,870	262,495	0,000

	Hoja largo (cm)	38,609	304	0,127
	Hoja ancho (cm)	5,344	304	0,018
	silueta(cm ²)	119,066	304	0,392
	Largo *ancho (cm ²)	273,339	304	0,899
Error	Índice de clorofila (Index)	4470717,744	304	14706,308
	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	1061,004	304	3,490
	Diámetro polar del fruto (mm)	1527,405	304	5,024
Total	Hoja largo (cm)	4723,850	312	
	Hoja ancho (cm)	775,320	312	
	silueta(cm ²)	5631,219	312	
	Largo *ancho (cm ²)	12927,500	312	
	Índice de clorofila (Index)	45888089,000	312	
	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	84145,661	312	
	Diámetro polar del fruto (mm)	103320,788	312	
Total	Hoja largo (cm)	155,269	311	
corregido	Hoja ancho (cm)	21,394	311	
	silueta(cm ²)	563,159	311	
	Largo *ancho (cm ²)	1292,835	311	
	Índice de clorofila (Index)	4724598,843	311	
	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	12375,781	311	
	Diámetro polar del fruto (mm)	10759,494	311	

Nota. a. R al cuadrado = 0,751 (R al cuadrado ajustada = 0,746), b. R al cuadrado = 0,750 (R al cuadrado ajustada = 0,744), c. R al cuadrado = 0,789 (R al cuadrado ajustada = 0,784), d. R al cuadrado = 0,789 (R al cuadrado ajustada = 0,784), e. R al cuadrado = 0,054 (R al cuadrado ajustada = 0,032), f. R al cuadrado = 0,914 (R al cuadrado ajustada = 0,912), g. R al cuadrado = 0,858 (R al cuadrado ajustada = 0,855)

En la Tabla 5, En las pruebas estadísticas para probar la validez del modelo lineal multivariante (manova), podemos ver las dos partes que se prueban con un modelo con estos índices es la intersección y el factor tiempo que son los días después de la defoliación, los cuales están por debajo de los índices de 0,01 el cual indica que se rechaza la hipótesis la cual indica que los valores son iguales, lo que se demostró que hay crecimiento cuantitativo para estas variables que son de tipo cuantitativo continuo de los diámetros largo, ancho, L*A y el área foliar.

Este modelo se basa solamente en la estimación de todas las covarianzas posibles entre las mediciones repetidas. Cuando se encuentra sin estructura debe utilizarse si se tienen suficientes observaciones para la estimación de sus parámetros. Para su aplicación, el número de observaciones repetidas debe ser menor o igual al número de repeticiones del experimento (Torres et al. 2003).

Tabla 5

Pruebas Estadísticas para Probar la Validez del Modelo Lineal Multivariante (Manova).

Efecto		Valor	F	Grados de libertad de la hipótesis	Grados de libertad del error	Sig.
Intersección	Traza de Pillai	1,000	104747,453 ^b	6,000	299,000	0,000
	Lambda de Wilks	0,000	104747,453 ^b	6,000	299,000	0,000
	Traza de Hotelling	2101,956	104747,453 ^b	6,000	299,000	0,000
	Raíz mayor de Roy	2101,956	104747,453 ^b	6,000	299,000	0,000
Días después de la defoliación	Traza de Pillai	1,645	16,408	42,000	1824,000	0,000
	Lambda de	0,021	42,808	42,000	1405,886	0,000

Wilks					
Traza de	18,861	133,525	42,000	1784,000	0,000
Hotelling					
Raíz mayor	17,507	760,292 ^c	7,000	304,000	0,000
de Roy					

Nota. a. Diseño: Intersección + Días después de la defoliación., b. Estadístico exacto., c. El estadístico es un límite superior en F que genera un límite inferior en el nivel de significación.

Pruebas Post hoc o de Comparación Múltiple de Medias por Muestreo

Subconjuntos homogéneos

Salisbury y Cleon (2000) señalan que el crecimiento es el cambio cuantitativo del organismo y que va acompañado de sucesivos estadios de desarrollo fenológico, lo que implica un aumento en la complejidad del organismo de la hoja del ciruelo Japonés.

En la Tabla 6, En las medida comparadas del carácter morfológico largo de la hoja del ciruelo Japonés, durante el crecimiento usando la prueba de Tukey, se encuentra la diferencia en cada muestreo ya que va aumentando el tamaño para el carácter morfológico y el largo de la hoja de 2,803cm hasta 4,456 cm a los 118 días después de la defoliación.

Para Diehl et al. (1985) el desarrollo es el cambio sucesivo del vegetal (periodo vegetativo, floración, fructificación, etc.) durante las cuales sus exigencias son frecuentemente muy diferentes, mientras que el crecimiento es el incremento más o menos continuo del tamaño y el área de la hoja de la planta de ciruelo que experimenta durante el transcurso de su vida.

Tabla 6

Medias Comparadas del Carácter Morfológico Largo de la Hoja (cm) Durante el Crecimiento, Usando la Prueba de Tukey^{a,b}

Días después de la defoliación	N	Subconjuntos						
		1	2	3	4	5	6	7
70,0	39	2,803						
78,0	39		3,144					
86,0	39			3,446				
94,0	39				3,779			
102,0	39					4,074		
110,0	39					4,254	4,254	
118,0	39						4,456	4,456
126,0	39							4,656
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	0,340	0,195	0,209

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,127. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,000. b. Alfa = 0,05.

En la Tabla 7, En las medidas comparadas del carácter ancho de la hoja (cm) durante el crecimiento, es el mismo comportamiento del ancho de la hoja de 1.215 cm a 1.967 cm en el séptimo muestreo, el cual indica que esa parte del órgano de la hoja que corresponde el ancho de ella, tiene un crecimiento irreversible el cual lo demuestra la prueba de Tukey

El crecimiento es definido generalmente como un incremento irreversible en las dimensiones de la planta del ciruelo japonés (Di Benedetto, et al. 2016).

Tabla 7

Medias Comparadas del Carácter Ancho de la Hoja (cm) Durante el Crecimiento, Usando

Tukey^{a,b}

Días después de la defoliación	N	Subconjuntos						
		1	2	3	4	5	6	7
70,0	39	1,215 g						
78,0	39		1,333 f					
86,0	39			1,426 e				
94,0	39			1,500 de	1,500de			
102,0	39				1,562 d			
110,0	39					1,664c		
118,0	39						1,769b	
126,0	39							1,967 a
Sig.		1,000	1,000	0,209	0,450	1,000	1,000	1,000

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,018. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,000. b. Alfa = 0,05.

En la Tabla 8, En las medias comparadas del carácter fisiológico silueta (cm²) durante el crecimiento, usando la prueba tukey muestra que cada muestreo es diferente el cual inicia de 2.253 cm² hasta los 6.061 cm², el cual en el tiempo dio significativo.

Ritchie y Nesmith (1991) citan a van Keulen y Wolf y mencionan que el crecimiento es un proceso que está estrechamente interrelacionado con el desarrollo. El crecimiento es un conjunto coordinado de procesos cuantitativos del aumento irreversible de tamaño y área foliar a través del tiempo.

La importancia del área foliar en la estimación de crecimiento vegetal, en la determinación de etapas fenológicas, en la estimación del potencial de rendimiento biológico y agronómico, en el cálculo del uso eficiente de la radiación solar, como también en el cálculo del uso eficiente del agua y de la nutrición mineral (Sonnentag et al. 2008).

Tabla 8

Medias Comparadas del Carácter Fisiológico Silueta (cm²) Durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b}

Días después de la defoliación	Subconjuntos								
	N	1	2	3	4	5	6	7	8
70,0	39	2,253 h							
78,0	39		2,785 g						
86,0	39			3,257 f					
94,0	39				3,759 e				
102,0	39					4,216 d			
110,0	39						4,688 c		
118,0	39							5,220 b	
126,0	39								6,061 a
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,392.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,000. b. Alfa = 0,05

En la Tabla 9, En las medias comparadas del carácter fisiológico largo*ancho (cm²) durante el crecimiento de la hoja del ciruelo Japonés, usando tukey hay un crecimiento en los 8 subconjuntos empezando desde 3,414 cm² y terminando en 9,184 cm² a los 126 días después de la defoliación.

Cirilo et al, (2017) trabajo en una investigación en fisiología requiere métodos precisos y no destructivos con 3,040 hojas para estimar el área foliar, para desarrollar un

modelo LA preciso para el albaricoque, independiente de los grupos de formas de las hojas, se utilizó el producto $L \times W$ como variable independiente. El modelo lineal $LA = 1.193 + 0.668 (L \times W)$ exhibió el mayor R^2 , el error cuadrático medio más pequeño.

Tabla 9

*Medias Comparadas del Carácter Fisiológico Largo*Ancho (cm^2) Durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b}*

Días después de la defoliación	N	Subconjuntos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
70,0	39	3,414 h							
78,0	39		4,220 g						
86,0	39			4,935 f					
94,0	39				5,696 e				
102,0	39					6,388 d			
110,0	39						7,103 c		
118,0	39							7,909 b	
126,0	39								9,184 a
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 0,899. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,000. b. Alfa = 0,05.

En la Tabla 10, En Medias comparadas del carácter fisiológico Índice de Clorofila (Index) durante el crecimiento de la hoja del ciruelo Japonés, usando Tukey se establece que van aumentando a medida que van pasando los días después de la defoliación, donde los tejidos necesitan la reserva de nutrientes para poder desarrollarse y así también generar nutrientes a toda la planta.

El Área Foliar (AF) es la característica que define la capacidad vegetal para interceptar la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFAi), así como un factor indispensable para cubrir demandas fotosintéticas que el resto de los órganos vegetales ejercen en ciertos estados de

desarrollo para crecer y desarrollar (Warnock, et. al., 2006). Sin embargo, diferentes cultivares pueden exhibir variaciones significativas en su capacidad de AF como las variaciones en su fenología, fisiología (Boote et. al., 2001) y actividad fotosintética de las hojas la cual, no es constante (Fishler, et. al., 1983).

Tabla 10.

Medias Comparadas del carácter fisiológico Índice de Clorofila (Index) durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b}

Días después de la defoliación	N	Subconjuntos	
		1	2
118,0	39	309,821c	
126,0	39	342,385ab	342,385 ab
102,0	39	352,897ab	352,897 ab
78,0	39	355,282ab	355,282 ab
86,0	39	372,282ab	372,282 ab
70,0	39	376,846ab	376,846 ab
110,0	39	385,000ab	385,000ab
94,0	39		411,308 ab
Sig.		0,115	0,195

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 14706,308. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,000. b. Alfa = 0,05.

En la Tabla 11, En las medias comparadas del carácter morfológico diámetro ecuatorial del fruto (mm) del ciruelo Japonés, durante el crecimiento, van aumentando en cada subconjunto desde 5,296 mm hasta 22,544 mm a medida como va pasando el tiempo de los días después de la defoliación.

En las tablas 11 y 12 podemos ver el crecimiento ecuatorial y polar del fruto del ciruelo Japonés, donde señala la importancia del crecimiento foliar donde estos tiene relación estrecha con el rendimiento y la calidad de los frutos, ya que la planta, al tener una mayor área foliar,

puede sintetizar una mayor cantidad de carbohidratos y la energía que de aquí se desprende puede utilizarse en la producción de frutos (Eduardo et al., 2001).

En un estudio realizado por Rojas et al. (2008), establecieron que el rendimiento del cultivo de ciruelo, se explica principalmente por el tamaño del fruto, siendo recomendable conocer la dinámica del crecimiento del mismo, mediante un método no destructivo y por medio de una variables independientes como el tiempo de crecimiento del fruto (longitud y ancho), se establece que a medida que va pasando el tiempo el fruto va aumentando de diámetros, siendo significativo a la hora de la cosecha.

Tabla 11

Medias Comparadas del Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm) Durante el Crecimiento, Usando Tukey^{a,b}

Días después de la defoliación	N	Subconjuntos					
		1	2	3	4	5	6
70,0	39	5,296 F					
78,0	39		7,894 E				
86,0	39			10,964 d			
94,0	39				15,316 c		
102,0	39					18,516b	
110,0	39					19,494 b	
118,0	39						21,311 a
126,0	39						22,544 a
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	0,291	0,073

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,490. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,000. b. Alfa = 0,05.

En la Tabla 12, En las medias comparadas para el carácter morfológico diámetro polar del fruto (mm), se establece un crecimiento del fruto del diámetro polar, donde va teniendo un

crecimiento a medida que van pasando los días después de la defoliación, donde el subconjunto 1 inicia con un crecimiento de 7,266mm en el día 70 de defoliación, hasta el día 126 con un diámetro de 22,997 mm.

Tabla 12

Medias Comparadas para el Carácter Morfológico Diámetro Polar del Fruto (mm), Usando Tukey^{a,b}

Días después de la defoliación	N	Subconjuntos						
		1	2	3	4	5	6	7
70,0	39	7,266g						
78,0	39		10,728f					
86,0	39			14,556e				
94,0	39				18,177d			
102,0	39					20,150 c		
110,0	39					21,411bc	21,411 bc	
118,0	39						22,508ab	22,508ab
126,0	39							22,997a
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	0,206	0,379	0,979

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se basa en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 5,024. a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 39,000. b. Alfa = 0,05.

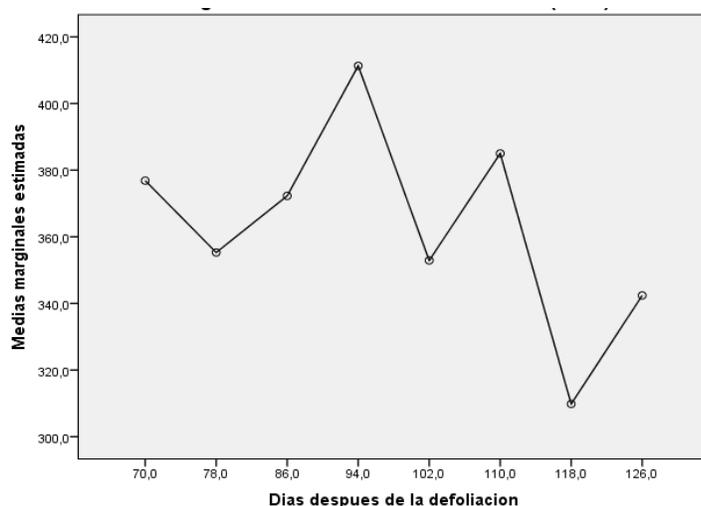
En la figura 11, Se establece el carácter fisiológico del Índice de clorofila (Index) durante el crecimiento de la hoja del ciruelo Japonés, el cual fue aumentando desde los 86 días, hasta los 94 días después de la defoliación que fue donde alcanzo la máxima concentración de clorofila en el tejido, porque la hoja tiende a tener una maduración fotosintéticamente alta por estar madura, luego empieza a vejecer el organismo, por lo tanto, el índice de clorofila empieza a decaer. Se sabe que el AF alcanzada durante ciertos estadios específicos del desarrollo, es un factor fisiológico importante para cubrir demandas fotosintéticas que los órganos vegetales ejercen para lograr crecer y desarrollar (Warnock, et. al., 2006).

El AF disminuyó durante la madurez fisiológica y de cosecha de frutos; posteriormente, se mantuvo constante durante la continuación del crecimiento de flujos vegetativos, lo cual, fue importante en cuanto a la intercepción de RFA (Warnock, et. al., 2006) y la generación de hojas nuevas, ya que, el crecimiento y desarrollo de los primordios foliares, así como la diferenciación de yemas axilares, se produce a medida que el meristemo apical progresa (Agustí, 2004), y los flujos vegetativos producen follaje (Salazar, 2010).

Salisbury y Cleon Salisbury y Cleon (2000) citan a Sesták quien mencionó que con el crecimiento de las hojas de ciruelo en la capacidad fotosintética aumenta hasta que se desarrollan por completo, a partir de ese momento esa capacidad tiende a disminuir con lentitud, las hojas viejas se tornan amarillas pierden la capacidad de fotosintetizar debido a la degradación de la clorofila y la pérdida de cloroplastos funcionales.

Figura 11

Medias Marginales Estimadas para el Carácter Fisiológico Índice de Clorofila (Index) Durante el Crecimiento de la Hoja, Debido a que los Modelos de Regresión no Ajustan con esta Variable Cuantitativo Discreta



**MODELOS DE REGRESIÓN CURVILINEAS PARA OBSERVAR LA TENDENCIA
DEL CRECIMIENTO LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA
HOJA Y FRUTO DEL CIRUELO JAPONES**

Modelo de Regresión Curvilínea Potencial Para Estimar el Carácter Morfológico Ancho de la Hoja (cm)

En la tabla 13, el modelo de regresión curvilínea potencial se escogió porque es el mejor que tiene el coeficiente de determinación de la regresión que corresponde a 0,865 para el ancho de la hoja que es un carácter morfológico y se expresa el crecimiento de la hoja.

El crecimiento se manifiesta pues como un aumento irreversible de la masa de un organismo órgano o célula

Tabla 13

Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Ancho de la Hoja.

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,930	0,866	0,865	0,108

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la tabla 14, En el Análisis de varianza para el modelo de regresión Potencial para estimar el carácter morfológico ancho de la hoja del ciruelo Japonés, se tomaron 506 datos de los muestreos en este modelo se rechaza la hipótesis de que todos los valores de los muestreos son iguales.

Tabla 14

Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Ancho de la Hoja.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	37,624	1	37,624	3253,891	0,0001
Residuo	5,839	505	0,012		
Total	43,463	506			

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

Coefficientes del Modelo de Regresión Potencial

En la Tabla 15, Los coeficientes del modelo de regresión potencial para estimar el carácter ancho de la hoja. Los valores de la hipótesis se cumplen el valor días después de la defoliación y el valor de la constante cumplen para este modelo.

Tabla 15

Coefficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Ancho de la Hoja

	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	Valor de t	Sig.
ln(Días después de la defoliación)	0,628	0,011	0,930	57,043	0,0001
(Constante)	0,087	0,004		21,169	0,0001

Nota: La variable dependiente es ln (ancho de la hoja (cm)).

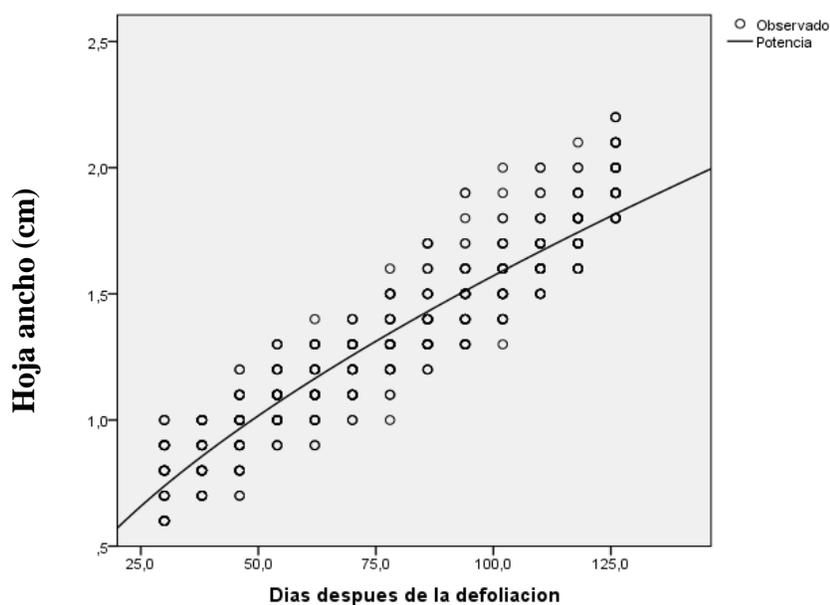
Ecuación hallada:

$$\text{Ancho de la hoja (cm)} = 0,087 (\text{Días después de la defoliación})^{0,628}$$

En la figura 12, En la tendencia de los datos durante su crecimiento de la variable morfológica ancho de la hoja, usando un modelo de regresión potencial, se establece un crecimiento del ancho de la hoja durante los 13 muestreos a los 125 días después de la defoliación su crecimiento fue de 2,0 cm, estableciendo el crecimiento activo de la hoja hasta el momento.

Figura 12

Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Ancho de la Hoja, Usando un Modelo de Regresión Potencial.



Modelo de Regresión Curvilínea Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Largo de la Hoja (cm)

Coefficiente de Determinación de Regresión

En la tabla 16, El coeficiente de determinación de la regresión o R cuadrado, que nos muestra la bondad de ajuste del modelo para estimar el carácter largo de la hoja del ciruelo

Japonés, cumple con la función del modelo ya que el R cuadrado está por encima del 0,800 teniendo un error de estándar de la estimación de 0,117.

Tabla 16

Coefficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Largo de la Hoja.

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,948	0,899	0,899	0,117

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la tabla 17, El análisis de varianza para el modelo de regresión potencial para estimar el carácter morfológico largo de la hoja del ciruelo Japonés, en los grados de libertad nos da una totalidad de 506 donde el modelo es significativo al crecimiento de la planta.

Tabla 17

Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Largo de la Hoja.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	61,943	1	61,943	4516,750	0,0001
Residuo	6,926	505	0,014		
Total	68,868	506			

En la Tabla 18, Los Coeficientes del modelo de regresión potencial para estimar el carácter largo de la hoja del ciruelo Japonés, se muestra una ecuación hallada para estimar el

carácter del largo de la hoja la cual le da el valor al modelo de regresión de tipo observacional donde es válido el tiempo y la constante, en el crecimiento de la hoja.

Tabla 18

Coefficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Largo de la Hoja

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
	B	Error estándar	Beta	t	
ln (Días después de la defoliación)	0,805	0,012	0,948	67,207	0,0001
(Constante)	0,094	0,005		19,438	0,0001

Nota: La variable dependiente es ln (Hoja largo (cm)).

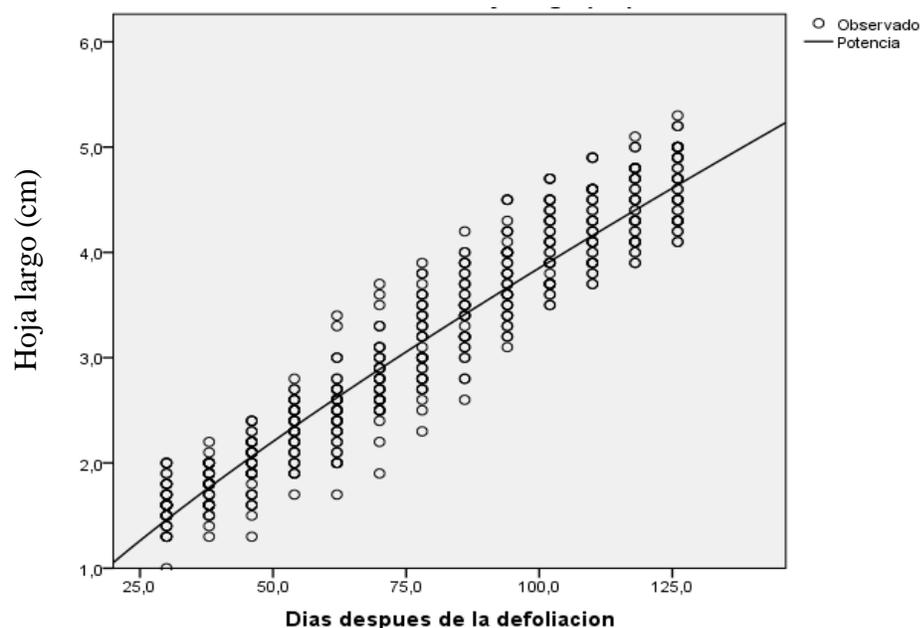
Ecuación hallada:

$$\text{Largo de la Hoja (cm)} = 0,094 (\text{Días después de la defoliación})^{0,805}$$

En la figura 13, En la tendencia de los datos durante su crecimiento de la variable morfológica largo de la hoja, usando un modelo de regresión potencial, se observa el crecimiento constante del largo de la hoja desde los 25 días de la defoliación hasta los 125 días durante los muestreos realizados alcanzo un diámetro de 5 cm.

Figura 13

Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Largo de la Hoja, Usando un Modelo de Regresión Potencial.



Modelo de Regresión Curvilínea Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico Silueta cm^2

En la tabla 19, El Coeficiente de determinación de la regresión o R cuadrado, que nos muestra la bondad de ajuste del modelo para estimar el carácter fisiológico de la silueta en la hoja del ciruelo Japonés, el valor \hat{r} para estimar el carácter fisiológico de la silueta es un 0,914 teniendo un error estándar de la estimación de 0,191.

Tabla 19

Coefficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico de la Silueta (cm²).

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,956	0,914	0,914	0,191

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la tabla 20, El análisis de varianza para el modelo de regresión potencial para estimar el carácter fisiológico de la silueta de la hoja del ciruelo Japonés, es un modelo estadístico observacional por que se encuentra el tiempo y el intercepto, lo que es significativo.

Tabla 20

Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico de la Silueta.

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	196,117	1	196,117	5358,377	0,0001
Residuo	18,483	505	0,037		
Total	214,600	506			

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la Tabla 21, Los coeficientes del modelo de regresión potencial para estimar el carácter fisiológico de la silueta de las hojas del ciruelo Japonés, se da un valor constante de 0,005 después de 143 días después de la defoliación, dando un modelo significativo.

Tabla 21

Coefficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico de la Silueta (cm²).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	T	Sig.
ln(Días después de la defoliación)	1,433	0,020	0,956	73,201	0,0001
(Constante)	0,005	0,000		11,899	0,0001

Nota: La variable dependiente es ln (Silueta cm²).

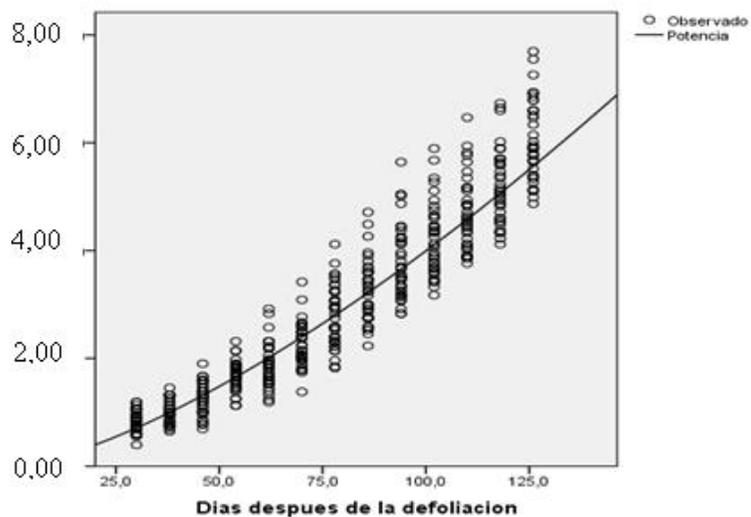
Ecuación hallada:

$$\text{Silueta (cm}^2\text{)} = 0,005 (\text{Días después de la defoliación})^{1,433}$$

En la Figura 14, En la Tendencia de los datos durante su crecimiento de la variable fisiológica silueta cm², usando un modelo de regresión Potencial nos indica de forma visual la tendencia de los datos durante el crecimiento de la variable fisiológica silueta donde se fue aumentando, de los 25 días hasta los 125 días después de la defoliación de los 13 muestreos alcanzando a 6,000 cm². El cual la muestra es un fenómeno irreversible.

Figura 14

Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Fisiológica Silueta cm^2 , Usando un Modelo de Regresión Potencial.



Modelo de Regresión Curvilínea Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico

Largo *Ancho (cm^2)

En la tabla 22, El coeficiente de determinación de la regresión o R cuadrado, que nos muestra la bondad de ajuste del modelo para estimar el carácter fisiológico del largo por ancho de la hoja del ciruelo Japonés, se cumple con la función del modelo ya que el R cuadrado se encuentra en 0,914 teniendo un error de estándar de la estimación de 0,191.

Tabla 22

Coefficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico del Largo por Ancho de la Hoja (cm²).

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,956	0,914	0,914	0,191

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación

En la tabla 23, El análisis de varianza para el modelo de regresión potencial para estimar el carácter fisiológico del largo por ancho de la hoja, se muestra el Análisis de varianza para el modelo de regresión Potencial siendo significativo con un valor de 0,0001.

Tabla 23

Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico del Largo por Ancho de la Hoja (cm²)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	196,117	1	196,117	5358,377	0,0001
Residuo	18,483	505	0,037		
Total	214,600	506			

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la Tabla 24, El coeficiente del modelo de regresión potencial para estimar el carácter fisiológico del largo por ancho de la hoja del ciruelo Japonés, es un modelo Observacional ya que es significativo después de los días de la defoliación y la constante que es la intercepción por la X, si uno de los dos no fuera significativo el modelo de regresión no se ajustaría.

Tabla 24

Coefficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Fisiológico del Largo por Ancho de la Hoja (cm²)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
ln(Días después de la defoliación)	1,433	0,020	0,956	73,201	0,0001
(Constante)	0,008	0,001		11,899	0,0001

Nota: La variable dependiente es ln (Largo *ancho (cm²)).

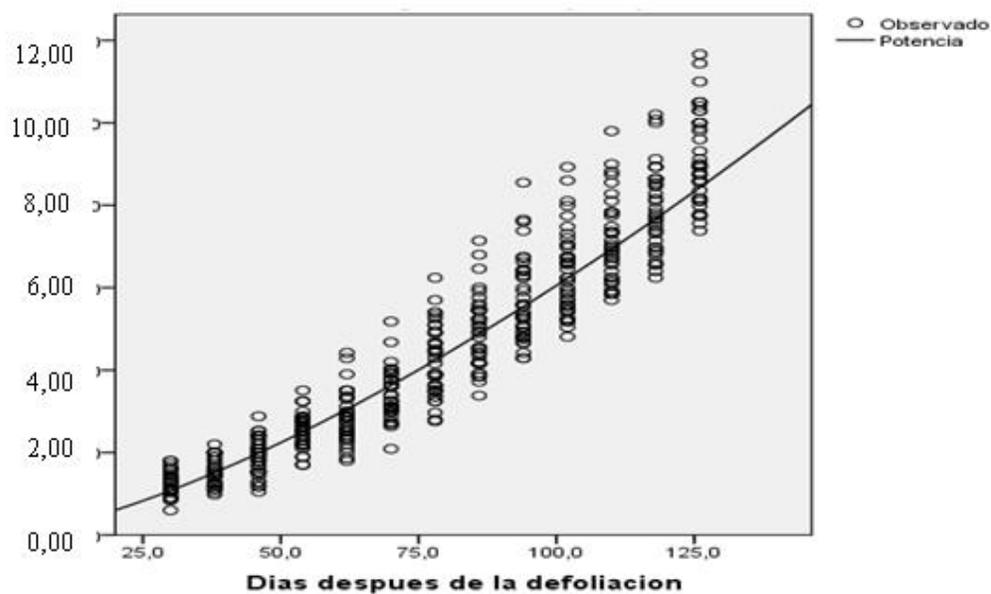
Ecuación hallada:

Largo por ancho de la hoja de la Hoja (cm²)= 0,008 (Días después de la defoliación)^{1,433}

En la figura 15, La Tendencia de los datos durante su crecimiento de la variable fisiológica del largo por el ancho (cm)² de la hoja del ciruelo Japonés, indica la tendencia de los fenómenos son irreversibles ya que al pasar los días después de la defoliación la variable fisiológica de largo por ancho de la hoja va aumentando su crecimiento.

Figura 15

Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Fisiológica del Largo por el Ancho (cm)² de la Hoja, Usando un Modelo de Regresión Potencial.



Modelo de Regresión Curvilínea Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm)

En la tabla 25, El coeficiente de determinación de la regresión para el carácter morfológico del diámetro ecuatorial del fruto es significativo ya que el R cuadrado ajustado es de 0,850 teniendo un error estándar de la estimación de 0,203.

Tabla 25

Coefficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm).

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,922	0,851	0,850	0,203

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la Tabla 26, El análisis de Varianza para el modelo de regresión potencial para la estimación del carácter morfológico del diámetro ecuatorial del fruto es significativo.

Tabla 26

Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto ((mm).

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	72,576	1	72,576	1766,934	0,0001
Residuo	12,733	310	0,041		
Total	85,310	311			

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la Tabla 27, El Coeficientes del modelo de regresión potencial para estimar el carácter morfológico diámetro ecuatorial del fruto un modelo Observacional significativo después de los días de la defoliación y la constante que es la intercepto por la X, si uno de los dos no fuera significativo el modelo de regresión no se ajustaría.

Tabla 27

Coefficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico

Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	T	Sig.
ln(Días después de la defoliación)	2,515	0,060	0,922	42,035	0,0001
(Constante)	0,0001	0,0001		3,656	0,0001

Nota: La variable dependiente es ln (Diámetro ecuatorial del fruto (mm)).

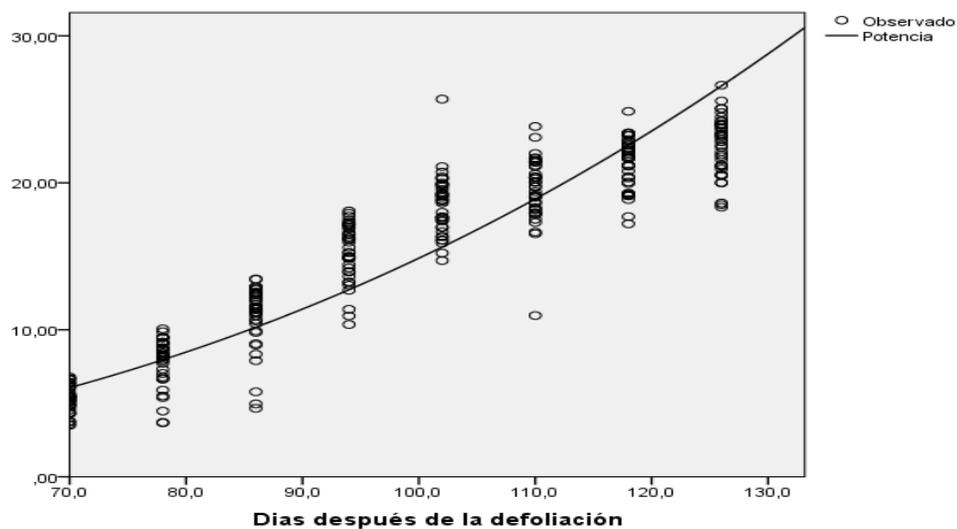
Ecuación hallada:

Largo de la Hoja (cm)= 0,001 (Días después de la defoliación)^{2,515}

La figura 16 en la tendencia de los datos durante su crecimiento de la variable morfológica diámetro ecuatorial del fruto en el modelo de regresión potencial, es irreversible ya que al pasar los días después de la defoliación fue creciendo el diámetro ecuatorial del fruto como se evidencia en la figura.

Figura 16

Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Diámetro Ecuatorial del Fruto, Usando un Modelo de Regresión Potencial.



**Modelo de Regresión Curvilínea Potencial para Estimar el Carácter Morfológico
Diámetro Polar del Fruto (mm)**

En la tabla 28, El coeficiente de determinación de la regresión R cuadrado que nos muestra la bondad de ajuste del modelo para estimar el carácter morfológico diámetro ecuatorial del fruto del ciruelo Japonés, está por debajo del 0,8 pero el 0,744 es aceptable.

Tabla 28

Coefficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm).

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,863	0,744	0,743	0,217

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación

La tabla 29, El Análisis de varianza para el modelo de regresión Potencial para estimar el carácter morfológico diámetro polar del fruto del ciruelo Japonés, es significativo después de los días de la defoliación y la constante que es la intercepto por la X, si uno de los dos no fuera significativo el modelo de regresión no se ajustaría.

Tabla 29

Análisis de Varianza para el Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico Diámetro Polar del Fruto ((mm)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	42,647	1	42,647	901,836	0,0001
Residuo	14,660	310	0,047		
Total	57,306	311			

Nota: La variable independiente es Días después de la defoliación.

En la tabla 30, El Coeficientes del modelo de regresión potencial para estimar el carácter morfológico diámetro polar del fruto del ciruelo Japonés, es significativo ya que se ajusta a los coeficientes del modelo.

Tabla 30

Coefficientes del Modelo de Regresión Potencial para Estimar el Carácter Morfológico

Diámetro Polar del Fruto (mm)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
In (Días después de la defoliación)	1,928	0,064	0,863	30,031	0,0001
(Constante)	0,002	0,001		3,407	0,001

Nota: La variable dependiente es ln(Diámetro polar del fruto (mm)).

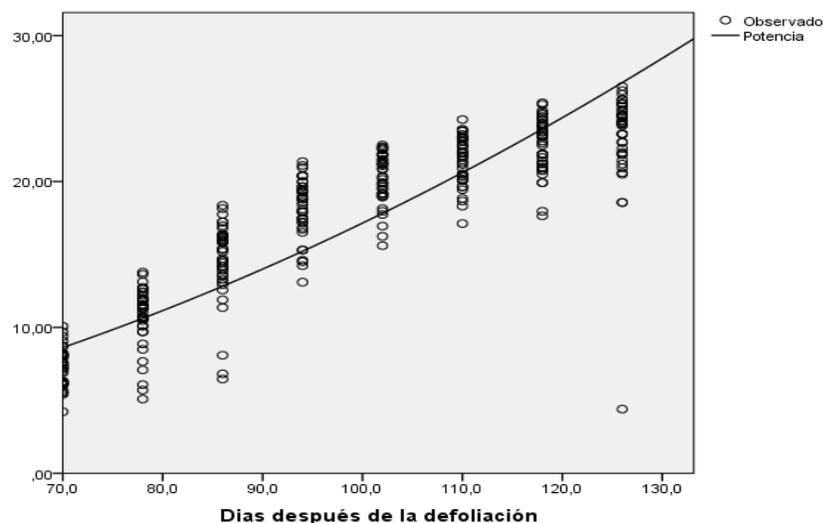
Ecuación hallada:

Diámetro polar (mm)= 0,002 (Días después de la defoliación) ^{1,928}

En la figura 17, La tendencia de los datos durante su crecimiento de la variable morfológica diámetro polar del fruto del ciruelo japonés, es irreversible ya que a medida de los días de la defoliación el diámetro polar del fruto fue creciendo en cada uno de los muestreos realizados.

Figura 17

Tendencia de los Datos Durante su Crecimiento de la Variable Morfológica Diámetro Polar del Fruto, Usando un Modelo de Regresión Potencial.



Resultados del modelo de regresión lineal simple o bivariada usando grupos de 49 y 100 hojas adultas o totalmente desarrolladas del ciruelo Japonés

Resultados del modelo de regresión lineal o bivariada para el grupo de 49 hojas adultas

En la tabla 31, El Coeficiente de determinación de la regresión o R cuadrado, que nos muestra la bondad de ajuste del modelo para estimar el carácter fisiológico área foliar del ciruelo Japonés es significativo ya que el R cuadrado ajustado se encuentra 0,809 y el error estándar de la estimación es de 0,574.

Cirilo et al, 2017 trabajo en una investigación en fisiología requiere métodos precisos y no destructivos con 3,040 hojas para estimar el área foliar, para desarrollar un

modelo LA preciso para el albaricoque, independiente de los grupos de formas de las hojas, se utilizó el producto $L \times W$ como variable independiente. El modelo lineal $LA = 1.193 + 0.668 (L \times W)$ exhibió el mayor R^2 , el error cuadrático medio más pequeño.

Tabla 31

Coefficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico Área Foliar (cm^2).

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,902	0,813	0,809	0,574

Nota: La variable independiente es Ancho por largo del limbo (cm^2).

En la tabla 32, El Análisis de varianza de la regresión lineal simple o bivariada para estimar el área foliar del ciruelo japonés, es significativo después de los días de la defoliación y la constante que es la intercepto por la X, si uno de los dos no fuera significativo el modelo de regresión no se ajustaría.

Tabla 32

Análisis de Varianza de la Regresión Lineal Simple o Bivariada para Estimar el Área Foliar del Ciruelo Japonés.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	67,401	1	67,401	204,875	0,0001 ^b
	Residuo	15,462	47	0,329		
	Total	82,863	48			

Nota: a. Variable dependiente: área foliar del limbo(cm²), b. Predictores: (Constante), Ancho por largo del limbo (cm²)

En la tabla 33, El Coeficientes de la regresión lineal simple o bivariada para estimar el área foliar del ciruelo japonés es significativo ya que se ajusta a los coeficientes del modelo.

Tabla 33

Coeficientes de la Regresión Lineal Simple o Bivariada para Estimar el Área Foliar del Ciruelo Japonés.

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	T	Sig.
Ancho por largo del limbo (cm ²)	0,476	0,033	0,902	14,313	0,0001
(Constante)	4,036	0,781		5,166	0,0001

Nota. Variable dependiente: Área foliar (cm²)

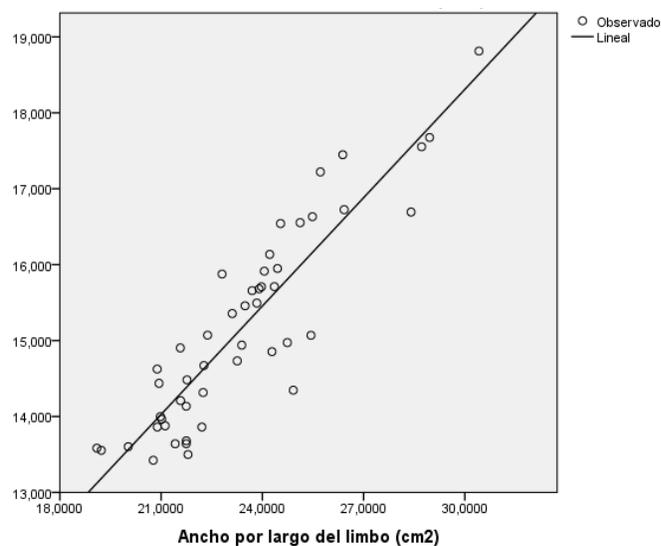
Ecuación usando las 49 hojas, que se halló:

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = 4,036 + 0,476 (\text{largo por ancho cm}^2)$$

En la figura 18, La Relación durante su crecimiento de la variable ancho por largo de la hoja con respecto al área foliar, usando un modelo de regresión lineal simple o bivariado, para poder estimar el área foliar del ciruelo japonés, es significativo ya que hay un crecimiento de largo y ancho de la hoja donde se establece una observación lineal.

Figura 18

Relación durante su Crecimiento de la Variable Ancho por Largo de la Hoja con Respecto al área Foliar, Usando un Modelo de Regresión Lineal Simple o Bivariado, para Poder Estimar el área Foliar del Ciruelo Japonés.



Supuestos que debe cumplir el modelo de regresión para poder usarlo:

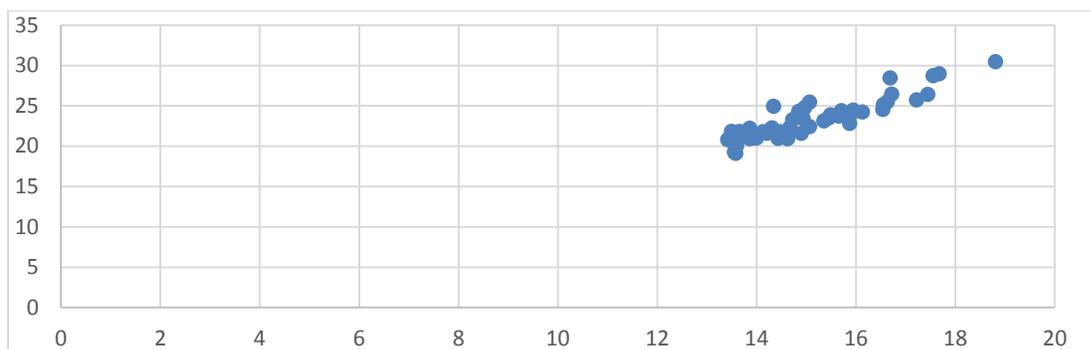
1. Linealidad.

La linealidad examina qué tan exactas son las mediciones en todo el rango esperado de mediciones, indica si el sistema de medición tiene la misma exactitud para todos los valores de referencia (Carrollo,2011).

Como se muestra en la fig 19, la relación entre el área foliar y el largo por ancho de la hoja es claramente lineal y directa, cumpliendo con el supuesto de linealidad.

Figura 19

La Relación Entre Área Foliar como Variable Dependiente y el Largo por el Ancho de la Hoja (cm²) como Variable Independiente.



2. Independencia

Como el estadístico de DW (Durbin -Watson) no está entre 1,5 y 2,5 como se muestra en la tabla 34. Rechazamos la hipótesis de que los residuos son independientes, es decir están autocorrelacionados. No cumple con este supuesto Como Durbin –Watson para este modelo no se cumple el supuesto de independencia porque está por debajo del 1,5.

Tabla 34

Coeficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico Área Foliar (cm²) y Supuestos de Independencia de Durbin- Watson

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	0,902 ^a	0,813	0,809	0,573571	1,339

Nota. a. Predictores: (Constante), Largo por ancho (cm²), b. Variable dependiente: Área foliar (cm²)

3. Normalidad

Las figuras 20,21 indican, por lo menos en forma visual, que los residuos, tienden a distribuirse como la normal.

Figura 20

Histograma, Variable Dependiente: Área Foliar (cm²)

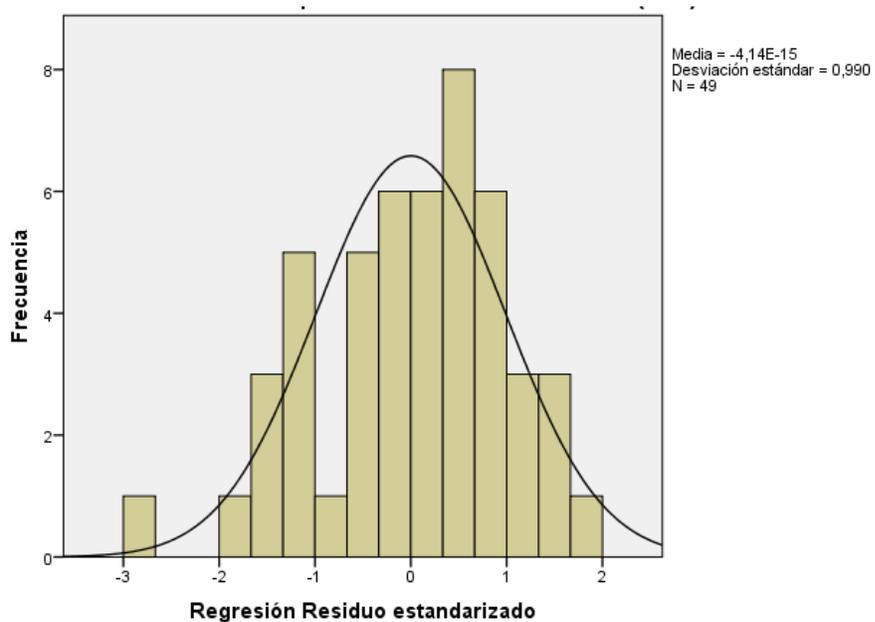
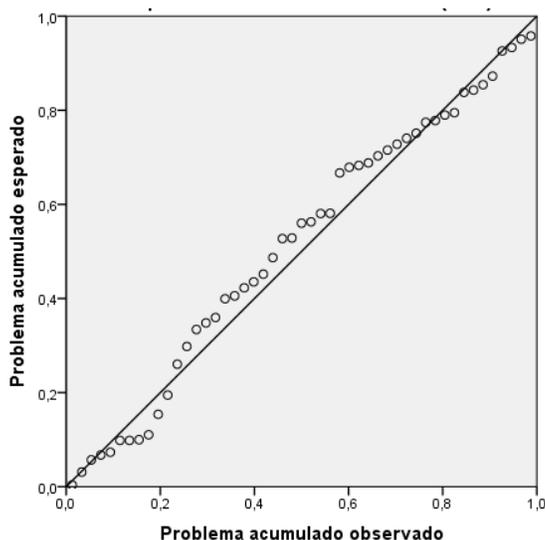


Figura 21

P-P Normal de Regresión Residuo Estandarizado, Variable Dependiente: Área Foliar del Limbo (cm²)



Normalidad

No existe suficiente evidencia muestral para rechazar que los residuos se encuentra distribuidos como la normal (SW = 0,971; valor-p = 0,265), como se muestra en la tabla 35, es decir la variable tiene un comportamiento normal o sigue la distribución de la campana de Gaus. Entonces cumple con el supuesto de normalidad

Tabla 35

Pruebas de Normalidad no paramétrica

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Unstandardized Residual	0,097	49	0,200*	0,971	49	0,265

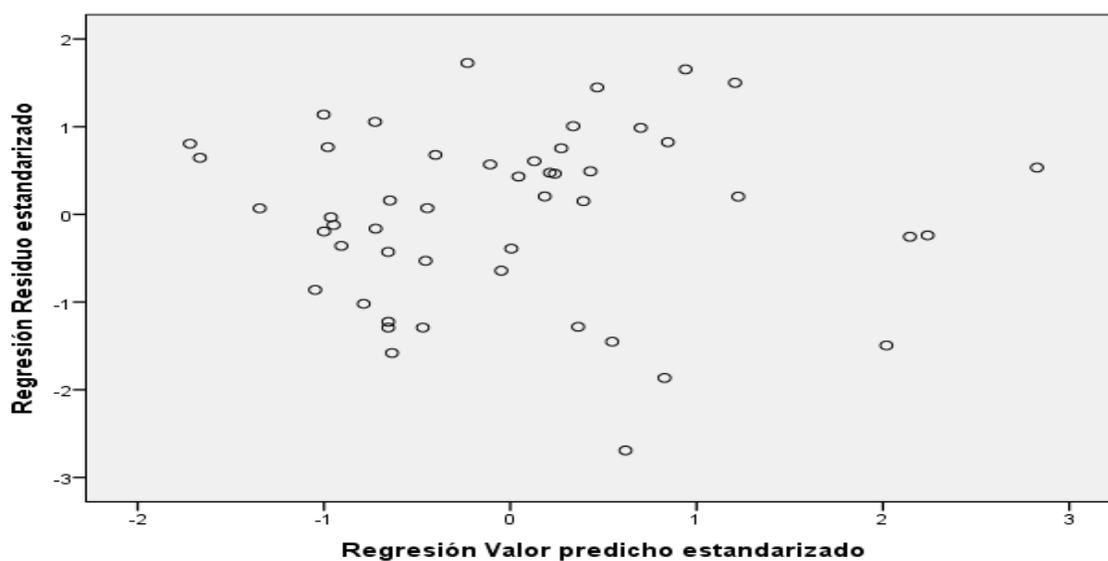
Nota: *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors

4. Homocedasticidad

Comúnmente este supuesto se verifica mediante una gráfica. Se deben graficar los valores pronosticados (ZPRED) con los valores residuales (ZRESI). Si no se detectan tendencias, entonces se cumple el supuesto de homocedasticidad, como se muestra en la fig. 22.

Figura 22

Diagrama de Dispersión: Variable Dependiente: Área Foliar del Limbo (cm²)



5. No-colinealidad

Como los VIF es menor que 10 como se muestra en la tabla 37, entonces se cumple el supuesto de no-colinealidad. Si se detecta la presencia de colinealidad hay que:

- 1) aumentar el tamaño de la muestra;
- 2) crear indicadores múltiples combinando variables;
- 3) excluir variables redundantes, quedándonos con las que consideremos más importantes.

Tabla 37

Estadísticos de Colinealidad del Modelo de Regresión Lineal Simple o Bivariada para Estimar el área Foliar en Ciruelo Japonés.

	Tolerancia	VIF
(Constante)	1,000	
Ancho por largo del limbo (cm ²)		1,000

Nota: a. Variable dependiente: área foliar del limbo (cm²)

Resultados de la regresión lineal simple o bivariada para 100 hojas adultas

Tabla 38

Valor de R cuadrado

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,968	0,936	0,936	0,625

Nota: La variable independiente es Ancho por largo del limbo (cm²).

Tabla 39

Análisis de Varianza de la Regresión Lineal simple o Bivariada para Estimar el área Foliar del Ciruelo Japonés

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	564,311	1	564,311	1445,232	0,0001
Residuo	38,265	98	0,390		
Total	602,576	99			

Nota: La variable independiente es Ancho por largo del limbo (cm²).

Tabla 40

Coefficientes de la Regresión Lineal simple o Bivariada para Estimar el área Foliar del Ciruelo Japonés

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
Ancho por largo del limbo (cm ²)	0,580	0,015	0,968	38,016	0,0001
(Constante)	1,392	,314		4,437	0,0001

Nota. Variable dependiente: Área foliar (cm²)

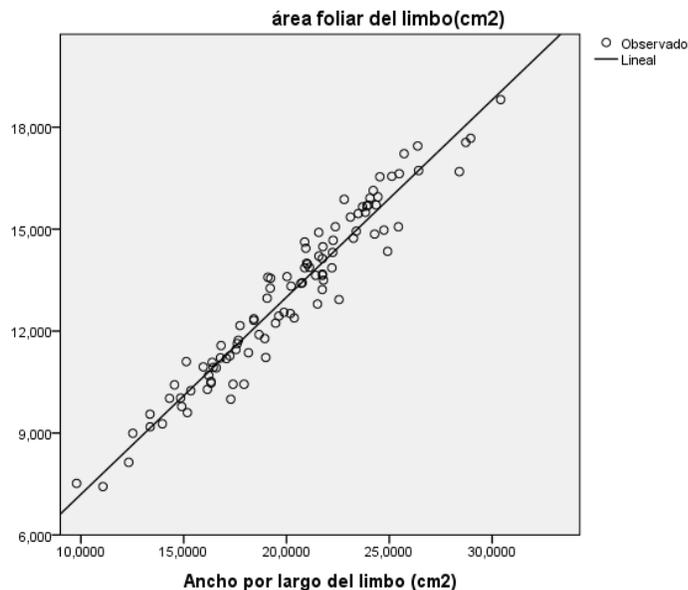
Ecuación que se halló, usando el grupo de las 100 hojas:

$$\text{Área de foliar (cm}^2\text{)} = 1,392 + 0,580 (\text{Largo por ancho cm}^2\text{)}.$$

El modelo hallado para 100 hojas es mejor, al poder analizar los supuestos del modelo, tales como la normalidad, linealidad, independencia, Homocedasticidad y No-colinealidad. Porque cumple con el supuesto de independencia.

Figura 23

Relación Durante su Crecimiento de la Variable Ancho por Largo de la Hoja con Respecto al Area Foliar (cm²), Usando un Modelo de Regresión Lineal Simple o Bivariado, para Poder Estimar el Area Foliar del Ciruelo Japonés en el Grupo de 100 Hojas Adultas



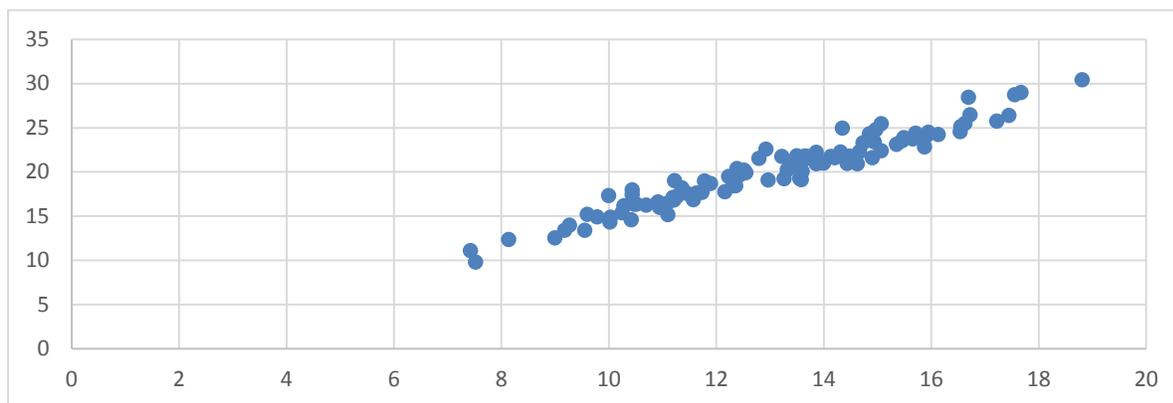
Supuestos que debe cumplir el modelo de regresión para poder usarlo:

1. Linealidad.

Como se muestra en la figura 24 la relación entre el área foliar y el largo por el ancho de la hoja es claramente lineal y directo.

Figura 24

Relación Entre el Área Foliar Como Variable Dependiente y el Largo (cm^2) por el Ancho de la Hoja (cm^2)



2. Independencia

Como el estadístico de DW (Durbin- Watson) está entre 1,5 y 2,5. No podemos rechazar la hipótesis de que los residuos son independientes, es decir no están auto correlacionados. Hay independencia entre los residuos, tabla 41. Este supuesto si lo cumple el grupo de las 100 hojas mientras el de 49 no.

Tabla 41

Coefficiente de Determinación de la Regresión o R Cuadrado, que nos Muestra la Bondad de Ajuste del Modelo para Estimar el Carácter Fisiológico Área Foliar (cm^2) y Supuestos de Independencia de Durbin- Watson

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	0,968 ^a	0,936	0,936	0,624871	1,633

a. Predictores: (Constante), Ancho por largo de la hoja (cm^2), b. Variable dependiente: área foliar del limbo (cm^2)

3. Normalidad

Estos figuras 23 y 24 indicarían, por lo menos en forma visual, que los residuos para la muestra de 100 hojas, tienden a distribuirse como la norma, en mejor forma que en el caso de las 49 hojas.

Figura 25.

Histograma, de la Variable Dependiente que es el Área Foliar (cm^2)

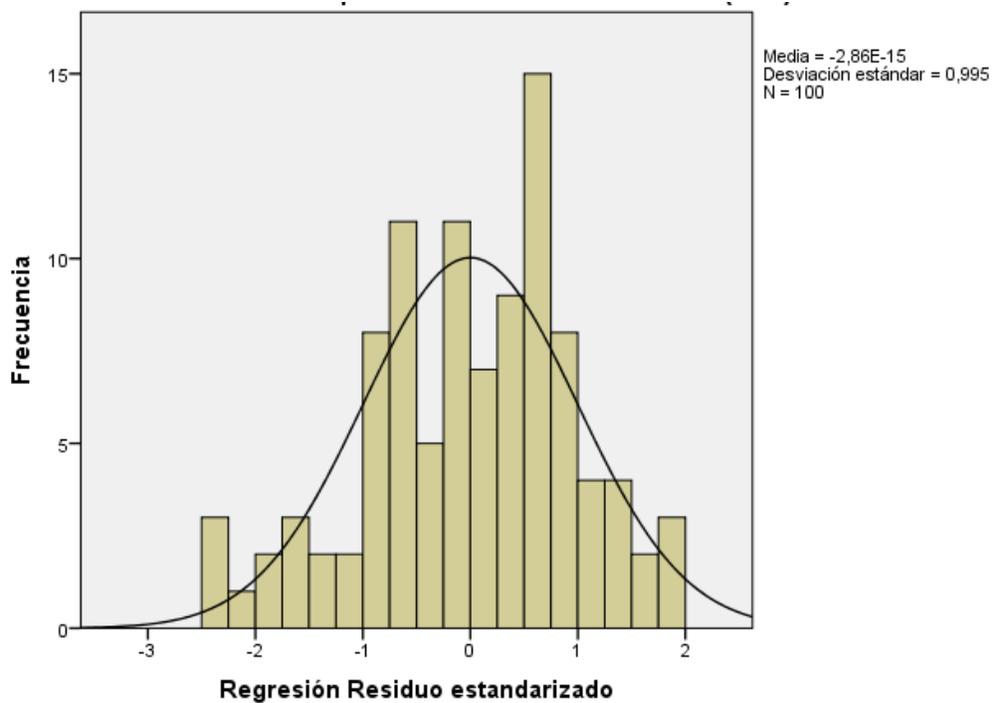
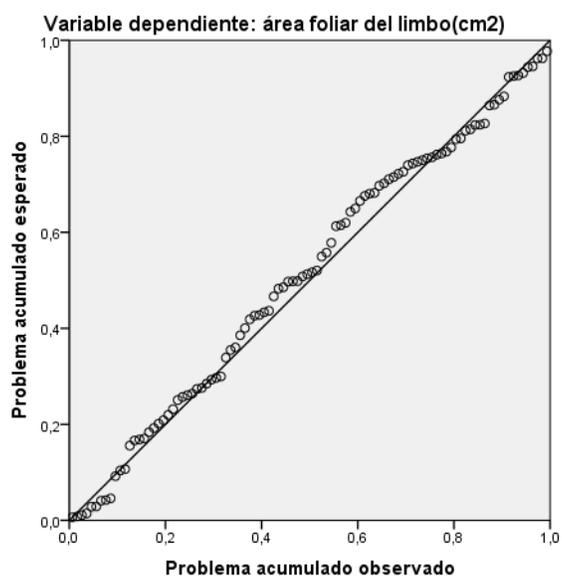


Figura 26

P-P Normal de Regresión Residuo Estandarizado

Gráfico P-P normal de regresión Residuo estandarizado



Normalidad

No existe suficiente evidencia muestral para rechazar que los residuos se encuentran distribuidos como la normal (SW = 0,978; valor-p = 0,096), como se muestra en la tabla 42, es decir la variable tiene un comportamiento normal o sigue la distribución de la campana de Gauss. Entonces cumple con el supuesto de normalidad.

Tabla 42

Pruebas de Normalidad no Paramétrica.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized Residual	0,067	100	0,200*	0,978	100	0,096

Nota:*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera., a. Corrección de significación de

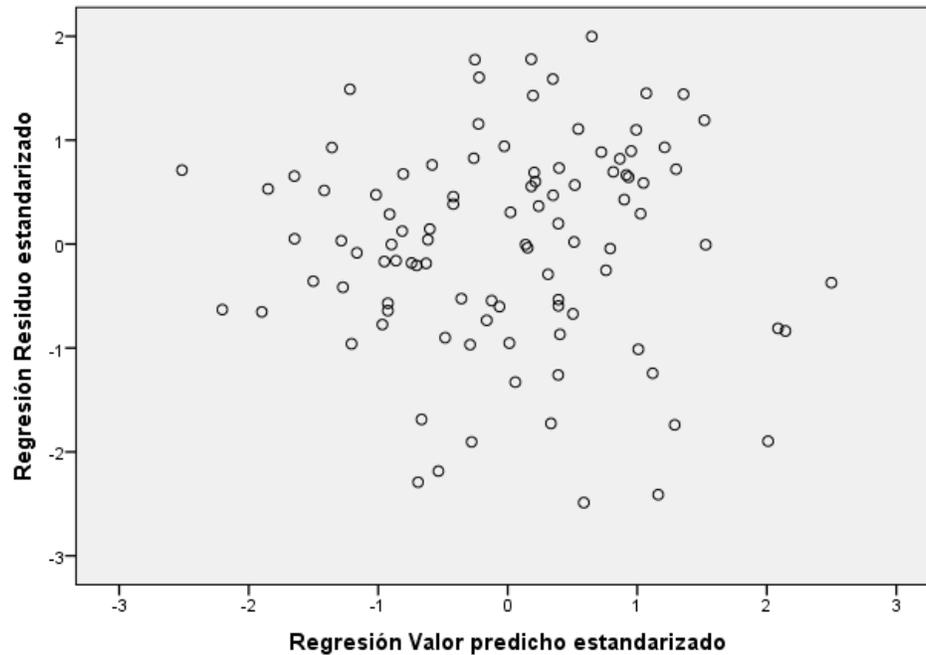
Lilliefors., Se usa KS porque n es mayor de 30 individuos, se cumple el supuesto de normalidad porque P es mayor de 0,05.

4. Homocedasticidad

Comúnmente este supuesto se verifica mediante una gráfica. Se deben graficar los valores pronosticados (ZPRED) con los valores residuales (ZRESI). Si no se detectan tendencias, entonces se cumple el supuesto de homocedasticidad. Como se puede ver en la figura no se detectan tendencias fig 27.

Figura 27

Diagrama de Dispersión entre los Valores Pronosticados Contra los Valores Residuales, Variable Dependiente: Área Foliar del Limbo (cm^2)



5. No-colinealidad

Como los VIFs son menores que 10, entonces se cumple el supuesto de no-colinealidad, como se muestra en la tabla 43. Si se detecta la presencia de colinealidad hay que

1. aumentar el tamaño de la muestra;
2. crear indicadores múltiples combinando variables;
3. excluir variables redundantes, quedándonos con las que consideremos más importantes.

Tabla 43*Pruebas de Colinealidad*

Modelo	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados			Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.	Tolerancia	VIF
(Constante)	1,392	0,314		4,437	0,000		
Ancho por largo del limbo (cm ²)	0,580	0,015	0,968	38,016	0,000	1,000	1,000

Nota: a. Variable dependiente: área foliar del limbo (cm²)

Conclusiones

El máximo contenido relativo de clorofila durante el crecimiento de la hoja, se obtuvo a los 94 días después de la defoliación y nos indica una alta actividad fotosintética.

Se estableció la escala BBCH para el ciruelo Japonés en Pamplona.

La relación entre la variable dependiente del área foliar y el largo por el ancho de la hoja del ciruelo Japonés es lineal y directa, lo que indica que la hoja durante los muestreos realizados fue creciendo.

Las variables morfofisiológicas de hoja y fruto se ajustaron al modelo de regresión potencial para observar la tendencia y estimar su valor de crecimiento de estos órganos del ciruelo japonés.

La variable regresora largo por ancho de la hoja del ciruelo japonés usando un grupo de 100 hojas adultas, fue la variable independiente con la que se estimó el área foliar que es un determinante fisiológico de rendimiento agronómico, usando un modelo de regresión simple o bivariada.

Recomendaciones

Se recomienda seguir con el estudio hasta la cosecha ya que esta investigación no alcanzo a llegar hasta la etapa de cosecha, para tener un análisis más completo.

Se recomienda continuar estudios similares con más localidades y aspectos de evaluación que conlleven al desarrollo y la investigación en este cultivo ya que en la zona no se han hecho estudios con este cultivo.

Referencias Bibliográficas

- Abdi, N.,Holford,P.,y McGlasson,B.(2012). Maduración y respuestas al propileno en cuatro cultivares de ciruelas tipo japonés. *Biología y tecnología poscosecha. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS* 9(1): 46-59. Doi:
<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3745>
- Agustí, M. 2004. *Fruticultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. pp. 33, 62-63, 280-281, 284-285.
- ASAGRIN.(2014).Morfología del ciruelo. Contratación de asesoría técnica para el estudio de factibilidad de incorporación de dos nuevas especies frutales al seguro agrícola: ciruelo japonés y durazno.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwio9IH5rqnwAhUITN8KHevTDkkQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.agroseguros.gob.cl%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F03%2FAgroseguros-Informe-Final-Duraznero-y-Ciruelo-japon%25C3%25A9s-FF.pdf&usq=AOvVaw3ocMZGa5DX6sZ19oJcaRfm>
- Biología general.(2015). Clorofila. Hoja verde color de la vida.
<http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=739>
- Blanco, F y Folegatti,M.(2013).A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Hort. Brás.* 21(4):666-669.
- Bonilla, M.A.(2014). *Ecología de poblaciones*. (Notas de clase). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C,Colombia.127p.

Boote, K., Kropff, M., y Bindraban, P. (2001). Physiology and modeling of traits in crop plants: Implications for genetic improvement. *Agricultural Systems*, 70:395-420.

Carollo, M.(2011).Linealidad. Departamento de estadística.Universidad de Santiago de Compostela (USC). <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/measurement-system-analysis/supporting-topics/other-gage-studies-and-measures/what-are-bias-and-linearity/>

Casierra, V., Posada, F y Cutler, J.(2017). Comparación de métodos directos e indirectos para la estimación del área foliar en duraznero (*Prunus persica*) y ciruelo (*P. salicina*). REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS 11(1):30-38.Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.6143>

Contreras, A., Martínez, G., y Estrada, G. (2012). Eficiencia en el Uso de la Radiación por híbridos de ciruelo de Valles altos de México. *Rev. fitotec. Mex.* 35(2):161-169.

Di benedetto, A y Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. <https://drive.google.com/file/d/1IUiaszkjumSgJeqQi8pIdmHcASTOMaIG/view>

DIEHL, R. MATEO BOX, J. M. y URBANO, P. (1985). Fitotecnia general. Mundiprensa. Madrid, España. 775 p.

Disegna, E., A. Coniberti, y E. Dellacassa.(2012). Medición de área foliar de la vid: una herramienta para producir vinos de calidad. *Revista INIA-Nº4*:18–20.

EcuRed.(2015). Municipio de Pamplona Norte de Santander. [https://www.ecured.cu/Pamplona_\(Colombia\)](https://www.ecured.cu/Pamplona_(Colombia))

Eduardo, J., Tijerina, L., Acosta, R., y López, A.(2001). Producción de ciruelo con fertiriego en función contenidos de humedad y coberturas orgánicas.

https://drive.google.com/file/d/1NjGCNKFN9Qcxsj9N_JxIZUqIx1_y4Qkd/view?ts=61921340

Fishler, M., Goldschmidt, E. E., Monselise, S. P.1983. Leaf area and Fruitsize on Girdled Grapefruit Branches. Journal American Society Horticultural Science, 108(2):218-221.

Fitzjarrald, D., Acevedo, O., y Moore, K.(2014). Climatic consequences of leaf presence in the eastern United States. Journal Climate, 14: 598-614.

Gonzalez,J., Becerril,A.,Quevedo,A.,Velasco,C., y Contreras,J.(2018). Área foliar y eficiencia en el uso de a radiación del ciruelo japonés (*P. salicina*) durante un ciclo fenológico. Agro Productividad, 11(10). <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1239>.

Gonzalez,J.,Becerril,A.,Quevedo,A.,Velasco,C.,y Jaén,D.(2018). Peso específico de hoja y concentración de Nitrógeno durante la fenología del ciruelo Japonés Cv. Horvin. Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 10.pp:43-50.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1243>

Guerra Velo, M.E. (2011) Polinización y cuajado en ciruelo japonés. Dirigido por Margarita López Corrales, Javier Rodrigo García y Ana Wunsch Blanco. Extremadura: Universidad de extremadura UEX. Tesis doctoral

Hortiplanet.(2019). Ciruela Horvin (*Prunus domestica* L.). <http://hortiplanetsas.com/ciruela-horvin/>

LinkFang.(2021). Taxonomía del ciruelo. https://es.linkfang.org/wiki/Prunus_salicina

M.A.P.A. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, España (2020). Situación actual de la superficie cultivada. <https://www.mapa.gob.es/es/default.aspx>

Meier, U., H. Bleiholder, L. Buhr, C. Feller, H. Hack, M. Heß, P. D. Lancashire, U.

Schnock, R., Stauß, T., Van Den Boom, E., Weber, and P. Zwerger. (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants—history and publications. *J. Cultiv. Plants* 61, 41-52.

mejora genética IMIDA/CEBAS-CSIC.

https://drive.google.com/file/d/1NdecPCu_BlijiM7fuN-IVcXCZhTV7G8c/view

Muñoz, F., M. Espinosa, J. Cancino, R. Rubilar, y M. Herrera. (2008). Efecto de poda y raleo en el área foliar de *Eucalyptus nitens*. *Bosque* 29(1):44-51.

Murcia, M. (2020). Clasificación botánica del ciruelo Japonés (*Prunus salicina* Lindl).

Caracterización pomológica de selecciones avanzadas de ciruelo japonés del programa de

Okie, W. (2008). *Prunus domestica*, *Prunus salicina*. UK: In *Encyclopedia of Fruit and Nuts*. Ed. J. Janich, Paull, R.E, 694-705.

Okie, W. (2008). *Prunus doméstica*, *Prunus salicina*. UK: In *Encyclopedia of Fruit and Nuts*, 2008. Ed. J. Janich, Paull, R.E, 694-705.

Oliveros, A. (2002). Análisis de crecimiento destructivo y no destructivo de dos materiales de lulo *Solanum quitoense* la selva y de castilla en Aguabonita Cundinamarca.

<https://drive.google.com/file/d/1hPww3avt->

[2AKxeEJsxrCNAWFjK_jQ4Wo/view?ts=61921235](https://drive.google.com/file/d/1hPww3avt-2AKxeEJsxrCNAWFjK_jQ4Wo/view?ts=61921235)

- Oliveros,A. (2002). Análisis de crecimiento destructivo y no destructivo de dos materiales de lulo *Solanum quitoense* la selva y de castilla en Aguabonita Cundinamarca.
https://drive.google.com/file/d/1hPww3avt2AKxeEJsxrCNAWFjK_jQ4Wo/view?ts=61921235
- Ordúz, F.,Suárez,K.,Serrano,P.,Serrano,P.,y Forero,N.(2020). Evaluacion de la dinámica de N-P-K-Ca-Mg en ciruelo (*Prunus salicina* Lindl.) var.Horvin en condiciones de vivero.
- Parra, A., Hernández,J y Camacho,J.(2013). Estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la ciruela variedad Horvin. Rev. Bras. Frutic. 29 (3).
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000300006>
- Prabhakar, B., Halepyati, B., Desai B., y Pujari,T.(2013). Growing degree days and photo thermal units accumulation of wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf.) genotypes as influenced by dates of sowing. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 20(3): 594-595.
- Quevedo,E.,González,M.,y Escalante,G.(2012). Determinación de un modelo matemático para la estimación del área foliar y peso seco del limbo de *Prunus persica* cv. Jarillo. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 65(2):6605-6613.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472012000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Quevedo,E.,González,M.,y Escalante,G.(2017). Modelos de regresión para estimar el peso seco de órganos y área del limbo del duraznero, variedad Jarillo. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 20(2), 299-310.
<https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.388>.

Ramírez,D.(2011).Efectos del clima en la calidad de los cítricos,1^{er} congreso internacional de citricultura.

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiPqeqZmKDwAhWkUt8KHZScAz4QFjACegQIBhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.mag.go.cr%2Fbibliotecavirtual%2FAV-0983.pdf&usg=AOvVaw25hQF6FfjfnGysY5qP0P9Z>

Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas-Vol. 14-No. 3,pp.334-341.

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolos/article/view/11941/10122

Reyes, M. I., A Villegas, M.T. Colinas, y G Calderón.(2011). Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. Agrociencia 34(1):49-

55.https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_6bTf6NzxAhWUGVvKFHeScBQkQFjAKegQICBAD&url=http%3A%2F%2Frevista-agroproductividad.org%2Findex.php%2Fagroproductividad%2Fissue%2Fdownload%2F99%2FA%25C3%25B1o%252011%2520Vol.%252011%2520N%25C3%25BA.%252010%2520OCTUBRE%25202018&usg=AOvVaw12rU2N7vTDxc6CUd4dJ2YD

RITCHIE, J. T.; NeSMITH, D. S.(1991).Temperature and crop development. In Modelling plant and soil systems – Agronomy monograph No. 31. ASA – CSSA –SSSA, Madison, USA. p. 5 – 29.

Rojas,P.,Pérez,M., y García,E.(2008).Modelos matemáticos para estimar el crecimiento del fruto del ciruelo. https://drive.google.com/file/d/1pNtr_80BFhp35Q-MVNWtvySFOa8lLk5Y/view

Sachet, M., Pertille, R., Penso, G., y Guerrezi, M. (2015). Estimativa da área foliar de pessegueiro por método não-destrutivo. *Ciência Rural*

45(12). <https://www.scielo.br/j/cr/a/yrr8gZZYtJLXnvChhTqMdh/?lang=pt>

Salazar, G. S. 2010. Desarrollo floral de la palta. Consultado el 13 de septiembre de 2015.

Disponible en: <http://www.paltahass.cl/>

presentaciones/dp2010/s_salazar_desarrollo_floral_de_la_palta.pdf

SALISBURY, F y CLEON, W. R. (2000). Fisiología de las Plantas. Editorial Thomson

Paraninfo S.A. Madrid, España. 988 p.

https://drive.google.com/file/d/1N8m0ZKsaX337WfKKJWJ_7QNm4mTRNc45/view

Sanabria, A. (2011). Crecimiento vegetativo, reproductivo y fenología. In: Manejo hortícola de

huertos de duraznero, J. Aular, M. Casares y J. Gebaüer (eds.),

Barquisimeto, Venezuela, 2011, Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado", pp. 21-

27.

Sánchez E. (2013). Aplicación de nuevas técnicas de cultivo para el ciruelo. Universidad

Miguel Hernández de Elche. Escuela Politécnica Superior de Orihuela .

Departamento de Producción Vegetal y Microbiología. Tesis Doctoral.

<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/1483/1/T%20O-93.pdf>

Schulte-Hostedde, A. I., B. Zinner, J. S. Millar, and G. J. Hickling. (2013). Restitution of mass-

size residuals: validating body condition indices. *Ecology* 86(1):155-163. DOI:

10.1890/04-0232.

Serdar,U y Demirsoy,H.(2011). Non-destructive leaf area estimation in chestnut. Sci. Hort.

108:227- 230.<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.6143>

Serrano, A.,Puentes,G., y Cleves,J.(2020).Importancia del cultivo de Ciruelo Horvin.

Representaciones sociales de los productores de ciruela (*Prunus domestica* L.)

var.Horvin, en el departamento de Boyacá, Colombia.

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjzJixqKXwAhV->

[QjABHd2OAxIQFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.revistaespacios.com%2Fa20v41n25%2Fa20v41n25p19.pdf&usg=AOvVaw20wC_aLWRtoZAvhryysOJe](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjzJixqKXwAhV-QjABHd2OAxIQFjAAegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fwww.revistaespacios.com%2Fa20v41n25%2Fa20v41n25p19.pdf&usg=AOvVaw20wC_aLWRtoZAvhryysOJe)

SONNENTAG, O., TALBOT, J.; CHEN, J.y ROULET, N.(2008). Using direct and indirect

measurements of leaf area index to characterize the shrub canopy in an ombrotrophic

peatland. Agric. Forest. Meteorol. 144:200-212.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_y4_Y-

[rz0AhUIQzABHAdBBPoQFnoECB4QAAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.mag.go.cr%2Fbiblioteca_virtual%2FAV-0983.pdf&usg=AOvVaw25hQF6FjfnGysY5qP0P9Z](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_y4_Y-rz0AhUIQzABHAdBBPoQFnoECB4QAAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.mag.go.cr%2Fbiblioteca_virtual%2FAV-0983.pdf&usg=AOvVaw25hQF6FjfnGysY5qP0P9Z)

Torres, V., Navarro, J.R. & Pérez, T. 2003. Modelos estadísticos para el procesamiento de

experimentos con mediciones repetidas en la misma unidad experimental. Rev. Cubana

Cienc. Agríc. 37:227 .<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193024313001.pdf>

Turmero,P.(2010). Diseño de medidas repetidas.

<https://www.monografias.com/docs115/disenos-medidas-repetidas/disenos-medidas-repetidas.shtml>

Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., Madriz, P., Gutiérrez, M. 2006. Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. *Agronomía Tropical*, 56(1): 21-

Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., Madriz, P., y Gutiérrez, M.(2006).Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. *Agronomía Tropical*, 56(1): 21-42.

West,J.,andI.R. Noble.(2011). Analyses of digitised leaf images ofthe *Dodonaea viscosa* complexin Australia.*Taxon* 33(4):595-693.