

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y
FORESTALES
“Dr. MARTÍN CÁRDENAS”
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



La Práctica nos Enseña

FACTORES QUE CONTROLAN LA FLORACIÓN DE *Diospyros*
***kaki* L. EN COCHABAMBA**

Tesis de grado para obtener
el título

de Ingeniero Forestal

ESTUDIANTE: Andres Nicanor Arnez Panozo

TUTOR: Dr.Cs.For. Julio Orlando Vargas Muñoz

Cochabamba - Bolivia

2024

RESUMEN

Factores que controlan la floración de *Diospyros kaki* L. en Cochabamba. El presente documento muestra los factores que controlan la floración de *Diospyros kaki* L. en el departamento de Cochabamba. Dando a conocer aquellos factores que intervienen o afectan al *Diospyros kaki* L., desde la arquitectura del árbol, su floración y las peculiaridades de su producción, como su desarrollo y colecta frutal, de los 14 árboles estudiados. Siendo uno de los principales problemas; su implementación y/o producción en nuestro departamento; como el conocimiento acerca de esta planta; las peculiaridades de los frutos; y nuestro conocimiento acerca de la importancia a nivel forestal, como ser la estructura y composición de los árboles o también conocido como la arquitectura del árbol. Para esto, se realizó un estudio minucioso en base a su edad fisiológica, dando a conocer un método y/o modelo de representación de la arquitectura de estos árboles, llegando a identificar que su estructura arquitectónica pertenece a un modelo de Stone, realizando la identificación y seguimiento por rama de cada árbol. A su vez se caracterizó su comportamiento fenológico durante un ciclo de producción, detallando las épocas y los meses de los aspectos morfológicos y fisiológicos de la planta, a partir de su floración y producción. Además, se propuso la construcción de un método y un equipo para la reducción y/o eliminación de la astringencia de los frutos. En base a una serie de evaluaciones diarias realizadas en una cámara rudimentaria (elaboración propia), utilizando diferentes concentraciones de alcohol (comunes y/o comerciales), encontrando así el más adecuado, el que reduzca más la presencia de astringencia y además el menos dañino para el fruto.

Palabras clave: Astringencia, Arquitectura, Caqui/kaki, Fenología, Morfología, Dormancia.

ABSTRACT

Factors that control the flowering of *Diospyros kaki* L. in Cochabamba. This document shows the factors that control the flowering of *Diospyros kaki* L. in the department of Cochabamba. Making known those factors that intervene or affect *Diospyros kaki* L., from the architecture of the tree, its flowering and the peculiarities of its production, such as its development and fruit collection, of the 14 trees studied. Being one of the main problems; its implementation and / or production in our department; as the knowledge about this plant; the peculiarities of the fruits; and our knowledge about the importance at the forestry level, such as the structure and composition of the trees or also known as the architecture of the tree. For this, a thorough study was carried out based on its physiological age, making known a method and / or model of representation of the architecture of these trees, reaching to identify that its architectural structure belongs to a Stone model, carrying out the identification and monitoring by branch of each tree. In turn, its phenological behavior was characterized during a production cycle, detailing the times and months of the morphological and physiological aspects of the plant, from its flowering and production. In addition, the construction of a method and equipment for the reduction and/or elimination of the astringency of the fruits was proposed. Based on a series of daily evaluations carried out in a rudimentary chamber (own elaboration), using different concentrations of alcohol (common and/or commercial), thus finding the most suitable one, the one that most reduces the presence of astringency and also the least harmful to the fruit.

Keywords: Astringency, Architecture, Persimmon, Phenology, Morphology, Dormancy.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El caqui (*Diospyros kaki* L.), originario de Asia, es intensamente cultivado en China, Japón y Corea, presentaba limitaciones en cuanto a la producción comercial en zonas tropicales y templadas del mundo (Kitagawa y Glucina, 1984). Sin embargo, actualmente, su cultivo se ha expandido fuera de Asia, principalmente a países como Estados Unidos, Israel, Italia y Brasil. En Brasil, fue introducido en el siglo XIX, este país hoy es el cuarto mayor productor mundial (FAO, 2007), destacan los estados de São Paulo, Rio Grande do Sul y Paraná, como los mayores productores, principalmente São Paulo, responsable de un 50% del total del país (IBGE, 2006, citado por Condori, 2017).

La mayoría de las variedades de caqui que actualmente se están cultivando en el mundo, y concretamente en España, pertenecen a *Diospyros kaki* L., gran parte proceden de Japón, donde sufrió un notable proceso de mejora (Hernández, 1999).

Adicionalmente a su importancia económica, también resalta la gran importancia del fruto por los compuestos que posee y la ayuda que estos generan al cuerpo humano, fundamentalmente, se destaca por su contenido en betacaroteno o provitamina A, que se transforma en vitamina A conforme el organismo lo necesita, esta vitamina es esencial para el buen estado de los huesos, piel, cabello, mucosas, así como para un correcto funcionamiento del sistema inmunológico.

La mayoría de las plantas producen semillas incapaces de germinar antes de su dispersión. Se dice que estas semillas están durmientes. Sin embargo, algunas semillas, mantienen esta incapacidad para germinar incluso después de la dispersión. En cambio, otras semillas pueden germinar en la planta madre. Este fenómeno se conoce como viviparismo, en el cual está aplicada la inhibición de la síntesis de Ácido Abscísico (ABA) a niveles menores (25-50% del normal), o a la falta de sensibilidad al ABA durante la fase media-final de la embriogénesis cigótica (Guerrero, 2015).

El estudio desarrollado en este trabajo, se centró en levantar información esencial para determinar la viabilidad del cultivo en el Valle Central de Cochabamba, además se completó el estudio de la floración, que es uno de los caracteres que determina el ciclo de vida de una planta y su éxito reproductivo. La fecha de floración está en función a la

duración de la fase vegetativa y de la fase reproductiva en el ciclo de vida de los vegetales, aspecto de suma importancia porque podría con su manejo, inducir o retardar la floración y el amarre de frutos, por ello, es necesario conocer la fisiología de estos procesos (Intagri, 2021).

También se tiene que resaltar, el estudio de la arquitectura del árbol, esta información no existe a detalle específico en nuestro país, desmereciendo la importancia de este tipo de estudios en cuanto a su estructura y desarrollo arquitectónico, este levantamiento es vital para mostrar la forma que la especie llega a tomar durante todo su ciclo de producción, es una herramienta poco explotada, que permite a las personas que estudian a detalle la producción de esta especie, aumentar la calidad de las frutas y su propio cultivo, además de contar con mejores maneras de cómo cuidarlas.

Con el presente trabajo de investigación, se busca incentivar más investigaciones iguales o similares en nuestro país, enfocadas en la formación estructural de la especie, demostrando la amplitud de tipos y/o formas que existen, para realizar el manejo adecuado y correcto de la misma, tanto en las podas como en cortes específicos de ciertas ramas, de cada árbol estudiado o cultivado, para conseguir frutos de calidad y también servir como modelo para otras especies.

Es ampliamente conocido que las podas de formación, producción y/o cortes específicos de ciertas ramas en determinadas épocas del año, son claves para una buena producción, así como también para la mejora de la calidad de planta y por ende del fruto, siendo uno de los tratamientos culturales más importantes a considerar en el cultivo de cualquier especie en este ámbito.

Si bien, el estudio de la arquitectura del árbol lleva mucho tiempo, por el detalle del nivel de información que debe ser levantada, se ve recompensado por alcanzar mejores resultados y mayor cantidad de beneficios, tanto en la cosecha como en la postcosecha del caqui. Existe una relación directa entre la información levantada de la arquitectura del árbol y la época de floración, siendo esta etapa, una de las más importantes para la definición de fructificación y también para la caracterización de la diversidad dentro del género.

Con la información recopilada, fue posible construir un modelo de floración, que permita determinar desde la inducción e iniciación hasta la diferenciación floral, en

función a factores externos e internos de cada cultivar, permitiendo realizar una predicción de la fructificación, esencialmente en relación al clima.

1.2. Problema de investigación

El estudio se centró en caracterizar cada una de las etapas fenológicas de la especie, el mismo fue complementado por estudios morfológicos y la descripción de la forma y estructura del árbol, resultante de la aplicación de podas de formación en las condiciones climáticas estacionales del Valle Central de Cochabamba. Así, se puede poner en evidencia la importancia de estas herramientas y comenzar a planificar en forma más precisa, los diversos tratamientos culturales que el caqui exige para alcanzar su óptimo desarrollo y capacidad productiva.

En Bolivia aún no existe lugares de producción bien establecidos o emprendimientos del mismo a una gran escala comercial, desconociendo completamente el potencial de este producto y el beneficio económico que podría generar a aquellos que lo cultiven y lo comercialicen.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Antecedentes.....	3
1.2.	<i>Problema de investigación.....</i>	3
1.3.	Objetivos 3	
1.3.1.	<i>Objetivo general.....</i>	3
1.3.2.	<i>Objetivo específico.....</i>	3
1.4.	Pregunta de investigación.....	3
2.	MARCO TEÓRICO / CONCEPTUAL	4
2.1.	Características generales	4
2.1.1.	<i>Taxonomía del Diospyros kaki L. (caqui).....</i>	4
2.1.2.	<i>Descripción botánica del caqui (Diospyros kaki L.)</i>	4
2.1.3.	<i>Floración del caqui</i>	5
2.1.4.	<i>Arquitectura arbórea</i>	5
2.1.4.1.	Modelos de arquitectura del árbol.....	6
2.2.	Dormancia en las plantas.....	7
2.2.1.	<i>Patrón de dormancia en especies leñosas</i>	8
2.2.2.	<i>Factores que intervienen en la dormancia.....</i>	8
2.2.3.	<i>Rompimiento de la dormancia.....</i>	9
2.2.4.	<i>Endodormancia, ecodormancia y paradormancia.....</i>	9
2.2.5.	<i>Dormancia innata, forzada e inducida o secundaria</i>	10
2.2.6.	<i>Hormonas relacionas con la dormancia.....</i>	12
2.2.6.1.	Ácido abscísico.....	12
2.2.6.2.	Síntesis del ABA.....	13
2.2.6.3.	Degradación del ABA.....	13
2.3.	Efecto del ciclo circadiano en la dormancia	15
2.3.1.	<i>Reloj o ritmo circadiano</i>	16
2.3.2.	<i>Funcionamiento del reloj o ritmo circadiano en las plantas</i>	17
2.4.	Comportamiento fenológico del caqui	17
2.4.1.	<i>La semilla</i>	17
2.4.2.	<i>Las hojas.....</i>	18

2.4.3.	<i>Las yemas</i>	18
2.4.4.	<i>Desarrollo de las yemas y ramas</i>	19
2.4.5.	<i>Las flores</i>	19
2.4.6.	<i>Los frutos</i>	20
2.5.	Fases de la floración	21
2.6.	Aspectos fitosanitarios del caqui	24
2.6.1.	<i>Principales enfermedades en el caqui</i>	24
2.6.2.	<i>Incidencia de plagas principales en el caqui</i>	24
2.7.	Características del fruto de caqui	25
2.7.1.	<i>Clasificación</i>	25
2.7.2.	<i>Maduración</i>	26
2.8.	La astringencia	27
2.8.1.	<i>Tratamientos para la eliminación de la astringencia</i>	27
2.8.1.1.	Tratamiento con CO ₂	27
2.8.1.2.	Tratamiento con etanol.....	29
2.8.1.3.	Tratamiento mixto.....	30
3.	METODOLOGÍA	32
3.1.	Ubicación	32
3.2.	Materiales y equipos	33
3.3.	Metodología	34
3.3.1.	<i>Croquis de la plantación de caqui</i>	34
3.3.2.	<i>Determinación de la arquitectura del árbol de caqui, en función a su edad fisiológica</i>	35
3.3.2.1.	Plaqueteado.....	38
3.3.2.2.	Lecturas y toma de fotos.....	39
3.3.2.3.	Tabla de datos para la determinación del modelo arquitectónico.....	39
3.3.3.	<i>Caracterización del comportamiento fenológico del caqui, durante un ciclo de producción, enfatizando la floración, como fase determinante de la capacidad productiva de esta especie</i>	40
3.3.3.1.	Tamaño y forma del árbol.....	42
3.3.4.	<i>Propuesta de un método a pequeña escala para quitar la astringencia del fruto del caqui</i>	43
3.3.4.1.	Construcción de la cámara.....	43

4.	RESULTADOS.....	46
4.1.	Determinación de la arquitectura del árbol de caqui, en función a su edad fisiológica	46
4.1.1.	<i>Arquitectura de los árboles de caqui evaluados</i>	<i>47</i>
4.1.1.1.	ÁRBOL 1.....	47
4.1.1.2.	ÁRBOL 2.....	49
4.1.1.3.	ÁRBOL 3.....	51
4.1.1.4.	ÁRBOL 4.....	53
4.1.1.5.	ÁRBOL 5.....	55
4.1.1.6.	ÁRBOL 6.....	57
4.1.1.7.	ÁRBOL 7.....	59
4.1.1.8.	ÁRBOL 8.....	61
4.1.1.9.	ÁRBOL 9.....	63
4.1.1.10.	ÁRBOL 11.....	65
4.1.1.11.	ÁRBOL 12.....	67
4.1.1.12.	ÁRBOL 13.....	69
4.1.1.13.	ÁRBOL 14.....	71
4.1.1.14.	ÁRBOL 15.....	73
4.2.	Caracterización del comportamiento fenológico del caqui, durante un ciclo de producción	76
4.2.1.	<i>Épocas de crecimiento del caqui</i>	<i>78</i>
4.3.	Caracterización de la flor del caqui.....	80
4.3.1.	<i>Número de flores por árbol.....</i>	<i>80</i>
4.3.2.	<i>Posición de las flores.....</i>	<i>81</i>
4.3.3.	<i>Tipo de flor y clasificación sexual.....</i>	<i>81</i>
4.4.	Caracterización del fruto del caqui.....	82
4.4.1.	<i>Determinación de la forma del fruto del caqui</i>	<i>82</i>
4.4.1.1.	Caracteres de agrupamiento en el proceso de examen de la distinción, según la Unión internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV).....	84
4.5.	Construcción a pequeña escala de una cámara para quitar la astringencia del fruto del caqui.....	93
4.5.1.	<i>Diseño y construcción de una cámara</i>	<i>93</i>
4.5.2.	<i>Evaluación del grado de astringencia</i>	<i>95</i>

4.5.2.1.	Efecto de la textura sobre el grado de astringencia.....	98
5.	CONCLUSIONES.....	99
6.	RECOMENDACIONES.....	101
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
8.	ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ruta simplificada de señalización en la inducción floral en <i>Arabidopsis thaliana</i>	22
Figura 2.	Modelo teórico de las etapas en el evento de floración para especies leñosas.....	23
Figura 3.	Cámara de eliminación de astringencia.....	28
Figura 4.	Equipamiento de cámaras para la eliminación de la astringencia.	30
Figura 5.	Lugar de estudio: Centro de Investigación en Forrajes (CIF)- “La Violeta”	32
Figura 6.	Ubicación de parcelas de caqui.....	33

Figura 7. Croquis de la plantación.....	34
Figura 8. Estructura de los modelos arquitectónicos de los árboles.....	36
Figura 9. ÁRBOLES plaqueteados.....	38
Figura 10. Estadios fenológicos del caqui.....	41
Figura 11. Fases fenológicas de crecimiento del caqui.....	42
Figura 12. Esquema de la cámara de eliminación de astringencia.....	44
Figura 13. Esquema de las variables de copa del árbol 1 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	48
Figura 14. Esquema de las variables de copa del árbol 2 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	50
Figura 15. Esquema de las variables de copa del árbol 3 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	52
Figura 16. Esquema de las variables de copa del árbol 4 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	54
Figura 17. Esquema de las variables de copa del árbol 5 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	56
Figura 18. Esquema de las variables de copa del árbol 6 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	58
Figura 19. Esquema de las variables de copa del árbol 7 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	60
Figura 20. Esquema de las variables de copa del árbol 8 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	62
Figura 21. Esquema de las variables de copa del árbol 9 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	64
Figura 22. Esquema de las variables de copa del árbol 11 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	66
Figura 23. Esquema de las variables de copa del árbol 12 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	68
Figura 24. Esquema de las variables de copa del árbol 13 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	70
Figura 25. Esquema de las variables de copa del árbol 14 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	72
Figura 26. Esquema de las variables de copa del árbol 15 de caqui y relaciones geométricas entre ellas. ..	74
Figura 27. Estructura del árbol de caqui número 15 del presente estudio.....	75
Figura 28. Número total de flores de los árboles estudiados.....	80
Figura 29. Cámara casera de eliminación de astringencia.....	94

Figura 30. Componentes de la cámara de eliminación de astringencia.....	94
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables medidas para la determinación del modelo arquitectónico	37
Tabla 2. Datos de las ramas del árbol.	39
Tabla 3. Datos generales del árbol.....	39
Tabla 4. Cantidad y tipos de yemas de cada una de las ramas del árbol	40
Tabla 5. Estadísticos descriptivos del árbol 1, empleados para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	47
Tabla 6. Estadísticos descriptivos del árbol 2, empleados para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	49
Tabla 7. Estadísticos descriptivos del árbol 3, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	51
Tabla 8. Estadísticos descriptivos del árbol 4, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	53
Tabla 9. Estadísticos descriptivos del árbol 5, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	55

Tabla 10. Estadísticos descriptivos del árbol 6, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	57
Tabla 11. Estadísticos descriptivos del árbol 7, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	59
Tabla 12. Estadísticos descriptivos del árbol 8, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	61
Tabla 13. Estadísticos descriptivos del árbol 9, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	63
Tabla 14. Estadísticos descriptivos del árbol 11, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	65
Tabla 15. Estadísticos descriptivos del árbol 12, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	67
Tabla 16. Estadísticos descriptivos del árbol 13, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	69
Tabla 17. Estadísticos descriptivos del árbol 14, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	71
Tabla 18. Estadísticos descriptivos del árbol 15, empleado para el ajuste de las funciones de perfil de la copa.....	73
Tabla 19. Estadios fenológicos del caqui.	77
Tabla 20. Comparación de las fases fenológicas de crecimiento del caqui, en condiciones de Tiquipaya (valle central de Cochabamba, a 2614 msnm) y España	79
Tabla 21. Ubicación de las flores.	81
Tabla 22. Tipo de flor y clasificación sexual a la que pertenecen los árboles evaluados.....	82
Tabla 23. Medidas descriptivas del tamaño en dos tipos de frutos, determinados en seis árboles de caqui.	83
Tabla 24. Clasificación en dos tipos de forma de frutos	83
Tabla 25. Caracterización de los dos frutos sobresalientes en los árboles estudiados, según la clasificación propuesta por la UPOV	85
Tabla 26. Resumen de evaluaciones de astringencia en cámara.....	97
Tabla 27. Resumen de las evaluaciones del estado del fruto y grado de astringencia puesto en cámara.	98
Tabla 28. Observaciones finales.....	99