

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA FEDERAL DE PARANÁ

ANAHÍ TAMARA RAUH

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y NUTRICIONALES DE LOS FRUTOS DE
JACARATIA SPINOSA EN REMANENTES DE LA SELVA PARANAENSE, EN
MISIONES, ARGENTINA.**

PATO BRANCO

2024

ANAHÍ TAMARA RAUH

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y NUTRICIONALES DE LOS FRUTOS DE
JACARATIA SPINOSA EN REMANENTES DE LA SELVA PARANAENSE, EN
MISIONES, ARGENTINA.**

**Physical-chemical and nutritional properties of the fruits of *Jacaratia spinosa* in
remnants of the Paranaense Jungle, in Misiones, Argentina.**

Tesis de maestría presentada al Programa de Posgrado en
Agronomía – Maestría Interinstitucional (MINTER-CAPES)
de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR)
en alianza con la Universidad Nacional de Misiones.

Orientador: Dr. Idemir Citadin

PATO BRANCO

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licencia permite la descarga y el intercambio del trabajo siempre que se atribuyan créditos al (los) autor(es), sin la posibilidad de modificarlo o utilizarlo con fines comerciales. Los contenidos elaborados por terceros, citados y referenciados en esta obra no están cubiertos por la licencia.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco



ANAHI TAMARA RAUH

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y NUTRICIONALES DE LOS FRUTOS DE JACARATIA SPINOSA EN
REMANENTES DE LA SELVA PARANAENSE, EN MISIONES, ARGENTINA.**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Produção Vegetal.

Data de aprovação: 08 de Julho de 2024

Dr. Idemir Citadín, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Fermin Gortari, Doutorado - Universidad Nacional de Misiones - Unam

Dr. Moeses Andriago Danner, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 05/09/2024.

*Dedico este trabajo a mis
hijos, Aurora y Alberto, por ser mi
inspiración y motivación en cada
paso de este camino.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos quiénes hicieron posible el desarrollo de este proyecto. En primer lugar a Dios, por guiarme en el camino correcto y brindarme la fuerza necesaria.

A mi esposo Diego Ritter, por su incondicional acompañamiento en las tareas de campo, su amor y comprensión que han sido pilares en la realización de este trabajo.

A mis padres, Rolando Rauh y Amanda Mertz, por su legado de perseverancia y esfuerzo, en especial a mi madre por cuidar a mis hijos durante los días de cosecha de frutas.

Al profesor Idemir Citadin, mi orientador, por su paciencia, conocimientos compartidos, guía y tolerancia, así como por su dedicación en comprender el idioma español y resolver mis dudas.

A los profesores Edimir Andrade Pereira y Sirlei Dias Teixeira de la UTFPR por su colaboración en los análisis.

A mis amigos y colegas, Ing. Luis Acuña y Dr. Luis Ritter, por su generosidad al compartir su espacio, herramientas y conocimientos.

A mis compañeros y amigos de maestría, por su apoyo incondicional y los gratos momentos compartidos.

Al laboratorio de la UTFPR, por disponer los análisis utilizados en este trabajo.

A las autoridades de las instituciones, Universidad Nacional de Misiones y Universidad Tecnológica de Paraná, por hacer posible este curso de posgrado.

Al Mgter Cristian Stolar y al Dr. Alejandro Toro del INTA Cerro Azul, por su impulso en la línea de investigación de frutales nativos de la Selva Paranaense y el apoyo brindado en la realización del estudio.

A todos los agricultores que me han permitido seleccionar y cosechar frutos en sus chacras.

A todas las personas que colaboraron de alguna manera, contribuyendo al desarrollo de este trabajo.

Su apoyo y contribuciones han sido invaluable en este proceso, y les estoy profundamente agradecida por formar parte de este logro.

RESUMEN

RAUH, Anahí Tamara. Propiedades físico-químicas y nutricionales de los frutos de *Jacaratia spinosa* en remanentes de la selva paranaense, en Misiones, Argentina. 87 p. Disertación (Máster en Agronomía) - Programa de Posgrado en Agronomía (Área de Concentración: Producción vegetal), Universidad Federal de Tecnología – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2024.

El *Jacaratia spinosa* (Aubl) A. DC. es una especie arbórea dioica de la familia Caricaceae que ocurre naturalmente en la ecorregión del Bosque Atlántico Alto Paranaense. Este árbol es importante para la preservación de la biodiversidad de la selva, además de tener un valor cultural y potencial alimenticio, farmacológico y turístico. Sin embargo, se conoce poco sobre las características morfológicas, fisicoquímicas y nutricionales de sus frutos. El objetivo de este estudio fue caracterizar los frutos maduros de individuos femeninos de *J. spinosa* en diversas localidades de la provincia de Misiones, Argentina, para destacar su importancia en la industria alimentaria. Se identificaron y georreferenciaron 15 individuos femeninos en 8 localidades. Cada individuo fue considerado como un tratamiento. Se recolectaron frutos maduros en 4 muestras por planta, con 10 frutos cada una, para análisis morfológico (peso, longitud, diámetro, color de cáscara y pulpa), fisicoquímico (pH, sólidos solubles, acidez total y ratio), nutricional (humedad, proteína, cenizas y minerales) e identificación de colorantes naturales presentes. Los datos fueron sometidos a pruebas de homogeneidad y normalidad utilizando los métodos de Shapiro-Wilk y Bartlett. En los casos donde no se cumplieron estos supuestos, se aplicaron transformaciones como la raíz cuadrada ($\sqrt{x+1}$), logarítmica o Box-Cox. Luego, los datos transformados fueron analizados mediante ANOVA, seguido de la comparación de medias usando la prueba de Scott-Knott con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Además, se realizó un análisis multivariado de componentes del rendimiento, calidad del fruto, composición de cenizas y análisis bromatológicos, utilizando un PCA. Se encontraron diferencias significativas en las características morfológicas, fisicoquímicas y nutricionales de los frutos maduros entre los diferentes individuos, como es esperable en una especie dioica. Los grupos formados por análisis multivariado no se relacionaron con la región de origen de los ejemplares, indicando que aún no hay efecto de aislamiento. Se identificaron colorantes naturales que pueden ser utilizados en la industria alimentaria. Se han definido protocolos de extracción que optimizan la cantidad y calidad de los colorantes extraídos.

Palabras clave: bosque atlántico; frutos nativos; análisis físico-químico; colorantes naturales.

ABSTRACT

RAUH, Anahí Tamara. Physicochemical and nutritional properties of *Jacaratia spinosa* fruits in remnants of the Paranaense rain forest, in Misiones, Argentina. 87 p. Dissertation (Master in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Area of Concentration: Plant Production), Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2024.

Jacaratia spinosa (Aubl.) A. DC. is a dioecious tree species belonging to the Caricaceae family, naturally occurring in the Upper Paraná Atlantic Forest ecoregion. This tree is significant for the preservation of rain forest biodiversity and holds cultural, nutritional, pharmacological, and tourism potential. However, little is known about the morphological, physicochemical, and nutritional characteristics of its fruits. The objective of this study was to characterize the mature fruits of female *J. spinosa* individuals from various locations in the Misiones province, Argentina, to emphasize their importance in the food industry. Fifteen female individuals were identified and georeferenced across eight locations, with each individual considered as a separate treatment. Mature fruits were collected in four samples per plant, with 10 fruits each, for morphological (weight, length, diameter, skin and pulp color), physicochemical (pH, soluble solids, total acidity and ratio), nutritional (moisture, protein, ash content and minerals) analysis, and identification of natural pigments. Data were subjected to homogeneity and normality tests using the Shapiro-Wilk and Bartlett methods. When assumptions were not met, transformations such as square root ($\sqrt{x+1}$), logarithmic, or Box-Cox were applied. Transformed data were then analyzed by ANOVA, followed by mean comparison using the Scott-Knott test at a significance level of $p < 0.05$. Additionally, multivariate analysis of yield components, fruit quality, ash composition, and bromatological analysis was performed using PCA. Significant differences in the morphological, physicochemical, and nutritional characteristics of mature fruits were found among the different individuals, as expected in a dioecious species. The groups formed by multivariate analysis did not correlate with the region of origin of the specimens, indicating no effect of isolation yet. Natural pigments were identified that can be utilized in the food industry, and extraction protocols were defined that optimize the quantity and quality of the extracted pigments

Keywords: Atlantic forest; native fruits; physical-chemical analysis; natural dyes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de la Provincia de Misiones con las ubicaciones de los individuos bajo estudio.....	23
Figura 2 - Vista aérea de la Localidad 1.....	24
Figura 3 - Vista aérea de la Localidad 2.....	24
Figura 4 - Vista aérea de la Localidad 3.....	25
Figura 5 - Vista aérea Localidad 4.....	25
Figura 6 - Vista aérea de la Localidad 5.....	26
Figura 7 - Vista aérea de la Localidad 6.....	26
Figura 8 - Vista aérea de la Localidad 7.....	27
Figura 9 - Vista aérea de la Localidad 8.....	27
Figura 10 - A - Ejemplar femenino de <i>J. spinosa</i> y B- Botón de flor femenina, 03-06-22.....	28
Figura 11 - Precipitación y temperatura media para la localidad de Eldorado...	30
Figura 12 - Precipitación y temperatura media para la localidad de Cerro Azul.	30
Figura 13 - Cosecha de Genotipo 4, 26-02-23.....	32
Figura 14 - A - Frutos recién cosechados y B- cosecha de genotipo 12, 19-03-23	33
Figura 15 - A - Frutos almacenados a temperatura ambiente y B- Frutos con diferentes grados de madurez.....	33
Figura 16 - Detalle de corte longitudinal y transversal en frutos de <i>J. spinosa</i> .	34
Figura 17 - A - Universo de colores La*b* en sistema CieLab. y B- Gradiente de colores según estado de madurez.....	36
Figura 18 - Muestras de frutos acondicionadas para el registro de pH.....	37
Figura 19 - Extracción de pigmentos, muestras 1 al 9.....	40
Figura 20 - Gráfico de correlación entre peso de fruto y rendimiento de pulpa.	46
Figura 21 - Análisis de agrupamiento.....	56
Figura 22 - Gráfico de análisis de componentes principales PCA.....	57

Figura 23 - Estructura química del α – caroteno.....	.59
Figura 24 - Estructura química de un flavonoide.....	.60
Figura 25 - Espectros de Infrarrojo con transformada de Fourier de muestras 6 e 8.....	.61

LISTA DE TABLA

Tabla 1 - Coordenadas geográficas de los individuos bajo estudio.....	22
Tabla 2 - Longitud y diámetro de los frutos.....	44
Tabla 3 - Peso y rendimiento de Pulpa de los frutos in natura.....	44
Tabla 4 - Color de la cáscara de los frutos medido in natura.....	47
Tabla 5 - Valores de Sólidos Solubles, potencial Hidrógeno, Acidez Titulable y RATIO.....	49
Tabla 6 - Tenores de materia seca, humedad, cenizas y proteínas en frutos....	52
Tabla 7 - contenido de minerales ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) en las cenizas de los materiales bajo estudio.....	54
Tabla 8 - Correlación entre variables y ejes.....	56
Tabla 9 - Masa (g), porcentaje de etanol en relación con el agua, tiempo de extracción (min.) y el rendimiento (%) de las muestras de colorantes extraídos, numeradas del 1 al 9.....	58
Tabla 10 - Promedios obtenidos en el análisis colorimétrico de las muestras 6 y 8.....	59

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice A - Cuadro de análisis de varianza para peso de fruto y para rendimiento de pulpa.....	71
Apéndice B - Cuadro de análisis de varianza para color de la cáscara.....	73
Apéndice C - Cuadro de análisis de varianza para ° Brix, pH, AT, RATIO, materia seca, humedad, cenizas y proteínas.....	75
Apéndice D - Cuadro de análisis multivariado y gráfico de contribución de los diferentes componentes principales.....	87

INDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Objetivo general.....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Descripción de la especie.....	15
2.2 Distribución geográfica.....	16
2.3 Importancia de la familia y de la especie en particular.....	16
2.4 Ocurrencia actual: conservación de recursos genéticos.....	18
2.5 Estudios realizados.....	19
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Área de estudio.....	21
3.2 Datos Meteorológicos para el período estudiado.....	28
3.3 Materia prima para los análisis en laboratorio.....	31
3.4 Caracterización física.....	34
3.4.1 Longitud y diámetro de los frutos.....	34
3.4.2 Peso de los frutos.....	35
3.4.3 Color instrumental de la cáscara.....	35
3.5 Caracterización química.....	36
3.5.1 Sólidos solubles.....	36
3.5.2 Potencial hidrógeno.....	37
3.5.3 Acidez titulable.....	37
3.5.4 Relación Sólidos Solubles y Acidez Titulable (RATIO).....	38
3.6 Caracterización nutricional.....	38
3.6.1 Humedad y materia seca.....	38
3.6.2 Cenizas.....	38
3.6.3 Minerales.....	39
3.6.4 Proteínas.....	39
3.7 Extracción y caracterización de los pigmentos.....	39
3.7.1 Caracterización del color.....	40
3.7.2 Transmitancia (%).....	41
3.8 Análisis estadístico.....	41
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1 Características físicas.....	42
4.1.1 Longitud y diámetro de los frutos.....	42
4.1.2 Peso de los frutos, Rendimiento de pulpa.....	43
4.1.3 Color de la cáscara.....	46
4.2 Análisis químicos.....	47
4.2.1 Sólidos solubles.....	47
4.2.2 Potencial Hidrógeno (pH).....	49
4.2.3 Acidez Titulable (AT).....	50

4.2.4	Relación Sólidos solubles/Acidez titulable (RATIO).....	.50
4.3	Análisis nutricionales.....	.51
4.3.1	Humedad y materia seca.....	.51
4.3.2	Cenizas.....	.52
4.3.3	Minerales.....	.52
4.3.4	Proteínas.....	.54
4.4	Análisis multivariado.....	.55
4.5	Extracción de colorantes.....	.58
4.5.1	Análisis del color.....	.58
5	CONCLUSIONES.....	.62
6	CONSIDERACIONES FINALES Y TRABAJOS FUTUROS.....	.63
7	REFERENCIAS.....	.64

1 INTRODUCCIÓN

La ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná, también conocida como Selva Paranaense, es una zona caliente para la biodiversidad, albergando un alto porcentaje de especies, muchas de ellas endémicas (PLACCI; DI BITETTI, 2006). La preservación de esta biodiversidad está en peligro debido a las actividades extractivas que consideran el bosque únicamente como un recurso maderable, sin valorar los valiosos servicios ecosistémicos que proporciona a las comunidades circundantes (VANCINE *et al.*, 2024). Siguiendo la clasificación de servicios ecosistémicos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, la primera categoría es "Servicios de aprovisionamiento", que incluye bienes o recursos naturales (MEA, 2003). Un ejemplo de estos bienes son los productos naturales vegetales, como los metabolitos producidos por plantas, que desempeñan funciones biológicas cruciales, incluyendo la defensa y la atracción de polinizadores, y poseen potencial para usos farmacéuticos, herbicidas y alimentarios (RINGUELET; VIÑA, 2013). Gallo *et al.* (2009) destacan que la vasta biodiversidad de la Selva Paranaense es una fuente de recursos genéticos forestales en la que aún falta mucho por investigar. Sin embargo, la destrucción del bosque nativo y la pérdida de recursos genéticos forestales pueden resultar en la desaparición de compuestos valiosos antes de ser descubiertos. Esto subraya la importancia de la conservación como un incentivo crucial para la valorización de estos servicios ecosistémicos (GALLO *et al.*, 2009).

El *Jacaratia spinosa* (Aubl) A. DC., conocido vulgarmente como jacaratiá, es una especie arbórea dioica que ocurre naturalmente en la ecorregión del Bosque Atlántico Alto Paranaense y pertenece a la familia Caricaceae. Se clasifica como especie rara RR (de población reducida) en la lista roja de flora amenazada en el Estado de Paraná, Curitiba (PARANÁ, 1995), sin embargo la especie ha sido evaluada en el año 2018 para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y se la clasificó como de Preocupación menor (UICN, 2018). Tiene importancia por su rol en la preservación de biodiversidad de la selva, además de ser un bien cultural y poseer posible potencial alimenticio, farmacológico y turístico. No son muchos los antecedentes de investigación que aborden el análisis de la composición química y nutricional de sus frutos (BARBOSA *et al.*, 2021), conocimientos útiles para el desarrollo de nuevos productos a partir del fruto de forma eficiente. En ese sentido, el presente trabajo buscó caracterizar los frutos de individuos de pies femeninos de dicha especie, identificados en remanentes de

Bosque Atlántico de diferentes localidades de la Provincia de Misiones, Argentina, partiendo de los siguientes supuestos:

Los frutos de las plantas de las diferentes locaciones presentan distintas características morfológicas, físico-químicas y nutricionales.

Los frutos de *J. spinosa* son fuentes de colorantes naturales que tienen potencial de uso en la industria alimentaria.

1.1 Objetivo general

Caracterizar los individuos femeninos de *J. spinosa* en diferentes localidades de la provincia de Misiones, Argentina, a partir del análisis de las características morfológicas, fisicoquímicas y nutricionales del fruto maduro, con el fin de destacar su importancia para la industria alimentaria.

1.2 Objetivos específicos

Identificar individuos femeninos de *J. spinosa* en diferentes localidades de la provincia de Misiones, Argentina.

Realizar una caracterización física de los frutos de *J. spinosa*: peso, longitud, diámetro y color de la cáscara en su estado maduro.

Determinar las propiedades químicas de los frutos de *J. spinosa*: sólidos solubles, potencial hidrógeno, acidez total y RATIO en su estado maduro.

Determinar las propiedades nutricionales de la cáscara y la pulpa de los frutos de *J. spinosa*: proteínas, humedad, materia seca, cenizas y minerales en estado maduro.

Establecer protocolo de extracción y cuantificación de los colorantes naturales presentes en los extractos de frutas.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Descripción de la especie

La especie en estudio, *J. spinosa* es un árbol dioico que dentro del bosque tropical pertenece al estrato medio. En ambientes húmedos, a la sombra y con suelos ricos en materia orgánica puede crecer alrededor de los 20 metros de altura y tener un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 80 cm (PASCUTTI, 2000). Presenta un tronco recto, poco denso en su interior con alto porcentaje de humedad, por lo cual su madera no es utilizable como tal (CARVALHO, 2006), la corteza es angosta, de color gris y posee espinas en su superficie. Las ramas también son espinosas, y se desarrollan formando una especie de pirámide invertida. Las hojas son alternas, pecioladas, compuestas y poseen 5 a 12 folíolos cada una. Las flores masculinas se desarrollan en racimos axilares, son pedunculadas y verdosas. Las flores femeninas, crecen solitarias en las axilas de hojas, también son amarillo-verdosas y poco vistosas, pero difieren en tamaño respecto a las masculinas, son más grandes que éstas últimas. La floración de la especie va desde octubre a noviembre en zonas aledañas al Río Paraná (PASCUTTI, 2000). El período de floración de las plantas estaminadas es mayor (52 días) que el de las plantas pistiladas (22 días), la duración de las flores masculinas es de 24 horas y de las flores femeninas es de 48 horas, siendo el estigma receptivo desde antes de la antesis hasta la senescencia. Los principales polinizadores son las polillas lo cual se relaciona con el fenómeno de falenofilia (antesis nocturna) detectado en *J. spinosa*, siguiendo en orden de importancia las mariposas y los colibríes (PIRATELLI, *et al.*, 1998).

El fruto es una baya elipsoide cuyo tamaño varía de 3 a 8 centímetros de longitud y 1 a 5 centímetros de ancho, tiene un color amarillo dorado cuando está maduro y es astringente (CARVALHO, 2006). Las semillas de tamaño mediano, con dimensiones de aproximadamente 5,8 mm de longitud, 3,2 mm de ancho y 2,8 mm de espesor tienen una forma elíptica, a veces ligeramente ovalada y redondeada. Estas semillas están completamente envueltas por una capa mucilaginosa blanca y translúcida conocida como sarcotesta (MIRANDA; PAREDES, 2000). De acuerdo a Freitas *et al.* (2011) la propagación primordial del *J. spinosa* se realiza mediante semillas, por lo que es crucial investigar los factores que afectan la germinación y el crecimiento de las plántulas.

2.2 Distribución geográfica

El *J. spinosa*, al ser una especie que no tolera temperaturas bajas (menores a 0 °C), se distribuye principalmente en zonas tropicales y ecuatoriales, aunque también en algunas áreas subtropicales. Es un árbol nativo de Brasil, Argentina, Bolivia, Ecuador, Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Paraguay (CARVALHO, 2006).

Crece de forma natural en el bosque atlántico, en la Amazonia, en sabanas boscosas, en sabanas estépicas, en ambientes fluviales ribereños (CARVALHO, 2006). En Argentina se distribuye en el nordeste del país en el área cubierta por la Selva Paranaense incluidas las superficies donde el bosque ya ha sido aprovechado o presenta cambio de uso de la tierra, la cual se extiende en las provincias de Misiones y Corrientes (Selva en Galería), entre los Ríos Paraná y Uruguay (PASCUTTI, 2000).

En cuanto a sus características edafoclimáticas es una especie esciófila (CARVALHO, 2006), perteneciente al estrato medio de la Selva Paranaense, que crece muy bien con alta humedad relativa ambiente, pero no tolera suelos anegadizos (PASCUTTI, 2000). Requiere suelos ricos en materia orgánica por lo que se desarrolla bien en lomas de la Provincia de Misiones con suelo rojo profundo, donde puede superar los 16 metros de altura. Según Carvalho (2006), en tierras de baja fertilidad se restringe su desarrollo, creciendo como un arbusto. El hábitat del *J. spinosa* se sitúa en zonas donde la precipitación promedio anual varía entre 1.500 a 2.500 mm anuales, con regímenes isohigros. En su etapa juvenil no tolera estrés hídrico, especialmente a cielo abierto, caso en el cual se puede producir la muerte de la planta (PASCUTTI, 2000). En lo referente a la temperatura, se distribuye en zonas cuya media anual oscila alrededor de los 20 °C (CARVALHO, 2006). Sin embargo, según Pascutti (2000) es importante resaltar que es una especie sensible a las heladas, especialmente en su estado juvenil, en el cual también se puede ver afectado por calores extremos (por encima de los 37 °C).

2.3 Importancia de la familia y de la especie en particular

La especie bajo estudio pertenece a una pequeña familia botánica denominada Caricaceae que, en Argentina, está representada por los géneros *Carica* (cuatro especies) y *Jacaratia* (tres especies: *J. spinosa*, *J. quercifolia* y *J. hasleriana*), (PASCUTTI, 2000). Esta familia es de tamaño reducido y comprende un total de seis géneros. Entre estos, tres géneros presentan especies predominantes en América del Sur y Central: *Vasconcella*, *Carica* y *Jacaratia*. Dos géneros, *Jarilla* y *Horovitzia*, son

endémicos de América Central. Adicionalmente, el género *Cylicomorpha* es nativo de África (BADILLO, 2000, citado en CORRÊA *et al.*, 2015). La relevancia de ésta familia se debe principalmente a la tan conocida papaya (*Carica papaya* L.) cuya importancia económica es reconocida a nivel mundial. Pero también abarca otros géneros y especies que poseen cierto potencial, especialmente en lo referente a la conservación de recursos fitogenéticos que pueden ser utilizados en el mejoramiento genético de las especies cultivadas, a fin de combatir enfermedades principales (CORRÊA *et al.*, 2015). Además, las especies pertenecientes a ésta familia tienen frutos que pueden ser aprovechados por su alto contenido en Vitamina A, vitamina C y antioxidantes (ABREU, 2015).

En el caso del *J. spinosa* en particular, es conocida la utilización de los frutos del árbol como alimento entre las comunidades guaraníes (KELLER *et al.*, 2010), quiénes lo cocinan bajo la ceniza del fuego para lograr la desactivación de una sustancia astringente propia del fruto que produce irritación en los labios; también se pueden elaborar mermeladas y dulces (PASCUTTI, 2000). De acuerdo a Argüelles y Fernández (1997), la astringencia y causticidad se debe a la presencia de una enzima proteolítica, una cisteinil proteinasa que identificaron en el fruto del *J. spinosa* y a la que propusieron denominar “jacaratina”. En el mismo estudio, las autoras, sugirieron que la función de la misma sería lograr que el fruto no sea consumido por frugívoros antes de que la semilla esté apta para la germinación, lo cual, en esta especie ocurre cuando la madurez del fruto está bien avanzada. El látex de los frutos se utiliza como cicatrizante y sus semillas como antiparasitarios (ARAUJO; VELÁSQUEZ; HAMILTON, 2018), en el primer caso debido a la papaína presente en el mismo, que extraída puede aplicarse sobre las heridas para mejorar el proceso de epitelización. Dicha cuestión, de acuerdo a Tavares *et al.* (2019) quiénes estudiaron su uso en el área quirúrgica de un hospital universitario de Río de Janeiro, es conocida en el ámbito médico, pero debe promoverse para incentivar su uso, especialmente en enfermería. La papaína y demás proteasas halladas en las muestras de *J. spinosa* tienen potenciales aplicaciones en la práctica, ya sea para ablandar la carne, en la industria textil, en la industria cervecera, en la industria farmacéutica, en nutrición animal, entre otros (LOPES; FERNÁNDEZ, 2006).

La especie también es relevante para la conservación de la biodiversidad, y al ser una especie dioica presenta variabilidad genética (CORRÊA *et al.* 2015).

2.4 Ocurrencia actual: conservación de recursos genéticos

En Brasil, en el estado de Paraná, es una especie considerada rara RR (de población reducida) en la lista roja de flora amenazada en el Estado de Paraná, Curitiba (PARANÁ, 1995). En la Provincia de Misiones, Argentina, si bien, no hay muchos estudios que hagan alusión a la especie, posiblemente debido a que no puede ser usada como recurso maderable, existen ciertos antecedentes. Por ejemplo, en El Inventario de biodiversidad del Monumento Natural “Isla Palacio” realizado entre los años 1998 y 2019, en una superficie protegida de 150 hectáreas en el norte de Misiones, Argentina, ANFUSO *et al.* (2020) incluyen al *J. spinosa* entre los árboles de baja preocupación en referencia a su estatus de conservación. Barth *et al.* (2018) registraron unos pocos ejemplares de *J. spinosa* en el relevamiento florístico de frutales nativos realizado en un remanente de bosque en San Antonio (Misiones), clasificando a la especie como frutal apto para alimentación humana y de uso terapéutico.

La importancia de la preservación de la biodiversidad es mundialmente reconocida, en ese sentido el bosque atlántico del Alto Paraná se encuentra en estado crítico debido principalmente al cambio de uso de la tierra desde mediados de siglo XX y hasta la actualidad (RIBEIRO *et al.*, 2011; ZULAICA, L., VAZQUEZ, P., CELEMÍN, 2015). Esta ecorregión, también conocida como Selva Paranaense, posee un alto valor de conservación, no sólo por su rica biodiversidad, sino también por la gran cantidad de especies endémicas, es decir, aquellas que no se encuentran en otro lugar del mundo (PLACCI; DI BITETTI, 2006). De acuerdo a los mismos autores, el cuidado de los remanentes de Selva natural y el manejo sustentable de los agroecosistemas, son medidas trascendentales para proteger las cuencas hídricas y prevenir la erosión del suelo, sin lo cual no puede proyectarse la subsistencia de la humanidad en ciudades y zonas rurales. En ese sentido es importante encontrar alternativas a la extracción desmedida de la Selva, considerando los servicios ecosistémicos que la misma puede brindar a las comunidades que se asientan en torno a las mismas. Una opción viable sería la utilización de productos del bosque no maderables, como por ejemplo los frutos de ciertas especies, como el *J. spinosa*, para la industria de alimentos de consumo humano o la industria farmacológica y cosmética.

En la provincia de Misiones no está extendido el cultivo de los frutos del *J. spinosa* entre los agricultores, a pesar del potencial que tiene, y de los esfuerzos realizados para estudiar y promover el cultivo ya sea bajo cubierta o en sistemas

agroforestales por Pascutti (2000). No existiendo actualmente huertos de la especie con fines comerciales, siendo más bien su recolección in situ, significando la misma el apeo del árbol completo, el que no vuelve a regenerarse.

2.5 Estudios realizados

Los frutos con potencial para su utilización en la industria de alimentos de consumo humano pueden ser caracterizados a partir de diferentes criterios y variables. Para la realización de una descripción completa es necesario tener en cuenta los diferentes aspectos que hacen a su potencial alimenticio, lo que incluye propiedades organolépticas, nutricionales y de toxicidad, entre otros. De acuerdo a Barbosa *et al.* (2021), quienes realizan una extensa revisión bibliográfica acerca de artículos que tratan sobre el potencial alimenticio del *J. spinosa* y *V. quercifolia*, existen pocos antecedentes de investigaciones sobre la composición química y de antioxidantes de los frutos de ambas especies. Un ejemplo significativo es la investigación de Abreu (2015), quien realiza un estudio profundo en una población particular de tres individuos de *J. spinosa* ubicados en Rolandia-PR (Brasil), de los cuales cosecha frutos en 3 estados de madurez analizando la variación de las características según el estado fenológico del fruto. En su investigación la autora encuentra que el fruto maduro tiene una longitud de 5,8 cm y un diámetro de 3,7 cm, con un peso promedio de 45 g distribuidos en 38,6% de pulpa; 25,15% de cáscara y 19,15% de semillas. La pulpa tiene 80% humedad; 1,21% de cenizas, y un pH de 4,46. Se destaca por poseer alto tenor de proteínas (3,1%); 9,3% de azúcares y 4,11% de fibra alimentaria, un valor energético de 51,1 Kcal g⁻¹, además de presencia de carotenoides.

Al analizar los frutos de *J. spinosa* en tres municipios de San Pablo, Prospero (2010) encontró diferencias en los valores de longitud, textura color de la cáscara, luminosidad, actividad de agua, contenido de ácido ascórbico y tenor de sólidos solubles que caracterizaron a los frutos de cada localidad estudiada. La investigadora registró un rango de valores medios de 41,77 a 74,35 g de peso de fruto; 4,57 a 4,72 para pH; 14,13 a 15,60 °Brix; 0,86 a 1,24 g de cenizas en 100 g de materia fresca; 0,77 a 1,24 g 100g⁻¹ de proteínas y 0,08 a 0,12 g 100g⁻¹ de lípidos.

Silva (2021) llevó a cabo un estudio morfométrico de los frutos de *J. spinosa* en una parcela experimental, con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad de plantación sobre las características dendrométricas de especies forestales nativas. En

su investigación, la autora encontró diferencias significativas en la longitud, anchura y diámetro de los frutos, así como en la cantidad de semillas por fruto. Estas diferencias no estaban relacionadas con el espaciamiento entre plantas (densidad de plantas), sino que se observaron entre diferentes matrices (plantas individuales), lo que podría sugerir la existencia de variabilidad genética entre los individuos de la misma población de *J. spinosa*.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

Entre agosto y septiembre de 2022, se llevó a cabo la identificación de individuos de *J. spinosa* en la provincia de Misiones, Argentina. Para localizar árboles en remanentes de bosque nativo, se realizó un relevamiento en una chacra ubicada en el municipio de 9 de Julio, Eldorado. Asimismo, se estableció contacto con personal del Vivero Forestal en el municipio de Dos Mayo, así como con personal del INTA de Montecarlo, de Cerro Azul y de Santa Rita. El objetivo del relevamiento fue identificar ejemplares de *J. spinosa* en diferentes zonas de Misiones, abarcando el este y oeste de la sierra central, el norte, centro y sur de la provincia.

Para la zona noroeste de la provincia, se identificaron ejemplares en los siguientes municipios del departamento de Eldorado: 24 árboles en 9 de Julio, 1 en Santiago de Liniers; además 3 ejemplares en el departamento de Montecarlo. Para la zona centro-este, se identificaron 4 árboles en el municipio de Dos Mayo y 2 en Pueblo Illia, departamento de Cainguás. También 3 ejemplares en el municipio de 25 de Mayo y 5 en Santa Rita, departamento de 25 de Mayo. En la zona sur de la provincia, se identificaron 3 árboles en el municipio de Leandro Nicéforo Alem y 1 en Cerro Azul, departamento de Leandro N. Alem.

Durante los meses de noviembre y diciembre de año 2022, se seleccionaron y georreferenciaron solamente 15 individuos del total de 46 identificados (Figura 1 y Tabla 1), distribuidos en 8 locales diferentes: 6 en la zona noroeste, 8 en la zona centro-este y 1 en la zona sur. La cantidad de individuos seleccionados estuvo condicionada por el desarrollo de la fase de floración y la cantidad de flores por ejemplar, posiblemente influenciada por las condiciones climáticas durante el período de estudio (ver Figuras 11 y 12). En 9 de Julio, donde se identificaron 24 ejemplares, solo en 12 se pudo determinar el sexo, ya que los demás no desarrollaron floración, siendo 3 individuos masculinos y 9 femeninos. En Santa Rita y Cerro Azul, solo un ejemplar en cada localidad desarrolló floración. Si bien la muestra utilizada en este estudio fue de 15 individuos, lo cual se considera relativamente baja y debería idealmente ser de al menos 20, los resultados obtenidos proporcionan datos bastante confiables. A pesar del tamaño reducido de la muestra, se lograron identificar diferencias significativas entre los individuos, incluso cuando estos pertenecían al mismo municipio.

Los árboles identificados están en su estado natural (no fueron cultivados), se hallan en remanentes del monte nativo que han quedado como protección de vertientes de agua o por encontrarse en una zona clasificada como de alto valor de conservación (Categoría I - Rojo) o mediano valor de conservación (Categoría II - Amarillo) en el caso de establecimientos privados (Ley Nac. N.º 26.331/07 y Ley Prov. XVI N.º 105/10).

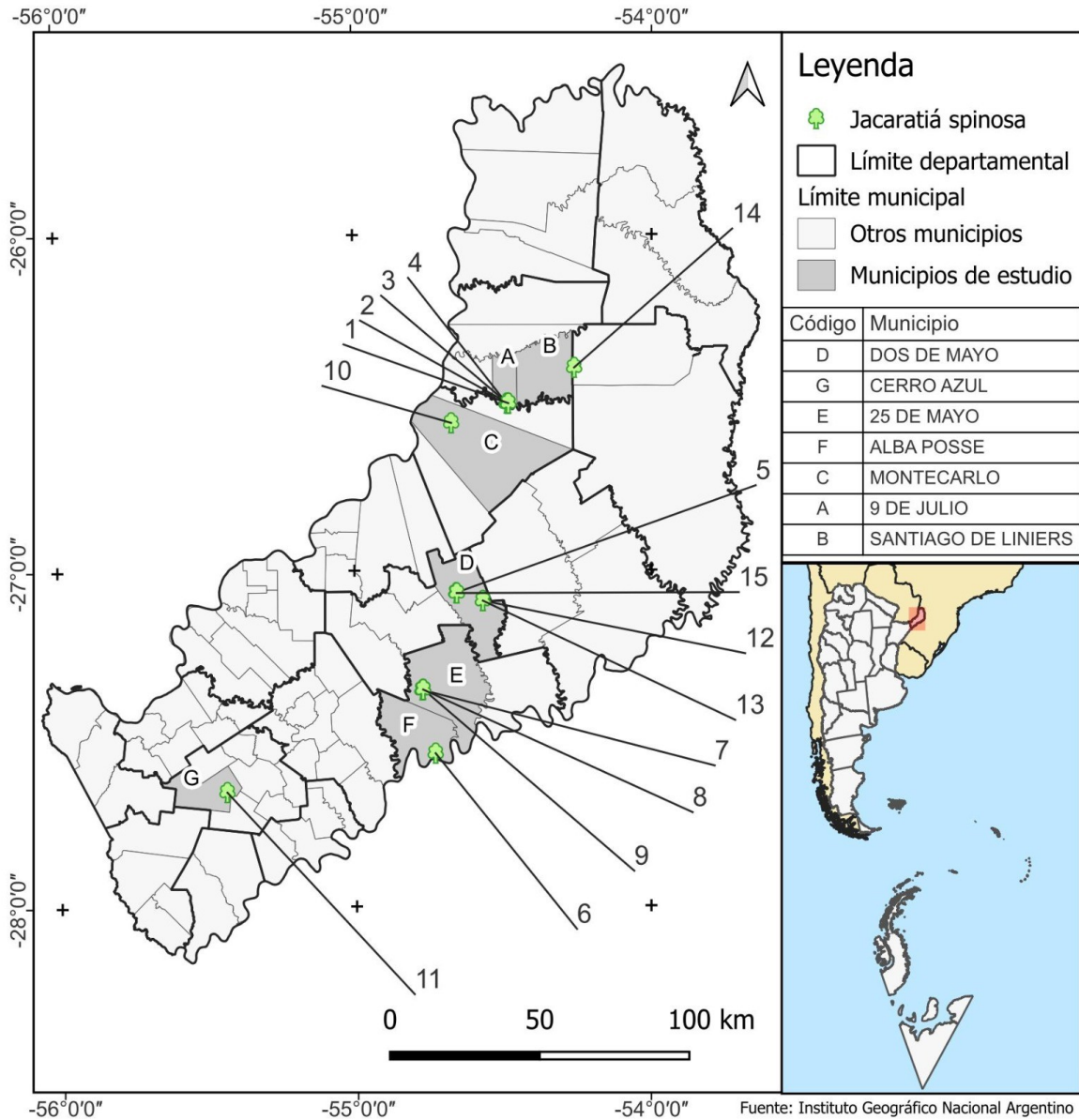
Tabla 1 - Coordenadas geográficas de los individuos bajo estudio.

T	Genotipo	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)
1	L1-9DJ-P1	9 de Julio	26°30'11.0"S	54°28'48.0"W	239
2	L1-9DJ-P2	9 de Julio	26°30'12"S	54°28'46"W	239
3	L1-9DJ-P3	9 de Julio	26°30'14"S	54°28'51"W	250
4	L1-9DJ-P4	9 de Julio	26°30'11.0"S	54°29'10.0"W	199
5	L2-DdM-P1	2 de Mayo	27°04'01.0"S	54°39'29.0"W	524
6	L3-SR-P1	Santa Rita	27°32'41.3"S	54°43'46.7"W	272
7	L4-25DM-P1	25 de Mayo	27°21'22.0"S	54°46'26.0"W	388
8	L4-25DM-P2	25 de Mayo	27°21'19"S	54°46'14"W	374
9	L4-25DM-P3	25 de Mayo	27°21'14.0"S	54°46'16.0"W	382
10	L5-MC-P1	Montecarlo	26°33'39.0"S	54°40'19.0"W	268
11	L6-CA-P1	Cerro Azul	27°39'28"S	55°26'22"W	284
12	L7-CI-P1	Pueblo Illía	27°05'27"S	54°34'05"W	503
13	L7-CI-P2	Pueblo Illía	27°05'23"S	54°33'56"W	519
14	L8-C60-P1	Santiago de Liniers	26°24'06.7"S	54°15'47.1"W	407
15	L2-DdM-P2	2 de Mayo	27°04'05.0"S	54°39'22.0"W	534

Fuente: elaboración propia (2024).

En su morfología la meseta misionera presenta una superficie plana y ondulada que se eleva gradualmente con una pendiente doble desde los bordes laterales hacia el centro de la región (ROIG; CEI, 1961). A lo largo de este centro, hay una división de aguas, que en ciertas áreas alcanza los 750 metros, separando las corrientes que fluyen hacia el Alto Paraná de las que van hacia el Río Uruguay (ROIG; CEI, 1961). La distribución en el territorio de los individuos identificados para el presente estudio abarca la zona noroeste de la Sierra central o Sierra de Misiones que confluye en el Río Paraná (Departamentos de Eldorado y Montecarlo), zona centro al este de la Sierra Central que confluye en el río Uruguay (Departamentos de Cainguaés y 25 de mayo) y zona sur (Departamento de Leandro N. Alem).

Figura 1 - Mapa de la Provincia de Misiones con las ubicaciones de los individuos bajo estudio.

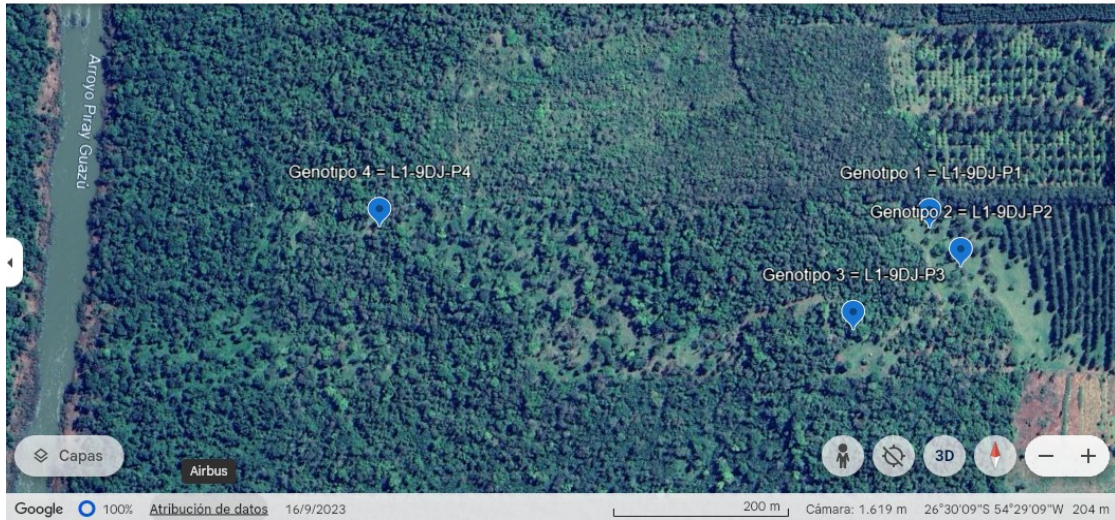


Fuente: elaboración propia (2024)

Los sitios de cada local se describen a continuación:

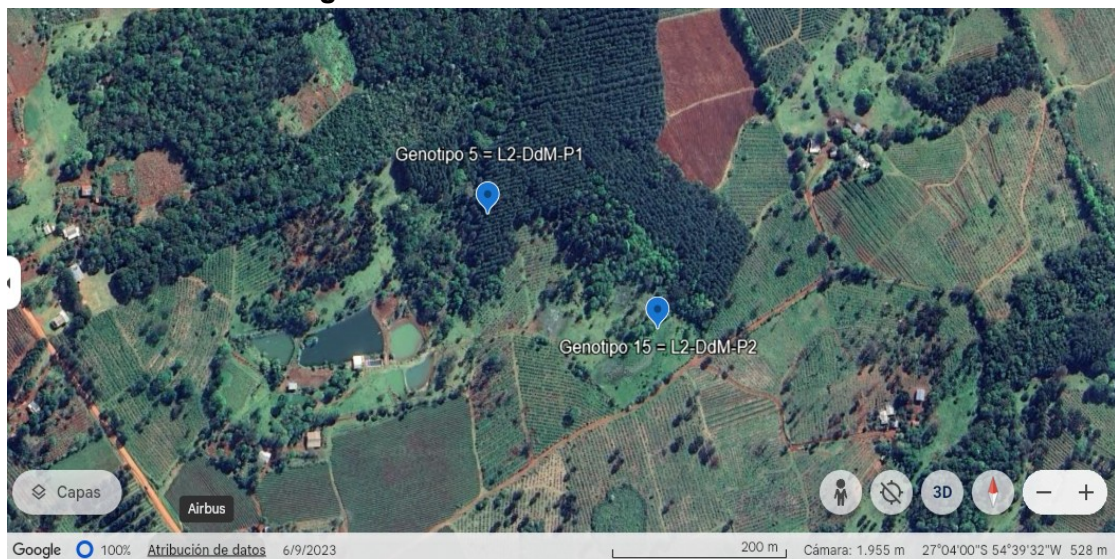
L1- Chacra del señor Rolando Rauh situada en el municipio de 9 de julio, Departamento de Eldorado, se identificaron 12 plantas, de las cuales 3 eran pies masculinos y 9 pies femeninos. Al momento de la floración se seleccionaron 4 plantas de pies femeninos teniendo en cuenta que dieron frutos en cantidad suficiente para la realización de los análisis de laboratorio. El genotipo 1 y el genotipo 2 en media loma orientación este con pendiente suave, el genotipo 3 en loma con presencia de afloramientos rocosos y el genotipo 4 en media loma orientación al oeste a pocos metros del Arroyo Piray Guazú (Ver figura 2).

Figura 2 - Vista aérea de la Localidad 1.



Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Aibus. Acceso el 06-06-2024

Figura 3 -Vista aérea de la Localidad 2.



Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Aibus. Acceso el 06-06-2024

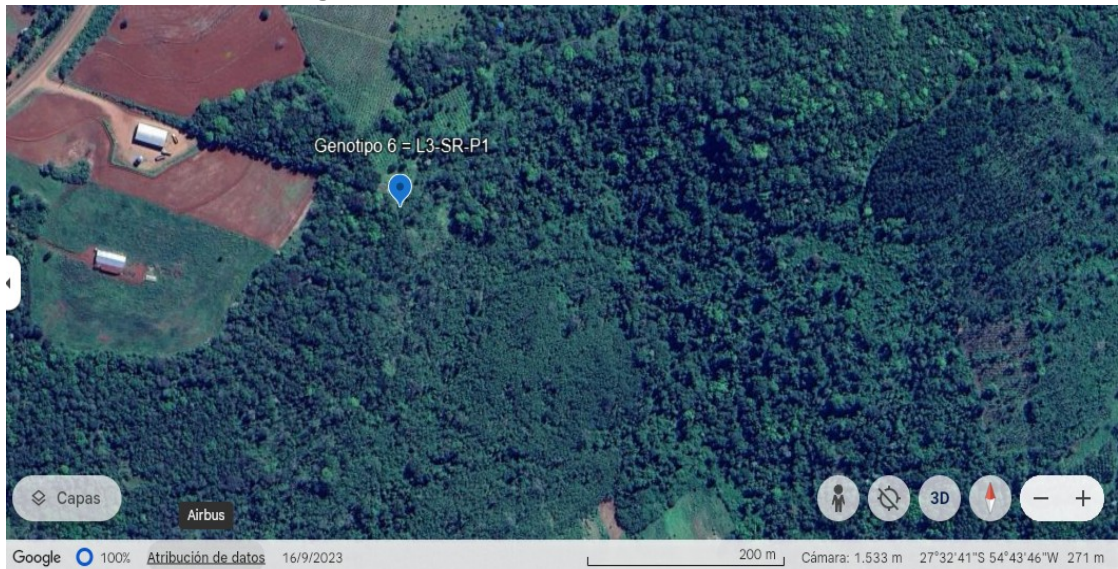
L2- Chacra del señor Ricardo Droseski en el municipio de Dos de Mayo, Departamento Cainguás, se identificaron 2 plantas de pies femeninos, el genotipo 5 en una media loma junto a una vertiente protegida por dosel arbóreo con predominancia de especies nativas y rodeado de plantación de *Pinus taeda* L. y el genotipo 15 en una zona de campo junto a dosel arbóreo de especies nativas (Ver figura 3).

L3- Predio Asociación Cooperadora del INTA en Santa Rita, Departamento de 25 de Mayo, se identificó un pie femenino, el genotipo 6 en loma de pendiente suave, orientación al este, a pocos metros del Río Uruguay (Ver figura 4).

L4- Chacra del señor Rubén Fischer en el municipio de 25 de Mayo, se

identificaron 3 plantas de pies femeninos, el genotipo 7 en remanente de monte nativo, junto a una parcela de yerba mate, el genotipo 8 bajo dosel arbóreo de plantas nativas y *Eucaliptus sp.* junto a zona de campo a cielo abierto y, el genotipo 9 rodeado de árboles nativos y *Eucaliptus sp.*, cercano a un cultivo de yerba mate (Ver figura 5).

Figura 4 - Vista aérea de la Localidad 3.



Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Aibus. Acceso el 06-06-2024

Figura 5 – Vista aérea Localidad 4.



Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Aibus. Acceso el 06-06-2024

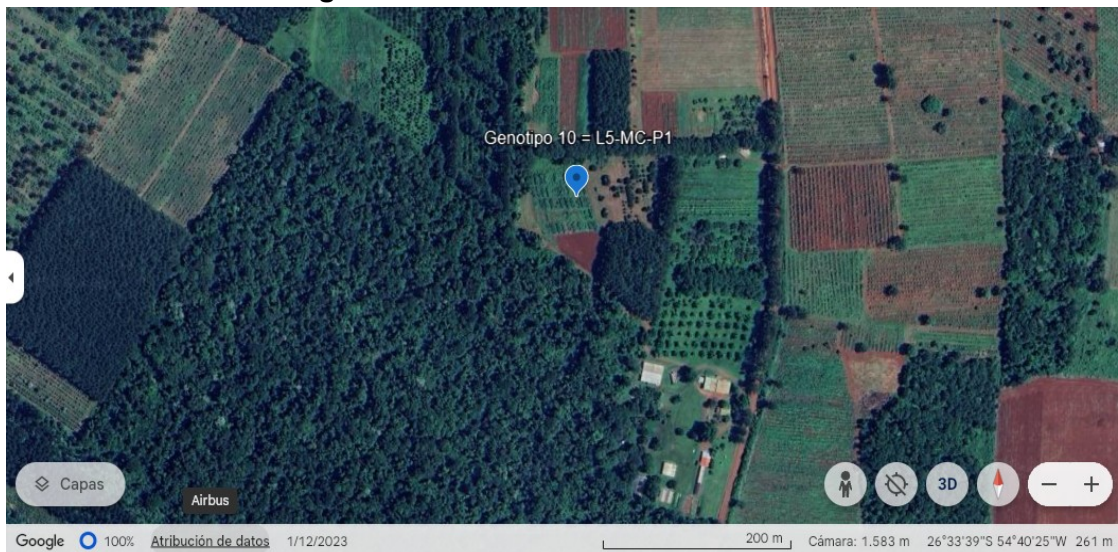
L5- Campo anexo de la EEA INTA en el departamento de Montecarlo, se identificó una planta de pie femenino, el genotipo 10, en remanente de monte nativo, junto a plantaciones cítricas (ver figura 6).

L6- Campo anexo de la EEA INTA en la Localidad de Cerro Azul,

Departamento L. N. Alem, se identificó una planta de pie femenino, el genotipo 11 en remanente de bosque nativo junto a ensayos de pasturas (figura 7).

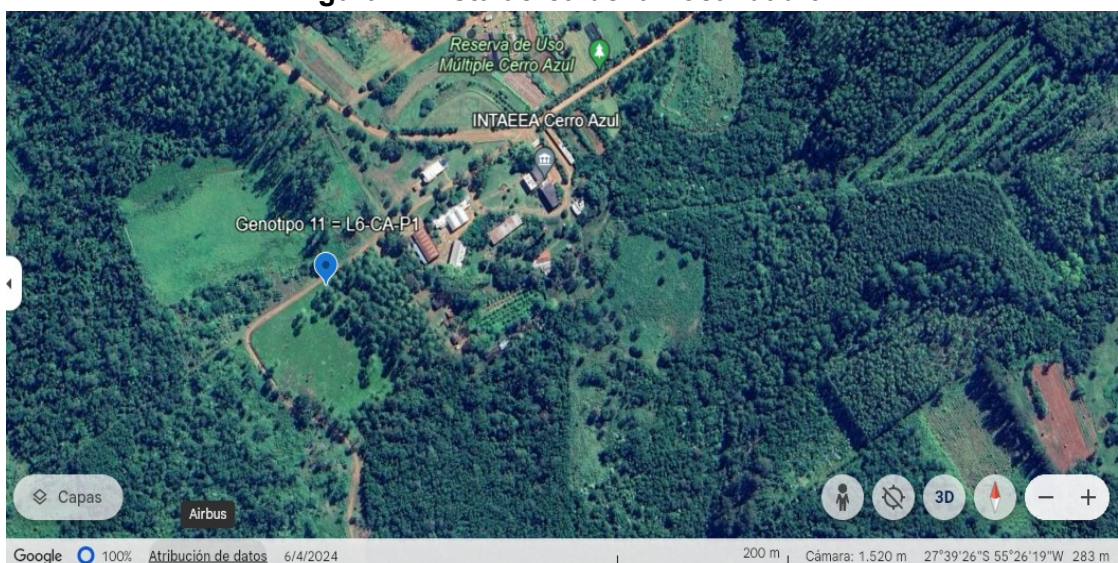
L7- Chacra del señor Dornell en la Colonia Pueblo Illía, Departamento de Caingúas, se identificaron 2 plantas de pies femeninos, el genotipo 12, en una media loma junto a una vertiente protegida por remanente de monte nativo y el genotipo 13 al borde del camino interno en un lote de cultivos anuales, rodeado de otros árboles (Ver figura 8).

Figura 6 -Vista aérea de la Localidad 5.



Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Airbus. Acceso el 06-06-2024

Figura 7 -Vista aérea de la Localidad 6.

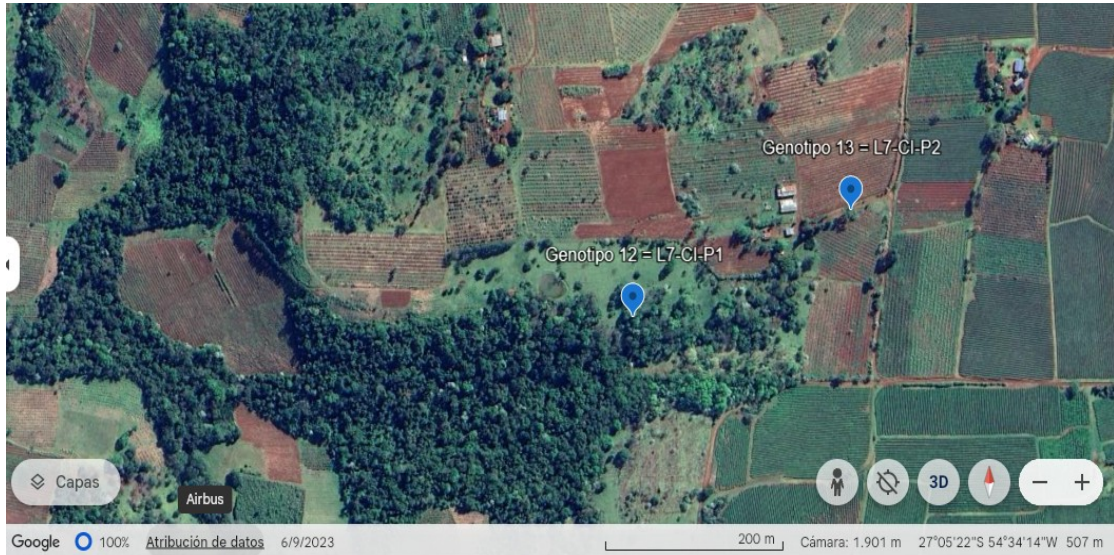


Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Airbus. Acceso el 06-06-2024

L8- Campo del señor Carlos Mattes en Cerro 60, en la Localidad de Santiago

de Liniers, Departamento de Eldorado, el Genotipo 14 en un remanente de monte nativo, en media loma, rodeado de un campo bajo sistema de Parquizado (Ver figura 9).

Figura 8 -Vista aérea de la Localidad 7.



Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Aibus. Acceso el 06-06-2024

Figura 9 - Vista aérea de la Localidad 8.



Fuente: Imagen ©2024 Google Earth, ©2024 Aibus. Acceso el 06-06-2024

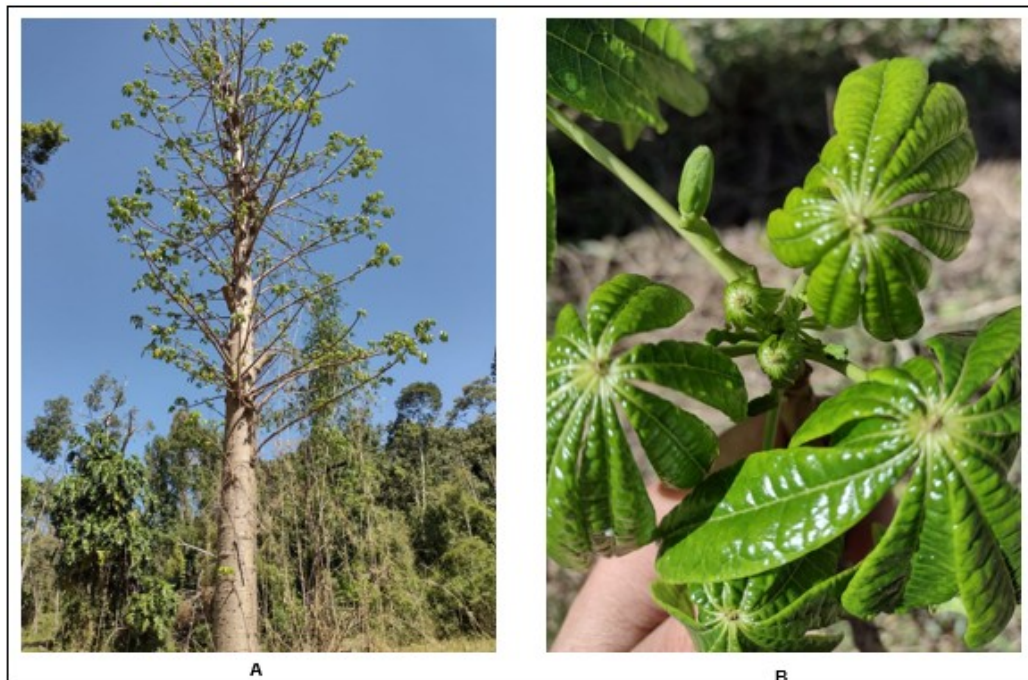
Para georreferenciar los individuos se utilizó un equipo de Geoposicionamiento satelital portátil modelo Garmin Map 62s. Los datos se descargaron a un programa de QGIS versión 3.34.0 para la identificación de las coordenadas en un mapa de la provincia de Misiones (Figura 1). Cada individuo georreferenciado corresponde a un tratamiento.

Al seleccionar los árboles se consideró la madurez de los ejemplares, que

sean adultos, centrándose en el desarrollo del tronco, que el Diámetro a la altura del pecho (DAP) fuera mayor a 4,8 cm (ASSAD FILHO, 2001) y la presencia de al menos ocho folíolos en las hojas (Pascutti, 2000).

Los individuos escogidos para la investigación son de género femenino unisexual, presentando flores pistiladas axilares, pedunculadas, uniflorales de 3 a 5 cm de longitud, en contraste con las flores masculinas (estaminadas) que miden de 1 a 1,4 cm y se agrupan en panículas multifloras de 6 a 20 cm de longitud, según lo descrito por Pascutti (2000). En la figura 10 se ven un ejemplar de *J. spinosa* (Aubl) A. DC. de pie femenino identificado el 3 de septiembre del 2022 (genotipo 1) y un botón floral de flor unisexual femenina identificado el mismo día (genotipo 2).

Figura 10 - A- Ejemplar femenino de *J. spinosa* y B- Botón de flor femenina, 03-06-22.



Fuente: Propia Autoría (2022)

3.2 Datos Meteorológicos para el período estudiado.

La provincia de Misiones se encuentra situada dentro la ecorregión de Selva Paranaense y posee un clima húmedo subtropical isohigro (BURKART *et al.*, 1999). Las precipitaciones varían entre 1.600 mm anuales en el extremo Sur de la provincia a 2.000 mm anuales hacia el norte. La temperatura media anual es de 20 °C, presentando una amplitud térmica aproximada de 10 °C, entre los meses más fríos y más cálidos del año. El relieve es ondulado, llegando a los 700 msm de altitud hacia el

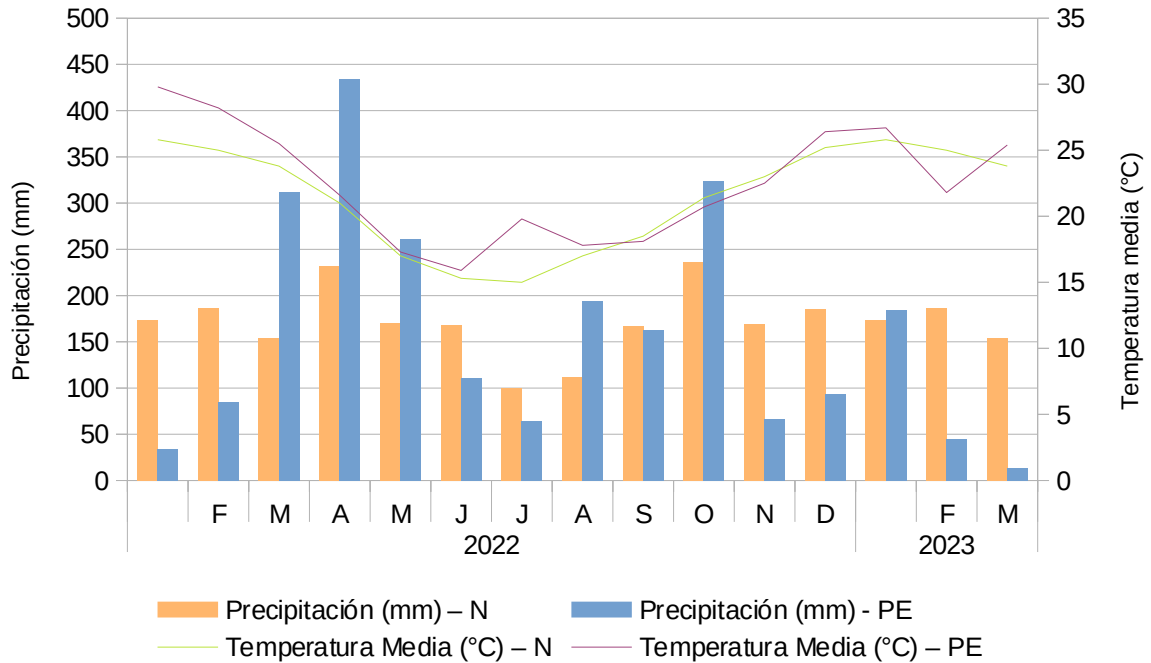
oeste. Las diferencias de altitud y la cercanía a las riberas de los ríos genera condiciones desiguales en cuanto a la ocurrencia de heladas, siendo mínima o nula en las zonas de ríos y habiendo hasta 10 heladas anuales más hacia el oeste concordando con una mayor altura sobre el nivel del mar (BURKART *et al.*, 1999).

En cuanto a los suelos, predominan los rojos lateríticos, provenientes del basalto, ricos en óxidos de hierro y aluminio. La vegetación es la característica de un bosque tropical húmedo, presentando una cobertura densa con 4 a 5 estratos verticales (BURKART *et al.*, 1999).

Para el análisis de las condiciones meteorológicas del período productivo bajo estudio, se recopilaron datos de dos fuentes principales: el Sistema Nacional de Información Hídrica (SINARAME) del Ministerio de Obras Públicas de Argentina, y el Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Las estaciones seleccionadas fueron SINARAME 147, que cubre la zona de influencia de los departamentos de Montecarlo y Eldorado, y la estación del INTA para la zona sur, incluyendo Leandro N. Alem y Cerro Azul. En la Figura 11 se presentan los valores normales de temperatura y precipitación para el departamento de Eldorado, promediados para los años 1981 a 2015, extraídos del Boletín Meteorológico Mensual de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), junto con los valores registrados durante el período de estudio, obtenidos de la estación agrometeorológica 147 del SINARAME. De manera similar, la Figura 12 muestra los valores normales de temperatura y precipitación para Cerro Azul, promediados para los años 1967 a 2021, así como los valores registrados durante el período de estudio, tomados del Boletín Agrometeorológico Mensual del Centro Regional Misiones (CRM) del INTA, Estación Experimental Agropecuario (EEA) de Cerro Azul.

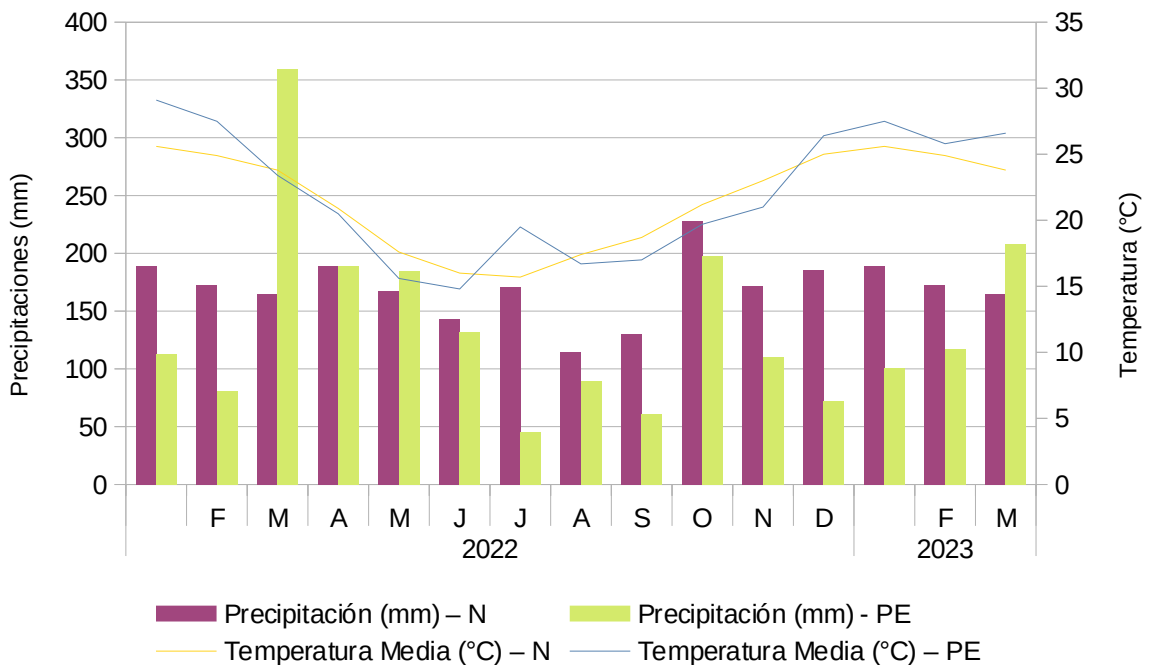
Como se observa en la Figura 11, las temperaturas medias mensuales en la zona noroeste de la provincia fueron normales durante el período estudiado, excepto en julio, donde se registró un incremento de casi 5 °C por encima de lo normal. En cuanto a las precipitaciones, aunque el total anual de 2.141 mm superó ligeramente los valores normales de 2.001 mm para el período 1981-2012 (SILVA; EIBL; BOBADILLA, 2014), la distribución de las lluvias fue irregular. Durante el período reproductivo del *J. spinosa* (agosto a marzo), se observó un déficit hídrico significativo en noviembre y diciembre de 2022, así como en enero y marzo de 2023, acompañado de temperaturas elevadas.

Figura 11 – Precipitación y temperatura media para la localidad de Eldorado.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos del Boletín Meteorológico Mensual de la FCF de la UNaM (años 1981 a 2015) y de la estación SINARAME 147.

Figura 12 –Precipitación y temperatura media para la localidad de Cerro Azul.



Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos del Boletín Agrometeorológico Mensual CRM-EEA-INTA Cerro Azul.

La Figura 12 presenta la distribución anual de precipitaciones y temperaturas medias mensuales en la región sur de la provincia, utilizando datos de la estación

agrometeorológica del INTA Cerro Azul. Las temperaturas se mantuvieron dentro de los rangos normales durante la mayor parte del período analizado, el total anual de precipitaciones fue de 1.763 mm, ligeramente por debajo del rango normal de 1.980 mm para el período 1967-2021 (OLINUCK; CARDOZO, 2022). Sin embargo, la distribución de las lluvias fue desigual. Durante el ciclo reproductivo del *J. spinosa* (agosto a marzo), se registraron valores de precipitaciones menores a los normales en los meses de septiembre de 2022, hasta febrero de 2023, y registros de junto con temperaturas medias elevadas en diciembre de 2022, enero, febrero y marzo de 2023.

3.3 Materia prima para los análisis en laboratorio

Los frutos se recogieron entre los meses de enero y marzo de 2023. Los criterios de elección para la recolección de frutos fueron los aspectos de apariencia y maduración, seleccionados visualmente. Se recolectaron frutos con coloración típica amarillo-anaranjada considerados maduros (PASCUTTI, 2000), ya listos para su procesamiento en laboratorio. Siendo el *J. spinosa* perteneciente a la familia botánica de las Caricáceas que se caracteriza por poseer frutos climatéricos (MEDINA, 1980 citado en PROSPERO, 2010), también se recogieron frutos en diferentes estados de madurez con coloración que comenzaba a virar de verde a amarillento y amarillos, considerados en estado de madurez fisiológica. Estos últimos, se almacenaron a temperatura ambiente hasta su maduración definitiva (color amarillo-anaranjado), cuando se realizaron las evaluaciones. La recolección se llevó a cabo utilizando un dispositivo casero compuesto por una botella de plástico duro retornable de bebida gaseosa y un tallo de tacuara de 3,5 metros de longitud y cuando era necesario una escalera plegable de aluminio. Se efectuó un corte en forma de gota de agua en uno de los lados de la botella, y luego fue fijada a un extremo de la tacuara. El propósito de esta técnica fue extraer los frutos de las ramas de manera cuidadosa para evitar daños por impacto al caer, preservando así la integridad de la muestra recolectada. En la figura 13 puede observarse la cosecha de los frutos en la chacra del señor Rolando Rauh, en 9 de Julio, Departamento de Eldorado.

Las muestras se colocaron en tachos de plástico (Figura 14-A) bajo la sombra de un árbol al resguardo de la radiación hasta su traslado a Laboratorio de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones. Allí se tomaron 4 muestras de 10 frutos por árbol (40 frutas por árbol), para realizarse la medición de longitud, diámetro, peso de fruto. Diez frutos maduros de cada tratamiento fueron

tomados al azar para la medición del color.

Figura 13 - Cosecha de Genotipo 4, 26-02-23.



Fuente: Autoría Propia (2023)

Los frutos maduros restantes fueron cortados al medio longitudinalmente con un cuchillo y se extrajeron las semillas junto a la placenta, las cuales fueron desechadas. Las mitades de pulpa y cáscara se colocaron en bolsas tipo ziploc y fueron rotuladas y almacenadas en freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su traslado a la UTFPR Campus Pato Branco para la realización de los análisis químicos y nutricionales. En la Figura 14 A se ven los frutos cosechados de un ejemplar colocados en un tacho de plástico para facilitar su traslado sin que sufra daños. En la 14 B se ve un árbol de *J. spinosa* (L7-CI-P1) en el momento de la cosecha y a la izquierda de la imagen el artefacto de cosecha.

Los frutos que aún no presentaban coloración típica amarillo-anaranjada fueron almacenados a temperatura ambiente en bandejas de plástico rotuladas (Figura 15-A) hasta el momento adecuado para realizar el proceso precedentemente descrito para su acondicionamiento en freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la 15 (B) se observa en detalle los diferentes grados de coloración que presentaban las frutas al momento de

la cosecha.

Figura 14 -A- Frutos recién cosechados y B- cosecha de genotipo 12, 19-03-23



Fuente: Propia Autoría (2023)

Figura 15 -A- Frutos almacenados a temperatura ambiente y B- Frutos con diferentes grados de madurez.



Fuente: Autoría Propia (2023)

Es importante aclarar que la caracterización física de los frutos se realizó sobre los 15 árboles georreferenciados, mientras que la caracterización química y nutricional se efectuó en 14 árboles, debido a la pérdida de la mayor parte de la muestra del genotipo 15. El análisis del porcentaje de cenizas se llevó a cabo en 12

árboles, ya que las muestras de los genotipos 4 y 14 destinadas a este análisis no fueron suficientes para la determinación.

3.4 Caracterización física

3.4.1 Longitud y diámetro de los frutos

Se midió el diámetro y la longitud de 40 frutos por tratamiento utilizando un calibre manual. Para la variable diámetro de fruto se registraron dos valores por fruto: el diámetro basal, que se refiere al extremo más cercano a la unión del fruto con el pedúnculo, y el diámetro distal, que se mide en el extremo opuesto a la unión del fruto con el pedúnculo. Es importante destacar que, en la selva misionera, se han encontrado ejemplares de *J. spinosa* que exhiben variedad en la forma y tamaño de sus fructificaciones, incluyendo oblongas, oval-cilíndricas, ovoides y piriformes, (Pascutti, 2000).

Figura 16 - Detalle de corte longitudinal y transversal en frutos de *J. spinosa*.



Fuente: Autoría propia (2023)

En la figura 16 se observa el detalle del corte longitudinal y transversal en frutos de *J. spinosa* estudiados, además se puede apreciar el tamaño en comparación a una regla graduada en centímetros y el látex que fluye en la zona del corte realizado.

3.4.2 Peso de los frutos

El peso de los frutos se tomó in natura con una balanza semianalítica modelo: NVT3201/1, con capacidad máxima de 3.2 g, una precisión de 0.2 g, y un rango de temperatura de 10 °C a 40 °C. El registro del valor se hizo de manera individual para cada fruto. Luego se procedió a separar cáscara, pulpa y semillas + placenta para medir el peso de cada uno por separado.

3.4.3 Color instrumental de la cáscara

Se usó un Colorímetro Color-Minolta CR400, se utilizó espacio de color Hunter Lab, se calibró con Iluminante D65. Se realizó la lectura en 3 puntos de la cáscara y 3 puntos de la pulpa, según Sacks y Shaw (1994). Las lecturas se realizaron en 10 frutos maduros de cada tratamiento tomados al azar. Los valores que arrojó el instrumento son la Luminosidad L, el color a^* que va del verde al rojo, el valor b^* que va del amarillo al azul y luego se calcularon los valores Cromo (C) y Hue (H) con las fórmulas (1) y (2), respectivamente.

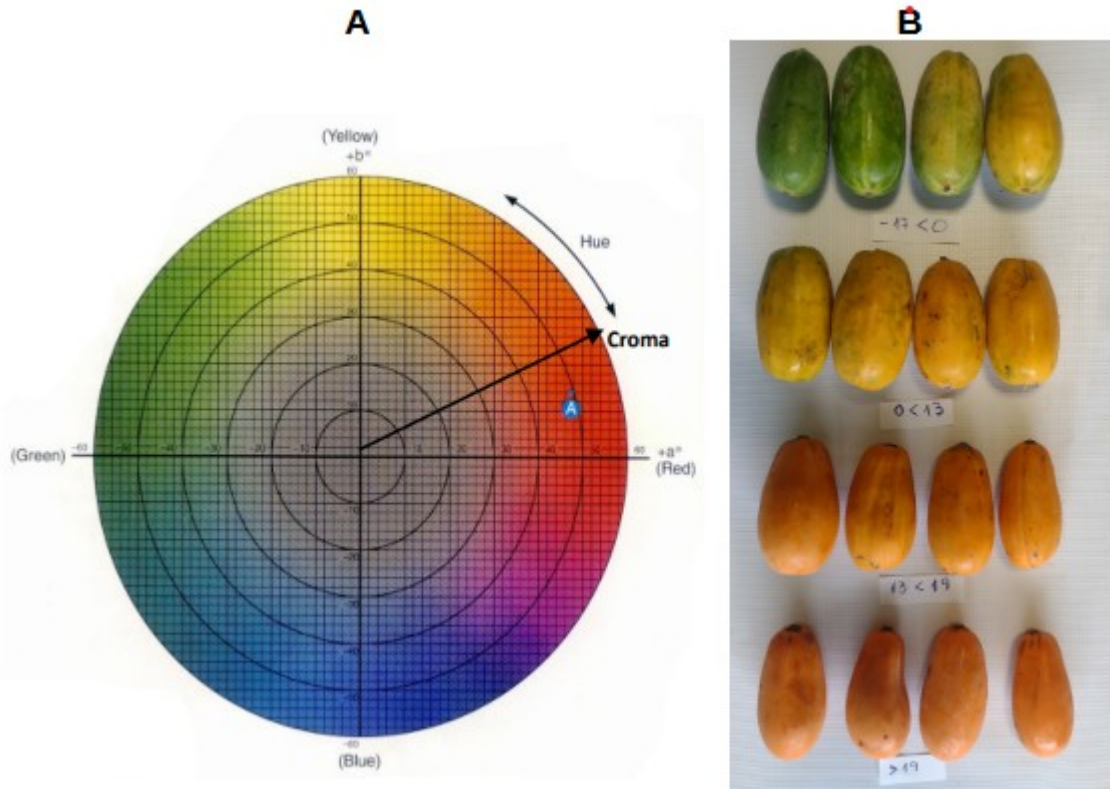
$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$\text{Hue} = \arctan(b \cdot a^{-1}) * 180 \cdot \pi^{-1} \quad (2)$$

En la Figura 17-A se puede observar todo el universo de colores. Valores positivos de b^* indican la tendencia al color amarillo, valores negativos de b^* indican la tendencia al color azul, valores positivos de a^* indican que se acerca al color rojo, y valores negativos de a^* que tiende al color verde. El valor Cromo (C) representa la saturación o intensidad del color, es decir, cuanto más alejado esté del centro del esquema más alejado está el color del gris neutro. El valor Hue (H): representa el tono matiz del color, dicho de otro modo, la posición angular del color en el plano ab. En la Figura 17-B se observa un gradiente de colores que se armó teniendo en cuenta los valores de a^* tomados en 3 puntos de la cáscara de cada fruto. Como se ve en la referencia se dividió en 4 secciones: -19 a 0, de 0 a +13, de +13 a +19 y mayor a +19 (de verde a amarillo-anaranjado). Según Santamaría Basulto *et al.* (2009) el color de la cáscara es el indicador más utilizado para determinar la madurez de la papaya,

especie de la misma familia que el *J. spinosa*. Para la realización de los análisis se tomaron frutos con valores de a^* de alrededor de 19, teniendo en cuenta los resultados de los estudios de Abreu 2015, quién encontró que las características físico químicas y nutricionales variaban significativamente según el grado de maduración del *J. spinosa*.

Figura 17 -A- Universo de colores La^*b^* en sistema Cielab. y B- Gradiente de colores según estado de madurez



Fuente: (A) tomado del Manual del colorímetro, (B) Autoría propia (2023)

3.5 Caracterización química

Las frutas cortadas a la mitad (sin semillas ni placentas), que fueron acondicionadas en Eldorado y congeladas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se utilizaron en la UTFPR Campus Pato Branco para la ejecución de los análisis físico-químicos que se realizaron por triplicado. La acidez titulable, los sólidos solubles y el pH, así como los contenidos de humedad, cenizas, proteínas, lípidos y fibra dietética se analizaron según la AOAC - Association of Official Analytical Chemists (2005).

3.5.1 Sólidos solubles

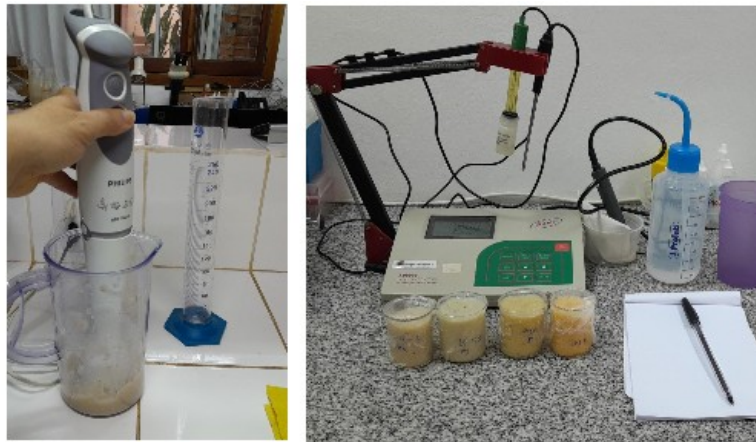
El contenido de sólidos solubles en las muestras de pulpa se determinó

utilizando un refractómetro, el cual proporciona mediciones directas en grados Brix ($^{\circ}$ Brix) con una resolución de $0,1^{\circ}$ Brix, corregidas a 20°C . El instrumento se calibró a temperatura ambiente empleando agua destilada (0° Brix a 20°C). Se tomaron 5 gramos de cada sección de la fruta triturada (cáscara y pulpa), y se realizaron tres lecturas por cada tratamiento (AOAC, 2005).

3.5.2 Potencial hidrógeno

El pH de los frutos se determinó mediante un proceso electrométrico, según la metodología de la AOAC (2005), donde se utilizaron aproximadamente 10 g de muestra de cada parte del fruto triturado, que se diluyó en 100 ml de agua destilada y se comprobó el pH en un medidor de pH previamente calibrado (Kasvi®). Para cada tratamiento se realizaron 3 mediciones.

Figura 18 -Muestras de frutos acondicionadas para el registro de pH



Fuente: Autoría propia (2023)

3.5.3 Acidez titulable

La acidez titulable se comprobó según la metodología de la AOAC (2005), que consiste en valorar 10 g de muestra de cada parte de la fruta triturada (cáscara y pulpa) diluida en 100 ml de agua destilada con una solución de hidróxido de sodio de $0,1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ hasta alcanzar el pH 8,0. El volumen de NaOH gastado se transformó en Meq de ácido cítrico mediante la fórmula (3), el resultado se expresa en gramos (g) de ácido cítrico en 100 gramos de muestra o como porcentaje (%). Para cada tratamiento se obtuvieron 3 mediciones (AOAC, 2005).

$$\text{Eq.} = V.M.f.PM.10^{-1}.P^{-1}.n^{-1} \quad (3)$$

Donde V es el volumen de solución de hidróxido de sodio utilizado en la titulación, en ml; M representa a la molaridad de la solución de hidróxido de sodio; f es el factor de corrección de solución de hidróxido de sodio; PM es el peso molecular del ácido correspondiente (ac. cítrico = 192); P es la masa de la muestra en g o volumen (ml) pipeteado ($n = 10$ g) y n es el número de hidrógenos ionizables (ac. cítrico = 3).

3.5.4 Relación Sólidos Solubles y Acidez Titulable (RATIO)

El ratio relaciona la cantidad de azúcares con la acidez presentes en el fruto dándonos una idea del sabor que puede generar en el paladar, así cuanto más elevado es, más dulce y viceversa. Se calculó dividiendo el valor de sólidos solubles con los valores de la Acidez titulable, por triplicado.

3.6 Caracterización nutricional

3.6.1 Humedad y materia seca

La humedad y materia seca de los frutos se comprobó por secado directo en estufa (AOAC, 2005), donde se pesaron 5 g de cada parte del fruto triturado (cáscara + pulpa) y se colocaron en una estufa a 105 °C sobre papel de filtro previamente estandarizado y se mantuvieron hasta peso constante. El contenido de humedad se obtuvo de la diferencia entre la muestra seca y el peso del papel de filtro. Los valores se expresaron en contenido por 100 g de fruta, y se repitió la medición tres veces por cada tratamiento.

3.6.2 Cenizas

El análisis de las cenizas se realizó según el método AOAC (2005), la masa de 5 g de cada parte de la fruta triturada (cáscara y pulpa), se colocó en crisoles y se llevó a secar y carbonizar en una placa eléctrica. Después, la muestra se incinero en un horno de mufla hasta eliminar el carbón vegetal y se enfrió en un desecador hasta su pesaje. El contenido de cenizas se obtuvo de la diferencia entre la muestra después de la incineración y el peso del crisol. Los resultados se expresaron en contenido por 100 g de pulpa.

3.6.3 Minerales

La determinación de minerales fue realizada por el laboratorio de suelos de la UTFPR, Campus Pato Branco, donde se determinó por triplicado el contenido de Fósforo, Potasio, Sodio, Calcio, Magnesio, Cobre, Zinc, Hierro y Manganeso en una muestra de fruta fresca. El análisis fue realizado según el método del Manual de análisis químicos de suelos, plantas y fertilizantes (EMBRAPA, 2009). Las concentraciones fueron expresadas en mg.L^{-1} o g.L^{-1} presentes en determinados gramos de muestra solubilizados en 25 mL de HNO_3 (1mol.L^{-1}), luego los valores se transformaron a $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$.

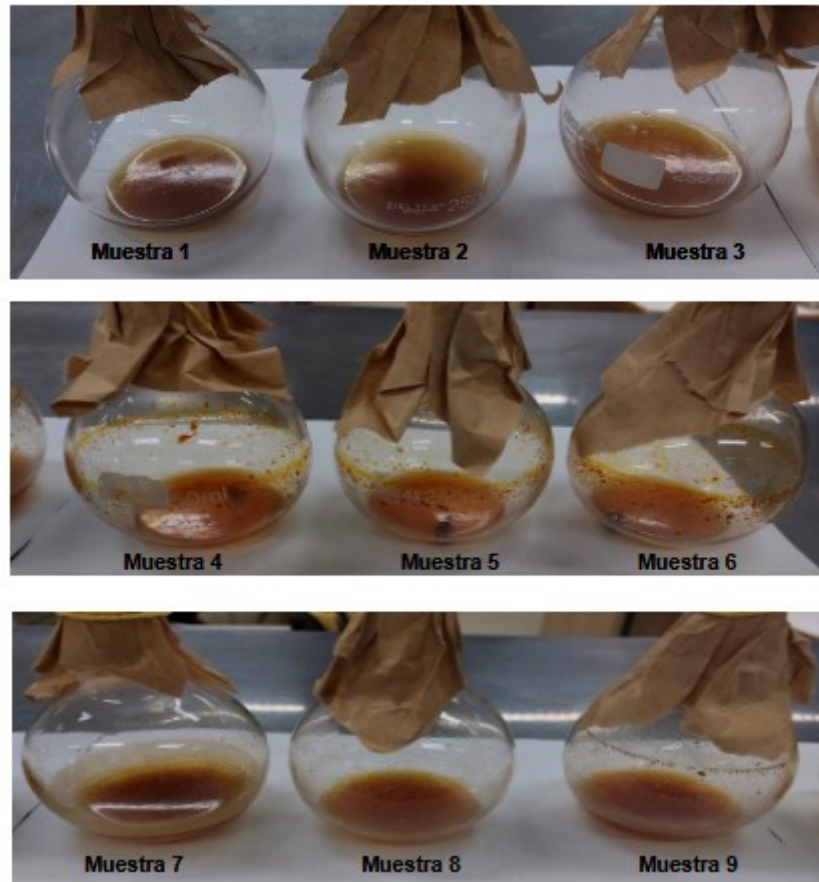
3.6.4 Proteínas

La determinación del nitrógeno de la pulpa se realizó por triplicado para cada tratamiento mediante el proceso de digestión Kjeldahl según la metodología de la AOAC (2005). El experimento consta de tres pasos: digestión, destilación y valoración.

3.7 Extracción y caracterización de los pigmentos

Para extraer el colorante natural, las cáscaras de *J. spinosa* se congelaron durante 48 horas y luego se liofilizaron. Con ayuda de un mortero se maceraron las cáscaras liofilizadas, separándose en 9 porciones de 19 g cada una (Figura 19). El diseño factorial fue completamente al azar con nueve tratamientos y 3 repeticiones en un esquema factorial 3×3 , en el que el factor A es la concentración de etanol y el factor B es el tiempo de extracción. A estas porciones se les agregaron 100 ml de la mezcla de solvente etanol/agua, en proporciones de 40, 60, 80% de etanol (Factor A) y se llevaron a una mesa de agitación durante 30, 60 y 90 minutos (Factor B). Luego, cada muestra se sometió a filtración al vacío y se llevó al rotavapor para eliminar el etanol. Las muestras rotaevaporadas fueron enviadas para análisis FT-IR y colorimetría y luego liofilizadas y pesadas, con el fin de verificar el rendimiento de la obtención del colorante.

Figura 19 - Extracción de pigmentos, muestras 1 al 9.



Fuente: propia autoría

3.7.1 Caracterización del color

Las muestras obtenidas fueron enviadas al Centro de Análisis de la UTFPR – Pato Branco para análisis de color en un COLORÍMETRO CR 400, el cual fue leído usando los parámetros CIE: $L^*a^*b^*$, donde L^* indica el brillo, que varía del blanco ($L=100$) al negro ($L=0$), a^* indica el tono de color que va del verde ($-a^*$) al rojo ($+a^*$) y b^* indica la intensidad del amarillo ($+b^*$) al azul ($-b^*$).

El análisis del color se evaluó mediante reflectancia en el espacio de color CIELab, utilizando el colorímetro Konica Minolta CR-400, con iluminante D65, donde se indican ciertos parámetros de color como luminosidad (L^*) y las coordenadas a^* y b^* , así como los valores del ángulo de tono (hue, H^*) conforme a la fórmula (2), la pureza del color (chroma o saturación, C^*) de acuerdo a la fórmula (1) y el cálculo de la diferencia total de color (ΔE) según la fórmula (4) y la diferencia de tono (ΔH) de la

muestra, conforme a la fórmula (5):

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$\Delta H = (\Delta E^2 - \Delta L^2 - \Delta b^2)^{1/2} \quad (5)$$

3.7.2 Transmitancia (%)

Se midió por Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR) y accesorio de Reflectancia Total Atenuada (Reflectancia Total Atenuada – ATR). Los análisis fueron realizados en el Centro de Análisis – UTFPR – Pato Branco, utilizando equipo FT-IR, Modelo Frontier, Perkin Elmer. En las condiciones de análisis se utilizó el rango de número de onda en cm^{-1} de 4,000 a 400, resolución de 4 cm^{-1} y 32 acumulaciones y los espectros se registraron por Transmitancia (T%).

3.8 Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados utilizando el software estadístico R versión 1.2.2. Los datos fueron sometidos a la prueba de homogeneidad y normalidad de Shapiro-Wilk y Bartlett y, cuando no se cumplieron los supuestos, los datos fueron transformados por $\sqrt{(x+1)}$, Log o BoxCox. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico ANOVA, con comparación de medias por prueba de Scott_Knott ($p < 0,05$). Además, se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson para evaluar la relación entre el rendimiento de pulpa y el peso de los frutos. También se realizó un análisis multivariado con datos promedio de componentes del rendimiento, calidad del fruto, composición de cenizas y análisis bromatológicos. El análisis consistió en construir un gráfico de Análisis de Componentes Principales (PCA), y entre todas las variables utilizadas en el análisis se seleccionaron aquellas que presentaron mayor contribución relativa a los componentes principales 1 y 2. Las variables seleccionadas fueron: °Brix, pH, acidez titulable, RATIO (SST/AT), contenido de Fósforo, contenido de Potasio y peso del fruto. Posteriormente, se construyó el gráfico PCA solo con las variables seleccionadas. Además, se calcularon distancias euclidianas y se creó el dendrograma utilizando el método de Ward. Los grupos que surgieron del análisis de conglomerados se resaltaron en el gráfico PCA.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características físicas

4.1.1 Longitud y diámetro de los frutos

Para las variables longitud y diámetro de los frutos se encontraron diferencias significativas entre los individuos de *J. spinosa* que no estuvieron relacionados a las localidades sino más bien a los genotipos. Si se observa la tabla 2, se puede ver que los frutos de los genotipos 1, 2, 3 y 4 tuvieron diferencias significativas entre sí para la variable longitud del fruto, estando ubicados los cuatro genotipos en la misma localidad (9 de julio, departamento Eldorado). También se encontraron diferencias significativas entre los genotipos 5 y 15, ambos ubicados en la localidad 2 (Dos de Mayo, departamento de Cainguás) y entre los genotipos 12 y 13, éstos últimos ubicados en Pueblo Illífa. Los demás genotipos tuvieron comportamientos similares. El mayor valor de longitud de frutos se midió en el genotipo 13 (7,65 cm), que difirió significativamente de todos los demás genotipos. El menor valor se registró en el genotipo 11 (5,57 cm), el cual no mostró diferencias significativas con el genotipo 4 (5,72 cm) pero sí con todos los otros tratamientos. La longitud media de la población bajo estudio fue de 6,54 cm, superior al valor reportado por Abreu (2015) de 5,85 cm, y a dos de los valores registrados por Prospero (2010) de 5,70 cm y 5,85 cm. Esta longitud media es similar a la encontrada por Prospero (2010) en una de las regiones estudiadas (6,60 cm) y por Silva (2021) de 6,43 cm.

Para la variable diámetro, se tomaron dos medidas considerando que los frutos de *J. spinosa* pueden tener diferentes formas (PASCUTTI, 2000). La tendencia general fue hacia formas oblongas y ovoides, con la excepción de los genotipos 7 y 14, que presentaron formas marcadamente oval-cilíndricas (diámetros distal y basal muy similares). Los mayores valores de diámetro distal (4,23 cm y 4,18 cm) y diámetro basal (4,15 cm y 3,88 cm) se encontraron en los genotipos 14 y 4, respectivamente. Las medias de la población fueron de 3,64 cm para el diámetro distal y 3,23 cm para el diámetro basal. Diez de los tratamientos presentaron valores por debajo de la media para el diámetro distal y siete para el diámetro basal. Los menores valores fueron de 3,17 cm de diámetro distal para el genotipo 15, y 2,48 cm de diámetro basal para el genotipo 11. Las diferencias encontradas, al igual que lo observado para la longitud de fruto, se dieron entre tratamientos, un hallazgo que también registró Silva (2021) en su estudio morfométrico de los frutos de *J. spinosa*.

Tabla 2 – Longitud y diámetro de los frutos

T	Longitud (cm)	Diámetro distal (cm)	Diámetro basal (cm)
1	6,67 c	3,47 c	3,00 c
2	6,86 b	3,92 b	3,47 b
3	5,83 d	3,88 b	3,71 a
4	5,72 e	4,18 a	3,88 a
5	6,94 b	3,29 d	3,13 c
6	6,69 c	3,61 c	3,41 b
7	6,57 c	3,52 c	3,50 b
8	6,76 c	3,63 c	2,66 d
9	6,62 c	3,54 c	2,59 d
10	6,93 b	4,03 b	3,74 a
11	5,57 e	3,39 d	2,48 d
12	6,74 c	3,53 c	2,75 d
13	7,65 a	3,29 d	2,67 d
14	6,56 c	4,23 a	4,15 a
15	6,01 d	3,17 d	3,31 b
Medias (cm)			
	6,54	3,64	3,23
Coefficiente de variación (%)			
	2,49	4,49	8,05

*Tratamientos con igual letra presentan características similares de peso de fruto según el test de Scott Knott (5%).

Fuente: Autoría propia

4.1.2 Peso de los frutos, Rendimiento de pulpa

Para la variable peso de fruto se encontraron diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre algunos tratamientos (genotipos), hallándose diez de ellos por debajo de la media de la población bajo estudio y cinco individuos por encima de la media de la población (Tabla 3). El tratamiento que presentó el mayor peso de frutos fue el 14 con una media de $81,94 \text{ g fruto}^{-1}$, siendo considerablemente mayor que la media de la población ($\mu = 49,97 \text{ g fruto}^{-1}$) y difiriendo estadísticamente de todos los demás tratamientos. En segundo lugar estuvo el tratamiento 12 con $69,46 \text{ g fruto}^{-1}$. El genotipo con menor peso por fruto es el 1 con una media de $28,28 \text{ g fruto}^{-1}$, encontrándose $21,09 \text{ g}$ por debajo de la media de la población y $53,66 \text{ g}$ por debajo del tratamiento con mayor peso de fruto.

Es posible afirmar que se han encontrado diferencias estadísticas ($p < 0,0001$) en el rendimiento de la pulpa de los frutos de *J. spinosa* de los diferentes genotipos, pudiéndose agrupar en 5 conjuntos, dentro de cada uno de los cuales los frutos presentaron características homogéneas en referencia a la variable analizada. El

genotipo que presentó mayor rendimiento de pulpa fue el 11, el cual difiere significativamente de todos los demás genotipos con un valor de 56,9%, mismo que supera en un 16,61% al menor valor encontrado que corresponde al genotipo 2 con 40,29%.

Tabla 3 - Peso y rendimiento de Pulpa de los frutos in natura

T	Peso (g)	Rendimiento de Pulpa (%)
1	28,28 f	51,94 b
2	46,48 e	40,29 e
3	45,18 e	41,55 e
4	49,48 d	43,3 d
5	43,98 e	43,98 d
6	46,36 e	44,22 d
7	56,56 c	51,31 b
8	43,06 e	50,85 b
9	42,77 e	44,08 d
10	55,64 c	51,27 b
11	49,02 d	56,9 a
12	69,46 b	45,37 d
13	50,79 d	52,27 b
14	81,94 a	47,68 c
15	40,60 e	49,2 c
Medias		
	49,97	47,61
Coefficiente de variación (%)		
	14,28	6,23

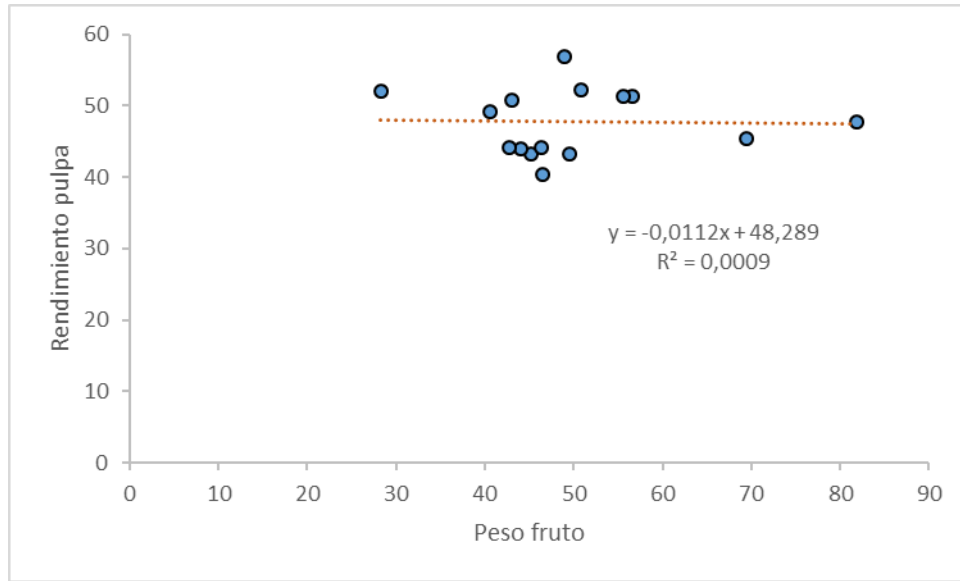
*Tratamientos con igual letra presentan características similares de peso de fruto según el test de Scott Knott (5%).

Fuente: Autoría propia

Asimismo, para la variable en cuestión los genotipos 13, 1, 7, 10 y 8 se ordenan como un grupo; y los genotipos 15 y 14 se agrupan en otro conjunto, ambos grupos unidos al genotipo 11 suman ocho tratamientos que presentaron un valor superior a la media de la población en estudio ($\mu = 47,61\%$). Con valores de rendimiento de pulpa menor a la media se encuentran siete genotipos que a su vez, se agrupan en dos conjuntos que difieren estadísticamente para el valor de rendimiento de pulpa: genotipo 12, genotipo 6, genotipo 9, genotipo 5, genotipo 4; y por otro lado, los genotipo 3 y genotipo 2 (Tabla 2).

La Figura 20 muestra el análisis de correlación para las variables peso de la fruta y el rendimiento de pulpa de cada uno de los genotipos bajo estudio.

Figura 20 - Gráfico de correlación entre peso de fruto y rendimiento de pulpa.



Fuente: Autoría propia

El genotipo con mayor valor de peso de fruto (14), obtuvo un valor de rendimiento de pulpa muy cercano a la media de la población, al igual que el genotipo con el segundo mayor valor de peso de fruto (12), y que el genotipo que obtuvo el menor valor de peso de fruto (1). En el caso de estudio, podría inferirse que el rendimiento de la pulpa no guarda relación directa con el peso de los frutos, ya que no presentan una tendencia de distribución lineal, como puede observarse en la Figura 20. Prospero (2010) encontró que el peso de los frutos de *J. spinosa*, varía de acuerdo a la región, registrando una media de 74,35 g en Brotas, 68,34 g en San Pedro y 41,77 g en Santa María de la Sierra, hallando diferencias estadísticas entre este último y los dos primeros. Sin embargo, en el presente estudio la diferencia de peso no parece estar asociada a la región, ya que como se observa en la tabla 3, los conjuntos que se ordenan según la misma letra (a, b, c, d, e y f) están integrados por genotipos de diferentes localidades (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7 y L8).

Abreu (2015) registró valores promedio de peso de fruto de entre 15,5 a 45,69 g y de rendimiento de pulpa de 6,75 a 46,58% de *J. spinosa* en tres árboles en la Fazenda Bimini. La literatura no hace referencia a estudios que relacionen el peso de la fruta con el rendimiento en gramos o porcentaje de pulpa de los frutos de *J. spinosa*, sin embargo, Auquiñivin y Paucar (2020), encontraron diferencias en el rendimiento de pulpa de dos tipos de papayas nativas del Perú, *Carica pubescens* y "babaco" *Carica pentagona*. En los resultados obtenidos por los autores, los frutos con mayor peso y tamaño, también obtuvieron el mayor porcentaje de pulpa por fruto. En coincidencia

(Álvarez Hernández *et al.*, 2019), caracterizaron las frutas de *C. papaya* L. y *Jacaratia mexicana* A. DC., encontrando una correlación directa entre el tamaño de los frutos y el grosor de la pulpa en ambas especies.

4.1.3 Color de la cáscara

La tabla 4 presenta la comparación de medias para la variable color de la cáscara de los frutos según los valores C y H de los diferentes genotipos tomados con frutos *in natura* en estado maduro. Hubo diferencias significativas ($p < 0,0001$) para el valor de intensidad del color (Croma) entre algunos de los genotipos analizados. Los mayores valores C fueron para los genotipos 2 y 5 con 67,39 y 67,02 respectivamente, pudiendo considerarse colores vívidos e intensos. Los mismos no presentaron diferencias significativas entre sí, pero si con los demás genotipos. Los tratamientos 12, 15 y 9 no registraron diferencias significativas entre sí para la intensidad del color, pero se diferenciaron con los demás genotipos, con valores de 63, 62, 63, 60, 62,81 respectivamente superaron la media de la muestra y pueden interpretarse como colores saturados e intensos. Los individuos 14, 1, 6, 10, 8 y 13 dieron valores de Croma semejantes entre sí, entre los 59,91 y los 62,21 muy cercanos a la media de la muestra, pero con diferencias estadísticas hacia los demás genotipos. Los tratamientos 4, 3 y 11 tuvieron valores de intensidad por debajo de la media de 60,8, difirieron significativamente de los demás genotipos pero no entre sí. El valor más bajo de Croma lo manifestó el genotipo 7 con 48,17 diferenciándose estadísticamente de todos los demás genotipos, presentando una coloración con intensidad moderada.

Se encontraron diferencias significativas en el valor Hue ($p < 0.0001$), con valores que oscilaron entre $68,77^\circ$ y $77,46^\circ$. El genotipo 11 presentó el ángulo más bajo, indicando una coloración amarilla con tendencia al naranja, mientras que el genotipo 7 mostró el valor Hue más alto, reflejando un amarillo más definido. La prueba de Scott-Knott ordenó a los tratamientos en 4 grupos dentro de los cuáles las medias del valor H para cada tratamiento no mostraron diferencias estadísticas entre sí, pero sí entre los grupos. Todos los genotipos dieron colores entre amarillo puro y amarillo-anaranjado (Tabla 4).

Los resultados revelaron que la cáscara de los frutos de *J. spinosa* analizados generalmente presenta un color amarillo vívido e intenso, con la excepción del genotipo 7, que mostró una menor saturación del color. Los valores se asemejan a los obtenidos por Prospero (2010), quien observó en frutas de *J. spinosa*, valores de Hue

de 72,78° a 73,73° y un valor de Croma de 54,87 a 57,39, lo que indica un color amarillo con intensidad de moderada a elevada. Por otro lado, Abreu (2015), en frutos cosechados en la Fazenda Bimini, halló valores que corresponden a un color amarillo anaranjado con intensidad media, difiriendo de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Tabla 4 - Color de la cáscara de los frutos medido in natura

T	Valor de C	Valor H
1	61,95 c	69,05 d
2	67,39 a	70,55 c
3	58,02 d	69,17 d
4	58,32 d	74,02 b
5	67,02 a	73,16 b
6	61,4 c	74,39 b
7	48,17 e	77,46 a
8	60,87 c	74,81 b
9	62,81 b	69,05 d
10	60,98 c	72,02 c
11	56,46 d	68,77 d
12	63,62 b	71,04 c
13	59,81 c	73,18 b
14	62,21 c	69,92 d
15	63,6 b	71,1 c
Medias		
	60,84	71,85
Coefficiente de variación (%)		
	4,89	2,33

*Valores con distinta letra en la misma columna varían según prueba de Scott Knott (%)

**C (Croma o Cromaticidad): representa la saturación o intensidad del color, es decir, qué tan alejado está el color del gris neutro. H (Tono o Matiz): representa el tono o matiz del color, es decir, la posición angular del color en el plano ab.

Fuente: propia autoría

4.2 Análisis químicos

4.2.1 Sólidos solubles

La tabla 5 muestra la comparación de medias para la variable sólidos

solubles de los frutos de los diferentes genotipos de la población bajo estudio ($p < 0,001$), expresados en grados Brix. El genotipo 5 presentó el mayor valor de sólidos solubles con una media de 20,15 °Brix, teniendo una diferencia de 8,43 °Brix con el genotipo 8, que fue el que obtuvo el menor valor (11,71 °Brix). Los genotipos 12 y 13 no tuvieron diferencias significativas con el genotipo 5 ni entre sí. Los genotipos 7, 10, 6, 2, 14, 11 y 1 obtuvieron valores cercanos a la media de la población en estudio y, muy similares entre sí para la variable en cuestión, tal es así que con la prueba de agrupamiento de medias de Scott-Knott (5%) se han agrupado en un conjunto. En el genotipo 3 se observó variabilidad respecto a todos los demás tratamientos. Los genotipos 9 y 8 no presentaron diferencias significativas entre sí para el tener de sólidos solubles, pero sí con todos los demás genotipos.

Tabla 5 - Valores de Sólidos Solubles, potencial Hidrógeno, Acidez Titulable y RATIO

T	Sólidos Solubles (° BRIX)	pH	AT (%)	RATIO
1	15,27 b	4,59 d	0,80 b	19,00 d
2	16,21 b	4,46 e	1,16 a	14,02 e
3	12,12 d	4,57 d	1,05 a	11,54 e
4	14,41 c	4,62 d	1,03 a	13,97 e
5	20,15 a	4,94 a	0,48 c	41,80 a
6	16,44 b	4,70 c	0,94 a	17,48 d
7	16,85 b	4,48 e	0,78 b	21,47 d
8	11,71 d	4,59 d	0,98 a	12,49 e
9	12,10 d	4,49 e	0,76 b	15,74 e
10	16,85 b	4,80 b	0,59 c	28,45 c
11	15,52 b	4,85 b	0,72 b	19,89 d
12	19,58 a	4,96 a	0,57 c	33,90 b
13	19,58 a	4,96 a	0,57 c	33,90 b
14	15,66 b	5,03 a	0,52 c	29,90 c
Medias				
	15,91	4,72	0,78	22,40
Coefficiente de Variación (%)				
	5,97	0,27	10,92	7,46

*Valores con distinta letra en la misma columna varían según prueba de Scott Knott (5%).

Fuente: autoría propia.

Prospero (2016) obtuvo, para el valor de sólidos solubles, una media de entre 14,13 a 15,60 °Brix en muestras de frutos de *J. spinosa* de tres regiones de San Pablo, Brasil. Los frutos de 3 ejemplares de *J. spinosa* de la Fazenda Bimini, cosechados en

estado maduro dieron una media de 13,3 °Brix (ABREU, 2015). *C. papaya* L., es una planta de la misma familia botánica, muy difundida por sus conocidas cualidades comerciales, y puede usarse como parámetro de comparación. Rodríguez Cabello *et al.* (2014) encontraron en la determinación de sólidos solubles en frutos papaya silvestre valores que oscilaron entre 8,0 y 13,5 °Brix, con promedio de 11,5 °Brix. La evaluación de tres líneas de papaya S3 y sus 3 posibles hibridaciones en la costa Atlántica de Costa Rica dieron como resultados valores de entre 9,8 y 13,43 °Brix (MORA; BOGANTES, 2004). La media del valor obtenido para sólidos solubles en el presente estudio de *J. spinosa* de 15,91 °Brix puede considerarse elevado, lo que se considera una característica positiva para su uso en la industria alimenticia (PROSPERO, 2010).

Los mayores valores de sólidos solubles fueron 20,16, 19,87 y 19,59 °Brix obtenidos por los genotipos 5, 12 y 13 respectivamente. Cabe destacar que, en coincidencia, éstos últimos 3 genotipos presentaron valores C de color elevados, lo que podría interpretarse que a mayor intensidad de color, más elevada es la cantidad de azúcares en la fruta. Dicho parámetro es un indicador de la calidad del fruto, ya que los consumidores en general prefieren frutos de colores vívidos o vibrantes y mayor dulzor y debería tenerse en cuenta en un programa de selección.

Si bien, en el presente estudio no se ha buscado la correlación entre las variables de sólidos solubles y color de la cáscara del fruto, la misma podría realizarse para elaborar un método no destructivo de determinación de momento óptimo de cosecha, tal como se cita para peras aromáticas variedad Korla en el trabajo de Yang, *et al.* (2022).

4.2.2 Potencial Hidrógeno (pH)

La tabla 5 presenta la comparación de medias para la variable pH de los frutos de los diferentes tratamientos. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,001$). La prueba de Scott Knott se utilizó para agrupar los tratamientos con base en sus medias. Dentro de la muestra se revelaron valores de potencial Hidrógeno de 4,46 a 5,03, siendo el menor valor correspondiente al genotipo 2 y el mayor al genotipo 14. La prueba de comparación de medias agrupó a los individuos en estudio en 5 conjuntos. En seis de los tratamientos se registraron valores de pH por encima de la media de 4,72, y en ocho tratamientos se registraron valores de pH por debajo de la media. Prospero (2010) reportó valores de pH que

oscilaron entre 4,57 y 4,69, los cuales fueron inferiores a la media del presente estudio.

4.2.3 Acidez Titulable (AT)

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable acidez titulable, con un valor p menor a 0,001. Según la prueba de Scott Knott (5%) se ordenaron a los individuos en tres conjuntos de características muy similares entre sí en cuanto a la variable AT. Hubo diferencias significativas para AT entre los tres grupos. Identificándose valores entre 0,48 a 1,16% (Ver tabla 5). Otros valores de acidez titulable medidos para la especie son 0,31% (PRÓSPERO, 2010) y 0,66% (ABREU, 2015), menores a la media registrada en el presente ensayo (0,78%) pero altos en comparación a los valores obtenidos para papaya variedad “solo” en el mismo estado de maduración en cuatro establecimientos de Brasilia, los cuales variaron entre 0,04 y 0,16% de ácido cítrico (FAGUNDES; YAMANISHI, 2001) y en contraste a 0,09% medido por Torres *et al.* (2013) para mamón hawaiano. Dicha característica podría ser una ventaja durante el proceso de industrialización de los frutos al requerir menor agregado de ácidos para lograr el equilibrio adecuado en el sabor dulce y ácido (PROSPERO, 2010). Podría decirse que el comportamiento de los genotipos analizados en relación a esta variable es similar a lo que sucede con la cantidad de sólidos solubles, la cual, como se observó, también fue superior en *J. spinosa*, en relación a la papaya.

4.2.4 Relación Sólidos solubles/Acidez titulable (RATIO)

Para dicha variable se encontraron diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos, los cuáles se agruparon en 5 conjuntos según la prueba de Scott-Knott (5%). El genotipo que presentó mayor Ratio fue el 5 con un valor de 41,80, difiriendo estadísticamente con todos los demás tratamientos. El individuo que presentó el menor valor fue el genotipo 3 con un Ratio de 11,54. La media de la muestra para esta variable marcó 22,40. En la tabla 5 se observa que genotipos con igual letra en la misma columna de Ratio presentan características similares entre sí y difieren con los genotipos que presentan letras distintas. Los tratamientos 5, 12, 13, 14 y 10 presentaron valores superiores a la media para la variable ratio, mientras que todos los demás tratamientos registraron valores inferiores a la media de la muestra.

No se hallaron referencias a la variable RATIO para el *J. spinosa*, sin embargo, si tomamos los valores de sólidos solubles y acidez titulable medidos por

Prospero (2010), obtenemos un valor de RATIO de 47,29, el cual dobla a la media obtenida en el presente ensayo, lo que se explica por los valores de acidez titulable marcadamente mayores en comparación a los obtenidos por Prospero.

4.3 Análisis nutricionales

4.3.1 Humedad y materia seca

Tabla 6 - Tenores de materia seca, humedad, cenizas y proteínas en frutos.

T	MS (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)
1	13,77 a	86,23 b	1,83	1,35 b
2	13,27 a	86,72 b	1,21	1,12 c
3	12,28 a	87,71 b	1,57	1,43 b
4	11,29 a	88,70 b	-	1,19 c
5	12,75 a	87,24 b	1,57	1,37 b
6	13,33 a	86,66 b	2,18	1,43 b
7	12,59 a	87,40 b	2,09	1,95 a
8	12,15 a	87,84 b	1,43	0,96 d
9	13,27 a	86,89 b	1,40	1,18 c
10	13,44 a	86,55 b	1,63	1,61 b
11	12,94 a	87,05 b	-	0,79 d
12	4,96 b	95,04 a	1,26	1,92 a
13	12,71 a	87,28 b	2,63	1,48 b
14	5,50 b	94,49 a	-	0,97 d
Medias (%)				
	11,73	88,27	1,56	1,34
CV (%)				
	10,25	1,36	27,19	8,02

*Tratamientos con diferente letra en la misma columna difieren estadísticamente según la prueba de Scott-Knott (5%). "-" se utiliza para indicar valores ausentes debido a limitaciones en la cantidad de muestra disponible.

Fuente: Autoría propia

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,001$) entre genotipos para las variables humedad y materia seca. Tal como se observa en la tabla 6, los mayores valores de humedad fueron manifestados por el genotipo 12 y 14 que no mostraron diferencias significativas entre sí, pero sí con todos los demás genotipos. El menor valor de humedad fue 86,23% correspondiente al genotipo 1 y el mayor valor se registró para el genotipo 12 (95,04%). La media de la población fue 88,27%. Para la variable materia seca (MS) medida en porcentaje, el mayor valor lo manifestó el

tratamiento 1 con 13,77% de MS, el menor valor fue 4,96% correspondiente al tratamiento 12 que no registró diferencias significativas con el genotipo 14, pero sí con todos los demás.

4.3.2 Cenizas

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la concentración de cenizas entre los diferentes genotipos de *J. spinosa*. El análisis de varianza (ANOVA) arrojó un valor de p de 0,16437 ($p > 0.05$). Los frutos evaluados presentaron un contenido de cenizas que varió entre 1,21% y 2,63%, con una media de 1,56% (tabla 6). Estos valores superan los reportados en la literatura: Abreu (2015) documentó un 1,21% de cenizas en pulpa y un 1,63% en cáscara de *J. spinosa*; Próspero (2010) registró 0,86%, 1,24% y 1,47% de cenizas en frutos maduros de tres localidades diferentes; y la Universidade de Campinas - UNICAMP (2011) informó 0,6% de cenizas en mamón formosa y 0,5% en mamón papaya. El mayor contenido de cenizas hallado en este estudio podría ser interpretado como una ventaja desde el punto de vista nutricional.

4.3.3 Minerales

La tabla 7 muestra el contenido de minerales en los frutos de las diferentes plantas de *J. spinosa* en el presente estudio. Se hallaron diferencias significativas entre tratamientos para Sodio, Calcio, Magnesio, Zinc y Hierro ($p < 0,001$), y para Cobre ($p < 0,03$). Sin embargo, no hubo diferencias significativas para Fósforo ($p = 0,071$), Potasio ($p = 0,059$) y Manganeso ($p = 0,027$)

En la literatura para *J. spinosa* se encontraron los siguientes valores de tenor minerales en mg 100g⁻¹ en fruta. Para Fósforo - 27, 24 y 24; Potasio - 515, 355, 385; Sodio - 0,64, 0,59, 0,59; Calcio - 34, 37, 32; Magnesio - 37, 33, 31; Cobre - 0,05, 0,00, 0,02; Zinc - 0,17, 0,13, 0,10; Hierro - 0,70, 0,54, 0,55; Manganeso - 0,17, 0,13, 0,25 (PROSPERO, 2010). En mamón Formosa, especie de la misma familia, se registraron valores para minerales en mg 100g⁻¹. Para Fósforo - 11; Potasio - 222; Sodio - 2; Calcio - 25; Magnesio - 17; Cobre - 1,36; Zinc - 0,1; Hierro - 0,2; Manganeso - 0,04 (UNICAMP, 2011).

Tabla 7: contenido de minerales en fruta fresca de los materiales bajo estudio (mg 100g⁻¹).

T	P	K	Na	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
1	32,85	675,40	2,37 b	101,56 b	89,12 c	0,16 a	0,12 c	0,35 b	0,07
2	24,87	927,42	2,08 b	87,72 b	97,95 b	0,14 a	1,14 a	0,31 b	0,02
3	20,18	799,66	2,13 b	106,21 b	89,34 c	0,10 b	0,29 b	0,22 c	0,03
4	31,79	812,19	0,92 c	98,01 b	122,49 a	0,12 a	0,26 b	0,20 c	0,03
5	22,93	832,83	1,34 b	67,74 c	81,72 c	0,07 b	0,13 c	0,44 b	0,04
6	27,72	857,07	2,18 b	76,18 c	105,12 b	0,14 a	0,11 c	0,34 b	0,02
7	22,66	679,49	0,79 c	63,59 c	69,27 c	0,08 b	0,26 b	0,30 b	0,04
8	24,98	852,74	0,91 c	75,75 c	85,26 c	0,09 b	0,12 c	0,34 b	0,03
9	18,53	616,10	2,10 b	165,28 a	105,08 b	0,15 a	1,12 a	0,32 b	0,03
10	19,93	757,19	3,43 a	77,16 c	98,96 b	0,06 b	0,11 c	0,34 b	0,07
11	32,32	804,72	5,97 a	91,99 b	108,64 b	0,16 a	0,13 c	0,66 a	0,05
12	34,71	917,70	5,77 a	68,73 c	123,87 a	0,08 b	0,11 c	0,19 c	0,03
13	22,10	624,05	1,61 b	75,52 c	99,85 b	0,18 a	0,08 c	0,30 b	0,05
14	27,34	728,64	5,91 a	68,32 c	107,68 b	0,06 b	0,10 c	0,16 c	0,05
Medias (mg 100g⁻¹)									
	25,92	777,51	2,68	87,41	98,88	0,11	0,29	0,32	0,04
Coefficiente de variación (%)									
	25,54	1,6	53,6	10,81	8,48	21,04	31,25	15,35	12,46

*Tratamientos con diferente letra en la misma columna difieren estadísticamente según la prueba de Scott-Knott (5%).

Fuente: Autoría propia

Los análisis revelaron que las concentraciones de Calcio, Magnesio y Zinc en los frutos de *J. spinosa* estudiados superan significativamente los valores reportados por Próspero (2010) para esta misma especie y por UNICAMP (2011) para el mamón Formosa. De manera similar, el contenido de Potasio fue tres veces mayor que el del mamón Formosa (UNICAMP, 2011) y superó los valores de Próspero (2010). El Fósforo, por su parte, presentó concentraciones el doble de las registradas para el mamón Formosa y similares a las reportadas por Próspero (2010). Finalmente, el contenido de Sodio fue superior a los valores de Próspero (2010) y comparable a los del mamón Formosa (UNICAMP, 2011).

El contenido de Fósforo en las plantas de las diferentes localidades de la

provincia de Misiones va desde 18,53 mg 100g⁻¹ (genotipo 9) a 34,71 mg 100g⁻¹ (genotipo 12), siendo la media de 25,54 mg 100g⁻¹. El contenido de Potasio varió entre 616,10 mg 100g⁻¹ (genotipo 9) y 927,7 mg 100g⁻¹ (genotipo 2) siendo la media de 777,51 mg 100g⁻¹. Las concentraciones de Sodio oscilaron entre 0,79 mg 100g⁻¹ (genotipo 7) y 5,97 mg 100g⁻¹ (genotipo 11), siendo la media de 2,68 mg 100g⁻¹. El Calcio en fruta fresca varió de 63,59 mg 100g⁻¹ (genotipo 7) a 165,28 mg 100g⁻¹ (genotipo 9), siendo la media de 87,41 mg 100g⁻¹. El contenido de Magnesio fluctuó de 69,27 mg 100g⁻¹ (genotipo 7) a 123,87 mg 100g⁻¹ (genotipo 12), siendo la media de 98,88 mg 100g⁻¹. Las concentraciones de Cobre variaron entre 0,06 mg 100g⁻¹ (genotipos 10 y 14) y 0,18 mg 100g⁻¹ (genotipo 13), siendo la media de 0,11 mg 100g⁻¹. Estos valores de Cobre son mayores a los encontrados por Próspero (2010) en *J. spinosa* y menores a los registrados para mamón Formosa (UNICAMP, 2011). El Zinc (Zn) fluctuó entre 0,18 mg 100g⁻¹ (genotipo 13) y 1,14 mg 100g⁻¹ (genotipo 2), la media fue de 0,29 mg 100g⁻¹. Las concentraciones de hierro (Fe) varían de 0,16 mg 100g⁻¹ (genotipo 14) a 0,66 mg 100g⁻¹ (genotipo 11), siendo la media de 0,32 mg 100g⁻¹. El Manganeso (Mn) en los frutos varió entre 0,02 mg 100g⁻¹ (genotipos 2 y 6) y 0,07 mg 100g⁻¹ (genotipos 1 y 10), siendo la media de 0,04 mg 100g⁻¹ de Mn, valores comparables a los del mamón Formosa (UNICAMP, 2011) y menores a los registrados en la literatura para *J. spinosa* (PROSPERO, 2010).

El análisis del contenido de minerales de los frutos de *J. spinosa* reveló valores promedio superiores de Calcio (87,4 mg 100g⁻¹), Magnesio (98,88 mg 100g⁻¹) y Potasio (777,52 mg 100g⁻¹) en comparación con las frutas más consumidas en Argentina, que son la naranja, la banana y la manzana (CEPA, 2024). Según los datos reportados para estas últimas en UNICAMP (2011), la naranja contiene Calcio (9 mg 100g⁻¹), Magnesio (10 mg 100g⁻¹) y Potasio (143 mg 100g⁻¹), la banana contiene Calcio (3 mg 100g⁻¹), Magnesio (24 mg 100g⁻¹) y Potasio (376 mg 100g⁻¹) y la manzana Calcio (3 mg 100g⁻¹), Magnesio (5 mg 100g⁻¹) y Potasio (117 mg 100g⁻¹). Considerando los requerimientos diarios recomendados por el Institute of Medicine (US), el consumo regular de *J. spinosa* podría contribuir de manera importante a cubrir las necesidades de estos nutrientes en la dieta, especialmente en el caso del Potasio.

4.3.4 Proteínas

Con la prueba de Scott Knott se agruparon en 4 conjuntos (a, b, c y d en

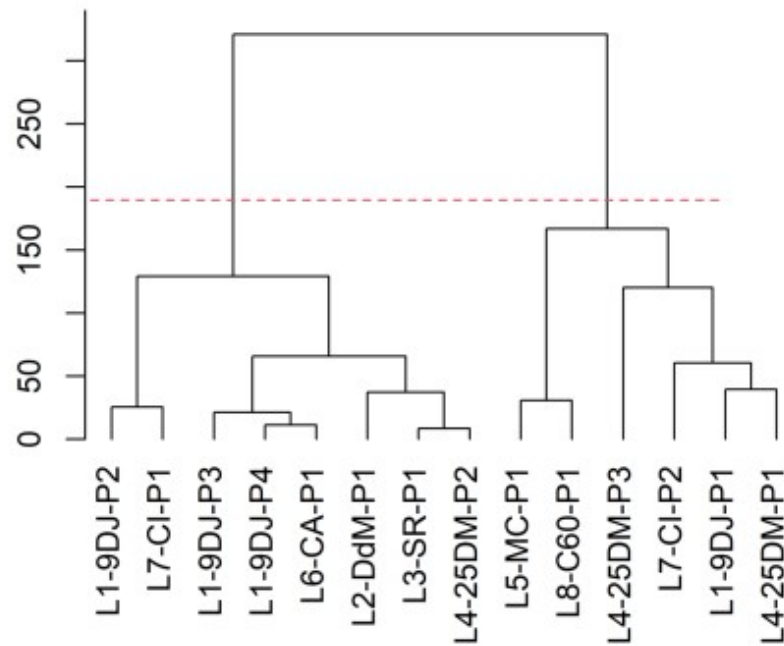
tabla 6) según el tenor de proteína de los diferentes genotipos de la población. El mayor valor (1,95%) se midió en el genotipo 7 que no presentó diferencias significativas con el genotipo 12 pero sí con los restantes tratamientos. Los tratamientos 10, 12, 3, 6, 5 y 1 registraron tenores de proteína entre 1,36% y 1,6% siendo muy similares entre sí, pero estadísticamente diferentes a los restantes genotipos. Los genotipos 4, 9 y 2 presentaron valores por debajo de la media de la población (1,3%), siendo muy semejantes entre sí, pero difiriendo de los demás genotipos. Los tenores más bajos de proteína se midieron en los genotipos 14, 8 y 11 con un tenor de 0,97%, 0,96% y 0,79% respectivamente. Los valores coinciden con los encontrados para *J. spinosa* por Prospero (2010) en las 3 regiones de San Pablo que fueron de 0,77; 0,86 y 1,24% de proteína, pero son menores a registrados por Abreu (2015) en la Fazenda Bimini que registro un valor de 3,1% de proteína en la pulpa de frutos maduros de *J. spinosa*. Los valores observados para la variable tenor de proteína no parecen estar relacionados a la localidad en que se encuentran ubicados si más bien que la diferencia es entre individuos (genotipos).

4.4 Análisis multivariado

El análisis de varianza multivariado (MANOVA) fue significativo ($p < 0,001$) mediante las pruebas de Pillai, Wilks y Hotelling y Roy (Apéndice D). En cuanto al análisis de los componentes principales (PCA) se tomaron las variables que mayor contribución relativa aportaron a las dimensiones 1 y 2, retirándose las variables con menor participación. Con las variables que más contribuyen al PCA se realizó un análisis de clúster y se identificó cómo se agruparon los genotipos (Figura 21).

El análisis de clúster mostró una correlación cofenética de 0,72 (valor p de la prueba de Mantel = 0,001). Los grupos formados se resaltan en el gráfico PCA. En la tabla 8 se muestra la correlación entre las variables y los ejes de cada dimensión. La dimensión 1 explica el 53,9 % de la varianza estadística, los valores de RATIO y pH tienen una correlación positiva muy fuerte con esta dimensión. Los valores de sólidos solubles (°Brix) poseen una correlación positiva moderada y, la acidez titulable tiene una fuerte correlación negativa con la dimensión 1. La dimensión 2 explica el 26% de la varianza estadística mediante los valores negativos de fósforo (P) y de potasio (K). La dimensión 1 es caracterizada principalmente por el gradiente de dulzor y acidez y la dimensión 2 corresponde a un gradiente nutricional.

Figura 21 - Análisis de agrupamiento.



Fuente: Autoría propia

Tabla 8- Correlación entre variables y ejes

Variable	Dimensión 1	Dimensión 2
°Brix	0,7388396	-0,46314977
pH	0,8637189	-0,16991301
AT	-0,9383283	-0,22369741
RATIO	0,9758807	-0,04112015
P	-0,0854624	-0,79625061
K	-0,3156514	-0,79558565

Fuente: Autoría propia

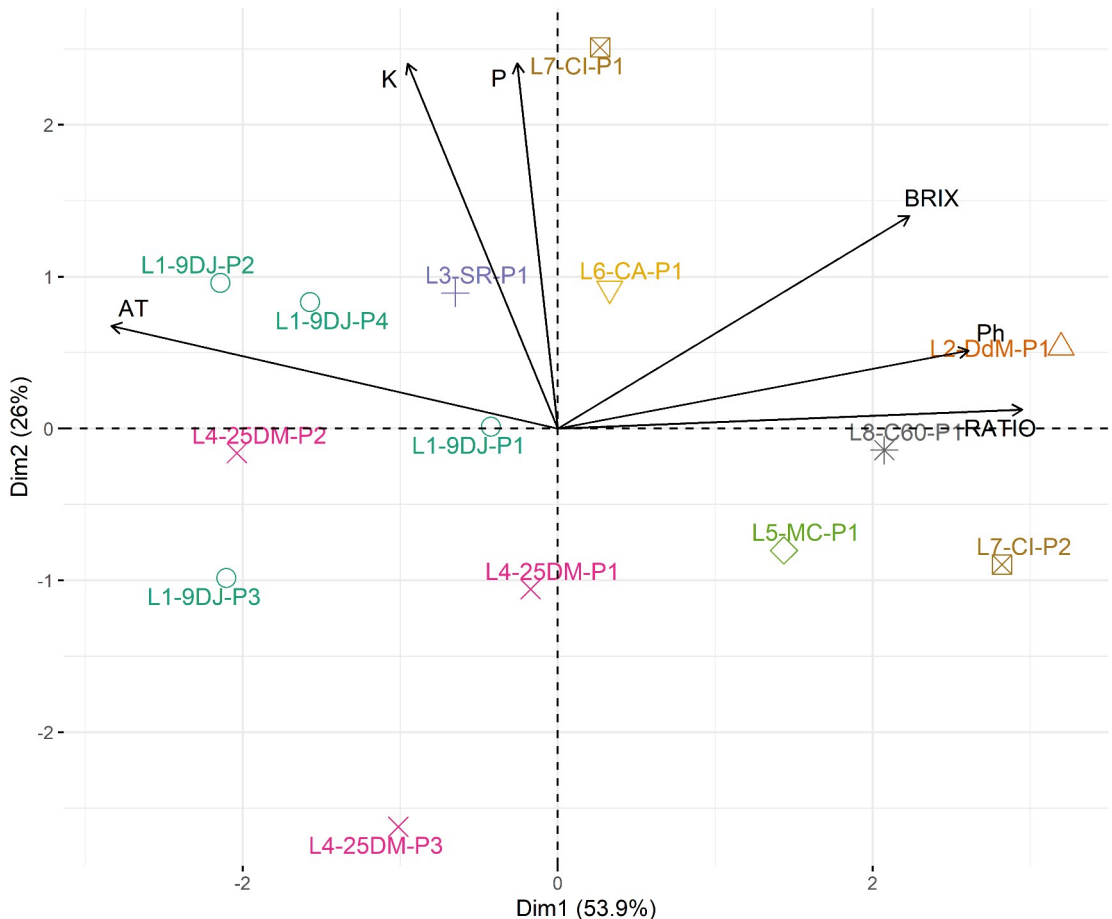
En la Figura 22 puede observarse que el genotipo 5 midió valores de altos de pH, SS y RATIO, valores bajos de AT e intermedios de P y K. El genotipo 14 registró valores elevados de pH, SS y RATIO, diferenciándose del genotipo 5 sólo por la mayor concentración de K y P. Los genotipos 1, 4, 11 y 6 se caracterizan por tener un sabor menos dulce (menor SS), pero con niveles intermedios de P, K y AT. Los genotipos 2, 3, 8 y 9 comparten características similares entre sí y se diferencian de los demás tratamientos, principalmente por presentar valores altos de AT y tenores bajos o moderados de P, K y SS. Los genotipos 7, 10, 12 y 13 se caracterizan por tener un sabor moderadamente dulce, con niveles de acidez moderados, pero con niveles

menores de P y K.

Al realizar el análisis multivariado se puede observar que existen diferencias significativas para las variables que caracterizan el dulzor de la frutas y, también, para el tenor de P y K, lo que permite agrupar a los genotipos en base a sus similitudes para dichas variables. Además puede inferirse que existe variabilidad genética entre las diferentes plantas de *J. spinosa*, tal como lo observaron Corrêa *et al.* (2015), lo que probablemente se deba al modo de reproducción.

La agrupación en cluster se caracterizo básicamente por los tratamientos (genotipos) y no por las localidades. Teniendo en cuenta que los frutos se cosecharon de poblaciones naturales, puede deducirse que no hay un efecto “aislamiento” entre las localidades, lo que posiblemente se deba a la implementación de los llamados “corredores biológicos”, que conectan a las diferentes áreas de conservación de la floresta nativa posibilitando la dispersión de las especies (Ley Nac. N.º 26.331/07 y Ley Prov. XVI N.º 105 /10).

Figura 22 - Gráfico de análisis de componentes principales PCA



Fuente: Autoría propia

4.5 Extracción de colorantes

Con el fin de realizar la extracción de los colorantes presentes en la cáscara del *J. spinosa*, con el mayor rendimiento posible, se llevó a cabo un diseño factorial utilizando como variables la proporción de los solventes etanol/agua y el tiempo de extracción.

La Tabla 9 presenta la masa, el porcentaje de etanol en relación con el agua utilizada, el tiempo de extracción y el rendimiento de cada muestra. En cuanto a las cantidades de colorantes obtenidos en cada tratamiento, se observó que el mayor rendimiento, 34,37%, se obtuvo utilizando 60% de etanol durante 90 minutos de extracción (muestra 6). Un valor muy similar de rendimiento (34,02%) se obtuvo usando 60% de etanol durante 30 minutos de extracción (muestra 4). Tanto para el análisis del color como para la interpretación de los espectros de FT-IR, se optó por las condiciones que resultaron en la muestra 6 (60% de etanol, en 90 minutos de extracción) - mejor rendimiento y en la muestra 8 (80% de etanol, en 60 minutos de extracción) - color más intenso.

Tabla 9: Masa (g), porcentaje de etanol en relación con el agua, tiempo de extracción (min.) y el rendimiento (%) de las muestras de colorantes extraídos, numeradas del 1 al 9

Muestra	Peso (g)	Etanol (%)	Tiempo (minutos)	Rendimiento (%)
1	2,742	40	30	14,43
2	4,290	40	60	2,58
3	4,086	40	90	21,50
4	6,464	60	30	34,02
5	6,098	60	60	32,09
6	6,530	60	90	34,37
7	3,892	80	30	20,48
8	3,987	80	60	21,00
9	3,265	80	90	17,18

Fuente: Autoría propia

4.5.1 Análisis del color

Los datos de color obtenidos mediante el análisis colorimétrico para muestras de extractos de frutos de *J. spinosa* se presentan de dos formas: coordenadas

rectangulares (CIE Lab*) y coordenadas cilíndricas (CIE LCh), así como el cálculo de la diferencia total de color ΔE y de la tonalidad ΔH , tal como se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10 - Promedios obtenidos en el análisis colorimétrico de las muestras 6 y 8.

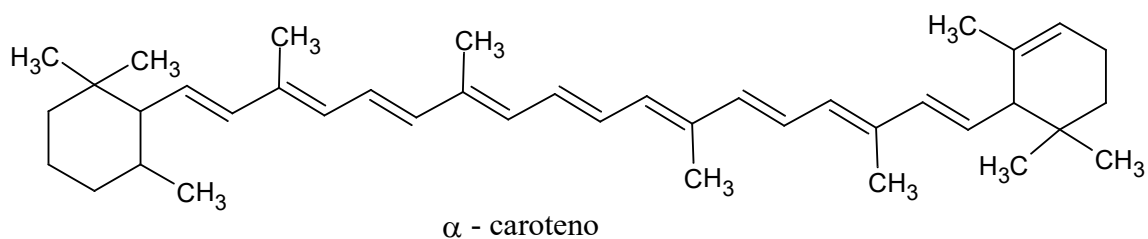
Muestra	L*	a*	b*	C*	H	ΔE	ΔH
6	45,55	3,32	41,79	42,25	85,45		
8	35,35	-2,17	21,07	21,18	95,88		
						23,72	20,72

Fuente: Autoría propia

Mediante el análisis de los datos, podemos observar que la muestra 6 es más clara y más saturada en comparación con la muestra 8, y posee pigmentos rojos y amarillos, mientras que la muestra 8 tiene pigmentos verdes y amarillos, lo que lleva a la formación de tonalidades similares, pero diferentes.

Mientras que ΔE mide la diferencia total de color en todas las dimensiones (ΔL^* = Luminosidad, Δa^* = coordenada rojo/verde y Δb^* = coordenada amarillo/azul), ΔH se centra en la diferencia de tono total ΔE , la luminosidad ΔL^* y la pureza del color ΔC^* . El valor de $\Delta E = 23,72$ indica una diferencia significativa en el color entre las dos muestras, es decir, una diferencia bastante perceptible al ojo humano. Cuanto mayor es este valor, mayor es la diferencia percibida entre los colores de las muestras. Por otro lado, el valor de $\Delta H = 20,72$ indica una diferencia en la tonalidad entre las muestras.

Figura 23: estructura química del α - caroteno.

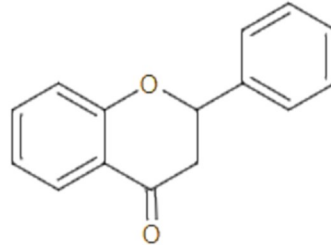


Fuente: Autoría propia

Los extractos secos de frutos de pupuña (*Bactris gasipaes*) mostraron una coloración amarillenta intensa, que es típica de la presencia de carotenoides (Fig 23), un hecho corroborado por los análisis de color instrumental (CIELAB), donde los valores registrados fueron $h = 92,64^\circ$, $a^* = -2,82$, $b^* = 61,20$ y $C^* = 61,26$ (ALARCÓN;

CRISTÉ, 2023). Extractos del pseudofruto de anacardo (*Anacardium occidentale* L.), reportados por Barreto (2008), presentan valores de color amarillento, con valores de $h = 97,1^\circ$, $L^* = 32,5$, $a^* = -2,9$, $b^* = 23,3$ y $C^* = 23,1$.

Figura 24: estructura química de un flavonoide



Fuente: Autoría propia

Se realizaron análisis por infrarrojo de todas las muestras de colorantes obtenidos. Estas presentaron perfiles de absorción muy similares entre sí, lo cual era esperado, dado que la mezcla de solventes utilizada fue siempre la misma, etanol y agua, variando solo la proporción entre ellos.

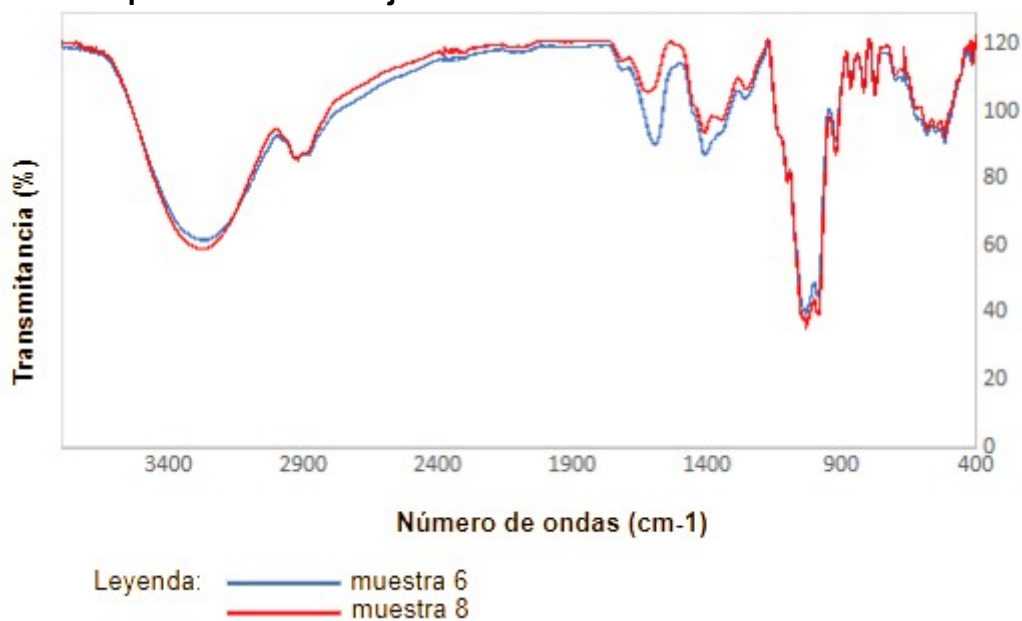
Es importante destacar que el espectro de FT-IR proporciona información sobre los grupos funcionales presentes en la muestra analizada y que el análisis de los espectros se realizó sabiendo que se extrajeron colorantes orgánicos de color amarillo, posiblemente carotenoides (Figura 23) y flavonoides (Figura 24).

Se encuentra un pequeño número de informes que presentan la composición química de los frutos de *J. spinosa*. Soares *et al.* (2020) identificaron en el extracto de pulpa de *J. spinosa*, obtenido con 80% de etanol, la flavona Apigenina-6-C-glucósido (Isovitexina), el ácido fenólico, Cafeoil hexosa, la procianidina Quercetina 3-O-rutinósido, el flavonol Myricetina rhamnohexosido, entre otros compuestos.

En la Figura 25 se presentan superpuestos los espectros de las muestras 6 (mayor rendimiento) y 8 (color amarillo más intenso). Se observan bandas de $3.600-3.000 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$, que representan grupos de OH (agua, alcohol y fenol) y NH. Las absorciones también están presentes en la región de $2.900-2.800 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$, que corresponden a vibraciones simétricas y asimétricas de los grupos C-H, metilo y metileno (TAVARES *et al.*, 2011), y pueden atribuirse a los carotenoides (Figura 23), colorantes amarillos.

La absorción a $1.717 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$ se puede atribuir al carbonilo de una cetona cíclica, la ciclohexanona, por ejemplo, absorbe a $1.715 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$ (SILVERSTEIN *et al.*, 2019), lo que puede ser indicativo de la presencia de flavonoides (Figura 24) como la flavona y el flavonol (SOARES *et al.*, 2020).

Figura 25 - Espectros de Infrarrojo con transformada de Fourier de muestras 6 e 8.



Fuente: Autoría propia

Una banda a $1.413 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$ puede atribuirse a la deformación simétrica de los grupos C – H y C – OH característica de los azúcares (WANG; SOMASUNDARAN, 2006), y puede indicar la presencia de flavonoides glicosilados, o incluso moléculas de azúcar libres. ya que se trata del análisis de colorantes extraídos de la piel de frutos maduros.

Los espectros de alquil aril éteres muestran una banda de estiramiento asimétrica de C – O – C a $1.275\text{-}1.200 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$, además de un estiramiento simétrico cercano a $1.075 - 1.021 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$ (SILVERSTEIN *et al.*, 2019). En este trabajo se observa una banda a $1.250 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$ y otra muy intensa a $1.034 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$, lo que indica la presencia, una vez más, de flavonoides (Figura 24). Otro indicio sería la presencia de compuestos aromáticos que, según Silverstein *et al.*, (2019), presentan bandas características y fuertes de absorción, entre $900 \text{ y } 675 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$, que corresponden a los enlaces C – H del anillo aromático. Además, las vibraciones que implican un estiramiento C – C se absorben en las regiones de $1.600 - 1.585 \text{ y } 1.500 - 1.400 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$. Y finalmente, cuando se reemplaza el benceno, a menudo se produce una banda en la región de $600 \text{ a } 420 \text{ ondas} \cdot \text{cm}^{-1}$. Todas estas bandas reportadas para compuestos aromáticos se pueden observar en los espectros de las muestras de colorantes presentadas (6 y 8).

5 CONCLUSIONES

Se identificaron y mapearon 15 individuos femeninos de *J. spinosa* en la provincia de Misiones, de los cuales se cosecharon frutos.

Los frutos estudiados presentaron una amplia variabilidad en sus características físicas, con longitudes entre 5,57 y 7,65 cm, diámetros distales entre 3,17 y 4,23 cm, diámetros basales entre 2,48 y 4,15 cm, y pesos entre 29,98 y 56,55 g. El color de la cáscara varió del amarillo puro al amarillo-anaranjado muy intenso, excepto en el genotipo 7, que mostró una intensidad moderada.

En cuanto a las características químicas, los frutos presentaron contenidos de sólidos solubles entre 11,72 y 20,16 °Brix, valores de pH de 3,26 a 5,03, acidez titulable de 0,48 a 1,16, y una relación de sólidos solubles y acidez titulable (RATIO) entre 11,54 y 41,81.

Respecto a las características nutricionales, se registraron contenidos de materia seca entre 4,96 y 13,63%, concentración de humedad entre 57,81 y 95,04%, valores de cenizas entre 1,21 y 2,68% y valores de proteína entre 0,8 y 1,95%. En cuanto a los minerales se destacó principalmente en tenor de Potasio ($\mu = 777,52 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), como así también en Fósforo ($\mu = 25,92 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), Sodio ($\mu = 2,68 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), Calcio ($\mu = 87,41 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), Magnesio ($\mu = 98,8 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), Zinc ($\mu = 0,29 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) y Hierro ($\mu = 0,32 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$).

El análisis multivariado reveló que las variables que mejor explicaron las diferencias entre tratamientos fueron los sólidos solubles, la acidez titulable, el RATIO, y el contenido de Fósforo y Potasio. Las diferencias observadas no se relacionaron con la localidad de cosecha, sino más bien con cada genotipo individual.

Se identificaron pigmentos naturales de grupo de los carotenoides y flavonoides que pueden ser utilizados en la industria de alimentos para humanos.

Se han definido protocolos de extracción que optimizan la cantidad y calidad de los colorantes extraídos.

A partir de este estudio se concluye que es factible seleccionar individuos con características superiores en cuanto a parámetros de calidad fisicoquímica (peso, color, pH, Sólidos solubles, Acidez titulable) y nutricional, lo que permitirá obtener materiales genéticos de alto potencial para la producción de frutas de calidad.

6 CONSIDERACIONES FINALES Y TRABAJOS FUTUROS

Sería conveniente repetir el mismo estudio en años consecutivos para poder disminuir el efecto que las condiciones climáticas adversas puedan tener sobre la selección de individuos.

El conocimiento sobre la fenología de *Jacaratia spinosa* (Aubl) A. DC. es escaso, ya que hay pocos estudios específicos que analicen este aspecto. Pascutti (2000) describe las etapas fenológicas de la especie para los árboles situados cerca del río Paraná, indicando que la floración comienza en octubre y que los frutos maduran y están listos para la cosecha durante la primera semana de febrero. Entender cómo se relacionan los ciclos temporales de la especie con el entorno circundante es fundamental. Esta comprensión proporcionará datos esenciales para fomentar su cultivo como una opción de diversificación en proyectos agrícolas y ganaderos en la región de Misiones.

En el presente ensayo se ha identificado la mejor combinación del solvente etanol con agua para el mayor rendimiento en la extracción de colorantes naturales de la cáscara del *J. spinosa*. Sin embargo, queda pendiente realizar extracción de colorantes, utilizando las condiciones que dieron como resultado las muestras de mayor rendimiento: muestras 4 y 6. Estos deben ser encapsulados con un agente de pared (maltodextrina) para obtener el colorante en polvo y a partir de ahí realizar análisis de caracterización.

En futuros trabajos, sería valioso explorar en mayor profundidad la genética poblacional de *J. spinosa* para estudiar el impacto de los corredores biológicos en la dispersión genética y si pueden influir en que no se hayan encontrado diferencias entre las localidades.

7 REFERENCIAS

- ABREU, H. Estudio nutricional, fitoquímico e biológico do “jaracatiá” *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A. DC [Tesis de maestria, Universidade Federal Do Paraná]. acervodigital.ufpr.br. 2015.
- ALARCÓN, G., CHISTÉ, R. C. Extrato seco de carotenoides obtidos a partir de cascas de pupunha (*Bactris gasipaes*) com potencial de aplicação como corante alimentício 15° slacan - **Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos e Nutrição**. 2023.
- ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, J.C., CASTELLANOS-RAMOS, J. Z., AGUIRRE-MANCILLA, C.L.. Exploración y caracterización de poblaciones de *Carica papaya* y *Jacaratia mexicana*: particularidades de frutos. **Instituto Politécnico Nacional**. Núm. 48: 43-57 México. Julio 2019. DOI: 10.18387/polibotanica.48.4. 2019.
- ANFUSO, J., ELSEGOOD, S., BAUNI, V., GIACCHINO, A., GASPARRI, B. Inventario de biodiversidad del Monumento Natural “Isla Palacio”(provincia de Misiones, Argentina). **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales**, vol. 22, no 2, p. 231-248. 2020.
- ARAUJO A. V.; VELÁSQUEZ, F.; HAMILTÓN B. S. Estudio taxonómico y morfológico de 20 especies forestales en el bosque CICFOR – Macuya, Pucallpa – Perú. **Revista de Investigación Universitaria**, Vol. 8 (2). pp. 40-59. 2018.
- ARGÜELLES Y ANDRÉS, Teresa; FERNÁNDEZ, Graciela. Caracterización parcial de un proteinasa presente en los frutos de *Jacaratia dodecaphylla* (Vell.). **Revista Forestal Yvyrareta**. 9. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. Octubre, 1999.
- ARNHOLD, E. Package in the R environment for analysis of variance and complementary analyses. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.50, n.6, p.488-492, 2013.
- ASSAD FILHO, N. Estructura populacional de *Jacaratia spinosa* (Aubl.) A. DC. (CARICACEAE) no Parque Estadual de Vila Rica do Espírito Santo (Fênix, PR, Brasil). **Tesis Doctoral. Universidad Estadual de Maringá. Departamento de Biología. Programa de Posgrado en Ecología de Ambientes Acuáticos Continentes**. 2001.
- AUQUIÑIVIN SILVA, E.; PAUCAR MENACHO, L. Estudio comparativo de las características fisicoquímicas y vida útil de las papayas nativas, “papayita de monte” (*Carica pubescens* Lenné & K. Koch) y “babaco” (Heilborn) (Caricaceae) deshidratadas mediante liofilización. **Revista Arnaldo**, Vol 27 (1), 2020. pp. 115-128. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27105>. 2020.
- BARBOSA, L. C. de A. Espectroscopia no Infravermelho na caracterização de compostos orgânicos (1sf ed.). **Viçosa/MG**, Brasil: Editora UFV. 2011.
- BARBOSA, H. D., LAZZARI, A., SILVA, I. C. DA, SILVA, L. H. M. DA, DADA, A. P., CESTÁRIO, A. C. de O., MACHADO FILHO, E. R. Chemical composition and antioxidant potential of *Jacaratia spinosa* and *Vasconcellea quercifolia* A. St-Hil and their use in food: a brief review. **Research, Society and Development**, [S. I.], v. 10, n. 3, p. e54810313709. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13709. Disponible en: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13709>. 2021.

BARRETO, G. Carotenóides e compostos bioativos: relação com propriedades anti-radical livre e corante em frutas tropicais / Gisela Pizarro de Mattos Barreto. -- Campinas, SP: [s.n.]. (**Doctoral dissertation, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos**). Retrieved from Repositorio UNICAMP (1Library PT - documents sharing platform). 2008.

BARTH, S. R., PINAZO, M. A., GONZALEZ, P. A., DOHMAN, R. A., KNEBEL, O. E., ALCARAZ, R.. Relevamiento florístico preliminar de especies frutales de árboles nativos del Campo Anexo Manuel Belgrano, INTA San Antonio, Misiones. *Revista Forestal Yvyrareté País de Árboles*, no 26, p. 7-20. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9598>. 2018.

BLIGH, E. G., DYER, W. J.. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), 911-917. DOI: <https://doi.org/10.1139/o59-099​>. 1959.

BURKART, R.; BÁRBARO, N.; SÁNCHEZ, R.; GÓMEZ, D.. Eco-regiones de Argentina. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Programa Institucional Ambiental (PRODIA) y la Administración de Parques Nacionales. <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/7567>. 1999.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. **Embrapa Informação Tecnológica**. Vol. 2. pp. 293-298. 2006.

CENTRO DE ECONOMÍA POLÍTICA ARGENTINA (CEPA). Evolución de precios de hortalizas y frutas en el Mercado Central de Buenos Aires y en grandes cadenas de supermercados: análisis correspondiente a mayo 2023. Observatorio Frutas y Verduras. 2024. Disponible en: <https://centrocepa.com.ar/informes/574>

COLCOMBET, L., ESQUIVEL, J. I., FASSOLA, H. E., GOLDFARB, M. C., LACORTE, S. M., PACHAS, N., ROSSNER, B., & WINCK, R. A. **Serie técnica Informe técnico No. 402: Sistemas agroforestales**. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Capítulo 5: Los sistemas silvopastoriles en las provincias de Misiones y Corrientes, Argentina. Impreso en Colombia / Printed in Colombia. Fundación CIPAV, Cali, Colombia y Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2015.

CORRÊA, P. C. D.; PEREIRA, T. N. S.; DA SILVA, F. F.; REIS, R. M. V. M.; PEREIRA, M. G. Diversidade genética em duas espécies de Caricáceas e suas relações genéticas com *Carica papaya* L. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 733-739, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

JELIHOVSCHI, E. G., FARIA, J. C., BEZERRA ALLAMAN, I. . ScottKnott: A Package for Performing the Scott-Knott Clustering Algorithm in R. *Trends in Applied and Computational Mathematics* 15(1), 3-17. URL <https://tema.sbmac.org.br/tema/article/view/646/643>. 2014.

FAGUNDES, G. R., YAMANISHI, O. K.. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'Solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 23(3), 541-545. 2001.

FERREIRA EB, CAVALCANTI PP, NOGUEIRA DA. _ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues)_ R package version 1.2.2. <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>> 2021

FOOD AND NUTRITION BOARD, INSTITUTE OF MEDICINE-NATIONAL ACADEMY

OF SCIENCES DIETARY REFERENCE INTAKES: RECOMMENDED INTAKES FOR INDIVIDUALS. Institute of Medicine (US) Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225472>

FREITAS, S.J.; BARROSO, D.G.; SILVA, R.F.; MARTINS, V.H.C.R.; FREITAS, M.D S.; FERREIRA, P.R. Métodos de remoção da sarcotesta na germinação de sementes de jaracatiá. **Rev. Árvore, Viçosa**, v. 35, n. 1, p. 91-96, Feb. 2011.

GALLO, L., ACOSTA, N., BONAFINA, M., CARRERAS, R., CEBALLOS, M., COLLADO, L., CUCHIETTI, A., CHERVIN, M., FAVA, J., FORNES, L., GARCÍA ALVARES, S., LOPEZ LAUENSTEIN, D., MORETTI, M. J., MORO, J. P., TEICH, T., VERGA, A., WLASIUK, L.. El estado de conservación de los recursos genéticos forestales en la república argentina. **VI Jornadas Forestales Patagónicas: El rol de los bosques en un mundo diferente**, San Carlos de Bariloche, 30 de marzo al 1 de abril. ID 52. 2022

GORODISCH, M. . Misiones se Promociona con Bombones de Madera Comestible. *Cronista. Impresa_General*. <https://www.cronista.com/impresa-general/Misiones-se-promociona-con-bombones-de-madera-comestible-20100722-0024.html>. (22-07-2010)

IUCN. *Jacaratia spinosa*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 2018. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/species>

KELLER, H. A. Plantas relacionadas con tabúes del ciclo reproductivo de los Guaraníes de Misiones, Argentina. **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, 45 (1-2), 201-208. 2010.

KELLER, H.; PRANCE, G.; TRESSSENS, S.; DUARTE, R. Ethnobotanical resources of multiple-use Guaraní Reserve, Misiones (Argentina): their importance to indigenous communities of Caramelito and Taruma Poty-I. **Ethnobotany**. Vol. 22, pp. 38-54. 2010.

Ley Nacional Argentina N.º 26.331/07: *Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos*. Disponible en: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm>

Ley Provincial XVI de Misiones N°105/10: *Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos*. Disponible en: <https://agro.misiones.gob.ar/wp-content/uploads/2018/06/Ley-XVI-N%C2%BA-105-OTBN.pdf>

LOPES, L.O; FERNANDES,K.F. Análise do Potencial de Jaracatiá para Produção de Proteases. In: **CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG – CONPEEX**, 2006, Goiânia. Anais eletrônicos do XIV Seminário de Iniciação Científica [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2006.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). **Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment**. Washington, DC: Island Press, 2003.

MIRANDA, D., PAREDES. Árboles de Misiones: Ficha técnica del Jacaratiá. **Revista Forestal Yvyraréta**. 10. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. Diciembre. 2000.

MAUÉS, M. M.; COUTURIER, G. Biología floral e fenología reproductiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh, Myrtaceae) no Estado Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 4, p. 441-448. 2002.

MORA, E., BOGANTES, A.. Herencia de la concentración de los sólidos solubles entre líneas parentales de papaya (*Carica papaya* L.) y sus híbridos. **Agronomía Mesoamericana**, 15(1), 81-84. 2004.

OLINUCK, J. A., CARDOZO, R. A.. Boletín agrometeorológico mensual. Centro Regional Misiones – Estación Experimental Agropecuaria -Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Cerro Azul. Año 54, N° 644-655. 2022; Año 55, N° 656, 657, 658. 2023.

PARANÁ. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Lista roja de flora amenazada en el Estado de Paraná. Curitiba: SEMA: GTZ, 1995. 139 p.

PASCUTTI, R.. *Jacaratia Spinosa, una alternativa en el Uso Múltiple del Bosque*. [Trabajo Inédito de Investigación]. **XXI IUFRO WORLD CONGRESS**, Kuala, Malasia. 2000.

PLACI, G.; DI BITETTI, M. Environmental situation in the ecoregion of Atlantic Forest of Alto Paraná (Atlantic Forest). [In Spanish.] https://www.researchgate.net/publication/285842901_Environmental_situation_in_the_ecoregion_of_Atlantic_Forest_of_Alto_Parana_Atlantic_Forest_In_Spanish. 2006.

PRÓSPERO, E. T. P.. Caracterização do fruto de *Jacaratia spinosa* e processamento de compota de jaracatiá em calda com avaliação de estabilidade. Piracicaba, **SP: Universidade de São Paulo**, 2010.

PRÓSPERO, E. T. P., MOREIRA DA SILVA, P. P., SPOTO, M. H. F. (in memoriam). Caracterização físico-química, nutricional e de compostos voláteis de frutos de *Jacaratia spinosa* provenientes de três regiões do estado de São Paulo-Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. ISSN 1981-3686. 2016.

RINGUELET, J. A., Y VIÑA, S.. Capítulo 1. Introducción a los productos naturales vegetales. En J. A. Ringuelet (Coord.), **Productos naturales vegetales** (pp. 4-17). Universidad Nacional de La Plata. ISBN 978-950-34-0971-8. 2013.

RIBEIRO, M. C., MARTENSEN, A. C., METZGER, J. P., TABARELLI, M., SCARANO, F., & FORTIN, M. J. The Brazilian Atlantic Forest: A Shrinking Biodiversity Hotspot. En F.E. Zachos y J.C. Habel (Eds.), *Biodiversity Hotspots* (Capítulo 21). **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**. DOI: 10.1007/978-3-642-20992-5_21. 2011.

RODRÍGUEZ CABELLO, J.; DÍAZ HERNÁNDEZ, Y.; PÉREZ GONZÁLEZ, A.; CRUZ, Z. N. Y RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, P. Evaluación de la calidad y el rendimiento en papaya silvestre (*Carica papaya* L.) de Cuba. **Cultivos Tropicales**, vol. 35, no. 3, pp. 36-44 ISSN digital: 1819-4087. 2014.

ROIG, V. G., CEI, J. M. Relaciones biogeográficas entre Misiones y el sistema de la Serra Geral. **Boletín de Estudios Geográficos**, 8(31), 1-27. 1961.

SACKS, E. J., SHAW, D. V.. Optimum allocation of objective color measurements for evaluating fresh strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 119 (2), 330-334. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.119.2.330>​. 1994.

SALUEÑA, B. H.; GAMASA, C. S.; RUBIAL, J. M. D.; ODRIÓZOLA, C. A. CIELAB color

paths during meat shelf life. **Meat Science**, v. 157. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107889>. 2019.

SANTAMARÍA BASULTO, F., DÍAZ PLAZA, R., SAURI DUCH, E., ESPADAS Y GIL, F., SANTAMARÍA FERNÁNDEZ, J. M., & LARQUÉ SAAVEDRA, A.. Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. **Agricultura Técnica en México**, 35(3), 347-353. 2009.

SILVA, H. R. Caracterización dendrométrica y morfometría de frutos en un área restaurada con diferente espaciamento en el Cerrado. **Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)—Universidade de Brasília, Brasília**. 2021.

SILVA, F., BOBADILLA, E., & LINDAO, A. *Boletín meteorológico mensual de la FCF de la UnaM para Eldorado*. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales, Cátedra de Agrometeorología. Año 38, n.º 1-12. 2022; Año 39, n.º 1. ISSN en trámite. 2023.

SILVA, F., EIBL, B. I., BOBADILLA, E. A.. Características de la precipitación durante 1981-2012 en Eldorado Misiones. **Revista Forestal Yvyreata**, 21, 36-42. 2014.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J.; BRYCE, D. L. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

SOARES, J. C.; ROSALEN, P. L.; LAZARINI, J. G.; SARDI, J. C. O.; MASSARIOLI, A. P.; NANI, B. D.; FRANCHINB, M.; ALENCAR, S. M.. Phenolic profile and potential beneficial effects of underutilized Brazilian native fruits on scavenging of ROS and RNS and anti-inflammatory and antimicrobial properties. **Food & Function**, 11, 8905. 2020.

TAVARES, A. S., MARQUES, G. S., DO NASCIMENTO, D. C., RODRIGUES, F. R., SAVIN, R. C. S., & SOUZA, N. V. D. O.. Uso da papaína em feridas por enfermeiros da área cirúrgica de um Hospital Universitário. **Revista Enfermagem Atual in Derme - Especial**, 87. 2019.

TAVARES, S. A., PEREIRA, J., GUERREIRO, M. C., PIMENTA, C. J., PEREIRA, L., & MISSAGIA, S. V. Caracterização físico-química da mucilagem de inhame liofilizada. **Ciência e Agrotecnologia**, 35, 973–979. 2011.

TORRES, R., MONTES, E. J., PÉREZ, O. A., ANDRADE, R. D.. Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Fisicoquímicas de Frutas Tropicales. **Información Tecnológica**, 24(3), 51-56. [https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007\[1\]](https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007[1]). 2013.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - NEPA. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO. 4ª ed. revisada e ampliada. Campinas - SP, 2011.

VANCINE, M. H., MUYLEAERT, R. L., NIEBUHR, B. B., OSHIMA, J. E. DE F., TONETTI, V., BERNARDO, R., DE ANGELO, C., ROSA, M. R., GROHMANN, C. H., & RIBEIRO, M. C.. The Atlantic Forest of South America: Spatiotemporal dynamics of the vegetation and implications for conservation. **Biological Conservation**, 291, 110499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110499>. 2024.

VAN DROOGENBROECK, B., BREYNE, P., GOETGHEBEUR, P., ROMEIJN-PEETERS, E., KYNDT, T., & GHEYSEN, G.. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, 105(2-3), 289-297. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-0983-4>.

2002.

WANG, J., SOMASUNDARAN, P. Mechanisms of ethyl (hydroxyethyl) cellulose/solid interaction: Influence of hydrophobic modification. **Journal of Colloid and Interface Science**, 293, 322–332. 2006.

YANG, X., ZHU, L., HUANG, X., ZHANG, Q., LISHENG, S., CHEN, Q., WANG, H., & LI, J.. Determinación del contenido de sólidos solubles en peras aromáticas Korla basada en espectroscopia visible y de infrarrojo cercano combinada con análisis de modelos y selección de variables. **Frontiers in Plant Science**, 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.938162>. 2022.

ZULAICA, L., VAZQUEZ, P., CELEMÍN, J. P.. Servicios ecosistémicos y deforestación en la Selva Paranaense: Análisis comparativo en la cuenca binacional del río San Antonio (Argentina-Brasil) entre 2001 y 2011. *R. Ra'e Ga*, 34, 167-192. <http://www.ser.ufpr.br/raega>. 2015.

Apéndice A – Cuadro de análisis de varianza para peso de fruto y para rendimiento de pulpa

 Cuadro de análisis de varianza para Peso de Fruto

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	14	22213	1586.67	31.138	1.9327e-35
Residuo	135	6879	50.96		
Total	149	29092			

CV = 14.28 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.4377436

De acuerdo con el test de Shapiro-wilk a un 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales.

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 6.311143e-06

ATENCIÓN: a un 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Test de Scott-Knott

```
> library(ScottKnott)
```

```
> aov(PESOFRT ~ GENOTIPOS, datos1) %>% SK()
```

Resultados

	Medias	G1	G2	G3	G4	G5	G6
C60-P1	81.94	a					
CI-P1	69.46		b				
25DM-P1	56.56			c			
MC-P1	55.64			c			
CI-P2	50.79				d		
9DJ-P4	49.48				d		
CA-P1	49.02				d		
9DJ-P2	46.48					e	
SR-P1	46.36					e	
9DJ-P3	45.18					e	
DdM-P1	43.98					e	
25DM-P2	43.06					e	
25DM-P3	42.77					e	
DdM-P2	40.60					e	
9DJ-P1	28.28						f

Cuadro de análisis de varianza para Rendimiento de Pulpa

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	14	3180	227.146	25.791	1.9246e-31
Residuo	135	1189	8.807		
Total	149	4369			

CV = 6.23 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.9958727

De acuerdo con el test de Shapiro-wilk a un 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales.

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.00373558

ATENCIÓN: a un 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Test de Scott-Knott Genotipos

	Medias	G1	G2	G3	G4	G5
CA-P1	56.90	a				
CI-P2	52.27		b			
9DJ-P1	51.94		b			
25DM-P1	51.31		b			
MC-P1	51.27		b			
25DM-P2	50.85		b			
DdM-P2	49.20			c		
C60-P1	47.68			c		
CI-P1	45.37				d	
SR-P1	44.22				d	
25DM-P3	44.08				d	
DdM-P1	43.98				d	
9DJ-P4	43.30				d	
9DJ-P3	41.55					e
9DJ-P2	40.29					e

Sig. nivel

0.05

Apéndice B – Cuadro de análisis de varianza para color de la cáscara

Cuadro da análisis de varianza C de Color

```

-----
                GL      SQ      QM      Fc      Pr>Fc
Tratamiento  14 2987.4 213.385 24.122 4.4731e-30
Residuo     135 1194.2   8.846
Total       149 4181.6
-----

```

CV = 4.89 %

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.02175271

ATENCIÓN: a un 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas! Transforme los datos por raíz cuadrada y Log y ambas.

No atendieron este presupuesto de homocedasticidad de los datos.

Cuadro da análisis de varianza Valor H de Color

```

-----
                GL      SQ      QM      Fc      Pr>Fc
Tratamiento  14  938.87 67.062 23.988 5.7993e-30
Residuo     135  377.41  2.796
Total       149 1316.28
-----

```

CV = 2.33 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk)

Valor-p: 0.1462844

De acuerdo con el test de Shapiro-Wilk a un 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales.

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.3536039

De acuerdo con el test de Bartlett a 5% de significancia, las varianzas pueden ser consideradas homogéneas.

Resultados Scott-Knott Valor C

	Medias	G1	G2	G3	G4	G5
9DJ-P2	67.39	a				
DdM-P1	67.02	a				
CI-P1	63.62		b			
DdM-P2	63.60		b			
25DM-P3	62.81		b			
C60-P1	62.21			c		
9DJ-P1	61.95			c		
SR-P1	61.40			c		
MC-P1	60.98			c		
25DM-P2	60.87			c		
CI-P2	59.81			c		
9DJ-P4	58.32				d	
9DJ-P3	58.02				d	
CA-P1	56.46				d	
25DM-P1	48.17					e

Sig.level

0.05

Resultados Scott-Knott Valor H

	Medias	G1	G2	G3	G4
25DM-P1	77.46	a			
25DM-P2	74.81		b		
SR-P1	74.39		b		
9DJ-P4	74.02		b		
CI-P2	73.18		b		
DdM-P1	73.16		b		
MC-P1	72.02			c	
DdM-P2	71.10			c	
CI-P1	71.04			c	
9DJ-P2	70.55			c	
C60-P1	69.92				d
9DJ-P3	69.17				d
9DJ-P1	69.05				d
25DM-P3	69.05				d
CA-P1	68.77				d

Nivel Sig.

0.05

Apéndice C – Cuadro de análisis de varianza para ° Brix, pH, AT, RATIO, materia seca, humedad, cenizas, minerales y proteínas

```

> ##brix
> eal(datosBrix[,c(1,3)], design = 1)

$`Analysis of variance`
      df type I SS mean square F value    p>F
treatments 13  289.6486      22.2807 25.4075 <0.001
Residuals  28   24.5541       0.8769    -    -

$Means ORIGINAL
  treatment    mean     sd    sem tukey snk duncan  t scott_knott
1          5 20.1556 2.0117 0.5407    a  a    a  a          a
2         12 19.5889 0.3863 0.5407   ab  a    a  a          a
3         13 19.5889 0.3863 0.5407   ab  a    a  a          a
4          7 16.8556 0.3892 0.5407   bc bc    b  b          b
5         10 16.8556 0.1925 0.5407   bc  c    b  b          b
6          6 16.4444 0.3025 0.5407    c bc    b bc         b
7          2 16.2111 0.2502 0.5407    c bc    b bc         b
8         14 15.6667 0.2603 0.5407    c bc   bc bd         b
9         11 15.5222 1.3672 0.5407    c bc   bc bd         b
10         1 15.2767 1.7847 0.5407    c bc   bc cd         b
11         4 14.4111 0.4032 0.5407   cd  b    c  d         c
12         3 12.1222 0.7905 0.5407    d  d    d  e         d
13         9 12.1000 1.2719 0.5407    d  d    d  e         d
14         8 11.7178 0.2482 0.5407    d  d    d  e         d

$`Residual analysis`
$`Residual analysis`$`residual analysis`
      values
p.value Shapiro-wilk test    0.0127
p.value Bartlett test       0.0095
coefficient of variation (%) 5.8900
first value most discrepant 13.0000
second value most discrepant 3.0000
third value most discrepant 15.0000

pH

datosPh$PhTANS <- (datosPh$Ph)^lambda
> ##Ph
> eal(dadosPh[,c(1,7)], design = 1)
$`Analysis of variance`
      df type I SS mean square F value    p>F
treatments 13    0.0099      8e-04 46.872 <0.001
Residuals  28    0.0005      0e+00    -    -

$Means TRANSFORMADAS POR BOXCOX
  treatment    mean     sd    sem tukey snk duncan  t scott_knott
1         14 1.5040 0.0004 0.0023    a  a    a  a          a
2         12 1.4986 0.0031 0.0023   ab ab    a ab         a
3         13 1.4986 0.0031 0.0023   ab  a    a ab         a
4          5 1.4971 0.0051 0.0023  abc  a    a  b          a

```

5	11	1.4904	0.0052	0.0023	bd	bc	b	c	b
6	10	1.4866	0.0005	0.0023	cd	c	b	c	b
7	6	1.4787	0.0053	0.0023	de	d	c	d	c
8	4	1.4720	0.0025	0.0023	ef	e	d	e	d
9	1	1.4693	0.0063	0.0023	eg	ef	d	e	d
10	8	1.4693	0.0028	0.0023	eg	ef	d	e	d
11	3	1.4677	0.0063	0.0023	eg	eg	de	ef	d
12	9	1.4616	0.0058	0.0023	fg	fg	ef	fg	e
13	7	1.4606	0.0013	0.0023	fg	fg	f	g	e
14	2	1.4590	0.0005	0.0023	g	g	f	g	e

\$`Residual analysis`

\$`Residual analysis`\$`residual analysis`

	values
p.value Shapiro-Wilk test	0.0159
p.value Bartlett test	0.0293
coefficient of variation (%)	0.2700
first value most discrepant	7.0000
second value most discrepant	1.0000
third value most discrepant	25.0000

\$Means ORIGINALES

	treatment	mean	sd	sem	tukey	snk	duncan	t	scott_knott
1	14	5.0333	0.0058	0.0294	a	a	a	a	a
2	12	4.9633	0.0404	0.0294	ab	ab	a	ab	a
3	13	4.9633	0.0404	0.0294	ab	a	a	ab	a
4	5	4.9433	0.0666	0.0294	abc	a	a	b	a
5	11	4.8567	0.0666	0.0294	bd	bc	b	c	b
6	10	4.8067	0.0058	0.0294	cd	c	b	c	b
7	6	4.7067	0.0666	0.0294	de	d	c	d	c
8	4	4.6233	0.0306	0.0294	ef	de	cd	de	d
9	1	4.5900	0.0781	0.0294	eg	ef	d	e	d
10	8	4.5900	0.0346	0.0294	eg	eg	d	e	d
11	3	4.5700	0.0781	0.0294	eg	ef	de	ef	d
12	9	4.4949	0.0705	0.0294	fg	fg	ef	fg	e
13	7	4.4833	0.0153	0.0294	fg	fg	ef	g	e
14	2	4.4633	0.0058	0.0294	g	f	f	g	e

AT

> ea1(datos2[,c(1,5)], design = 1)

\$`Analysis of variance`

	df	type I SS	mean square	F value	p>F
treatments	13	1.8701	0.1439	19.5184	<0.001
Residuals	28	0.2064	0.0074	-	-

\$Means

	treatment	mean	sd	sem	tukey	snk	duncan	t	scott_knott
1	2	1.1566	0.0280	0.0496	a	a	a	a	a
2	3	1.0500	0.0354	0.0496	ab	ab	ab	ab	a
3	4	1.0366	0.0835	0.0496	ac	ab	ab	ab	a
4	8	0.9870	0.2766	0.0496	acd	ab	b	b	a
5	6	0.9407	0.0174	0.0496	acde	bc	bc	bc	a
6	1	0.8062	0.0294	0.0496	bcd	cd	cd	cd	b
7	7	0.7850	0.0100	0.0496	cf	ce	d	d	b
8	9	0.7684	0.0143	0.0496	dfg	cef	d	d	b
9	11	0.7216	0.1176	0.0496	efh	deg	de	de	b

10	10	0.5924	0.0072	0.0496	fh	gh	ef	ef	c
11	12	0.5778	0.0050	0.0496	fh	fgh	ef	f	c
12	13	0.5778	0.0050	0.0496	fh	eh	ef	f	c
13	14	0.5241	0.0138	0.0496	gh	gh	f	f	c
14	5	0.4832	0.0454	0.0496	h	h	f	f	c

Means

coefficient of variation (%) 10.92

RATIO

> ea1(datos2[,c(1,6)], design = 1)

`\$`Analysis of variance`

	df	type I SS	mean square	F value	p>F
treatments	13	3535.5614	271.9663	97.3093	<0.001
Residuals	28	78.2562	2.7949	-	-

`\$`Means

	treatment	mean	sd	sem	tukey	snk	duncan	t	scott_knott
1	5	41.8054	3.6044	0.9652	a	a	a	a	a
2	12	33.9017	0.7335	0.9652	b	b	b	b	b
3	13	33.9017	0.7335	0.9652	b	b	b	b	b
4	14	29.9094	1.1646	0.9652	bc	c	c	c	c
5	10	28.4520	0.3143	0.9652	c	c	c	c	c
6	7	21.4746	0.6368	0.9652	d	d	d	d	d
7	11	19.8948	1.4366	0.9652	de	de	de	de	d
8	1	19.0067	2.4012	0.9652	df	df	de	de	d
9	6	17.4876	0.6216	0.9652	dfg	efg	ef	ef	d
10	9	15.7407	1.5485	0.9652	efh	fh	fg	fg	e
11	2	14.0243	0.5035	0.9652	fh	hi	gh	gh	e
12	4	13.9737	1.1406	0.9652	gh	ghi	gh	gh	e
13	8	12.4923	3.2821	0.9652	gh	hi	h	h	e
14	3	11.5412	0.5097	0.9652	h	i	h	h	e

Means

coefficient of variation (%) 7.4600

MATERIA SECA

> ea1(datosMSUMPROT[,c(1,3)], design = 1)

`\$`Analysis of variance`

	df	type I SS	mean square	F value	p>F
treatments	13	308.0035	23.6926	16.5216	<0.001
Residuals	27	38.7189	1.4340	-	-

`\$`Means ORIGINALES

	treatment	mean	sd	sem	tukey	snk	duncan	t	scott_knott
1	1	13.7699	1.8422	0.6914	a	a	a	a	a
2	10	13.4469	0.7212	0.6914	a	a	ab	a	a
3	6	13.3355	0.9396	0.6914	a	a	ab	a	a
4	2	13.2791	0.4186	0.8468	a	a	ab	ab	a
5	9	13.1015	0.2714	0.6914	a	a	ab	ab	a
6	11	12.9460	1.9454	0.6914	a	a	ab	ab	a
7	5	12.7535	1.5243	0.6914	a	a	ab	ab	a
8	13	12.7138	1.2921	0.6914	a	a	ab	ab	a
9	7	12.5995	0.6580	0.6914	a	a	ab	ab	a
10	3	12.2882	1.5555	0.6914	a	a	ab	ab	a
11	8	12.1591	1.6154	0.6914	a	a	ab	ab	a

12	4	11.2971	0.9958	0.6914	a	a	b	b	a
13	14	5.5044	0.3010	0.6914	b	b	c	c	b
14	12	4.9599	0.2834	0.6914	b	b	c	c	b

```
$`Residual analysis`
$`Residual analysis`$`residual analysis`
values
p.value Shapiro-Wilk test 0.8123
p.value Bartlett test 0.2862
coefficient of variation (%) 10.2500
first value most discrepant 3.0000
second value most discrepant 31.0000
third value most discrepant 23.0000
```

HUMEDAD

```
ea1(datosMSUMPROT[,c(1,4)], design = 1)
```

```
$`Analysis of variance`
df type I SS mean square F value p>F
treatments 13 308.0035 23.6926 16.5216 <0.001
Residuals 27 38.7189 1.4340 - -
```

\$Means ORIGINALES

	treatment	mean	sd	sem	tukey	snk	duncan	t	scott_knott
1	12	95.0401	0.2834	0.6914	a	a	a	a	a
2	14	94.4956	0.3010	0.6914	a	a	a	a	a
3	4	88.7029	0.9958	0.6914	b	b	b	b	b
4	8	87.8409	1.6154	0.6914	b	b	bc	bc	b
5	3	87.7118	1.5555	0.6914	b	b	bc	bc	b
6	7	87.4005	0.6580	0.6914	b	b	bc	bc	b
7	13	87.2862	1.2921	0.6914	b	b	bc	bc	b
8	5	87.2465	1.5243	0.6914	b	b	bc	bc	b
9	11	87.0540	1.9454	0.6914	b	b	bc	bc	b
10	9	86.8985	0.2714	0.6914	b	b	bc	bc	b
11	2	86.7209	0.4186	0.8468	b	b	bc	bc	b
12	6	86.6645	0.9396	0.6914	b	b	bc	c	b
13	10	86.5531	0.7212	0.6914	b	b	bc	c	b
14	1	86.2301	1.8422	0.6914	b	b	c	c	b

```
$`Residual analysis`
$`Residual analysis`$`residual analysis`
values
p.value Shapiro-Wilk test 0.8123
p.value Bartlett test 0.2862
coefficient of variation (%) 1.3600
first value most discrepant 3.0000
second value most discrepant 31.0000
third value most discrepant 23.0000
```

% de CENIZAS

No hay diferencia

```
bc <- boxcox(cenizas ~ Genotipo, data = datos, plotit = F)
```

```
lamb <- bc$x[which.max(bc$y)]
```

```
dic(datos$Genotipo, (datos$cenizas)^lamb, mcomp = "sk")
```

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	10	0.56878	0.056878	1.6249	0.16437
Residuo	22	0.77007	0.035003		
Total	32	1.33886			

CV = 27.19 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.01483774

ATENCIÓN: a 5% de significancia, los residuos no pueden ser considerados normales!

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.05082517

De acuerdo com el test de bartlett a 5% de significancia, las varianzas pueden ser consideradas homogeneas.

De acuerdo com el test F, las medias no pueden ser consideradas diferentes.

	Niveles	Medias
1	L1p1	0.5823093
2	L1P2	0.8531847
3	L1P3	0.6740622
4	L2P1	0.6764216
5	L3P1	0.6611867
6	L4p1	0.5223932
7	L4p2	0.7331774
8	L4p3	0.7734351
9	L5p1	0.8426584
10	L7p1	0.8278358
11	L7p2	0.4237049

Tenor minerales

Fósforo

dic(datos\$Genotipo, datos\$P, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	1097.1	84.395	1.9254	0.071425
Residuo	28	1227.3	43.833		
Total	41	2324.5			

CV = 25,54 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 6.137754e-05

De acuerdo com el test de Shapiro-wilk a 5% de significancia, los residuos no pueden ser considerados normales.

 Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.0002820883

De acuerdo con el o test de Bartlett a 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas.

Test de Scott-Knott

Grupos	Tratamientos	Medias
1	L1-9DJ-P1	32.85231
2	L1-9DJ-P2	24.87481
3	L1-9DJ-P3	20.18316
4	L1-9DJ-P4	31.79458
5	L2-DdM-P1	22.93012
6	L3-SR-P1	27.72306
7	L4-25DM-P1	22.66494
8	L4-25DM-P2	24.98326
9	L4-25DM-P3	18.52627
10	L5-MC-P1	19.92845
11	L6-CA-P1	32.32201
12	L7-CI-P1	34.71182
13	L7-CI-P2	22.09836
14	L8-C60-P1	27.34278

Potasio

dic(datos\$Genotipo, datos\$K^1.93, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	0.025254	0.00194263	2.0064	0.059853
Residuo	28	0.027110	0.00096821		
Total	41	0.052364			

CV = 1,6 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.01135006

ATENCIÓN: a 5% de significancia, los residuos no pueden ser considerados normales!

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 1.467557e-06

ATENCIÓN: a 5% de significancia, Las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Teste de Scott-Knott

Grupos	Tratamientos	Medias
1	L1-9DJ-P1	1.918410
2	L1-9DJ-P2	1.980285
3	L1-9DJ-P3	1.943064
4	L1-9DJ-P4	1.953922
5	L2-DdM-P1	1.956793
6	L3-SR-P1	1.964628
7	L4-25DM-P1	1.919076
8	L4-25DM-P2	1.963318

9	L4-25DM-P3	1.900926
10	L5-MC-P1	1.940478
11	L6-CA-P1	1.951605
12	L7-CI-P1	1.974375
13	L7-CI-P2	1.902250
14	L8-C60-P1	1.930129

Sódio

dic(datos\$Genotipo, (datos\$Na)^-0.3, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	18.0706	1.39005	9.3209	5.0459e-07
Residuo	28	4.1757	0.14913		
Total	41	22.2464			

CV = 53,6 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.3047709

ATENCIÓN: a 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales!

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.1527362

ATENCIÓN: a 5% de significancia, las varianzas pueden ser consideradas homogéneas!

Test de Scott-Knott

	Grupos	Tratamientos	Medias
1	a	L8-C60-P1	1.7423797
2	a	L6-CA-P1	1.6820568
3	a	L7-CI-P1	1.6498941
4	a	L5-MC-P1	1.1737330
5	b	L1-9DJ-P1	0.8638241
6	b	L3-SR-P1	0.7455988
7	b	L4-25DM-P3	0.7404711
8	b	L1-9DJ-P3	0.7138442
9	b	L1-9DJ-P2	0.6839634
10	b	L7-CI-P2	0.4748714
11	b	L2-DdM-P1	0.2802706
12	c	L1-9DJ-P4	-0.1263299
13	c	L4-25DM-P2	-0.1426053
14	c	L4-25DM-P1	-0.3959075

Calcio

dic(datos\$Genotipo, (datos\$Ca)^-1.27, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	796.66	61.281	10.225	1.8993e-07
Residuo	28	167.82	5.994		
Total	41	964.48			

CV = 10,81 %

 Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.5286725

ATENCIÓN: a 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales!

 Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.006374942

ATENCIÓN: a 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Test de Scott-Knott

Grupos	Tratamientos	Medias
1	a L4-25DM-P3	35.67761
2	b L1-9DJ-P3	26.09435
3	b L1-9DJ-P1	25.39141
4	b L1-9DJ-P4	24.76478
5	b L6-CA-P1	23.64664
6	b L1-9DJ-P2	22.91802
7	c L5-MC-P1	20.92410
8	c L3-SR-P1	20.73255
9	c L4-25DM-P2	20.67672
10	c L7-CI-P2	20.62154
11	c L7-CI-P1	19.23687
12	c L8-C60-P1	19.17506
13	c L2-DdM-P1	19.07040
14	c L4-25DM-P1	18.20972

Magnesio

dic(datos\$Genotipo, datos\$Mg, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	917.95	70.612	6.338	2.2356e-05
Residuo	28	311.95	11.141		
Total	41	1229.90			

CV = 8,48 %

 Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.2130801

De acuerdo al test de Shapiro-wilk a 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales.

 Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.02972047

ATENCIÓN: a 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Test de Scott-Knott

Grupos	Tratamientos	Medias
1	a L7-CI-P1	47.20779
2	a L1-9DJ-P4	46.81810
3	b L6-CA-P1	42.51459

4	b	L8-C60-P1	42.22668
5	b	L3-SR-P1	41.43365
6	b	L4-25DM-P3	41.40055
7	b	L7-CI-P2	39.74137
8	b	L5-MC-P1	39.38920
9	b	L1-9DJ-P2	39.15681
10	c	L1-9DJ-P3	36.36555
11	c	L1-9DJ-P1	36.30646
12	c	L4-25DM-P2	35.02130
13	c	L2-DdM-P1	33.78733
14	c	L4-25DM-P1	29.67586

Cobre

dic(datos\$Genotipo, (datos\$Cu)^-0.15, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	0.14472	0.0111320	2.3462	0.028611
Residuo	28	0.13285	0.0047446		
Total	41	0.27756			

CV = 21,04 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.3030214

De acuerdo com el test de Shapiro-wilk a 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales.

Test de homogeneidad de varianzaa

valor-p: 0.07005983

ATENCIÓN: a 5% de significancia, las varianzas pueden ser consideradas homogeneas!

Test de Scott-Knott

	Grupos	Tratamientos	Medias
1	a	L7-CI-P2	0.4171526
2	a	L1-9DJ-P1	0.4019565
3	a	L6-CA-P1	0.3867092
4	a	L4-25DM-P3	0.3815346
5	a	L3-SR-P1	0.3734828
6	a	L1-9DJ-P2	0.3684061
7	a	L1-9DJ-P4	0.3356892
8	b	L1-9DJ-P3	0.3126784
9	b	L4-25DM-P2	0.3056787
10	b	L4-25DM-P1	0.2748075
11	b	L7-CI-P1	0.2733218
12	b	L2-DdM-P1	0.2656492
13	b	L8-C60-P1	0.2481374
14	b	L5-MC-P1	0.2389262

zinc

dic(datos\$Genotipo, (datos\$Zn)^0.12, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	5.1332	0.39486	47.94	1.2692e-15

```
Residuo    28 0.2306 0.00824
Total     41 5.3638
```

CV = 31,25 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 1.65989e-07

ATENCIÓN: a 5% de significancia, los residuos no pueden ser considerados normales!

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 1.29086e-08

ATENCIÓN: a 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Test de Scott-Knott

```
-----
  Grupos Tratamientos      Medias
1      a    L1-9DJ-P2  1.14246781
2      a    L4-25DM-P3  1.12087828
3      b    L1-9DJ-P3  0.28958854
4      b    L1-9DJ-P4  0.26332065
5      b    L4-25DM-P1  0.25793662
6      c    L2-DdM-P1  0.12628006
7      c    L6-CA-P1  0.12626844
8      c    L1-9DJ-P1  0.11731320
9      c    L4-25DM-P2  0.11554171
10     c    L7-CI-P1  0.11123434
11     c    L5-MC-P1  0.10646614
12     c    L3-SR-P1  0.10573044
13     c    L8-C60-P1  0.10042374
14     c    L7-CI-P2  0.08294361
-----
```

Hierro

```
dic(datos$Genotipo, (datos$Fe)^0.26, mcomp = "sk")
```

Cuadro de análisis de varianza

```
-----
Tratamiento  GL      SQ      QM      Fc      Pr>Fc
Residuo      28 0.20112 0.0071828
Total        41 0.60832
-----
```

CV = 15,35 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.1019468

De acuerdo con el test de Shapiro-wilk a 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales.

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0.01311256

ATENCIÓN: a 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Teste de Scott-Knott

	Grupos	Tratamientos	Medias
1	a	L6-CA-P1	0.8013651
2	b	L2-DdM-P1	0.6608445
3	b	L1-9DJ-P1	0.5939538
4	b	L4-25DM-P2	0.5817821
5	b	L3-SR-P1	0.5800011
6	b	L5-MC-P1	0.5724969
7	b	L4-25DM-P3	0.5659239
8	b	L1-9DJ-P2	0.5605559
9	b	L7-CI-P2	0.5453253
10	b	L4-25DM-P1	0.5257772
11	c	L1-9DJ-P3	0.4691312
12	c	L1-9DJ-P4	0.4409442
13	c	L7-CI-P1	0.4364792
14	c	L8-C60-P1	0.3960941

Manganeso

dic(daos\$Genotipo, (datos\$Mn)^-1.07, mcomp = "sk")

Cuadro de análisis de varianza

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	13	3.7186	0.28605	2.3663	0.027402
Residuo	28	3.3848	0.12089		
Total	41	7.1034			

CV = 12,46 %

Test de normalidad de los residuos (Shapiro-wilk)

Valor-p: 0.2961314

ATENCIÓN: a 5% de significancia, los residuos pueden ser considerados normales!

Test de homogeneidad de varianza

valor-p: 0

ATENCIÓN: a 5% de significancia, las varianzas no pueden ser consideradas homogéneas!

Test de Scott-Knott

	Grupos	Tratamientos	Medias
1	a	L1-9DJ-P2	3.233635
2	a	L3-SR-P1	3.233635
3	a	L4-25DM-P2	3.051043
4	a	L1-9DJ-P3	3.017187
5	a	L7-CI-P1	2.916381
6	a	L2-DdM-P1	2.899894
7	a	L4-25DM-P1	2.833425
8	a	L1-9DJ-P4	2.812870
9	a	L4-25DM-P3	2.757222
10	a	L6-CA-P1	2.646042
11	a	L8-C60-P1	2.642102
12	a	L7-CI-P2	2.544652
13	a	L1-9DJ-P1	2.264628
14	a	L5-MC-P1	2.228000

PROTEINAS

\$`Analysis of variance`

	df	type I SS	mean square	F value	p>F
treatments	13	4.4112	0.3393	28.9844	<0.001
Residuals	27	0.3161	0.0117	-	-

\$Means ORIGINAIS

	treatment	mean	sd	sem	tukey	snk	duncan	t	scott_knott
1	7	1.9533	0.0835	0.0625	a	a	a	a	a
2	12	1.9203	0.1418	0.0625	ab	a	a	a	a
3	10	1.6120	0.0803	0.0625	bc	b	b	b	b
4	13	1.4833	0.2295	0.0625	cd	b	bc	bc	b
5	3	1.4307	0.0602	0.0625	cd	bcd	bc	bc	b
6	6	1.4307	0.0602	0.0625	cd	bd	bc	bc	b
7	5	1.3730	0.0648	0.0625	cd	bcd	cd	cd	b
8	1	1.3570	0.0761	0.0625	cd	bcd	cd	ce	b
9	4	1.1983	0.1536	0.0625	de	de	de	def	c
10	9	1.1873	0.1382	0.0625	de	de	de	ef	c
11	2	1.1220	0.0735	0.0765	df	ce	ef	fg	c
12	14	0.9757	0.0646	0.0625	ef	ef	fg	gh	d
13	8	0.9647	0.0350	0.0625	ef	ef	fg	gh	d
14	11	0.7947	0.0618	0.0625	f	f	g	h	d

\$`Residual analysis`

\$`Residual analysis`\$`residual analysis`

	values
p.value Shapiro-Wilk test	0.3071
p.value Bartlett test	0.5832
coefficient of variation (%)	8.0200
first value most discrepant	37.0000
second value most discrepant	38.0000
third value most discrepant	10.0000

Apéndice D – Cuadro de análisis multivariado y gráfico de contribución de los diferentes componentes principales

MANOVA

Modelo = 1 é em DIC

MANOVA(dt_genotipos, Modelo = 1)

MANOVA con el test Pillai

	Df	Pillai approx	F	num Df	den Df	Pr(>F)
Trat	13	8.337692	3.4489	182	351	1.500273e-23
Residuos	28	NA	NA	NA	NA	NA

MANOVA con el test Wilks

	Df	Wilks approx	F	num Df	den Df	Pr(>F)
Trat	13	1.925556e-10	8.635925	182	168.9749	5.646764e-39
Residuos	28	NA	NA	NA	NA	NA

MANOVA com el test Hotelling

	Df	Hotelling-Lawley approx	F	num Df	den Df	Pr(>F)
Trat	13	200.3221	14.47805	182	171	1.850585e-55
Residuos	28	NA	NA	NA	NA	NA

MANOVA com el test Roy

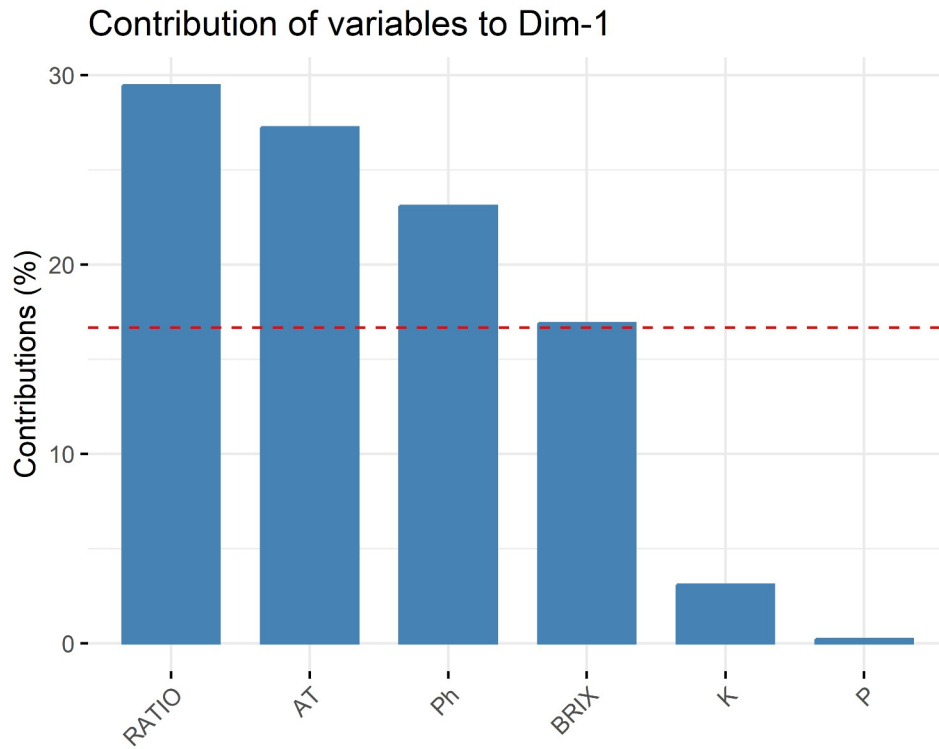
	Df	Roy approx	F	num Df	den Df	Pr(>F)
Trat	13	101.404	195.5649	14	27	2.233664e-23
Residuos	28	NA	NA	NA	NA	NA

Las medias de los tratamientos pueden ser accedidos con el \$Med
 Los grados de libertad del residui pueden ser accedidos con el \$GLres
 la matriz de (co)varianzas residuales puede ser accedida em el
 \$CovarianzaResidual

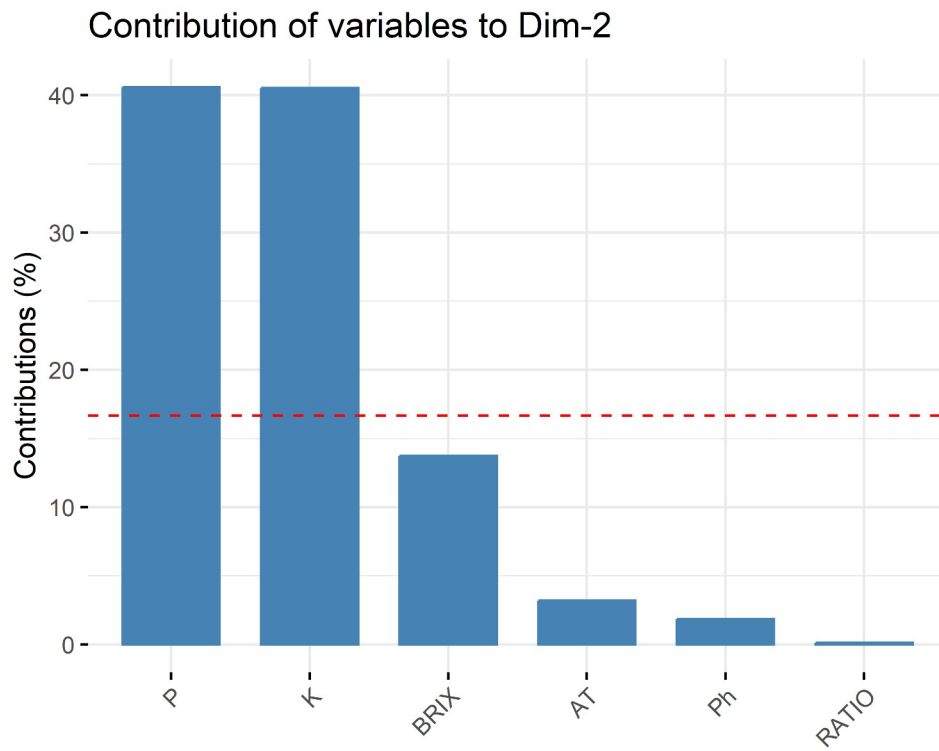
Es significativo por todos los tests.

Análisis de componentes principales (PCA)

PCA com retirada de datos menos importantes



Contribución relativa de cada variable para los dos ejes



Contribución relativa de cada variable para los dos ejes