UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"Efecto de la procedencia en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *Ochroma pyramidale***."**

AUTOR(ES):

Orfelina Yoconda Pujupata Chup

Evelin Abigail Quilligana Punina

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Yudel García Quintana, PhD

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	SI CUMPLE
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	SI CUMPLE
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	SI CUMPLE
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	SI CUMPLE
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	SI CUMPLE

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	SI CUMPLE
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	SI CUMPLE
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	SI CUMPLE
VALORACIÓN TOTAL	100	CIEN

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
PABLO ENRIQUE
LOZANO CARPIO

PABLO ENRIQUE LOZANO CARPIO (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 10 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5.0 / 5	Cumple con los requisitos.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones.	5.0 / 5	Cumple con los requisitos.
3. INTRODUCCIÓN		
Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20.0 / 20	Cumple con los requisitos.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15.0 / 15	Cumple con los requisitos.
5. METODOLOGÍA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información.	15.0 / 15	Cumple con los requisitos.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras.	25.0 / 25	Cumple con los requisitos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10.0 / 10	Cumple con los requisitos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5.0 / 5	Cumple con los requisitos.
VALORACIÓN TOTAL	100	CIEN

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
REGLA MARIA BERNAL GUTIERREZ

REGLA MARÍA BERNAL GUTIÉRREZ (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 10 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Ouriginal by Turnitin

Firmado electrónicamente por:
YUDEL GARCIA QUINTANA

Document Information

Analyzed document	DOCUMENTO FINAL PARA URKUND YOCONDA Y EVELYN.doc (D173271010)
Submitted	2023-08-31 01:29:00
Submitted by	GARCIA QUINTANA YUDEL
Submitter email	ygarcia@uea.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	ygarcia.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA

UNC 2022 Nerly N. Maldonado Montenegro DNI 48025500 VI.PDF.pdf
Document UNC 2022 Nerly N. Maldonado Montenegro DNI 48025500 VI.PDF.pdf (D151108642)
1

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Respuesta germinativa de semillas de Cedrela odorata L. a diferentes niveles de pH.docx
Document Respuesta germinativa de semillas de Cedrela odorata L. a diferentes niveles de pH.docx (D53930795)
Submitted by: yarteaga@uea.edu.ec
Receiver: yarteaga.uea@analysis.urkund.com
2

SA

rodriguez produccion plantulas.docx
Document rodriguez produccion plantulas.docx (D116006301)
2

Entire Document

“Efecto de la procedencia en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de Ochroma pyramidale.”
Effect of provenance on chemical composition, viability and germination of Ochroma pyramidale seeds."
El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las procedencias en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa). Se empleó un diseño completamente aleatorio con tres tratamientos y tres réplicas; se determinó el contenido de minerales (P, K, Ca, Mn, Zn, Fe, Cu), grasa, ceniza, humedad, aminoácidos, azúcares, proteína, prueba de viabilidad mediante tetrazolio al 1% y germinación de semillas a partir de muestras de O. pyramidale de tres orígenes geográficos (Esmeraldas, Orellana y Chiguaza). El análisis de la composición química reportó diferencias

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

Trabajo de Integración Curricular

"Efecto de la procedencia en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *Ochroma pyramidale***."**

Effect of provenance on chemical composition, viability and germination of *Ochroma pyramidale* **seeds."**

Orfelina Pujupata 1[1]
yo.pujupatac@uea.edu.ec

Evelin Quilligana 2[1]
ea.quilliganap@uea.edu.ec

Yudel García PhD [2]
ygarcia@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de [Ciencias de la Tierra], Carrera de [Ingeniería Forestal] (1)

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las procedencias en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa). Se empleó un diseño completamente aleatorio con tres tratamientos y tres réplicas; se determinó el contenido de minerales (P, K, Ca, Mn, Zn, Fe, Cu), grasa, ceniza, humedad, aminoácidos, azúcares, proteína, prueba de viabilidad mediante tetrazolio al 1% y germinación de semillas a partir de muestras de *O. pyramidale* de tres orígenes geográficos (Esmeraldas, Orellana y Chiguaza). El análisis de la composición química reportó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre procedencias, resultando Esmeraldas con mayor concentración en P, K, Ca, y Zn con valores de 802,1 mg/100g, 770 mg/100g, 129,10 mg/100g, 5,21 mg/100g, respectivamente, Orellana en Fe (9,87 mg/100g) y Chiguaza en Mn y Cu (1,58 mg/100g, 1,88 mg/100g, respectivamente). La procedencia de Orellana fue la de mayor contenido en grasa, aminoácidos, azúcares y humedad (22,75 mg/100g, 2786 mg/100g, 0,036 mg/100g, 9,94 mg/100g), mientras Esmeraldas y Chiguaza en proteínas y ceniza con valores de 18,67 mg/100g y 5,30 mg/100g. Se comprobó que Chiguaza presentó mayor viabilidad (92%), capacidad germinativa (93,33%), índice de velocidad de germinación (31,62%) e índice de Timpson (36,97%), lo que denota la calidad fisiológica de las semillas como respuesta para garantizar altos porcentajes de germinación, con mayor velocidad y emergencia de plántulas, siendo idónea para su uso

en la reforestación. Estos resultados demostraron el efecto de las procedencias en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *O. pyramidale* como contribución al manejo silvícola de este importante recurso forestal.

***Palabras clave**:* Procedencias, semillas, minerales, viabilidad, germinación.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of the provenances on the chemical composition, viability and germination of seeds of *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa). A completely randomized design with three treatments and three replicates was used; the mineral content is determined (P, K, Ca, Mn, Zn, Fe, Cu), fat, ash, moisture, amino acids, sugars, protein, viability test using 1% tetrazolium and seed germination from samples of *O. pyramidale* from three geographical origins (Esmeraldas, Orellana and Chiguaza). The analysis of the chemical composition reported significant differences ($p \leq 0,05$) between provenances, resulting in Esmeraldas with the highest concentration of P, K, Ca, and Zn with values of 802,1 mg/100g, 770 mg/100g, 129, 10 mg/100g, 5,21 mg/100g, respectively, Orellana in Fe (9,87 mg/100g) and Chiguaza in Mn and Cu (1,58 mg/100g, 1.88 mg/100g, respectively). The origin of Orellana was the one with the highest content of fats, amino acids, sugars and humidity (22,75 mg/100g, 2786 mg/100g, 0,036 mg/100g, 9,94 mg/100g), while Esmeraldas and Chiguaza in proteins and ash with values of 18,67 mg/100g and 5,30 mg/100g. It was verified that Chiguaza presented greater viability (92%), germination capacity (93,33%), germination speed index (31,62%) and Timpson index (36,97%), which denotes the physiological quality of seeds as a response to guarantee high germination percentages, with greater speed and emergence of seedlings, being ideal for use in reforestation. These results demonstrated the effect of the provenances on the chemical composition, viability and germination of *O. pyramidale* seeds as a contribution to the silvicultural management of this important forest resource.

***Keywords**:* Provenance, seeds, minerals, viability, germination.

1. INTRODUCCIÓN

Ochroma pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa) es un tipo de árbol tropical perteneciente a la familia Malvaceae, altamente solicitado por ser un recurso maderero en la industria forestal, considerada una especie autóctona de América, su distribución natural abarca desde el sur de México hasta Bolivia (Honorato-Salazar et al., 2015). Se cultiva de forma natural y a través de reforestación en la selva subtropical de Ecuador de ahí que esta especie arbórea es altamente aprovechada como recurso forestal maderable convirtiéndola en un rubro económico importante para el país (González Osorio et al., 2010).

Desde el año 2009, la producción de balsa en Ecuador ha experimentado un notable aumento (Del Cioppo Morstadt & Carrera Maridueña, 2015), consolidándose como el principal exportador mundial de esta madera (Samir Doumet-Párraga et al., 2021). Este logro se debe en gran parte a la ventajosa ubicación geográfica del país y a las características únicas de la madera de balsa ya que su densidad básica de 0,12 g/cm³ y su peso que oscila entre 100 y 200 kg/m³, la convierten en una de las maderas tropicales livianas más destacadas a nivel global (Parrales Cedeño, 2016).

De tal manera que, durante el año 2012, el gobierno ecuatoriano implementó medidas para fomentar el aumento de las plantaciones forestales, pero los resultados no alcanzaron las expectativas deseadas. A pesar de que se estimaba la existencia de aproximadamente 164,000 hectáreas de plantaciones forestales en diversas ubicaciones dispersas, solo se logró reforestar un 50% de esa superficie, de las cuales 10,000 hectáreas reforestadas correspondieron a especies nativas como *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa) (Ycaza Peñafiel, 2021).

Uno de los posibles factores que determinaron el fracaso de esta iniciativa está regido a que esta especie forestal presenta una amplia distribución en diferentes regiones tropicales de América, por ende, la composición química y poder germinativo de sus semillas puede variar dependiendo de su origen, así como la variabilidad existente en los atributos y características de las semillas entre distintas poblaciones, esto garantiza la capacidad de las plántulas para emerger, crecer y establecerse (Cochrane et al., 2015). Esta variación puede desempeñar un papel fundamental e importante en la capacidad de adaptación, supervivencia, viabilidad de las semillas y poder germinativo ya que está fuertemente influenciada por el origen geográfico de las variables ambientales tales

como el clima, suelo, hidrografía, la topografía etc. de los sitios de procedencia (Guo et al., 2010).

Por ende, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de las procedencias en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. (balsa), obteniendo un conocimiento importante de la balsa como especie forestal que permitirá una gestión más efectiva y sostenible de este recurso, facilitando su uso en diferentes contextos desde la reforestación, mejora genética de especies, estudios ecológicos, silvicultura y manejo forestal o incluso hasta en la industria maderera y otros usos comerciales.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio

Esta investigación se desarrolló en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica (UEA), ubicado en el kilómetro 2 $^{1/2}$ vía al Tena, en la provincia de Pastaza, a partir de semillas recolectadas de árboles semilleros con excelentes características fenotípicas provenientes de tres procedencias (Orellana, Chiguaza y Esmeraldas) de *O. pyramidale* (Figura 1).

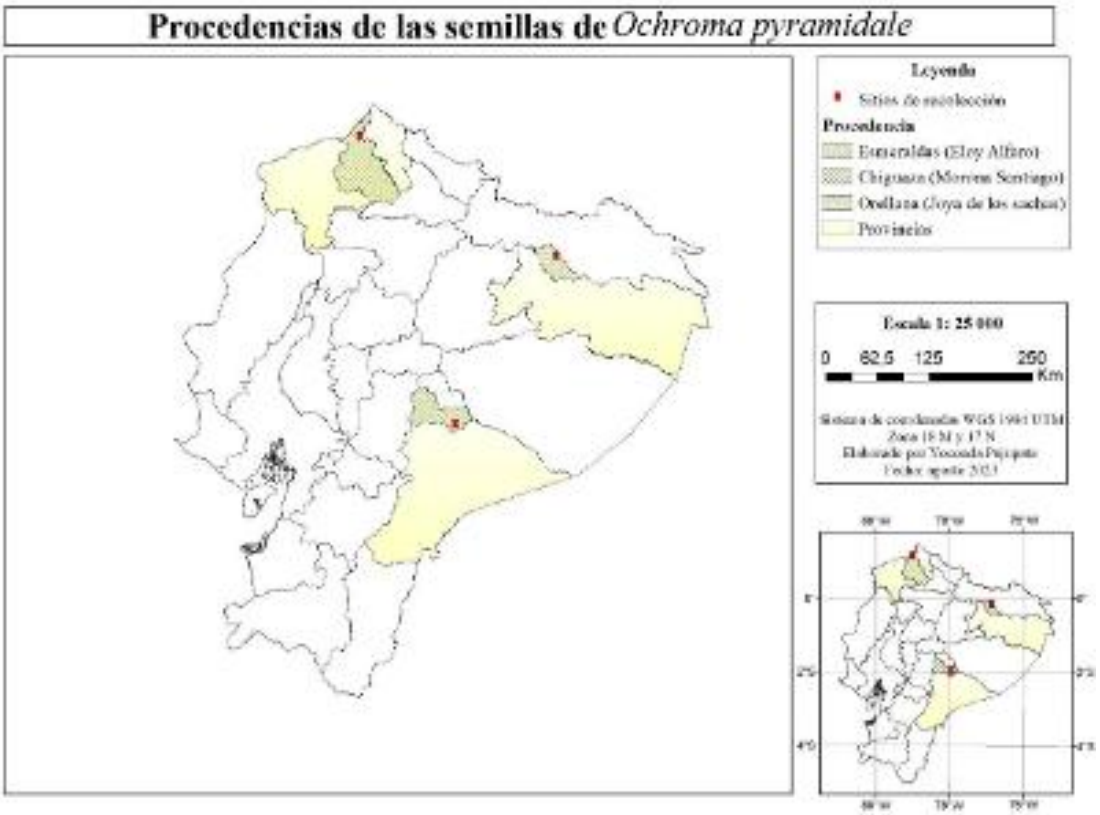

Figura 1. Ubicación geográfica de la procedencia de las semillas de *O. pyramidale*

Fuente: Elaboración propia

Se detallan las características climáticas, coordenadas geográficas y límites de cada origen geográfico (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas geográficas, límites y características climáticas de las tres procedencias donde se recolecatron las semillas de *O. pyramidale*.

Procedencia	Coordenadas geográficas	Límites	Características climáticas
Orellana	0°13'15.8"S 76°51'56.6"W	Norte con la Provincia de Sucumbíos; al sur con el Cantón Francisco de Orellana; al este con la Provincia de Sucumbíos y oeste con el Cantón Francisco de Orellana (GADM Joya de los Sachas, 2020)	Altitud 270 msnm, Clima húmedo tropical, Temperatura entre 18°C y 22°C (GADM La Joya de los Sachas, 2019).
Esmeraldas	1°05'39.2"N 79°00'07.4"W	Noroeste el Océano Pacífico, al Noreste el Cantón San Lorenzo, al Suroeste los Cantones Río Verde y Quinindé; y al Sudeste los cantones Cotacachi y Urcuquí de la provincia de Imbabura (GADM Eloy Alfaro, 2014)	Altitud 100 msnm, Clima tropical lluvioso, Temperatura entre 23ºC y 31ºC (GADM Eloy Alfaro, 2014).
Chiguaza	2°03'02.8"S 77°57'60.0"W	Norte con el cantón Huamboya, al Sur la parroquia Sinaí y Sevilla Don Bosco y al Oeste con las Cooperativa Sexta y Séptima Cooperativa (Taisha-Shakai, 2013)	Altitud 3536 msnm, Temperatura entre 22 °C y 28 °C (Taisha-Shakai 2013)

Fuente: Elaboración propia

La investigación fue de tipo descriptiva, porque estos estudios buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se somete a un análisis (Hernández-Sampieri et al., 1997).

En esta investigación se describió el comportamiento de las semillas a partir de la composición química orgánica (proteína, carbohidratos, grasa, aminoácidos, ceniza) e inorgánica (minerales), la calidad física (largo, ancho, grosor y humedad), viabilidad de semillas (categorías de vigor) y la descripción de indicadores fisiológicos de las semillas (capacidad germinativa, tiempo medio de germinación índice velocidad de germinación, índice de Timpson y energía germinativa).

2.2. Procedimiento metodológico para la composición química de las semillas

2.2.1. Tratamiento de la muestra

El experimento se realizó mediante un diseño completamente aleatorio con tres tratamientos y tres réplicas. Inicialmente se pesó 20 g de semillas enteras de cada procedencia, posteriormente fueron secadas en la estufa a 40°C por 24 horas y finalmente se trituraron.

2.2.2. Composición inorgánica de la semilla (Contenido de minerales)

La determinación de minerales (calcio, fosforo, potasio, manganeso, hierro, sodio, cobre y zinc) de las semillas de balsa se basó en la metodología de Luna-Fox et al., (2023). Se realizó el tratamiento por digestión con 0,5 g de muestras por triplicado de cada una de las procedencias, luego se incorporó 1 ml de peróxido de hidrogeno y 7 ml de ácido nítrico (HNO_3) concentrado, seguidamente se colocó los pocillos en el equipo de sistema de digestión asistida por microondas por 1 hora y 30 minutos. Finalmente, se realizó la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica PERKIN ELMER para especificar la concentración de los minerales. Se utilizó el método de la curva de calibración a través de la expresión (1) utilizado por Luna-Fox et al., (2023).

$$m = \frac{PM * DFI}{M} \quad (1)$$

Dónde:

m: concentración del metal a determinar ($mg \cdot kg^{-1}$)

PM: concentración de la disolución de ensayo ($mg \cdot L^{-1}$),

FDI: factor de dilución

M: biomasa de la muestra (g).

2.3. Composición orgánica de semillas

2.3.1. Obtención del extracto acuoso

Se obtuvo un extracto acuoso aplicando la técnica de extracción asistida por ultrasonido recomendada por Luna-Fox et al., (2023). Se pesó 5 g de muestra y se colocó dentro de un balón de vidrio de 250 mL, y se añadió 100 mL de agua destilada, finalmente se obtuvo el extracto acuoso a 60 °C por 30 min.

2.3.2. Determinación de aminoácidos

Se determinó los aminoácidos de las semillas a través del método de hidrato de tricetohidrindeno (ninhidrina) utilizando la metodología propuesta por Sang-Won et al., (2003). Se tomó 1 mL del extracto acuoso y se añadió 1 mL de disolución de ninhidrina al 2%. La mezcla de reacción se colocó en un baño de agua a 100 ºC durante 5 min. Posteriormente fue tomado 1 mL de la mezcla y enrasado en un volumétrico de 10 mL. La absorbancia fue medida con el espectrofotómetro a una longitud de onda de 570 nm. Los resultados fueron expresados en mg/100 g equivalentes de cistina. La curva de calibración fue preparada con las siguientes concentraciones: 2, 6, 10, 14 y 20 mg/L de cistina. La ecuación obtenida fue la siguiente (2):

$$A = 0{,}0333 * C - 0{,}0264 \quad (2)$$

Dónde:

A: Absorbancia

C: Concentración en mg/L

2.3.3. Carbohidratos

Se determinó el contenido de carbohidratos a través del método colorimétrico propuesto por (Dubois et al., 1951). Se tomó 1 mL del extracto acuoso en un tubo de ensayo y se añadió 3 ml de ácido sulfúrico concentrado en un baño de hielo durante 3 min. Posteriormente fue enrasado en un volumétrico de 10 mL y se llevó a volumen con agua destilada. La absorbancia fue medida con el espectrofotómetro a una longitud de onda de 315 nm. Los resultados fueron expresados en mg/100 g equivalentes de glucosa. La curva de calibración fue preparada con las siguientes concentraciones: 0,1, 0,15, 0,2, 0,25 y 0,3 mg/L de glucosa. A partir de la siguiente ecuación (3).

$$A = 1{,}002 * C - 0{,}0368 \ (R^2=0{,}9946) \quad (3)$$

Dónde:

A: Absorbancia

C: Concentración en mg/L

2.3.4. Grasa

La determinación de grasa se realizó mediante el método descrito por el método AOAC (2000). Se pesó 1 g de muestra de semillas en una funda XT4 FILTER BAGS, luego se colocaron dentro del equipo EXTRACTOR ANKON X15 y se hizo la extracción de la grasa utilizando hexano como solvente por 2 horas, transcurrido este tiempo se retiraron las muestras y se colocaron a la estufa 30 min a 105 °C para eliminar los residuos de hexano. Finalmente se pesaron las muestras y se calculó el contenido de grasa por diferencia de masa, aplicando la siguiente ecuación determinada por la AOAC (2000) (4).

$$\%G = \frac{m2-m1}{m} * 100 \quad (4)$$

Dónde:

M2: peso final de la muestra

M1: peso inicial de la muestra más la funda XT4 FILTER BAGS

M: peso de la muestra empleada

2.3.5. Determinación de proteína bruta

La determinación de proteína bruta se realizó usando el método de Kjeldahl utilizado por García-Martínez et al., (2013). Este método se dividió en tres etapas: digestión, destilación y valoración.

DIGESTIÓN

Para el análisis de proteína se pesó 1 g de muestra, luego se colocó en un tubo de digestión con una pastilla Kjeldahl y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, seguidamente se colocaron los tubos en el digestor por 2 horas. Terminada la digestión se colocó 65 mL de agua destilada a cada tubo.

DESTILACIÒN

Posterior a la digestión, en un Erlenmeyer de 250 mL se colocó 35 mL de ácido bórico al 2% y 3 gotas de indicador tashiro, luego se adicionó 60 mL de hidróxido de sodio al 45,4% y se dejó destilar por 10 min.

TITULACIÒN

Se llenó la bureta con ácido sulfúrico (0.2 N) y se valoró la solución obtenida en la etapa de destilado. El punto final de la valoración fue cuando presentó un cambio de color de verde a purpura.

Para la expresión de los resultados se utilizó la siguiente ecuación recomendada por Viáfara-Banguera (2020) (5).

$$\%N = \frac{V*N*Meq\ N}{M} * 100 \quad (5)$$

Dónde:

% N: Porcentaje de Nitrógeno

V: Volumen en mL de ácido sulfúrico 0,2 N utilizados en la titulación
N: Normalidad del ácido sulfúrico

N: Miliequivalente de N (Peso molecular del N dividido para 1000)

M: Peso de muestra en g

Para determinar la proteína que contenían las semillas se empleó la ecuación propuesta por Viáfara-Banguera (2020) (6).

$$\%P = \%N * F \quad (6)$$

Dónde:

N: Porcentaje de Nitrógeno

F: Factor de conversión para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas.

La mayoría de las proteínas contenían un 16% de N, de modo que el factor de conversión fue 6,25 (100/16 = 6,25), que es el factor universalmente utilizado para alimentos en general (García-Martínez et al., 2013).

2.3.6. Determinación de ceniza

Para el análisis de ceniza se utilizó el método de Luna-Fox et al., (2023). Se pesó 2 g de muestra triturada en crisoles de porcelana, luego se colocó en una hornilla eléctrica para carbonizarla, seguidamente se llevó los crisoles a la mufla a 550 °C por 2 horas para calcinar. Concluido el tiempo, con ayuda de una pinza metálica se retiró las

muestras y se dejó enfriar en el desecador por 1 hora. Finalmente se pesó las muestras para el cálculo de las cenizas totales, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación recomendada por Luna-Fox et al., (2023) (7).

$$\%C = \frac{M1-m}{M2-m} * 100 \quad (7)$$

Dónde:

C: Porcentaje de cenizas totales

M1: Masa del crisol más la muestra incinerada (g)

M2: Masa del crisol más la muestra fresca (g)

m: Masa del crisol vacío (g).

2.4. Indicadores físicos

2.4.1. Morfología de las Semillas

Se describió la morfología de las semillas a partir de la medición del largo, ancho y grosor de las semillas a partir de una muestra de 100 semillas de cada procedencia con tres réplicas (Tabla 2), mediante el uso de un calibrador vernier (pie de rey), con el propósito de comprobar si existían variaciones en las categorías de tamaño de las semillas de esta especie que pudieran influenciar en los resultados de la investigación.

Tabla 2. Tamaño medio de las semillas de *O. pyramidale* de tres procedencias.

Procedencia	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
Esmeraldas	0,033	0,020	0,020
Orellana	0,032	0,020	0,037
Chiguaza	0,033	0,019	0,019

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Humedad

Se determinó la humedad de las semillas con el siguiente procedimiento prescrito por la ISTA (1981). Se pesó 1 g de semilla de cada procedencia, seguidamente se introdujo en la estufa a 105°C ± 2°C durante 4 horas, al finalizar el tiempo se retiró las muestras para enfriar en la desecadora por 1 hora y se tomó el primer peso, posteriormente se volvió a poner en la estufa por 1 hora con la finalidad de tomar el segundo peso, hasta

conseguir un peso constante. Para el cálculo del contenido de humedad se empleó la siguiente ecuación utilizada por ISTA (1993) (8).

$$\%H = \frac{M1-M2}{M1-M} * 100 \quad (8)$$

Dónde:

M2: Peso de la caja Petri inferior más la muestra seca (peso constante) en g

M1: Peso de la caja Petri inferior vacía más la muestra en g

M: Peso de la caja Petri inferior vacía en g

2.5. Indicadores fisiológicos

2.5.1. Prueba de viabilidad

La viabilidad de las semillas se realizó mediante la prueba de tetrazolio (2,3,5-cloruro de trifenil tetrazolio) empleando una concentración del 1% acorde al procedimiento descrito por Quintana et al., (2019). Se utilizó una muestra de 75 semillas de cada procedencia con tres réplicas, cada una conformada por una submuestra de 25 semillas, con un tiempo único de inmersión en tetrazolio por 2 horas.

Las semillas fueron sumergidas en agua común por 24 horas previo a la prueba, posterior se colocó en cajas Petri con la solución de tetrazolio y se dejó en la estufa a 40 °C. Luego se lavaron las semillas con agua común para eliminar el exceso del tinte y finalmente con el uso de bisturí se realizó un corte transversal del embrión para verificar si se produjo un cambio de color basándose en lo descrito por García Quintana et al., (2023).

Para determinar los niveles de vigor (alto, medio, bajo) se usó la metodología que expresa Dos Santos et al., (2019), lo cual permitió la identificación de las semillas viables y no viables:

Alto vigor: Semillas que estaban completamente manchadas con un aspecto rojizo.

Vigor medio: Semillas con pequeñas áreas de color rojizo sin manchas, con poca profundidad, tejidos necróticos o flácidos.

Bajo vigor: Semillas con la presencia de áreas grandes o múltiples menores de color rojizo

Sin tinción, con tejidos necróticos o flácidos de mayor extensión.

No vigorosas: Semillas con radícula deteriorada sin coloración (blanco lechoso), lo que indicó tejido muerto.

El porcentaje de viabilidad se obtuvo a través de la ecuación propuesta por (Ríos García et al., 2018) (9).

$$\%viabilidad = \frac{semillas\ teñidas}{semillas\ totales} * 100 \quad (9)$$

2.5.2. Germinación

Se realizó un preacondicionamiento de las semillas sumergiéndolas en agua común por 24 horas, lapso que estuvo entre los rangos aceptados para las especies arbóreas (Correa et al., 2013).

La germinación fue realizada en condiciones de laboratorio a temperatura ambiente, utilizando cajas Petri y como sustrato dos capas de papel toalla blanco húmedo donde se colocó las semillas y se cubrió. Las semillas fueron regadas diariamente con agua destilada de manera uniforme para garantizar humedad a las semillas y por lo tanto la germinación. Los parámetros que se estimó para la germinación fueron: capacidad germinativa (CG), tiempo medio de germinación (TMG), índice de velocidad de germinación (IVG) e índice de Timpson (IT).

El control de la germinación se realizó diariamente desde el inicio del experimento hasta el último día del ensayo, basado en lo que menciona García-Quintana et al., (2023), con los datos obtenido se calculó la capacidad germinativa mediante la ecuación propuesta por (Sotolongo-Sospedra et al., 2011) (10).

$$CG = \frac{ni}{N} * 100 \quad (10)$$

Dónde:

ni = Número de semillas germinadas

N = Número total de semillas de la muestra

El Tiempo medio de germinación (TMG), mediante este parámetro se midió la velocidad y dispersión de la germinación a través de la siguiente expresión recomendada por (Gómez-Restrepo, 2004) (11).

$$TMG = \frac{T1N1+T2N2+TnNn}{N} \quad (11)$$

Dónde:

Tn = número de días transcurridos desde el inicio de la germinación hasta el día n,

Nn: número de semillas germinadas en el día n

N: número total de semillas germinadas.

El índice de velocidad de germinación (IVG), se calculó mediante la fórmula propuesta por Carrillo-Sosa et al., (2007) (12).

$$IVG = \Sigma \frac{ni}{ti} \quad (12)$$

Dónde:

Ni: número de semillas germinadas

ti – tiempo necesario para alcanzar el mayor porcentaje de germinación

El índice de Timpson permitió calcular el porcentaje de semillas germinadas en el transcurso de 24 h y se realizó el cálculo mediante la fórmula recomendada por Khan & Ungar (1984) (13).

$$IT = \Sigma \frac{G}{t} \quad (13)$$

Dónde:

G: porcentaje de germinación en intervalo de 24 horas.

t: período total de germinación.

3. RESULTADOS

Conforme los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple se obtuvo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la concentración de minerales (P, K, Ca y Mn) en las tres procedencias de las semillas de *O. pyramidale*. En el contenido de P Esmeraldas fue la de mayor concentración con 802,1 mg/100g, seguido por Orellana con 786,43 mg/100g y por último Chiguaza, la cual presentó el valor más bajo de 710,46 mg/100g. El contenido de K indicó que las semillas de Esmeraldas presentaron mayor contenido con 770 mg/100g, mientras que Orellana y Chiguaza tuvieron valores similares con un contenido inferior a 660 mg/100g.

El Ca resultó con diferencias altamente significativas para las tres procedencias, con valores más elevados para Esmeraldas y Orellana que se mantuvieron por encima de 126,87mg/100g, contrario al contenido de las semillas de Chiguaza que fue el más bajo con 15,16 mg/100g. En relación con el Mn se observó que las semillas de Chiguaza presentaron mayor composición con 1,58 mg/100g, seguido por Esmeraldas 1,50 mg/100 g y por último Orellana con 1,32 mg/ 100g (Figura 2).

Estos resultados demostraron que existe un patrón irregular en cuanto a la composición mineralógica de estos compuestos inorgánicos (P, K, Ca y Mn), lo que denotó una composición de naturaleza inorgánica diferente entre los tres orígenes geográficos de estudio.

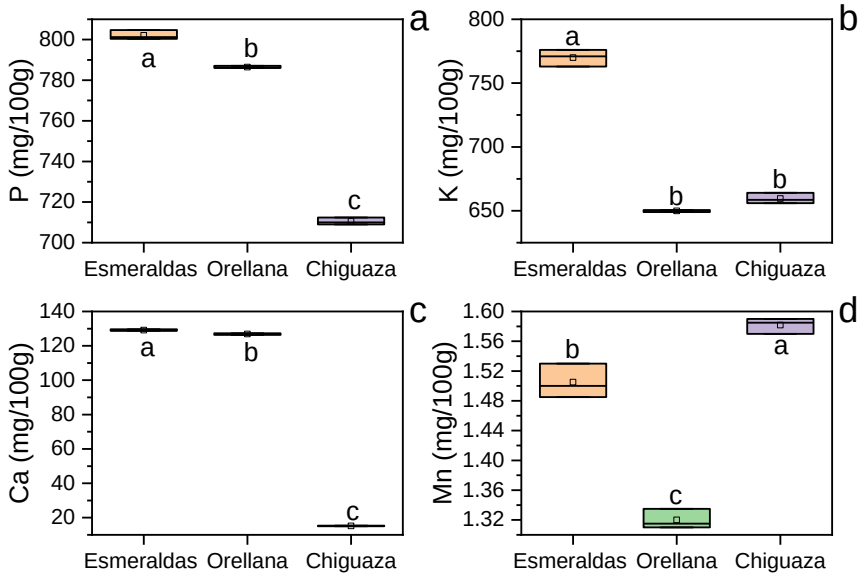

Figura 2. Contenido de minerales de semillas de tres procedencias de *O. pyramidale:* a) Fósforo (P), b) Potasio(K), c) Calcio (Ca) y d) Manganeso (Mn).

Letras desiguales indicaron diferencias significativas según ANOVA y prueba de Tukey al 95% de confiabilidad.

Los resultados del ANOVA relacionados con el contenido de minerales (Zn, Fe y Cu) y cenizas mostraron variación significativa ($p \leq 0,05$) entre las procedencias de la especie *O. pyramidale* con excepción del contenido de cenizas que fue el mismo para las tres procedencias.

El comportamiento del Zn fue similar a lo reportado en los elementos químicos descritos en la figura anterior. Se encontró mayor concentración en las semillas de la procedencia Esmeraldas con 5,21 mg/100g, seguido por Orellana con 5,10 mg/100g y finalmente Chiguaza con 4,51 mg/100g. La concentración de Fe a diferencia del elemento anterior fue mayor en la procedencia Orellana con 9,87 mg/100g, le siguió Esmeraldas con un valor de 7,75 mg/100g y Chiguaza con valores inferiores al resto con 4,58 mg/100g. Al analizar la composición de Cu se observó que Chiguaza presentó valores medios superiores con 1,88 mg/100g, le siguió Orellana con 1,70 mg/100g y luego Esmeraldas con 1,67 mg/100g (Figura 3). Los resultados demostraron que existió una variación en los compuestos inorgánicos (Zn, Fe, Cu) de las semillas de las tres procedencias de estudio.

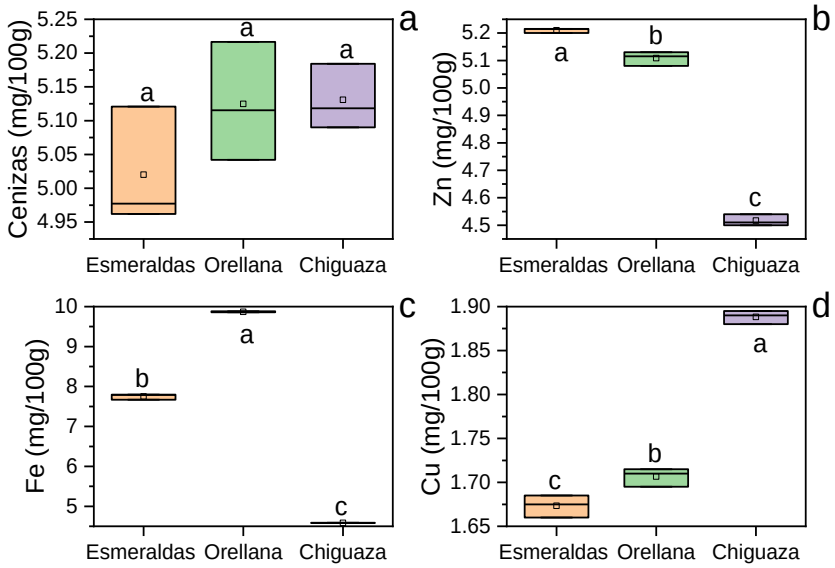

Figura 3. Contenido de cenizas y minerales de tres procedencias de semillas de *O. pyramidale* a) cenizas b) Zinc (Zn), c) Hierro (Fe), d) Cobre (Cu).
Letras desiguales indicaron diferencias significativas según ANOVA y prueba de Tukey al 95% de confiabilidad.

En relación con el contenido de proteína, grasa, aminoácidos y azúcares se encontró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las procedencias. El contenido de proteínas reportó que las semillas provenientes de Esmeraldas fueron diferentes a las de Chiguaza, donde Esmeraldas presentó un valor medio de 18,67 mg/100g y Chiguaza 16,57 mg/100g, mientras que Orellana presentó un valor similar con Esmeraldas y Chiguaza.

El contenido de grasa fue superior en Esmeraldas y Orellana, con valores medios de 22,64 mg/100g y 22,75 mg/100g, respectivamente y Chiguaza mostró un comportamiento diferente con un valor de 21 mg/100g (Figura 4).

En cuanto a aminoácidos los resultados fueron diferentes entre procedencias con un contenido medio superior en Orellana, con valores por encima de 2600 mg/100g, mientras que Esmeraldas presentó un valor promedio de 2350 mg/100g y Chiguaza valores inferiores con 2100 mg/100g (Figura 4).

El contenido de azúcares fue mayor en Orellana con un valor medio de 0,036 mg/100g y menor en Chiguaza con 0,026 mg/100g y Esmeraldas con 0,024 mg/100g (Figura 4).

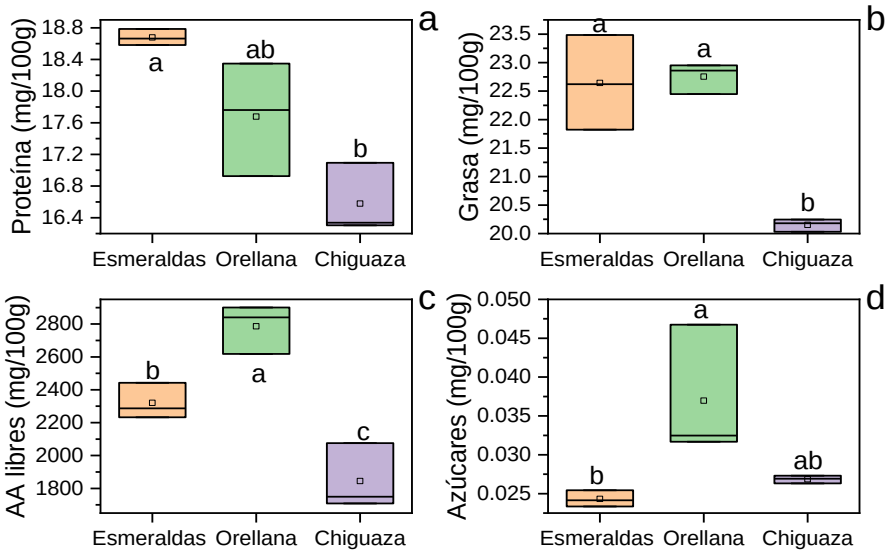

Figura 4. Contenido de compuestos orgánicos en semillas de *O. pyramidale* de tres procedencias a) Proteína, b) Grasa, c) AA libres, d) Azúcares

Letras desiguales indicaron diferencias significativas según ANOVA y prueba de Tukey al 95% de confiabilidad.

La prueba de viabilidad de las semillas indicó que los orígenes geográficos de Chiguaza y Orellana presentaron semillas con mayor viabilidad, con un porcentaje por encima del 90% de semillas teñidas de color rojizo (Vigor alto), mientras que Esmeraldas presentó un 12% de semillas con pequeñas áreas de color rojizo (Vigor medio) y un 88% sin tinción (No vigorosas), lo que demostró la baja viabilidad de las semillas de esta procedencia (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de vigor de semillas de *O. pyramidale* de tres procedencias.

	Categorías de vigor			
Procedencia	**V. alto**	**V. medio**	**V. bajo**	**No vigorosas**
Esmeraldas	0	12%	0	88,00%
Orellana	92%	2,00%	0	6,00%
Chiguaza	92%	2,66%	0	5,34%

Fuente: Elaboración propia

Se encontró que el porcentaje de viabilidad, capacidad germinativa, índice de Timpson, índice de velocidad de germinación, tiempo medio de germinación y humedad de las semillas como expresión de la calidad de las semillas fue significativo ($p \leq 0,05$) para las tres procedencias de estudio. El porcentaje de viabilidad fue superior al 90% en las procedencias de Orellana y Chiguaza. La capacidad germinativa en la procedencia de Chiguaza obtuvo un porcentaje de 93,33%, con mayor cantidad de semillas germinadas durante los 15 días que duró el ensayo, seguido de Orellana con 42,66 % y Esmeraldas con 13,33%. El bajo porcentaje es un reflejo de la capacidad de germinación de las semillas. El índice de Timpson para las semillas de Chiguaza obtuvo un valor de 36,97%, Orellana de 16,53% y Esmeraldas de 5,06 %, lo que demostró que las semillas procedentes de Chiguaza germinaron a mayor velocidad y en menor tiempo, como criterio de la calidad fisiológica de las semillas.

El índice de velocidad de germinación tuvo mejor comportamiento en las semillas de Chiguaza con 31,62%, seguido de Orellana con 14,23%, y por último Esmeraldas con 4,33%, lo que permitió que las semillas procedentes de Chiguaza a los 5 días del ensayo alcanzaron el mayor porcentaje de semillas germinadas. Por otro lado, el tiempo medio de germinación y el porcentaje de humedad no variaron entre las tres procedencias manteniéndose en el mismo rango de tiempo y contenido de humedad (Figura 5).

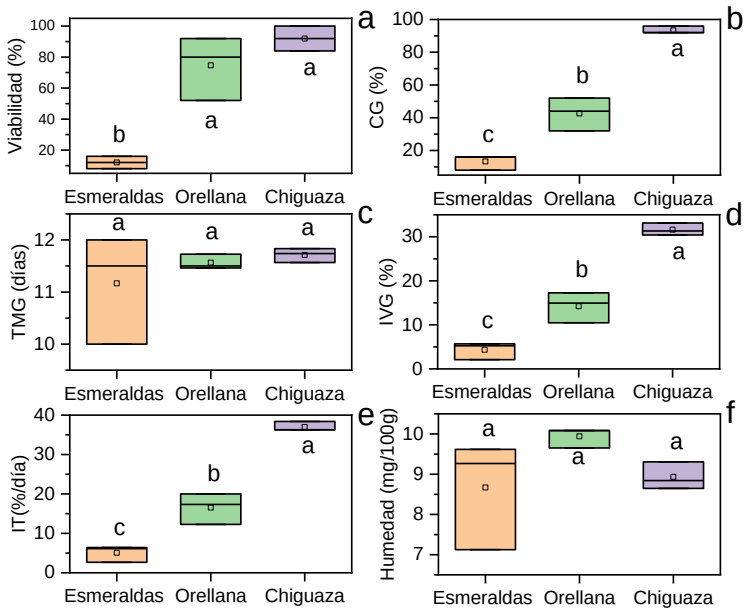

Figura 5. Indicadores de calidad de las semillas de *O. pyramidale* de tres procedencias a) Viabilidad, b) Capacidad germinativa, c) Tiempo medio de germinación, d) Índice velocidad de germinación, e) Índice de Timpson, f) Humedad.

Letras desiguales indicaron diferencias significativas según ANOVA y prueba de Tukey al 95% de confiabilidad.

La germinación hasta el tercer día del ensayo fue similar en las tres procedencias, en el segundo día del ensayo se observó que la primera semilla germinada fue de Orellana, manteniéndose hasta el tercer día, mientras que Esmeraldas y Chiguaza no comenzaron con la germinación, sin embargo, al cuarto día de siembra de las semillas se comprobó un crecimiento exponencial en la curva de germinación acumulada, demostrando que Chiguaza obtuvo mayor porcentaje de germinación, aproximadamente el 75%, alcanzando la máxima cantidad de semillas germinadas en el séptimo día, aproximadamente el 95% del total de semillas germinadas, manteniéndose hasta el último día del ensayo. En cambio, Orellana obtuvo un 30% en el cuarto día y alcanzó su punto más alto en el quinto día con un 45% de germinación y finalmente Esmeraldas con un 10%. Al sexto día no se presentaron variaciones para las tres procedencias, sim embargo a partir de este día en Orellana su rango de germinación se mantuvo hasta el último día del ensayo experimental, confirmando una disminución acelerada de la germinación de las semillas de esta procedencia (Figura 6).

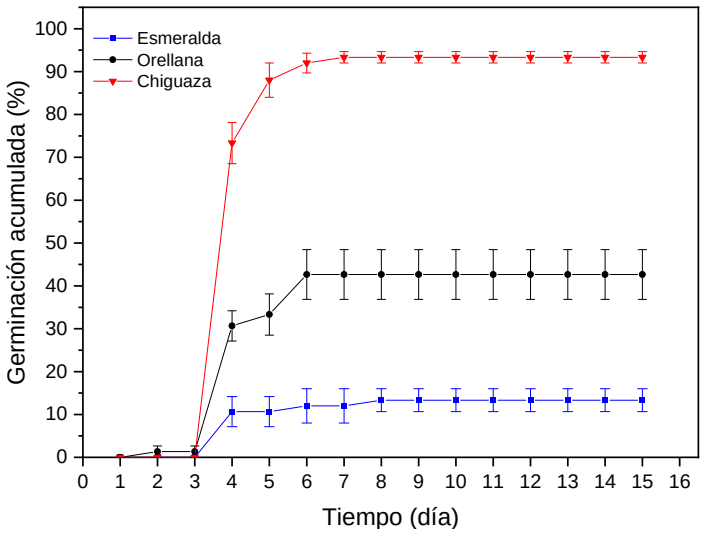

Figura 6. Germinación acumulada en función del tiempo en semillas de *O. pyramidale* de tres procedencias.

Los resultados obtenidos de la matriz de correlación de Pearson indicaron que existió un patrón con alta correlación positiva y negativa superior al 50% en los parámetros de la composición química y fisiológica de las semillas. Se comprobó que P con Cu-Zn (1), K con V (0,91), Ca con -Cu-Zn-P (0,99), Mn con AAL-Fe (0,93), Na con IT- IVG-CG (0,99), Zn con P (1), Fe con AAL (0,94), Cu con P (1), G con Cu-P (0,92), C con V (0,72), AAL con Fe (0,94), AS con Mn (0,73), H con P (0,85), CG Con IT-IVG (1), TMG con C (0,65), IVG con IT-CG (1), V con K (0,91) resultando con una mayor relación aquellos que presentaron valores más cercanos a 1 (Figura 7).

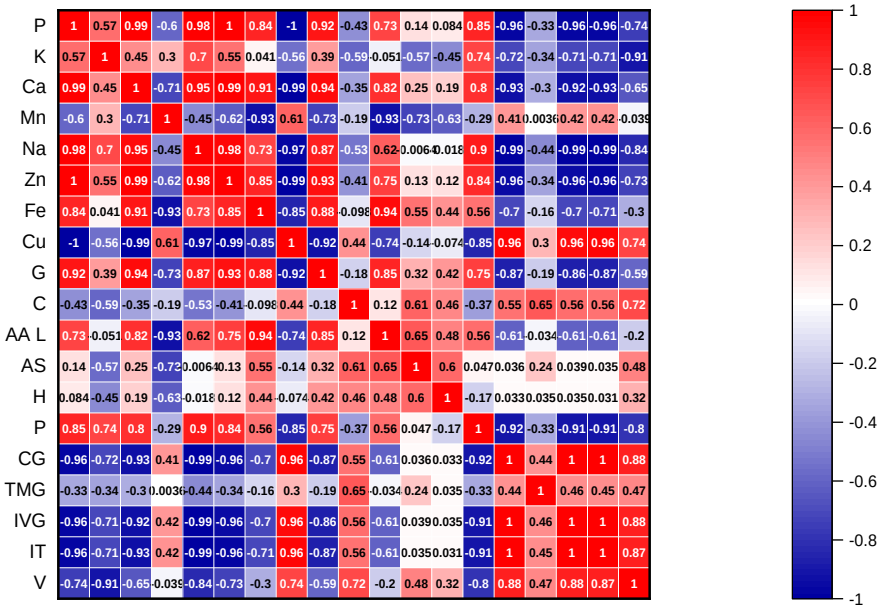

Figura 7. Matriz de correlación de Pearson en los parámetros de la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *O. pyramidale.*
Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Sodio (Na), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Germinación (G), Ceniza (C), Aminoácidos libres (AAL), Azúcares (AS), Humedad (H), Proteína (P), Capacidad germinativa (CG), Tiempo medio de germinación (TMG), Índice valor de germinación (IVG), Índice de Timpson (IT), Viabilidad (v).

De acuerdo con el análisis de componentes principales (ACP) se formaron dos componentes. El PC1 explicó un 71,34% de la varianza y el PC2 un 28,66% de la variabilidad total de los datos. El sistema de coordenadas indicó que las semillas provenientes de Orellana, ubicadas en el eje positivo del primer componente, presentó mayor afinidad por los compuestos inorgánicos (Zn, P, Ca, Fe) e inorgánicos (AA libres, A solubles) y el contenido de humedad, mientas que Esmeraldas, ubicado en el extremo negativo del primer componente, estuvo influenciada por la mayor concentración de K, Na y proteínas, y la procedencia Chiguaza, ubicado en el extremo negativo del segundo componente, presentó mayor efecto por algunos compuestos orgánicos e inorgánicos (Mn, Cu y ceniza) y por la totalidad de los indicadores de germinación (CG, IVG, IT, TMG, V) (Figura 8). Estos resultados permitieron reducir la dimensionalidad en la cual se expresaron las distintas variables de estudio asociadas a la composición química, viabilidad y germinación de las semillas, facilitando el plano cartesiano información clave para identificar que existe un patrón diferencial en las procedencias de la especie *O. pyramidale* determinado por el comportamiento de la composición química, viabilidad y germinación de las semillas, lo cual pudiera ser atribuido a las condiciones ambientales donde se recolectaron las semillas de esta especie que difieren en cuanto a altitud y temperatura. De esto se infiere que cada origen geográfico que representa al sitio donde se desarrollaron los árboles semilleros de donde se obtuvo el material seminal para este experimento presenta mecanismos de germinación característicos inducido por las condiciones ambientales de la naturaleza y fisiología de la semilla.

El comportamiento tendencial de cada variable demostró el efecto superior de la procedencia Chiguaza, ubicada en un bosque húmedo tropical, el cual contiene condiciones de alta humedad y temperaturas que favorecen la rápida germinación de las semillas. Esto permitió comprender la respuesta favorable de las semillas de esta procedencia por lo que pueden ser consideradas de naturaleza exuberante, vigorosas y con mejor respuesta a la germinación, como expresión de la alta calidad fisiológica de las semillas y la mayor concentración de algunos compuestos tales como Mn, Cu y ceniza que cumplen funciones metabólicas importantes. Esto aporta información valiosa para el manejo silvícola de este importante recurso forestal, de manera tal que permita orientar los programas de reforestación con *O. pyramidale* para las condiciones amazónicas a partir de la recolección de semillas de la procedencia Chiguaza.

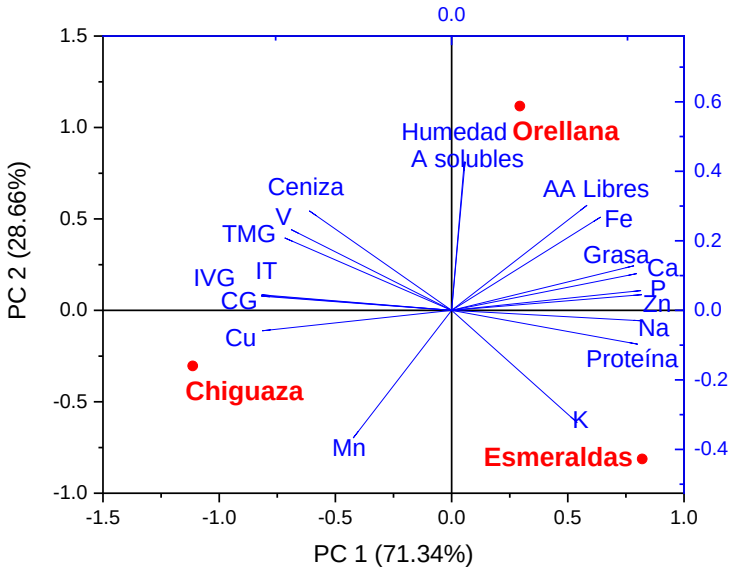

Figura 8. Análisis de componentes principales de los parámetros de la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *O. pyramidale* de tres procedencias. *Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Sodio (Na), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Germinación (G), Ceniza (C), Aminoácidos libres (AAL), Azúcares (AS), Humedad (H), Proteína (P), Capacidad germinativa (CG), Tiempo medio de germinación (TMG), Índice valor de germinación (IVG), Índice de Timpson (IT), Viabilidad (v).*

4. DISCUSIÓN

Las diferencias encontradas en la composición química de las semillas se pueden atribuir a diversos factores tales como: especie, variedad, lugar geográfico, estacionalidad y otros factores agronómicos tal como lo menciona (Jiménez et al., 2013). Además, los resultados encontrados demostraron que existe una variación de estos compuestos inorgánicos (Zn, Fe, Cu) en las semillas de las tres procedencias, en este sentido, los resultados son similares a lo reportado por Espinoza-García et al., (2016) que encontraron patrones diferentes en poblaciones de frijol provenientes de origen Mesoamérica, Centroamérica y Sudamérica. Por otro lado, según Wild y Russel (2000), mencionan que la variación de Hierro (Fe) puede presentarse debido a la formación de compuestos nitrogenados ya que la enzima nitrogenasa está compuesta principalmente de hierro.

La diferencia de concentración de proteínas en las semillas de *O. pyramidale* se puede atribuir a la composición genética y a las condiciones ambientales de las procedencias, según lo descrito por (Ortega & Rodríguez, 1979). En cuanto a los resultados de aminoácidos coinciden con Mohamed-Ahmed et al., (2020) que encontró diferencias significativas de aminoácidos en semillas de sésamo según el cultivo y la procedencia.

Las semillas de O. *pyramidale* con porcentajes altos de viabilidad corresponden al estado físico y calidad fisiológica de las semillas según lo descrito por Espitia-Camacho et al., (2020). Esto indica que las semillas son viables y que tienen la capacidad de germinar y producir una nueva plántula. Además, el tiempo de tinción coincide con lo mencionado por (García Quintana et al., 2023), que las semillas de *O. pyramidale* necesitan un tiempo más prolongado para demostrar la viabilidad.

En cuanto a la capacidad germinativa Orellana obtuvo un 46,66% y Esmeraldas un 13.33%, valores que se encuentran por debajo del 70%, lo cual indica que la respuesta de germinación y emergencia en condiciones de campo es desfavorable, según lo mencionado por Salinas et al., (2001). Estos resultados pueden influir en el mantenimiento de la especie en condiciones naturales ya que estos parámetros importantes en las especies forestales por la existencia de la competencia en etapas tempranas de crecimiento (Rodríguez-Sosa & Espinosa-Aguilar, 2019).

En la curva de germinación acumulada la procedencia Chiguaza alcanzó el máximo porcentaje de germinación y luego se estabilizó a partir del octavo día, este resultado

coincide con Viveros-Viveros et al., (2015). Este porcentaje es útil al momento de comparar la calidad de lotes de semillas que van a ser utilizadas en programas o investigaciones (Suárez Montealegre et al., 2014).

Los resultados obtenidos de germinación de las semillas pueden variar dependiendo de su origen, así como la variabilidad existente en los atributos y características de las semillas entre distintas poblaciones, lo que posteriormente garantiza la capacidad de las plántulas para emerger, crecer y establecerse (Cochrane et al., 2015), esta variabilidad está fuertemente influenciada por el origen geográfico de las variables ambientales de los sitios de procedencia de la semilla de estudio (Guo et al., 2010).

En la matriz de correlación de Pearson se comprobó el efecto de la relación positiva o negativa, si el signo de la correlación fue positivo (+1) significó que la relación es directa, por otro lado, si el signo de la correlación fue negativo (-1), significó una relación inversa o indirecta (Fiallos, 2021).

Los resultados obtenidos en esta investigación proporcionan información importante acerca los indicadores fisiológicos de la especie *O. pyramidale* de tres procedencias, siendo considerada con mejor comportamiento las semillas procedentes de Chiguaza ubicada en la Amazonía ecuatoriana, coincidiendo con (García-Quintana et al., 2017), que evaluaron indicadores de calidad fisiológica en semillas de *O. pyramidale* de tres sitios de la Amazonía ecuatoriana.

La respuesta favorable de la germinación de las semillas de la procedencia Chiguaza fue atribuida las condiciones ambientales de la zona. En este sentido (Karsen, 1981), reportaron que la germinación de las semillas está controlada por las condiciones internas de la semilla y por las condiciones ambientales en el suelo. La germinación se inicia con la imbibición de agua y termina con la emergencia de la radícula. Los factores ambientales que afectan la germinación de semillas son: temperatura, contenido de humedad, lluvia, concentración de oxígeno, dióxido de carbono, luz, entre otros.

5. CONCLUSIONES

1. La composición química de las semillas de *O. pyramidale* resultó con un patrón irregular en cuanto al contenido de minerales (P, K, Ca, Mn, Zn, Fe, Cu), grasa, ceniza, humedad, aminoácidos, azúcares y proteína en las tres procedencias de estudio, presentando Esmeraldas y Orellana valores similares entre ellas.

2. La viabilidad mediante la prueba de Tetrazolio al 1% reflejó que las semillas procedentes de Chiguaza y Orellana obtuvieron porcentajes por encima del 90%, con tinción rojiza total y parcial en todos componentes estructurales, lo que denotó la mayor vigorosidad y capacidad potencial de germinación de las semillas.

3. El origen geográfico de Chiguaza resultó con mejor comportamiento en los parámetros de germinación, expresado mediante la capacidad germinativa (92%), índice de velocidad de germinación (31,62%), y el índice de Timpson (36,97%). Esto demostró la naturaleza exuberante de las semillas para responder favorablemente al proceso de germinación, alcanzando la máxima cantidad de semillas germinadas en el séptimo día del ensayo.

4. El análisis de componentes principales (ACP) facilitó entender el efecto de las procedencias en la composición química, viabilidad y germinación de semillas de *O. pyramidale* con un patrón de variación en los orígenes geográficos. Esto demostró la influencia de las condiciones ambientales en la calidad física y fisiológica de las semillas, por lo que se sugiere el uso de semillas procedentes de Chiguaza para alcanzar mayores porcentajes de germinación y emergencia de plántulas en los programas de reforestación para la Amazonía ecuatoriana.

6. REFERENCIAS

Augustin, O. M., & Muñoz, E. M. de V. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, *21*(2), 1–14. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309226709003

Bartosik, R., & Cardoso, L. (2009). *COMPARACIÓN DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE SEMILLAS DE ESPECIES FORRAJERAS POR MÉTODO DE ESTUFA Y A TRAVÉS DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN ELECTRÓNICO POR CAPACITANCIA Development of technologies for storing grains, oilseeds and by-products in hermetic plastic bags (silo bags) View project Soybean storage and processing View project*. https://www.researchgate.net/publication/268353396

Carrillo Sosa Yudines, Terry Alfonso Elein, Ruiz Padrón Josefa, Díaz de Villegas María E, & Delgado Grizel. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. *International Journal of Plant Genomics*, *2007*. https://doi.org/10.1155/2007/64358

Cochrane, A., Yates, C. J., Hoyle, G. L., & Nicotra, A. B. (2015). Will among-population variation in seed traits improve the chance of species persistence under climate change? *Global Ecology and Biogeography*, *24*(1), 12–24. https://doi.org/10.1111/GEB.12234

Correa, A. C., Correa, E., Espitia, M., Araméndiz, H., Murillo, O., Pastrana, I., & Sc, I. A. M. (2013). *COLOMBIA GENETIC VARIABILITY IN Tectona grandis L.f. SEEDS OF INDIVIDUAL TREES IN THE CONFORMATION OF MIXED SEEDLOTS IN CÓRDOBA, COLOMBIA*.

Del Cioppo Morstadt, F. J., & Carrera Maridueña, D. M. (2015). Análisis de la rentabilidad de dos sistemas de explotación y exportación de balsa (ochroma lagopus) en el Ecuador: periodo 2009-2014. *Económicas CUC, ISSN 0120-3932, ISSN-e 2382-3860, Vol. 36, Nº. 2, 2015*, *36*(2), 7. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5200169&info=resumen&idioma=SPA

Doria, J. (2010). Revisión bibliográfica GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. *Cultivos Tropicales*, *31*(1), 74–85.

Dos Santos, F. S., Vieira, E. S. N., & Panobianco, M. (2019). Tetrazolium test for pinus taeda: Preparation, staining, and seed viability classes. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, *54*. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.01088

Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1951). A New Paper Chromatography Solvent for Amino-Acids. In *Dreywood, R., Indust. Enq. Chem., Anal. Ed* (Vol. 18, Issue 4).

Espinoza García Nancy, Martínez Martínez Raquel, Chávez Servia José L, Vera Guzmán Araceli M, Carrillo Rodríguez Jose C, Heredia García Elena, & Velasco Velasco Vicente A. (2016). *CONTENIDO DE MINERALES EN SEMILLA DE POBLACIONES NATIVAS DE FRIJOL COMÚN (Phaseolus vulgaris L.)*. *39*.

Espitia Camacho Miguel, Araméndiz Tatis Hermes, & Cardona Ayala Carlos. (2020). Morphological characteristics and seed viability of Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgacion Cientifica*, *23*(1). https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1530

Florencia, M., Contardi, L., Florencia Oyharçabal, M., & Pasquini, M. (2016). *Calidad de semillas de especies nativas del bosque andino patagónico de la provincia de Chubut y su importancia para la producción de plantines*. *115*(1), 9–18.

Fors, A. 1965. Maderas cubanas. Habana, Cuba: Instituto Nacional de Reforma Agrícola. 162 p.

GADM Eloy Alfaro. (2014). *Plan de ordenamiento territorial-eloy-alfaro*.

GADM La Joya de los Sachas. (2019). *GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS*. https://mega.nz/file/blwDkAIC#eil1MNPjiEVdkW0F6tWh39-v-UeBLEj3yMDP4Q-G7hY

García Martínez Eva, López Fuentes Ana, & Fernández Segovia Isabel. (2013). *Aplicación de la determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con una base fuerte*. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf

García Quintana, Y., Arteaga Crespo, Y., De Decker, M., & Castelo, M. del C. (2023). Seed viability, germination and seedling quality patterns of three forest species for restoration in Amazonian conditions. *Enfoque UTE*, *14*(1). https://doi.org/10.29019/enfoqueute.890

García-Quintana, Y., Arteaga-Crespo, Y., Abreu-Naranjo, R., de Decker, M., & Lazo-Pérez, Y. (2017). *Quality indicators in Ochroma pyramidale seeds from three sites in the Ecuadorian Amazon for reforestation in degraded areas*. 4609. https://doi.org/10.3390/mol2net-03-04609

Gómez-Restrepo Martha Ligia. (2004). *ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA Y EL VIGOR DE LAS SEMILLAS DE DIOMATE (Astronium graveolens Jacq.) SOMETIDAS A DIFERENTES TRATAMIENTOS Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO*.

González Osorio, B., Cervantes Molina, X., Torres Navarrete, E., Sánchez Fonseca, C., Simba, L., Empalme, E., & Ríos, L. (2010). CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO DE BALSA (Ochroma pyramidale) EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS - ECUADOR. *Ciencia y Tecnología*, *3*(2), 7–11. https://doi.org/10.18779/CYT.V3I2.94

González-Torres, L., Téllez-Valencia, A., Sampedro, J. G., & Nájera, H. (2007). *LAS PROTEÍNAS EN LA NUTRICIÓN*.

Guo, H., Mazer, S. J., & Du, G. (2010). Geographic variation in seed mass within and among nine species of Pedicularis (Orobanchaceae): effects of elevation, plant size and seed number per fruit. *Journal of Ecology*, *98*(5), 1232–1242. https://doi.org/10.1111/J.1365-2745.2010.01688.X

Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, & Baptista Lucio Pilar. (1997). *Compendio-Metodologia-de-la-Investigacion*.

Honorato-Salazar, J. A., Colotl-Hernández, G., Apolinar-Hidalgo, F., & Aburto, J. (2015). Principales componentes químicos de la madera de Ceiba pentandra, Hevea brasiliensis y Ochroma pyramidale. *Madera y Bosques, ISSN-e 1405-0471, Vol. 21, Nº. 2, 2015, Págs. 131-146*, *21*(2), 131–146. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5205517&info=resumen&idioma=ENG

Jiménez P., P., Masson S., L., & Quitral R., V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista Chilena de Nutrición*, *40*(2), 155–160. https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000200010

Karaköy, T., Erdem, H., Baloch, F. S., Toklu, F., Eker, S., Kilian, B., & Özkan, H. (2012). Diversity of macro-and micronutrients in the seeds of lentil landraces. *The Scientific World Journal*, *2012*. https://doi.org/10.1100/2012/710412

Karssen, C. M. (1981). Environmental conditions and endogenous mechanism involved in dormancy secondary of seed. Israel J. Bot. 29:45-64.

León, R; Muñoz, L. (s.f.) Maderas colombianas. Bogotá, Colombia: Fondo de Promoción de Exportaciones. 117 p.

Luna Fox, S. B., Álvarez Castro, R. R., Peñafiel-Bonilla, N. J., Radice, M., Scalvenzi, L., Arteaga Crespo, Y., López Hernández, O. D., & Bravo Sánchez, L. R. (2023). Elaboración de un preparado hidrosoluble en forma de sólido pulverulento a partir de Ilex guayusa Loes. *La Técnica Revista de Las Agrociencias ISSN 2477-8982*, *13*(1). https://doi.org/10.33936/latecnica.v13i1.5725

Marshall, R.C. 1939. Silviculture of the trees of Trinidad an Tobago, British West Indies. London: Oxford University Press. 247 p.

México, M., & Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *5*(3), 2491–2509. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V5I3.466

Mohamed Ahmed, I. A., Aljuhaimi, F., Özcan, M. M., Ghafoor, K., Şimşek, Ş., Babiker, E. E., Osman, M. A., Gassem, M. A., & Salih, H. A. A. (2020). Evaluation of chemical properties, amino acid contents and fatty acid compositions of sesame seed provided from different locations. *Journal of Oleo Science*, *69*(8), 795–800. https://doi.org/10.5650/jos.ess20041

Parrales Cedeño, J. (2016). *Sobrevivencia de "ochroma pyramidale" (balsa), durante los dos primeros años de ejecución del programa de incentivos para la*

reforestación, en las Provincias de Los Ríos y Esmeraldas. Quevedo: UTEQ. http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1785

Pece, M. G., Gaillard De Benítez, ; C, Acosta, ; M, Bruno, ; C, Saavedra, ; S, & Buvenas, O. (2010). *Germinación de Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze (tipa blanca) germination in laboratory conditions* (Vol. 18).

Quintana, Y. G., Abreu-Naranjo, R., Crespo, Y. A., & Morán, H. R. (2019). *OPTIMISATION OF TETRAZOLIUM CONCENTRATION AND IMMERSION TIME IN THE VIABILITY TEST OF SWIETENIA MACROPHYLLA SEEDS BY USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*. *12*, 257–263.

Ríos García, C. A., Orantes García, C., Moreno Moreno, R. A., & Farrera Sarmiento, Ó. (2018). Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad y germinación de dos especies arbóreas tropicales. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *5*(13), 103–109. https://doi.org/10.19136/era.a5n13.1161

Rios Garcia, C. A., Orantes Garcia, C., Moreno Moreno, R. A., Farrera Sarmiento, O., RIOS GARCIA, C. A. 745933, ORANTES GARCIA, C. 370909, MORENO MORENO, R. A. 162385, & FARRERA SARMIENTO, O. 164775. (2016). Viabilidad y germinación de semillas de Jopi (Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.) (Malvaceae). *Exploraciones, Intercambios y Relaciones Entre El Diseño y La Tecnología*, 57–79. https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS

Rodríguez-Sosa José Luis, & Espinosa-Aguilar Calixto. (2019). Estructura morfológica, germinación y vigor de semillas de Juglans jamaicensis C. DC. Del parque nacional turquino Morphological structure, germination and vigor of Juglans jamaicensis c. dc. seeds in the Turquino National Park. *Revista Cubana de Ciencias Forestales. Sept.-diciembre*, *7*(3), 297–304. http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/475

Romero Saritama, J. M. (2015). Rasgos morfológicos de frutos, semillas y embriones de Cinchona officinalis L. (RUBIACEAE) en el sur del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas: REMCB, ISSN-e 2477-9148, ISSN 2477-9113, Vol. 36, Nº. 1-2, 2015, Págs. 27-35*, *36*(1), 27–35. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6369414&info=resumen&idioma=ENG

Salinas, A. R., Yoldjian, A. M., Craviotto, R. M., & Bisaro, V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *36*(2), 371–379. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200022

Samir Doumet-Párraga, A. I., Beatriz Ruiz-Cedeño, A. I., & Sánchez-Briones III, A. (2021). Cadena de valor del cultivo del órbol de balsa. *Domino de Las Ciencias*, *7*(3), 539–551. https://doi.org/10.23857/DC.V7I3.1950

Sang Won Lee, Jong Min Lim, Seong Hee Bhoo, Young Sook Paik, & Tae Ryong Hahn. (2003). Colorimetric determination of amino acids using genipin from

Gardenia jasminoides. *Analytica Chimica Acta*, *480*(2), 267–274. https://doi.org/10.1016/S0003-2670(03)00023-0

Sotolongo-Sospedra, R., Geada-López, G., & Cobas-López Milagros. (2011). *Fomento Forestal*. https://www.researchgate.net/publication/313702992

Stephanie, M., Martínez, P., Javier, F., José, A., & Beatriz, L. (n.d.). *SEMILLAS DE GIRASOL, LINO, CHÍA y SÉSAMO. COMPUESTOS NUTRICIONALES Y SU EFECTO SOBRE LA SALUD*.

Suárez Montealegre, S. D., González Rivas, B., & Mendoza Sánchez, O. G. (2014). *Energía y valor de germinación en las especies arbóreas genízaro (Phitecellobium saman (Jacq.) Benth.) y guanacaste negro (Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.)*.

Streets, R.1962. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford, England: Clarendon Press. 750 p.

Taisha Shakai Charles Savio. (2013). *Diseño del proyecto: Revitalizando Ecos de Identidad Cultural como parte del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Chiguaza, Cantón Huamboya, Provincia de Morona Santiago, 2011-2020*. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/12028

Tavares, A. E. B., Lanna, N. de B. L., Colombari, L. F., Souza, E. P. de, Martins, B. N. M., & Cardoso, A. I. I. (2021). Nitrogen doses and splitting in top dressing in the production, quality, and macronutrients content in zucchini (Cucurbita pepo) seeds. *Research, Society and Development*, *10*(10), e328101018708–e328101018708. https://doi.org/10.33448/RSD-V10I10.18708

Viafara Banguera Derwin. (2020). *TÉCNICAS ANALÍTICAS LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA*.

Viveros Viveros Héctor, Hernández-Palmeros Juan Diego, Velasco García Mario Valero, Silva-Robles René, Ruiz Montiel César, Aparicio-Rentería Armando, Martínez Hernández María de Jesús, Hernández Villa Julia, & Hernández-Hernández María Luisa. (2015). *Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial*.

Ycaza-Peñafiel Esther María. (2021). *"ANÁLISIS DE LAS EXPORTACIONES DE BALSA EN EL MARCO DE LAS EXPORTACIONES NO TRADICIONALES DEL ECUADOR. PÉRÍODO 2013-2020."* http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56836

Witmore, C.; Wooi-Khoon, G. 1983. Growth analysis of the seedlings of balsa, Ochroma lagopus. New Phytologist.95:305-311

7. Anexos

7.1. Características de la especie *O. pyramidale*

O. pyramidale, pertenece a la familia Malvaceae, es una especie arbórea de rápido crecimiento, puede alcanzar los 30 m de altura y 1,8 m en DAP. (diámetro altura del pecho). La copa es grande, ancha, extendida y escasamente ramificada; Las ramas son gruesas de color verde o marrón verdoso, lenticeladas que rezuman goma pegajosa. La corteza es lisa, ligeramente levantada y de color grisáceo, pardo grisáceo o pardo; tiene pequeñas lenticelas prominentes. Su corteza interna es fibrosa, de color blanco amarillento, de color crema, y se torna de color marrón rojizo con el tiempo o la exposición al aire y la luz. Es un indicador de bosques secundarios ya que ocurre en claros de bosques (Ríos García et al., 2016)**.**

El fruto es una cápsula que contiene numerosas semillas (figura 9) (Pennington y Sarukhán, 2005). Esta especie es considerada multipropósito, con la madera se elaboran artesanías y juguetes, muy empleada en la construcción rural. Las fibras del fruto han sido empleadas en relleno de almohadas, cojines, colchones, sofás, canoas, partes de aeroplanos, flotadores de redes y salvavidas. La madera extremadamente liviana (pesa menos que el corcho), es fuente de madera de "balsa". Por su rápido crecimiento y condiciones en las que crece, resulta un recurso maderable susceptible de explotación inmediata (Conabio, 2012)



Figura 9. Semillas de *O. pyramidale.*

La balsa requiere de un clima cálido y húmedo. La cantidad mínima de precipitación que tolera es de alrededor de 1500 mm anuales (Marshall, 1939), excepto a lo largo de corrientes de agua, en donde el nivel del agua subterránea se encuentra cerca de la superficie y puede ser absorbida por las raíces (Whitmore et al., 1983); además esta

especie demanda una rica provisión de nutrientes (Fors, 1965) y un suelo bien drenado (León et al., sf). De hecho, se reporta que los árboles de balsa mueren con facilidad debido a las inundaciones (Streets, 1962).

7.2. Importancia de las semillas

En Ecuador, el accionar en la temática de semillas forestales tuvo sus inicios en el 2004 con la aprobación de la Normativa de Semillas Forestales, en la cual se define los indicadores; para la selección y registro de fuentes semilleras, como también la producción y comercialización de semillas forestales (Cañadas et al., 2013). De manera aislada, y bajo actividades de tipo académico, se han realizado ensayos para obtener parámetros de calidad física y fisiológica de semillas forestales de especies de interés, (Samaniego et al., 2005).

Las semillas desempeñan un papel crucial en los programas forestales debido a su impacto en la regeneración, biodiversidad, sostenibilidad y éxito general de los ecosistemas forestales. La capacidad intrínseca de una semilla para germinar y dar lugar a una plántula saludable se denomina calidad de la semilla. Esta calidad se evalúa mediante el análisis de sus propiedades físicas y biológicas, que proporcionan una estimación de su potencial de desarrollo (Florencia et al., 2016).

7.3. Procedencia

La procedencia de las semillas corresponde al área geográfica y ambiental de donde se obtuvo el germoplasma y dentro del cual se ha desarrollado su constitución genética (Quino-Pascual, 2013), y la relevancia de la misma resulta del control genético que tiene sobre caracteres de comportamiento tales como la supervivencia, crecimiento y producción de las plantas. Si bien se considera cierto que los factores genéticos de la especie pueden ser invariables dentro del proceso de cultivo de plantas forestales en vivero, la selección de procedencias constituye una herramienta muy útil para lograr la máxima adaptación de la especie al medio natural en el que será ubicada (Navarro & Palacios, 2004). En este sentido, la caracterización de materiales de diferentes orígenes geográficos brinda información necesaria para la selección de las fuentes de semilla utilizables en programas de mejora, así como en proyectos de forestación y/o repoblación (Fontana, Pérez, & Luna, 2015).

7.3. Semillas

La semilla representa para la gran mayoría de las plantas terrestres y acuáticas superiores, el principal órgano reproductor, que se forma a partir del óvulo vegetal, comúnmente posterior de la fertilización. Se halla en las plantas con flores (angiospermas) y en las gimnospermas, además es fundamental para la renovación, persistencia, dispersión, regeneración forestal y sucesión ecológica de las poblaciones vegetales. Muchos animales en la naturaleza dependen de las semillas como fuente principal de alimento. La semilla también es necesaria para la vida humana a través de la producción agrícola (Doria, 2010).

La reproducción mediante semillas es importante debido a que aumenta la variabilidad genética, además de que desempeñan una función primordial para la regeneración y la sucesión ecológica (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Las semillas son reservorios de material genético y constituyen la forma más importante de germoplasma vegetal (Hartmann y Kester, 2000), el conocimiento de su biología, así como de sus patrones de germinación.

7.4. Germinación

Germinación es un reinicio de desarrollo embrionario, paralizado en la etapa final de la maduración. Este proceso fisiológico de desarrollo requiere actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste principalmente en la estimulación de los procesos por el incremento en la humedad y actividad respiratoria de la semilla (Doria, 2010) .

7.5. Capacidad de germinación:

Es el porcentaje de germinación máximo que alcanza en unas condiciones previamente definidas (Durán y Pérez, 1984).

Velocidad de germinación (G)

Cuanto mayor es el valor de la G obtenido mayor es la velocidad de germinación y consecuentemente mayor el vigor, pues el índice calculado estima el número medio de días empleados en la germinación (Pece et al., 2010).

7.6. Viabilidad

Para los especialistas de semillas la viabilidad se refiere a la facultad de la semilla para germinar y generar plántulas normales; a diferencia que desde el punto de vista fisiológico se refiere a si la semilla posee o no cualquier tejido con actividad metabólica, y si posee reservas energéticas y enzimas para el funcionamiento de las células de la planta (Moreira et ál. 1992).

7.7. Humedad de la semilla

Conocer la humedad que presenta la semilla o grano es fundamental tanto en el periodo de cosecha y comercialización como en su posterior almacenamiento en silo bolsa, silo chacra o planta acopiadora. En el periodo de cosecha es importante saber la humedad que el grano o semilla, ya que, humedades superiores a recibo propician menores pérdidas de precosecha por desgrane y hace que la tarea de recolección sea más eficiente (Bartosik & Cardoso, 2009).

7.8. Composición química

Las semillas están compuestas químicamente por tres macronutrientes; carbohidratos, proteínas y lípidos, y una amplia y variada gama de vitaminas, minerales y otros compuestos bioactivos de gran importancia nutricional. La cantidad y calidad de los componentes de las semillas aquí mencionadas depende en cierta medida de las condiciones de cultivo; el lugar geográfico y sus características, el tipo de suelo, disponibilidad de nutrientes del mismo y del clima (Stephanie et al., n.d.).

7.9. Minerales

Los elementos minerales más crucialmente relevantes abarcan P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y Mn, la carencia de estos minerales pueden tener efectos negativos significativos (Karaköy et al., 2012) .Aunque los nutrientes desempeñan un papel crucial en la estructura y composición química de las semillas, ha habido escasa investigación destinada a confirmar la conexión entre la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la excelencia de las semillas resultantes(Tavares et al., 2021).

7.10. Proteínas

Las proteínas son macromoléculas las cuales cumplen el mayor número de funciones en las células de los seres vivos. Forman parte de la estructura básica durante todos los

procesos de crecimiento y desarrollo tanto para plantas y seres humanos(González-Torres et al., 2007).

7.11. Aminoácidos

La clasificación tradicional de los aminoácidos se ha establecido en función de si el organismo puede o no producirlos internamente a partir de cero. En este sentido, existen los aminoácidos esenciales, también conocidos como indispensables. Por lo tanto, resulta necesario que estos aminoácidos se obtengan de manera obligatoria a través de la dieta con el fin de satisfacer las demandas corporales relacionadas con el crecimiento y el mantenimiento de las estructuras (Agustín & Muñoz, 2006).

7.12. Ceniza

La proporción de cenizas en un alimento constituye la medida global de minerales presentes en dicho alimento. Esta cifra es fundamental en el análisis proximal que permite evaluar el valor nutricional. Dentro de esta fracción se encuentran diversos elementos de relevancia para la nutrición, tales como el calcio y el fósforo. Además, es importante señalar que cuando un alimento muestra un elevado contenido de cenizas, existe la posibilidad de que se hallen presentes adulterantes inorgánicos en el producto (Rondanell et al., 2017).

7.13. Morfología de las semillas

Entender las características morfológicas y funcionales es crucial para comprender cómo las especies contribuyen a las comunidades vegetales. Esto posibilita la recopilación de datos detallados, tanto cuantitativos como cualitativos, sobre los atributos de frutos, semillas y embriones. Esta información resulta valiosa para enriquecer el entendimiento, manejo, promoción de la germinación y conservación fuera de su entorno natural de las especies(Romero-Saritama, 2015).