

Las variaciones altitudinales del departamento Norte de Santander y su relación con en el rendimiento de las semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, L).

Altitudinal variations in the department of Norte de Santander and their relationship with sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, L) seed yield.

José de Jesús Nuñez-Rodríguez¹, Claudia Ivonne Arámbula-García², José Vicente Sánchez-Frank³

^{1,2,3}Universidad de Santander, Cúcuta - Colombia

ORCID: ¹[0000-0002-4120-0215](https://orcid.org/0000-0002-4120-0215), ²[0000-0002-9865-7689](https://orcid.org/0000-0002-9865-7689), ³[0000-0003-1766-8405](https://orcid.org/0000-0003-1766-8405)

Recibido: 09 de febrero de 2023.

Aceptado: 19 de abril de 2023.

Publicado: 01 de mayo de 2023.

Resumen- En Colombia, el cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, L) se siembra como alternativa para la sustitución del cultivo de la coca. La planta se adapta a los diversos ecosistemas, pero son escasas las investigaciones de su desempeño en diferentes gradientes altitudinales. El objetivo de la investigación fue analizar la relación entre la altitud (0 m.s.n.m.- 1.800 m.s.n.m.), y el peso de las semillas, el rendimiento en aceite y de torta, del material genético Catio 2-15, de 30 fincas (60 observaciones) del departamento Norte de Santander (Colombia). Las semillas secas se pesaron, descascarillaron y se les extrajo el aceite y la torta. El análisis de los datos se realizó mediante estimadores descriptivos e inferenciales de la prueba de Tukey, ANOVA y regresión simple. Los resultados indican que existe una relación positiva y altamente significativa entre la altitud y el peso de las semillas, ubicándose los mayores valores entre los 600-1.800 m.s.n.m. y; una relación positiva y no significativa entre la altitud y el rendimiento del aceite y de la torta de sacha inchi. Los mayores valores en rendimiento de aceite se encontraron en la franja de 1.200 -1.500 m.s.n.m. y de torta entre los 900- 1.800 m.s.n.m.

Palabras clave: plukenetia volubilis, sacha inchi, gradientes altitudinales, aceite, torta, semillas.

Abstract— In Colombia, sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, L) is planted as an alternative to coca cultivation. The plant adapts to diverse ecosystems, but research on its performance in different altitudinal gradients is scarce. The objective of the research was to analyze the relationship between altitude (0 to 1,800 meters above sea level) and seed weight, oil and cake yield of Catio 2-15 genetic material from 30 farms (60 observations) in the department of Norte de Santander (Colombia). The dry seeds were weighed, shelled, and the oil and cake were extracted. Data analysis was performed using descriptive and inferential estimators of Tukey's test, ANOVA and simple regression. The results indicate that there is a positive and highly significant relationship between altitude and seed weight, with the highest values between 600-1,800 meters above sea level, and a positive and non-significant relationship between altitude and sacha inchi oil and cake yield. The highest values for oil yield were found in the range 1,200-1,500 m.a.s.l and for cake yield between 900-1,800 m.a.s.l.

Keywords: plukenetia volubilis, sacha inchi, altitudinal gradients, oil, cake, seeds.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jo.nunez@mail.udes.edu.co (José de Jesús Nuñez Rodríguez).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Como citar este artículo: J. J. Nuñez-Rodríguez, C. I. Arámbula-García y J. V. Sánchez-Frank, "Las variaciones altitudinales del departamento Norte de Santander y su relación con en el rendimiento de las semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, L)", *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 11, no. 2, pp. 44-49 2023, doi: [10.15649/2346030X.3097](https://doi.org/10.15649/2346030X.3097)

I. INTRODUCCIÓN

En Colombia, el cultivo de sacha inchi forma parte de una estrategia nacional en el marco del postconflicto y acuerdos de paz para sustituir el cultivo ilícito de coca (*Erythroxylum coca*) en las áreas históricamente ocupadas por los grupos armados al presentar ambas especies modelos agronómicos de gran similitud [1]. Este impulso estatal ha permitido el incremento de la superficie sembrada de 191 hectáreas y un volumen de producción de semillas de 150 toneladas en el 2015 a 987 hectáreas cultivadas y 2.398 toneladas de semillas en 2018 [2].

En el país, se ha empezado a cultivar sacha inchi en diferentes altitudes exhibiendo la planta buena adaptación edafoclimática, pero sin estudios técnicos y científicos contextualizados que orienten a los promotores del desarrollo rural para una transferencia tecnológica pertinente sobre el cultivo. Al ser reciente la siembra comercial de esta especie oleaginosa en el país son escasas las investigaciones realizadas en ámbito agronómico para evaluar las adaptaciones a diferentes gradientes altitudinales, influencia de las variaciones climáticas en el crecimiento, desarrollo y productividad, adaptación a suelos, respuestas a abonos y fertilizantes, patogenicidad de plagas y enfermedades, fenología, entre otras.

La literatura disponible corresponde, en su mayor volumen, a artículos, trabajos de grados e informes técnicos publicados en Perú y enfocados en tres áreas investigativas: evaluación de líneas genéticas, composición química de las semillas y extracción del aceite, evidenciándose un vacío de conocimiento sobre su desempeño en diferentes pisos altitudinales donde es cultivada. En correspondencia, el interés de la investigación es responder al interrogante ¿Cuál es la relación que existe entre el peso, el rendimiento en aceite y en torta de las semillas de sacha inchi en diferentes gradientes altitudinales del departamento Norte de Santander de Colombia?

Sacha inchi (*Plukenetia volubis*, L) es una especie amazónica presente en condiciones naturales en zonas tropicales y subtropicales [3] y halladas hasta altitudes de los 2.000 m.s.n.m [4]. En su evolución ha desarrollado una alta diversidad de líneas genéticas [5], [6] que le ha permitido adaptarse a diferentes ecosistemas y ser seleccionadas, algunas de ellas, por su adaptación a sistemas de producción agrícola sostenible [7] como un cultivo con gran potencial agroindustrial y comercial por su alto contenido de omega 3, 6 y 9 [8] y su contribución a paliar la malnutrición, las enfermedades y el cambio climático [9].

Estudios realizados indican que es una planta aprovechable en la totalidad de sus partes (hojas, tallos, semillas, cascara, torta y aceite) [7], [3], útiles para la elaboración de productos alimenticios (proteínas, aceite), farmacéuticos (aceite con alto contenido de omega 3, 6 y 9) [10], [11] y como suplemento nutritivo para la alimentación animal (cascara, torta y concentrados) [12].

Aunque muchas acepciones genéticas de la especie fueron conocidas y sus nueces utilizadas en la alimentación por los Incas [11], de ahí su nombre de maní de los Incas, es reciente su aprovechamiento como cultivo comercial, en emprendimientos que van desde bajas altitudes (climas cálidos) hasta la cima de las altas montañas o selvas (climas fríos) [13], por lo que su adaptación ecológica y agronómica está supeditada a la plasticidad fenotípica de las plantas [14], y a las variaciones climáticas y altitudinales del contexto [15].

En la conformación del clima local la altitud es una variable modificadora de las condiciones climáticas [15], pues a mayor altitud las temperaturas y las precipitaciones disminuyen. En el caso del lugar geográfico colombiano objeto de estudio el gradiente altotérmico vertical fue estimado en 0,61 °C/100 m en la Región Andina y de 0,55-0,58 °C/100 m en las regiones Pacífico, Orinoquia y Amazonia [16] y para el Departamento Norte de Santander es de 0,59 °C/100 m. [17]. Asimismo, Anteparra et al. [4] refieren que el rango para el cultivo de sacha inchi se encuentra entre los 10 °C y 36 °C y entre los 100 y 2.000 m.s.n.m.

Al relacionar la proporción altimétrica entre la altitud donde se encuentran los cultivos con respecto al clima local se infiere que las áreas sembradas con sacha inchi en zonas con altas temperaturas (pisos cálidos), la influencia de éstas es negativa sobre la floración, fructificación y tamaño de los frutos [18], la irritación causada por la luz afecta la floración y las sequías perturban el crecimiento de la planta [19]. Asimismo, elevadas temperaturas y lluvias abundantes aumentan la intensidad en el ataque de plagas y enfermedades [20] y afectan los rendimientos de las semillas y del aceite. Las contribuciones positivas de las zonas cálidas al desarrollo del cultivo se sustentan en un incremento de la capacidad fotosintética, rápido crecimiento, mayor desarrollo de la biomasa y del rendimiento de las plantas [21].

En el caso contrario, las zonas ubicadas en altitudes elevadas influyen de manera positiva en el peso de las semillas, contenido de proteína, calidad y mayores concentraciones de ácidos grasos linoleicos e insaturados del aceite [21] y en la menor infestación de nematodos y hongos [20]. Desde el punto de vista negativo bajas temperaturas retardan el crecimiento, floración y fructificación de las plantas [18] y reducen los rendimientos de las semillas y del aceite [21].

El objetivo de la investigación fue establecer la relación entre la altitud y el peso, rendimiento en aceite y de torta de semillas de sacha inchi provenientes de 30 fincas ubicadas en 6 gradientes altitudinales, desde los 0 m.s.n.m. hasta los 1.800 m.s.n.m. con el propósito de determinar su comportamiento en diferentes gradientes altitudinales del departamento Norte de Santander de Colombia. Esta indagación es pionera en el estudio de la influencia de la altitud sobre la semilla de sacha inchi, producto que tiene el mayor valor comercial de la planta y, por lo tanto, sus hallazgos son relevantes para el desarrollo de otras investigaciones y para apoyar programas de desarrollo rural sobre su cultivo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada entre los meses de febrero de 2019 y junio de 2021 en el departamento Norte de Santander, ubicado en la región nororiental de la República de Colombia, en las coordenadas 06°52'31" y 09°17'53" de latitud norte 72°00'37" y 73°38'22" de longitud oeste [22]. La entidad posee paisajes fisiográficos bien diferenciados (Serranías, páramos, mesetas, llanuras y montañas) desde 100 m.s.n.m. hasta los 4.000 m.s.n.m., temperatura promedio anual 28 °C y precipitaciones medias anuales entre 1.000 a 5.000 m.m [17].

En el diseño de la investigación se dividió la altitud de las áreas sembradas con el cultivo de sacha inchi en 6 gradientes de 300 m. cada uno, quedando conformado por los siguientes rangos: 1) 0-300 m.s.n.m.; 2) 301-600 m.s.n.m.; 3) 601-900 m.s.n.m.; 4) 901-1.200 m.s.n.m.; 5) 1.201-1.500 m.s.n.m. y; 6) 1.501-1.800 m.s.n.m. En cada gradiente se seleccionaron 5 fincas al azar para la recolección de muestras de 200 gramos de

Las variaciones altitudinales del departamento Norte de Santander y su relación con el rendimiento de las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*, L) semillas secas, en 2 repeticiones (segundo semestre 2020 y primer semestre 2021), de la línea genética Catio 2-15, para un total de 60 observaciones.

En la determinación del peso promedio de las semillas, por gradiente altitudinal, se seleccionaron al azar 100 semillas con cascara secada artesanalmente por los agricultores en sus fincas (12% de humedad promedio) y se pesaron en una balanza electrónica. En el análisis del rendimiento de aceite y de torta se pesaron muestras de semillas secas con cascara de 200 gramos de 5 gradientes altitudinales, se descascarillaron manualmente y a las almendras se le extrajo el aceite por prensado en frío mediante una prensa de tornillo extrusor, método continuo, en condiciones ambientales promedio de temperatura de 20°C y humedad relativa del 83%. El volumen de aceite de cada muestra fue medido y embotellado, y los contenidos de torta de sachá inchi fueron pesados y registrados.

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando la estadística descriptiva para organizar y presentar la información de manera tabular y gráfica y; estadística inferencial mediante el cálculo de estimadores, medidas de tendencia central y dispersión, que fueron utilizados para el análisis de varianzas, que permitió determinar la existencia de diferencias significativas en la variable altitud. Asimismo, se realizaron las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey, para determinar los niveles de la variable altitud que generaban variabilidad en el rendimiento; regresión simple para establecer el grado de dependencia del rendimiento con respecto a la altitud y; correlación para medir el grado de asociación entre las variables rendimiento y altitud.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

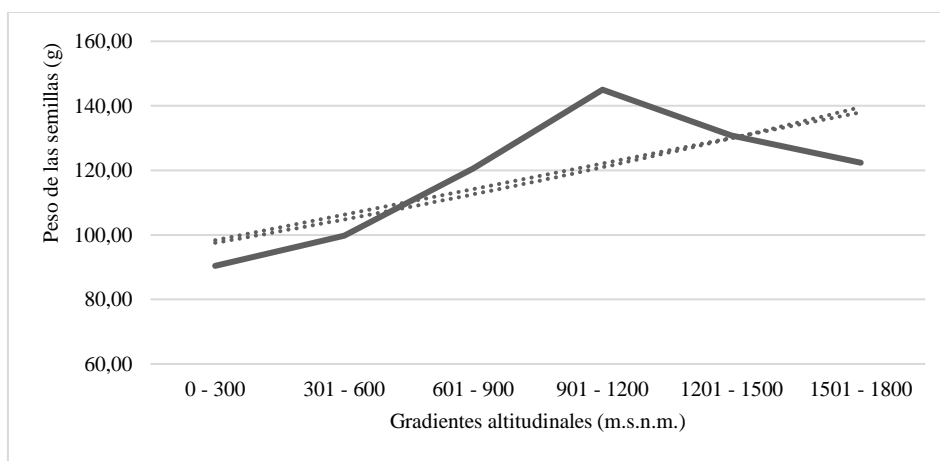
a. Peso de semillas de sachá inchi en los gradientes altitudinales

El análisis de los resultados (Tabla 1 y Figura 1), en orden decreciente, indican que los mayores pesos promedio se obtienen los gradientes 4 (901-1.200 m.s.n.m.); 5 (1.201-1.500 m.s.n.m.); 6 (1.501-1.800 m.s.n.m.) y; 3 (601-900 m.s.n.m.). En los gradientes 5 y 4 se ubicaron los mayores pesos de las semillas. Los pesos promedio por gradiente altitudinal menores se presentaron en los gradientes 1 (0-300 m.s.n.m.) y 2 (301-600 m.s.n.m.). En el gradiente 2 se presentó el menor valor de los pesos de 100 semillas secas. En estos dos gradientes los pesos promedio se ubican por debajo de la media general de los tratamientos.

Tabla 1: Peso de 100 semillas de sachá inchi por gradiente altitudinal.

Gradientes	Altitud (m.s.n.m.)	Media (g)	Desviación (g)	C.V. (%)	Min	Max	Intervalo de Confianza (95%)	
Piso 1	0-300	90.40	15.01	16.60	79	116	77.24	103.56
Piso 2	301-600	99.80	10.57	10.59	88	117	90.54	109.06
Piso 3	601-900	120.60	5.22	4.33	112	126	116.02	125.18
Piso 4	901-1.200	145.00	12.51	8.63	124	155	134.03	155.97
Piso 5	1.201-1.500	130.80	26.98	20.62	93	162	107.15	154.45
Piso 6	1.501-1.800	122.40	7.30	5.96	112	130	116.00	128.80
General		118.17	22.94	19.42	79	162	109.96	126.38

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 1: Tendencias del peso de 100 semillas de sachá inchi por gradiente altitudinal.

Fuente: Elaboración propia.

El Análisis de la Varianza evidenció diferencias altamente significativas, $p < 0.001$, ($F_c=9.27$), entre los rendimientos medios de los 6 gradientes altitudinales. Asimismo, la Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey, muestra la conformación 2 grupos; uno integrado por los pisos 3 al 6 y el otro por los pisos del 1 al 3 más el 5 y 6. La estimación de la correlación fue de 0.60 ($p = 0.0005$); la regresión de $Y \hat{=} 90.4267 + 0.02642X$; y determinación de R^2 en 36%, esto indica que la variable altitud explica el 36% de la variabilidad de la variable dependiente peso de las semillas.

En la revisión bibliográfica realizada no se encontraron investigaciones relacionadas con el peso de semillas de sachá inchi en diferentes gradientes altitudinales. Los resultados obtenidos evidencian una relación positiva y significativa entre el peso de las semillas y la altitud donde se cultiva la planta. Estudios realizados por Cai et al. [21] en la China, al evaluar los efectos combinados entre la altitud (560, 900, 1.200 y 1.490 m.s.n.m.) y la estación del año sobre la fotosíntesis de las hojas, el crecimiento y sustancias químicas de las semillas a lo largo de un gradiente altitudinal, encontraron mayores producciones de biomasa y frutos en altitudes menores a 900 m.s.n.m. (clima cálido) y mejor calidad de las semillas en zonas frías. Aunque esta observación no refleja el peso de las semillas se ha evidenciado que las plantas en altitudes bajas, climas cálidos, tienen mejor desarrollo de biomasa y producción con respecto a los climas medios [19].

No obstante, las altas temperaturas y el calor intenso pueden afectar su crecimiento y expresividad genética [5], ocasionando caída de flores y frutos pequeños [4] y, por consiguiente, bajo peso de las semillas. Asimismo, otros estudios han observado la positiva contribución del agua, la fertilización y la luminosidad en la producción de semillas y el rendimiento en aceite [23], [5], [21].

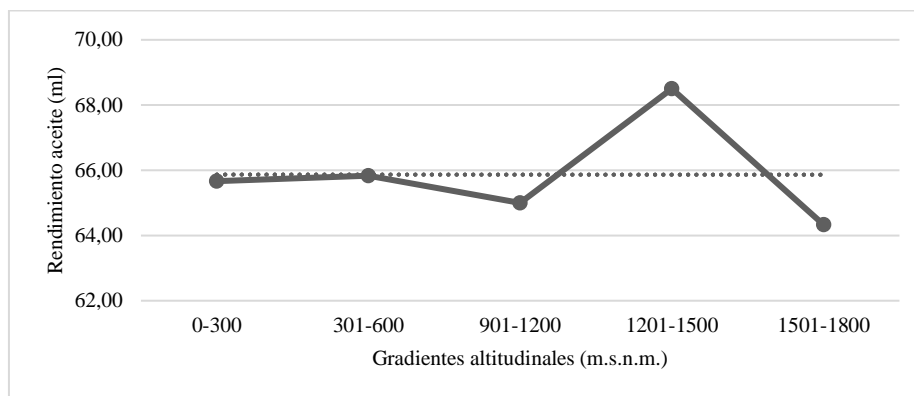
b. Rendimiento en aceite de semillas de sachá inchi en los gradientes altitudinales

El rendimiento del aceite (Tabla 2 y Figura 2), en muestras de 200 gramos de semillas con cascara, en los 5 gradientes altitudinales analizados muestra un comportamiento homogéneo, por lo tanto, en el ANAVAR no se evidencian diferencias significativas ($F_c = 0.72$, probabilidad de rechazo $H_0 = 0.5939$ ns). En orden decreciente el mayor rendimiento se observa en el gradiente 5 (1.201-1.500 m.s.n.m.) con 34,30%; seguido del gradiente 1 (0-300 m.s.n.m.) con el 33,15% y; del gradiente 2 (301-600 m.s.n.m.) con un rendimiento del 32,84%. El menor rendimiento de las semillas se presentó en el gradiente 6 (1.501-1.800 m.s.n.m.) con el 32,17%.

Tabla 2: Rendimiento en aceite de semillas de sachá inchi por gradiente altitudinal.

Gradientes	Altitud (m.s.n.m.)	Media (ml)	Desviación (ml)	C.V. (%)	Min	Max	Intervalo de Confianza (95%)	
Piso 1	0-300	65.67	0.58	0.88	65	66	64.23	67.10
Piso 2	301-600	65.83	3.43	5.21	61	71	62.23	69.43
Piso 4	901-1.200	65.00	7.07	10.88	60	70	63.68	68.18
Piso 5	1.201-1.500	68.50	3.02	4.40	64	73	65.33	71.67
Piso 6	1.501-1.800	64.33	6.66	10.35	60	72	47.79	80.87
General		66.30	3.91	5.89	60	73	64.59	68.01

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 2: Tendencias del rendimiento en aceite de semillas de sachá inchi por gradiente altitudinal.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican un rendimiento de aceite entre los 32,17 % y los 34,30%, los cuales coinciden con varias investigaciones publicadas. En los reportes de estudios el rendimiento oscila entre el 26,92%, método de prensado en frío [24] y el 54,3%, usando el método de dióxido de carbono supercrítico [25]. Dentro de este rango, en orden creciente, se ubican los hallazgos de Castillo [26] del 28,48 %; Valente et al. [5] del 29,07%; Zañquia et al. [27] del 30%; Gutiérrez et al. [28] del 33,34% y; Muangrat et al. [29] del 40,63%. Asimismo, son coincidentes los resultados de Castillo [26] en el análisis de la varianza al determinar que no existen diferencias significativas en los rendimientos de la extracción de aceite de semillas provenientes de diferentes localidades.

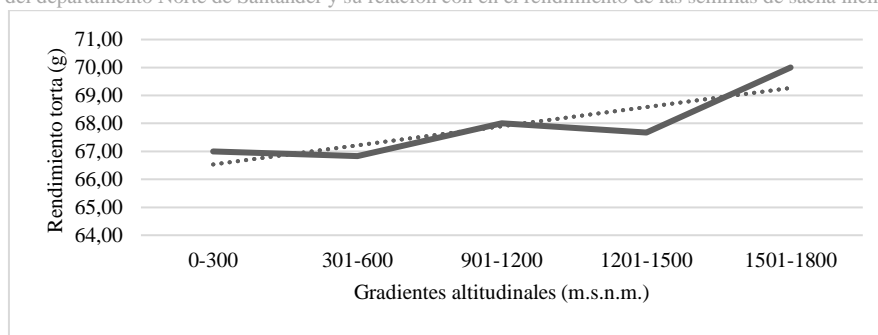
c. Rendimiento de torta de semillas de sachá inchi en los gradientes altitudinales

El rendimiento de torta de sachá inchi en muestras de 200 gramos de semillas con cascara, en los 5 gradientes (Tabla 3 y Figura 3), no evidenció diferencias significativas en el ANAVAR ($F_c = 0.68$, probabilidad de rechazo $H_0 = 0.6188$ ns). Los mayores rendimientos se presentaron en los gradientes 6 (1.501-1.800 m.s.n.m.) con el 35,0%; gradiente 5 (1.201-1.500 m.s.n.m.) con el 33,84% y; el gradiente 4 (901-1.200 m.s.n.m.) con el 34,0%. El piso altitudinal 2 (301-600 m.s.n.m.) obtuvo el menor peso de torta con 33,42%, seguido del gradiente 1 (0-300 m.s.n.m.) con 33,5%.

Tabla 3: Rendimiento de torta de sachá inchi en los gradientes altitudinales.

Gradientes	Altitud (m.s.n.m.)	Media (g)	Desviación (g)	C.V. (%)	Min	Max	Intervalo de Confianza (95%)	
Piso 1	0-300	67.00	1.00	1.49	66	68	64.52	69.48
Piso 2	301-600	66.83	2.04	3.05	63	69	64.69	68.98
Piso 4	901-1.200	68.00	0.00	0.00	68	68	68.00	68.00
Piso 5	1.201-1.500	67.67	3.01	4.45	64	71	64.51	70.83
Piso 6	1.501-1.800	70.00	5.20	7.42	67	76	57.09	82.91
General		67.70	2.75	4.07	63	76	66.49	68.91

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 3: Tendencias del porcentaje de torta de sachá inchi por gradiente altitudinal.
Fuente: Elaboración propia.

Las escasas investigaciones publicadas con datos sobre los rendimientos de la torta como subproducto de la extracción de aceite de las semillas de sachá inchi refieren a Gutiérrez et al. [28] quienes hallaron que un 66.66% de las semillas era un residuo sólido conocido como torta y; Romero et al. [24] encontraron que el residuo de la extracción del aceite, una masa seca, era del 68.08%. En el estudio presentado el porcentaje de torta oscila entre 33.5% al 35%, lo que indica un valor bajo respecto a los valores de referencia de los autores citados, debido a su estimación se realizó con respecto a las semillas con cascara en las muestras analizadas.

IV. CONCLUSIONES

1. Existe una relación positiva y significativa entre los gradientes altitudinales seleccionados y el peso de las semillas de sachá inchi desde los 0 m.s.n.m. hasta los 1.800 m.s.n.m. Los mejores resultados se hallaron en la franja de los 900 m.s.n.m. hasta los 1.200 m.s.n.m. y los pesos más bajos se ubicaron entre los 0 m.s.n.m. hasta los 600 m.s.n.m.
2. No se encontraron diferencias significativas entre los gradientes altitudinales analizados y el rendimiento del aceite de las semillas de sachá inchi, cuyos valores oscilaron entre 32,17% (1.501-1.800 m.s.n.m.) y los 34,30% (1.201-1.500 m.s.n.m.), dentro de los márgenes de los registros encontrados en investigaciones publicadas.
3. No se hallaron diferencias significativas entre los gradientes altitudinales seleccionados y el rendimiento de torta de las semillas de torta de sachá inchi. El mayor valor se encontró en el gradiente altitudinal de 1.501-1.800 m.s.n.m. (35%) y el valor más bajo entre los 301-600 m.s.n.m. (33,42%).
4. Los resultados de los tres análisis realizados indican, en una primera aproximación, para el material genético Catio 2-15 cultivado en el departamento Norte de Santander (Colombia), que: 1) la altitud influye en el peso de las semillas de sachá inchi; 2) no existe relación entre el peso de las semillas y los rendimientos del aceite y de la torta y; 3) de acuerdo estos resultados, la franja apropiada para el cultivo de sachá inchi se estima desde los 600 m.s.n.m. hasta los 1.800 m.s.n.m., para la zona estudiada.
5. Se recomienda, dado el carácter pionero de esta investigación, abordar un estudio más detallado de la relación de la altitud con otros factores, como materiales genéticos, producción y composición de la torta, presencia de plagas y enfermedades, componentes químicos de las semillas, calidad del aceite, manejo de la luminosidad, fertilización, suelos, uso del agua, entre otros.

V. REFERENCIAS

- [1] M. Muñoz, De la coca al sachá inchi (*plukenetia volubilis* L.): el surgimiento de un proceso autónomo, gestado por productores de coca, durante el período 2010-2017, en Puerto Caicedo, Putumayo, Colombia. Tesis (Pregrado). Universidad Javeriana de Colombia, 2019. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/43267>.
- [2] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MINAGRICULTURA, Cadena de Sachá Inchi, indicadores e instrumentos. Cadenas Agrícolas y forestales. Informe técnico, 2018. Disponible en: https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/INFORMES_RENDICION_DE_CUENTAS/Rendici%C3%B3n_de_Cuenta_Informe_2017_2018.pdf.
- [3] S. Wang, F. Zhu & Y. Kakuda, "Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses". Food Chemistry, v. 265, 2018, p. 316-328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>.
- [4] M. Anteparra, M. Berrios, L. Granados y W. Díaz, "Algunos insectos fitófagos asociados al cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el distrito de Chinchao, Huánuco". Investigación y Amazonía, 2013, v. 3, n°1, p. 1-7. Disponible en: <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/74>. Consultado: 05 de mayo de 2021.
- [5] M. Valente, F. Chaves, M. Lopes, J. Oka & R. Rodrigues, "Crop yield, genetic parameter estimation and selection of sachá inchi in central Amazon". Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 47, n°2, 2017, p. 226-236. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4745758>.
- [6] H. Rodrigues et al., "Genetic diversity among accessions of sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) by phenotypic characteristics analysis". Acta Amazonica, v. 48, n° 2, 2018, p. 93-97. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201702591>.
- [7] N. Kodahl, "Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges?" Planta, v. 251, n° 4, 2020. DOI: [10.1007/s00425-020-03377-3](https://doi.org/10.1007/s00425-020-03377-3).
- [8] A. Cardoso, A. Matos, E. De Lima, C. Da Silva & H. Silva, "Environmental factors on seed germination, seedling survival and initial growth of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)". J. Seed Sci. v. 37, n° 2, p.111-116, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2145054>.
- [9] D. Cachique, H. Solsol, M. Sanchez, L. López & N. Kodahl, "Vegetative propagation of the underutilized oilseed crop sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L)". Genetic Resources and Crop Evolution, v. 65, 2018, p. 2027-2036. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-018-0659-9>.
- [10] J. Aranda-Ventura J. Villacrés-Vallejo y F. Rios-Isern, "Composición química, características físico-químicas, trazas metálicas y evaluación genotóxica del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sachá inchi)". Rev Perú Med Integrativa. 2019, v. 4, n° 1, p. 4-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.26722/rpmi.2019.41.103>.

- [11] G. Rodríguez, S. Avellaneda, R. Pardo, E. Villanueva y E. Aguirre, “Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad”. *Scientia Agropecuaria*, v. 9, n° 2, p. 199-208. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.04>.
- [12] M. Viamonte et al, “Digestibilidad aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) en cerdos criollos de crecimiento”. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 2020, v. 31, n° 4, p.1-7, e19245. DOI: <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19245>.
- [13] J. Lomethong & J. Walsh, “Inca Inchi Nuts: A Potential Replacement Crop for Opium Among Subsistence Farmers in Kachin. State”, *Asian Social Science*, v. 15, n° 4, 2019, DOI: [10.5539/ass.v15n4p79](https://doi.org/10.5539/ass.v15n4p79).
- [14] A. Jaradat, “Breeding Oilseed Crops for Climate Change. At KUMAR, S (Ed.). *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production Opportunities and Constraints*. Chapter 18, 2016, p. 421-472. India: Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801309-0.00018-5>.
- [15] J. Núñez-Rodríguez, J. Carvajal-Rodríguez y & L. Ramírez-Novoa, “Influencia de las variaciones climáticas en la producción de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)”. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, v. 13, pp. 1499-1517, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i13.11269>.
- [16] A. Jaramillo-Robledo, *Clima andino y café en Colombia*. CENICAFÉ. 2005. 196 p. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/859/1/Portada.pdf>.
- [17] Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental-CORPONOR. Plan estratégico ambiental regional-PLANEAR 2016-2035. Disponible en: https://corponor.gov.co/PLANES/PLAN%202016_2035/3.%20CAPITULO%20DIAGNOSTICO-PLANEAR.pdf.
- [18] F. Antonioli y F. Arfini, *Sachá inchi. Investigación sobre las condiciones para el reconocimiento de la indicación geográfica en el Perú*. Italia: Centro Universitario per la Cooperazione italiana - CUCI, 2013, p. 121. ISBN N° 978-612-46554-0-1
- [19] E. Peña, G. Cancelado, *Evaluación de los procesos agronómicos de dos sistemas productivos del cultivo de sachá inchi (*plukenetia volubilis* L) como especies promisorias en clima medio y cálido en los municipios de San Pablo de Borbur y Briceño (Boyacá-Colombia)*. Tesis (Pregrado), 2018, 83 p. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- [20] L. Yang et al., “First report of vine wilt disease caused by *Fusarium solani* on sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) in China”. *Plant Disease*, v. 101, n° 9, 2017, p. 1675. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0473-PDN>.
- [21] Z. Cai, Y. Jiao, S. Tang, X. Dao, Y. Lei & C. Cai, “Leaf photosynthesis, growth, and seed chemicals of sachá inchi plants cultivated along an altitude gradient”. *Crop Science*, v. 52, 2012, p. 1859-1867. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.10.0571>.
- [22] Toda Colombia. Departamento Norte de Santander, 2019. Disponible en: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/norte-de-santander/index.html>.
- [23] Y. Geng, et al., “Dry-season deficit irrigation increases agricultural water use efficiency at the expense of yield and agronomic nutrient use efficiency of Sachá Inchi plants in a tropical humid monsoon area”. *Industrial Crops and Products*. v. 109, 2017, p. 570-578. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.022>.
- [24] L. Romero, C.; Valdiviezo y S. Bonilla, “Caracterización del aceite de la semilla de Sachá Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión”. *La Granja*, Cuenca, v. 30, n. 2, p. 77-87, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.07>.
- [25] L. Follegatti-Romero, C. Piantino, R. Grimaldi & F. Cabral, “Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds”. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 49, 2009, p. 323-329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2009.03.010>.
- [26] J. Castillo, *Rendimiento y caracterización de ácidos grasos del aceite de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en localidades del Ecuador*. Tesis (Pregrado). 2021, 109 p. Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22569/1/T-UCE-0008-CQU-293.pdf>.
- [27] B. Zañquia, “Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil composition varies with changes in temperature and pressure in subcritical extraction with n-propane”. *Industrial Crops and Products*, v. 87, 2016, pp. 64-70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.029>.
- [28] N. Gutiérrez, I. Saá y A. Vinuesa, “Diseño y construcción de un prototipo para la extracción continua de aceite de la semilla Sachá Inchi con un proceso de prensado en frío”. *Enfoque UTE*, v. 8, n° 2, p.15-32. 2017. DOI: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n2.153>.
- [29] R. Muangrat, P. Veeraphong & N. Chantee, “Screw press extraction of Sachá inchi seeds: Oil yield and its chemical composition and antioxidant properties”. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 42, n° 6, e13635, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13635>.