



Interacciones hematológicas: impacto de las aglutininas vegetales en eritrocitos

Hematological interactions: impact of plant agglutinins on erythrocytes

Interações hematológicas: impacto das aglutininas vegetais nos eritrócitos

Edwin Vera-Mendoza¹

Universidad Continental, Arequipa – Arequipa, Perú

 <https://orcid.org/0000-0002-3796-6189>

evm1290@gmail.com (correspondencia)

DOI: <https://doi.org/10.35622/j.rca.2024.02.002>

Recibido: 02/08/2024 Aceptado: 28/11/2024 Publicado: 05/12/2024

PALABRAS CLAVE

agentes bioactivos,
aglutininas vegetales,
hemaglutinación, lectinas
vegetales.

RESUMEN. Las lectinas vegetales, especialmente aquellas obtenidas de *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus vulgaris* y *Vicia faba*, denotan una importancia crucial en el campo de la medicina debido a su potencial para la identificación de los grupos sanguíneos, ya que estas generan una conjugación entre proteínas de superficie celular. Por lo tanto, establecer métodos de tipificación sanguínea que sean accesibles, económicos y eficaces, son fundamentales en diversas intervenciones médicas como transfusiones y trasplantes. El objetivo fue evaluar la actividad hemaglutinante de las lectinas vegetales en diversos tipos de eritrocitos humanos (A, B, AB, O) con el propósito de identificar patrones de afinidad. Se realizaron pruebas de aglutinación eritrocitaria en 97 muestras biológicas (sangre humana) tratada con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), utilizando un diseño pre-experimental y transversal analítico. Los resultados arrojan diferencias significativas ($p = 0,000$), esto indica que las lectinas vegetales demuestran un efecto diferente entre ellas, dicho resultado fue corroborado por un análisis Post Hoc; mientras que obteniendo diferencias significativas ($p = 0,000$) y ($p = 1,000$), las comparaciones con un valor ($p = 1,000$) refieren ausencia de diferencias. En conclusión, existen variaciones en el efecto aglutinógeno de las lectinas vegetales, esto sugiere que, si bien algunas lectinas presentan variaciones evidentes, otras podrían carecer de un impacto significativo, lo que posibilita una investigación más minuciosa. Por consiguiente, sería pertinente incorporar estos factores adicionales en el análisis con el fin de adquirir una visión más integral.

KEYWORDS

bioactive agents,
hemagglutination, plant
agglutinins, plant lectins.

ABSTRACT. Plant lectins, particularly those derived from *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus vulgaris*, and *Vicia faba*, are of critical importance in the field of medicine due to their potential for blood group identification, as they induce conjugation between cell surface proteins. Therefore, establishing accessible, cost-effective, and efficient blood typing methods is essential for various medical interventions such as transfusions and organ transplants. The objective was to evaluate the hemagglutinating activity of plant lectins on different human erythrocyte types (A, B, AB, O) in order to identify affinity patterns. Erythrocyte agglutination tests were performed on 97 biological samples (human blood) treated with EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid), using a pre-experimental, cross-sectional analytical design. The results showed significant differences ($p = 0.000$), indicating

¹ Estudiante de Medicina Humana en la Universidad Continental – Arequipa (Perú).



that plant lectins have a different effect between them. This result was corroborated by a Post Hoc analysis, which revealed significant differences ($p = 0.000$) and ($p = 1.000$), with the comparison showing no significant differences at ($p = 1.000$). In conclusion, variations exist in the agglutinating effect of plant lectins, suggesting that while some lectins show evident variations, others may have no significant impact, warranting further investigation. Therefore, it would be appropriate to incorporate these additional factors into the analysis to gain a more comprehensive understanding.

PALAVRAS-CHAVE

agentes bioativos,
aglutininas vegetais,
hemaglutinização,
lectinas vegetais.

RESUMO. As lectinas vegetais, especialmente aquelas obtidas de *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus vulgaris* e *Vicia faba*, apresentam uma importância crucial no campo da medicina devido ao seu potencial para a identificação de grupos sanguíneos, já que elas geram uma conjugação entre proteínas de superfície celular. Portanto, estabelecer métodos de tipagem sanguínea acessíveis, econômicos e eficazes é fundamental em diversas intervenções médicas, como transfusões e transplantes. O objetivo foi avaliar a atividade hemaglutinante das lectinas vegetais em diferentes tipos de eritrócitos humanos (A, B, AB, O), com o propósito de identificar padrões de afinidade. Realizaram-se testes de aglutinação eritrocitária em 97 amostras biológicas (sangue humano) tratadas com EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), utilizando um desenho pré-experimental e transversal analítico. Os resultados mostraram diferenças significativas ($p = 0,000$), indicando que as lectinas vegetais demonstram um efeito diferente entre elas. Esse resultado foi corroborado por uma análise Post Hoc, que revelou diferenças significativas ($p = 0,000$) e ($p = 1,000$), com as comparações mostrando ausência de diferenças no valor ($p = 1,000$). Em conclusão, existem variações no efeito aglutinante das lectinas vegetais, sugerindo que, enquanto algumas lectinas apresentam variações evidentes, outras podem não ter um impacto significativo, o que possibilita uma investigação mais aprofundada. Portanto, seria pertinente incorporar esses fatores adicionais na análise, a fim de obter uma visão mais completa.

1. INTRODUCCIÓN

Las lectinas constituyen un grupo diverso de proteínas no inmunes, estas proteínas tienen la capacidad de reconocerse entre sí y específicamente para una región no catalítica (Souza et al., 2021). Las lectinas son sustancias que se encuentran presentes en diversos organismos, tanto procariotas como eucariotas (Konozy et al., 2022), las lectinas son proteínas capaces de aglutinar glicoconjugados sin afectar sus enlaces (Hamid et al., 2013). Desde entonces, se han explorado las aplicaciones de estos componentes confrontándolos con una variedad de antígenos propios y no propios, todo ello porque las lectinas se unen de forma específica y reversible a los carbohidratos (Dang & Van Damme, 2015).

Las lectinas no se restringen a la identificación de sistemas sanguíneos, estudios actuales muestran que también son herramientas biofuncionales para detectar células cancerosas, además poseen efectos antiproliferativos y citotóxicos (Rodas Pazmiño et al., 2022). Aunque estas pequeñas moléculas no tienen una función principal en las plantas, desempeñan un papel importante debido a su toxicidad para los animales, los artrópodos, pero también para las bacterias y los virus (Cushnie et al., 2014).

Además de lo mencionado, numerosas lectinas vegetales han sido identificadas por su acción antiinflamatoria, efectos analgésicos y antinociceptivos (Campos et al., 2016), propiedades antiulcerosas (Pinto et al., 2019; Al-Thobaiti & Konozy, 2022) y antineoplásicas (Chen et al., 2009). Las lectinas de origen vegetal, especialmente las provenientes de leguminosas, son notablemente identificables y susceptibles de purificarse en cantidades considerables (Konozy et al., 2022). Esto podría posibilitar la amplia caracterización y elucidación de las estructuras de muchas de estas proteínas (Peumans & Damme, 1995; Loris et al., 1998).

Las lectinas vegetales son proteínas estables que se unen de manera reversible y específica a varios carbohidratos (Chen et al., 2007; Chen, 2008), del mismo modo se adhieren a ciertas enzimas presentes en la superficie del tracto gastrointestinal lo que provoca una alteración en la absorción de los nutrientes (Goldstein et al., 1980; Muzquiz et al., 2012). Los anti nutrientes o conocidos como lectinas, son sustancias vegetales que tradicionalmente se consideran perjudiciales para la salud porque pueden limitar la biodisponibilidad de nutrientes esenciales (Phan et al., 2018; Peterson et al., 2012).

En los últimos años, sin embargo, se ha sabido que estos llamados anti nutrientes tienen efectos positivos y potencial terapéutico frente a diversas enfermedades (Petroski & Minich, 2020), sin embargo, también se ha demostrado que en algunos casos son tóxicos, interfiriendo en la función hormonal se incluye la absorción normal de nutrientes y la actividad de las enzimas digestivas, estos efectos tienen la capacidad de ocasionar daño al epitelio del intestino delgado y favorecer la hipertrofia pancreática y además afectar a la miogénesis linfocitaria (Menéndez et al., 2022; Van Buul & Brouns, 2014). Debido a la toxicidad de las lectinas, es importante medir su concentración en los alimentos o derivados alimentarios destinados al consumo humano, la técnica más utilizada para medir su actividad es la hemaglutinación (Ghazarian et al., 2011).

Es de vital importancia comprender el papel esencial que desempeñan las interacciones “proteína-carbohidrato”, ya que es la forma de entender la biología molecular y celular. La estructura proteica de las lectinas posee una región denominada “dominio de reconocimiento de carbohidratos” que es responsable de la unión a los carbohidratos (Petroski & Minich, 2020; Liyanage & Yan, 2020), por lo tanto, esta región puede contener dos o más sitios de unión a carbohidratos (monosacáridos presentes en eritrocitos). Estos componentes de origen vegetal suelen formar estructuras multiméricas que pueden provocar enlaces cruzados entre células y formar agregados multicelulares, un fenómeno conocido como hemaglutinación (Sharon & Lis, 1972).

Las lectinas se dividen en cinco grupos según el monosacárido por el que tienen mayor afinidad: (a) Glucosa/manosa (b) Galactosa y N-acetil-D-galactosamina (c) N-acetilglucosamina (d) L-fucosa y (e) ácido siálico (Ghazarian et al., 2011; Kumar et al., 2012). A través de una exhaustiva revisión documental, se ha identificado que la lectina presente en el *Annona muricata* L. (guanábana) tiene la capacidad de aglutinar glóbulos rojos, la lectina de *Carica Papaya* L. (papaya) muestra especificidad para aglutinar glóbulos rojos (Djabayan et al., 2022).

Dado que existen diferentes lectinas que reconocen específicamente diferentes monosacáridos, se recomienda utilizar tantos tipos de sangre como sea posible en las pruebas de hemaglutinación para cubrir una amplia gama de lectinas. En este estudio se utilizaron los tipos de sangre humana A, B y O. Esto se debe a que estos glóbulos rojos expresan diferentes residuos terminales de carbohidratos: N-acetilgalactosamina, galactosa y fucosa, respectivamente.

Las lectinas vegetales, debido a su capacidad de unión específica y reversible a carbohidratos, han evidenciado ser instrumentos fundamentales en diferentes campos de la biomedicina y la bioquímica. Su capacidad hemaglutinante ha posibilitado la identificación de patrones de afinidad específicos entre lectinas y residuos terminales de carbohidratos que se encuentran en los eritrocitos humanos. No obstante, a pesar de que se tenga un conocimiento extendido sobre su interacción con tipos sanguíneos particulares, aún existen lagunas en la comprensión de los patrones de afinidad entre las lectinas vegetales y una gama más variada de tipos de glóbulos rojos. Este conocimiento resulta imprescindible para la exploración de su potencial terapéutico y toxicológico, así como para el desarrollo de aplicaciones en los ámbitos biomédico, alimentario y farmacéutico,

por consiguiente, el propósito de la presente investigación es analizar la actividad hemaglutinante de las lectinas vegetales en varios grupos de eritrocitos humanos (A, B, AB y O), con el fin de establecer patrones de afinidad.

2. MÉTODO

Diseño y ámbito de estudio

El presente estudio, de diseño preexperimental, analítico y transversal adoptó un enfoque cuantitativo, con un nivel explicativo lo que permitió profundizar en la relación entre las lectinas vegetales y su capacidad aglutinógena en eritrocitos humanos, dichos procedimientos se realizaron en la ciudad de Arequipa. La metodología aplicada en este estudio proporciona un marco óptimo para estudiar la interacción entre lectinas vegetales y eritrocitos, y sus posibles aplicaciones en el campo diagnóstico, terapéutico y biotecnológico, especialmente en el estudio de enfermedades hematológicas.

Participantes

Se seleccionaron un total de 97 muestras biológicas de sangre anticoagulada con EDTA, de personas entre 18 y 60 años. El proceso de selección de la muestra se llevó a cabo mediante muestreo aleatorio simple, que aseguró la representación estadística de la población objetivo, minimizando cualquier posible sesgo en la recopilación de datos. Las muestras fueron seleccionadas según estrictos criterios de inclusión y exclusión, asegurando que cumplieran las condiciones necesarias para el análisis: sangre fresca, sin signos de coagulación o hemólisis, lo cual fue fundamental para la precisión de los resultados de la prueba de hemaglutinación. Además de los requisitos técnicos, se ha prestado especial atención al cumplimiento de las normas éticas.

Cada participante fue cuidadosamente informado de los objetivos, procedimientos, beneficios y posibles riesgos del estudio, además se aseguró su comprensión antes de obtener el consentimiento informado. Este consentimiento se obtuvo por escrito, de acuerdo con los estándares éticos establecidos por la Declaración de Helsinki y las directrices internacionales para la investigación biomédica, protegiendo los derechos y el bienestar de los participantes. También se garantizó que los datos serían tratados de forma confidencial, respetando su anonimato, y que podrían retirarse del estudio en cualquier momento, sin consecuencias.

Recopilación de datos y variables

El presente estudio se estructura en torno a dos variables: la primera "lectinas vegetales", que incluye específicamente las lectinas extraídas de tres leguminosas ampliamente estudiadas: pallares (*Phaseolus lunatus*), frejoles (*Phaseolus vulgaris*) y habas (*Vicia faba*), la segunda "actividad aglutinógena", que se refiere a la capacidad de estas lectinas para inducir la aglutinación de los glóbulos rojos humanos. Para medir el efecto aglutinógeno de las lectinas, se utilizó el extracto crudo obtenido por maceración, conocido por su eficacia en la extracción y compuestos bioactivos presentes. Este enfoque no sólo nos permite evaluar la aglutinación de los glóbulos rojos en un ambiente controlado, sino que también facilita la comparación de nuestros resultados con los de investigaciones anteriores con diferentes métodos. Esta comparación es esencial para comprender mejor la variabilidad de la actividad aglutinógena.

Para medir la actividad aglutinógena se utilizaron extractos crudos obtenidos de la maceración de leguminosas, método conocido por su efectividad en la extracción de compuestos bioactivos. La actividad aglutinógena se evaluó mediante un ensayo de aglutinación directa, en el que se midió la formación de conglomerados de eritrocitos en respuesta a la exposición a lectinas. Este enfoque no sólo nos permitió comparar nuestros

resultados con estudios previos, sino que también facilitó una interpretación más amplia del comportamiento de las lectinas vegetales en diferentes condiciones experimentales, contribuyendo así al conocimiento de su variabilidad biológica.

Análisis estadístico

El análisis de los datos obtenidos se realizó con la versión 4.3.1 de RStudio, con procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales. En primer lugar, se realizaron análisis descriptivos para caracterizar las muestras y los datos obtenidos en términos de prevalencia de sistema sanguíneo, intensidad y tiempo y aglutinación. Luego se aplicó la prueba de Friedman, diseñada para evaluar la significancia de las diferencias entre las medianas de los grupos experimentales, asumiendo un intervalo de confianza del 98% y fijando un valor umbral de p-value inferior a 0,02.

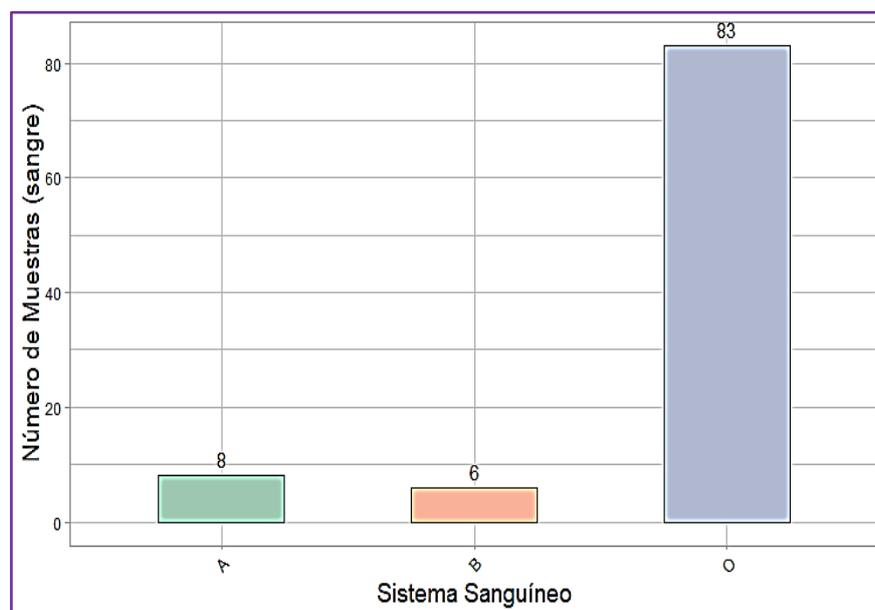
Los resultados arrojaron un valor de p de 0,000, lo que permitió confirmar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el efecto aglutinógeno de las lectinas vegetales evaluadas. Este hallazgo sugiere que las lectinas de diferentes especies de leguminosas presentan variabilidad en su capacidad aglutinógena, lo que puede estar relacionado con la diversidad estructural de las proteínas presentes en cada extracto. Los gráficos y la representación visual del estudio se generaron utilizando la extensión ggplot2 del software Rstudio 4.3.1, lo que permitió una presentación clara y detallada de los resultados, facilitando la interpretación y comparación de los efectos observados por parte de las lectinas.

3. RESULTADOS

Se contactó a 97 participantes para el estudio actual, el gráfico de barras muestra la incidencia de los sistemas sanguíneos "O", "A" y "B" en una población, mostrando que el grupo "A" tiene 8 muestras y el "B" 6, indicando una baja prevalencia de ambos. En contraste, destaca el sistema "O" con 83 muestras, lo que sugiere una alta incidencia que puede ser importante para la salud pública, especialmente en decisiones relativas a bancos de sangre y campañas de donación (Figura 1).

Figura 1

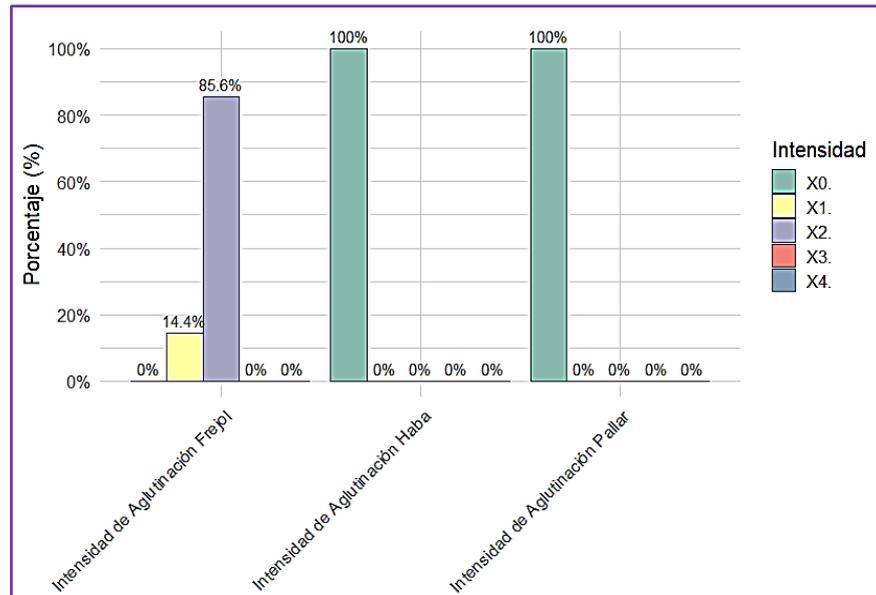
Distribución de muestras de sangre según el sistema sanguíneo.



El poder aglutinógeno de las lectinas se estimó en una escala de cinco categorías (X0 a X4), los resultados obtenidos muestran que el extracto de pallar presenta una aglutinación de 0X, alcanzando el 100% de las muestras analizadas. Por su parte, el extracto de frejol presenta aglutinaciones 1X y 2X, representando 14,4% y 85,6%, respectivamente. A su vez, el extracto de haba también presenta aglutinación 0X, con un 100% de coincidencia. Es importante señalar que no se observó aglutinación en las categorías 3+ y 4+ para ninguno de los extractos de plantas analizadas (Figura 2).

Figura 2

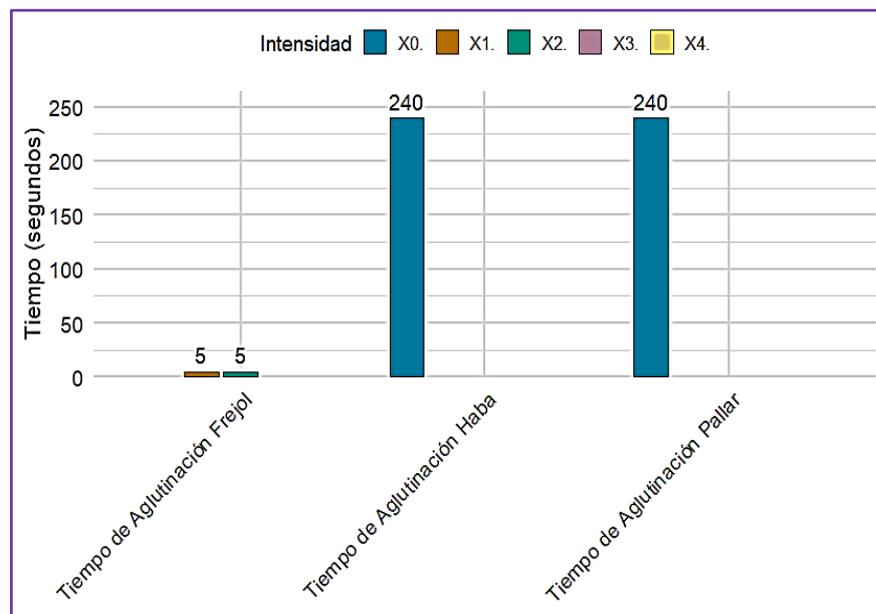
Hemaglutinación comparada en cuanto a intensidades



El tiempo juega un papel importante en la observación de aglutinación de eritrocitos, el caso de la lectina proveniente de pallar no se observó aglutinación después de 240 segundos, lo que resulta en una clasificación de 0X para la aglutinación de eritrocitos, En cambio, el frejol mostró una aglutinación visible en sólo 5 segundos, alcanzando intensidades 1X y 2X, lo que sugiere una reacción muy significativa. Finalmente, el haba no mostró reacción sobre los 240 segundos, manteniendo una calificación de 0X (Figura 3).

Figura 3

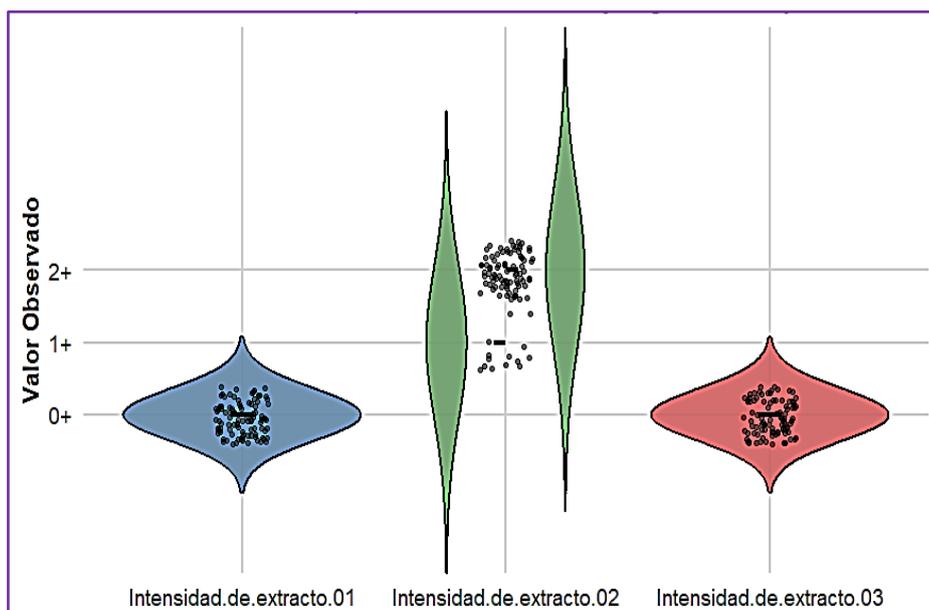
Hemaglutinación comparada en cuanto a tiempo



Para continuar con los análisis estadísticos y de dispersión se utilizó el gráfico de violín, los valores observados corresponden a las variables Extracto.01, Extracto.02 y Extracto.03, las cuales muestran distribuciones simétricas en los extractos 01 y 03 y además con baja dispersión, lo que sugiere un adecuado control de calidad y estabilidad de la producción. En contraste, el extracto 02 muestra una mayor dispersión y una distribución más amplia, con presencia de valores atípicos, lo que puede indicar una variabilidad significativa y la necesidad de análisis adicionales para optimizar la uniformidad del proceso (Figura 4).

Figura 4

Hemaglutinación y su distribución en intensidades



Aplicando el test de Friedman y con un nivel de confianza del 98% ($\alpha = 0,002$) y un valor p de 0,000, se demuestra diferencias significativas en el efecto aglutinógeno entre las lectinas estudiadas. En particular, se descubrió que la lectina extraída de frejoles era más eficaz en la aglutinación de glóbulos rojos en comparación con otras lectinas estudiadas.

Tabla 1

Resultados de comparaciones Post-Hoc entre interacciones de actualización

Interacciones de Aglutinación	Estadístico de Prueba	Desv. Error	Sig.
Aglutinación Pallar - Aglutinación Haba	0	0.144	1
Aglutinación Pallar - Aglutinación Frejol	-1.5	0.144	0
Aglutinación Haba - Aglutinación Frejol	1.5	0.144	0

Nota. Sig.= significancia estadística

El análisis Post-Hoc de las interacciones entre las lectinas estudiadas reveló resultados de interés, en la agrupación pallar y haba se obtuvo (valor p = 1000), sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre el grupo de pallar y frejol, del mismo modo el grupo de frejol y haba poseen (valor p = 0,000 en ambos casos), lo que sugiere que la lectina de frejol tiene una mayor eficiencia aglutinante que las demás, lo que puede tener implicaciones importantes en futuros estudios sobre aglutinación y aplicaciones biomédicas (Tabla 01).

4. DISCUSIÓN

El presente estudio resalta la identificación de los principios biológicos que poseen las lectinas sobre los eritrocitos humanos, se observó un predominio significativo del grupo sanguíneo "O", con una representación mayor (83 muestras) en comparación con los grupos "A" (8 muestras) y "B" (6 muestras). Este hallazgo no solo es relevante para comprender la diversidad genética de la población, sino que también tiene implicaciones fundamentales para la salud pública, especialmente en la planificación de bancos de sangre y estrategias de donación.

La hipótesis inicial planteaba que las lectinas extraídas de diferentes plantas tendrían un efecto aglutinante sobre los glóbulos rojos según el tipo de sangre, con la expectativa de que algunas lectinas, como las de los frijoles, serían más efectivas que otras. Se esperaba que este efecto variara en intensidad y tiempo de reacción, siendo la lectina de frijol más potente debido a estudios previos que demostraron su capacidad para aglutinar eritrocitos de diferentes tipos de sangre. Los resultados confirmaron en gran medida esta hipótesis, mostrando que el extracto de frijol exhibió una aglutinación rápida y significativa.

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones previas, como las de Djabayan al. (2022), quienes observaron que la lectina de garbanzo aglutinaba los eritrocitos, y Rodas et al. (2022), quienes comprobaron el efecto aglutinante de las lectinas en los grupos sanguíneos A, B y O. Además, Ramos et al. (2024) estudiaron la hoja de *Stevensia grandiflora*, observando aglutinación en todos los grupos sanguíneos, aunque su fracción proteica mostró actividad aglutinante solo en el grupo sanguíneo O. Otros estudios, como los de Torres et al. (2019), y Naik y Kumar (2020), evidenciaron actividad hemaglutinante de las lectinas estudiadas.

Un hallazgo importante de este estudio fue que la lectina de frijol mostró una mayor capacidad de unión en comparación con otras lectinas analizadas, con aglutinación observable a partir de los 5 segundos. Además, se observó que el grupo sanguíneo O tenía una mayor sensibilidad a la aglutinación que los grupos A y B, lo que sugiere una posible especificidad de la lectina de frijol para ciertos grupos sanguíneos. Este resultado es de gran relevancia para el desarrollo de aplicaciones clínicas y biomédicas.

El estudio de lectinas de diferentes plantas ha sido abordado por diversas investigaciones, Khan et al. (2002) demostraron que la lectina *Dolichos biflorus*, conocida como anti-A, reacciona inhibiendo la N-acetil D-galactosamina, lo que provoca aglutinación contra los eritrocitos tipo A. Booth et al. (1957) utilizaron *Dolichos biflorus* para identificar células específicas de los grupos A y O, mientras que Rudrappan et al. (2016) emplearon *Ulex europaeus*, una lectina conocida como anti-H, para identificar el raro grupo sanguíneo Bombay. Asimismo, Khairiya et al. (2023) utilizaron la lectina amarantina, que mostró propiedades para aglutinar glóbulos rojos A, B y O.

Investigaciones adicionales también han explorado la actividad hemaglutinante de lectinas en diversas familias botánicas, Purkait y Koley (2020) evidenciaron hemaglutinación variada, con una reacción débil en diluciones de 1:128 para diferentes grupos sanguíneos, en tiempos de 20-25 minutos y temperaturas entre 30-70 °C, lo que refleja la sensibilidad térmica y la especificidad biológica de las lectinas. Por otro lado, Shrivastav y Manhas (2023) encontraron que extractos de semillas de soja, girasol, calabaza, tulsí y papaya presentaron actividad hemaglutinante en algunos grupos sanguíneos, mientras que los de sésamo y comino no mostraron dicha actividad.

Finalmente, estudios previos sobre lectinas de *Phaseolus vulgaris* también han revelado información relevante, Zubcević et al. (2018) observaron que las lectinas de las familias *Fabaceae* y *Solanaceae* tienen capacidad para aglutinar los grupos sanguíneos A, B, AB y O, destacando que *Phaseolus vulgaris* mostró la mayor actividad hemaglutinante. Barragán et al. (2012) demostraron que *Phaseolus vulgaris* L. var. ñuña presenta actividad hemaglutinante en eritrocitos ABO, aunque sin especificidad, en tiempos de conjugación entre 30 minutos y 2 horas.

En el estudio actual, se han identificado los principios biológicos de las lectinas respecto a los eritrocitos humanos, resaltando la preferencial aglutinación de los eritrocitos del grupo sanguíneo O, en consonancia con los hallazgos previos de investigaciones. Este hallazgo concuerda con las investigaciones de Djabayan et al. (2022), Ramos et al. (2024) y Rodas Pazmiño et al. (2022), quienes observaron actividad hemaglutinante de diversas lectinas, asimismo, la lectina de frijol demostró una mayor capacidad de unión en comparación con otras lectinas examinadas, lo cual sugiere una posible especificidad hacia determinados grupos sanguíneos. Estos hallazgos poseen implicaciones importantes para el avance de aplicaciones biomédicas y clínicas, particularmente en áreas como la gestión de bancos de sangre y las estrategias de donación.

Sin embargo, el estudio presenta ciertas limitaciones que podrían impactar en la interpretación de los resultados. En primer término, la muestra empleada en la investigación resultó ser limitada en cuanto a los grupos sanguíneos examinados, lo cual restringe la posibilidad de generalizar los hallazgos a una población más extensa. Asimismo, el periodo de exposición a las lectinas y las variables experimentales, tales como la temperatura y la concentración, pudieron haber influido en la intensidad y la velocidad de la aglutinación registrada. A pesar de dichas limitaciones, los resultados ofrecen una base robusta para investigaciones venideras. Se sugiere que investigaciones futuras amplíen la muestra con el objetivo de incluir una variedad

más amplia de grupos sanguíneos, al mismo tiempo que se analice el impacto de variables adicionales, tales como la temperatura y la concentración de las lectinas. Se sugiere también explorar el mecanismo molecular subyacente a la especificidad de las lectinas para los diferentes grupos sanguíneos, lo cual podría ofrecer información valiosa para la aplicación clínica de dichas proteínas en terapias relacionadas con la sangre.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que, a pesar de que la lectina de *Phaseolus vulgaris* mostró una actividad aglutinante sólida, las lectinas de *Phaseolus lunatus* y *Vicia faba* no indujeron aglutinación observable en los eritrocitos examinados. Este hecho podría ser interpretado como una ausencia de interacción significativa en dichos escenarios. No obstante, resulta crucial tener en cuenta que diversos factores, como la concentración de lectinas, el tiempo de exposición y la temperatura experimental, también podrían haber influido en la falta de respuesta. Debido a que se demostró a la actividad hemaglutinante podría estar condicionada por parámetros óptimos, tales como un intervalo específico de temperatura y pH, junto con la preservación de la estabilidad de la lectina en dichas circunstancias.

Además de las propiedades moleculares de las lectinas, resulta imperativo tomar en cuenta factores adicionales que pudieran incidir en la intensidad y la velocidad de la aglutinación. Una de estas características a considerar es la densidad y accesibilidad de los antígenos presentes en la membrana eritrocitaria, la cual exhibe variaciones entre distintos grupos sanguíneos y posiblemente justifique, al menos parcialmente, el mayor grado de sensibilidad a la aglutinación observado en los eritrocitos del grupo O en comparación con los grupos A y B. Otros factores, tales como las condiciones de almacenamiento y preparación de los eritrocitos, podrían haber influenciado la exposición de los carbohidratos de la membrana, lo cual habría afectado la interacción con las lectinas.

La omisión de dichos elementos podría resultar en conclusiones parciales o sesgadas acerca de la actividad de las lectinas, si bien es evidente la especificidad de la lectina de frijol hacia el grupo O, no se puede descartar que el mayor grado de aglutinación observado también pueda estar influenciado por la mayor expresión del antígeno H, propio del grupo sanguíneo O y reconocido por su afinidad con ciertas lectinas. La observación de una mayor actividad hemaglutinante en la lectina de frijol posee implicaciones biomédicas significativas, puesto que su especificidad y rápida acción podrían resultar beneficiosas para la creación de reactivos diagnósticos o terapéuticos. No obstante, en el contexto de aplicaciones clínicas, se requeriría llevar a cabo una evaluación acerca de cómo otros elementos, tales como la temperatura, la estabilidad proteica y la pureza del extracto de lectinas, podrían incidir en su rendimiento en situaciones reales.

Si bien los resultados ofrecen un fundamento sólido, la muestra limitada en cuanto a grupos sanguíneos constituye una limitación para la generalización de los descubrimientos. Además, resultaría pertinente realizar un análisis sobre cómo ciertos factores, tales como la presencia de inhibidores naturales de lectinas en la sangre inciden en la actividad hemaglutinante. Las investigaciones venideras deberían centrarse en un diseño experimental más controlado que posibilite la exploración de dichos aspectos, de preferencia complementando los ensayos funcionales con investigaciones moleculares con el fin de identificar los mecanismos precisos de interacción lectina-antígeno. En conclusión, a pesar de que este estudio valida la capacidad aglutinante específica de la lectina de *Phaseolus vulgaris* en eritrocitos humanos, se requiere la incorporación de otras variables relevantes en la interpretación para lograr una comprensión exhaustiva de la naturaleza de dichas interacciones y su posible aplicabilidad clínica.

Conflicto de intereses / Competing interests:

El autor declara que no incurre en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

No aplica.

Fuentes de financiamiento / Funding:

El autor declara que no recibió financiamiento para la realización de la investigación.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

El autor declara no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

REFERENCIAS

- Al-Thobaiti, S. A., & Konozy, E. H. E. (2022). Purification, Partial Characterization, and Evaluation of the Antiulcer Activity of Calotropis procera Leaf Lectin. *Protein and Peptide Letters*, 29(9), 775. <https://doi.org/10.2174/0929866529666220803162457>
- Barragán, J. A., Zerpa, S. I., Castillo, M. S., Haro, I. R., & Villazón, C. O. (2012). LECTINAS DE Phaseolus vulgarisL. var ñuña “ñuña” y su especificidad hemoaglutinante frente a grupos sanguíneos abo y levaduras. *SCIÉENDO*, 15(2), 1-8. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/485>
- Booth, P. B., Plaut, G., James, J. D., Ikin, E. W., Moores, P., Sanger, R., & Race, R. R. (1957). Blood chimerism in a pair of twins. *British Medical Journal*, 1(5033), 1456-1458. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.5033.1456>
- Campos, J. K. L., Araújo, C. S. F., Araújo, T. F. S., Santos, A. F. S., Teixeira, J. A., Lima, V. L. M., & Coelho, L. C. B. B. (2016). Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Bauhinia monandra* leaf lectin. *Biochimie Open*, 2, 62-68. <https://doi.org/10.1016/j.biopen.2016.03.001>
- Chen, H., Gonzales-Vigil, E., Wilkerson, C. G., & Howe, G. A. (2007). Stability of Plant Defense Proteins in the Gut of Insect Herbivores. *Plant Physiology*, 143(4), 1954-1967. <https://doi.org/10.1104/pp.106.095588>
- Chen, J., Liu, B., Ji, N., Zhou, J., Bian, H., Li, C., Chen, F., & Bao, J. (2009). A novel sialic acid-specific lectin from *Phaseolus coccineus* seeds with potent antineoplastic and antifungal activities. *Phytomedicine*, 16(4), 352-360. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.07.003>
- Chen, M. S. (2008). Inducible direct plant defense against insect herbivores: A review. *Insect Science*, 15(2), 101-114. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2008.00190.x>
- Cushnie, T. P. T., Cushnie, B., & Lamb, A. J. (2014). Alkaloids: An overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 44(5), 377-386. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2014.06.001>
- Dang, L., & Van Damme, E. J. M. (2015). Toxic proteins in plants. *Phytochemistry*, 117, 51-64. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.05.020>
- Djabayan-Djibeyan, P., González-Ramírez, L. C., Ustariz, M. E. L., & Valarezo-García, C. (2022). Aislamiento y actividad biológica de lectinas obtenidas de semillas de frutas, granos y tubérculos de plantas andinas. *Información tecnológica*, 33(2), 21-36. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000200021>



- Ghazarian, H., Idoni, B., & Oppenheimer, S. B. (2011). A glycobiochemistry review: Carbohydrates, lectins and implications in cancer therapeutics. *Acta Histochemica*, 113(3), 236-247. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2010.02.004>
- Goldstein, I. J., Hughes, R. C., Monsigny, M., Osawa, T., & Sharon, N. (1980). What should be called a lectin? *Nature*, 285(5760), 66-66. <https://doi.org/10.1038/285066b0>
- Hamid, R., Masood, A., Wani, I. H., & Rafiq, and S. (2013). Lectins: Proteins with Diverse Applications. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(4), S93-S103. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.34.S18>
- Khairiya, F., Dwivany, F. M., Suhandono, S., Hessel, S. S., Zainuddin, I. M., & Tallej, T. E. (2023). In silico Comparative Analysis of Gene and Protein of Plant Lectins. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 46(3), 815-838. <https://doi.org/10.47836/pjtas.46.3.06>
- Khan, F., Khan, R. H., Sherwani, A., Mohmood, S., & Azfer, M. A. (2002). Lectins as markers for blood grouping. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 8(12), RA293-300. <https://doi.org/10.13140/2.1.1744.9606>
- Konozy, E. H. E., Osman, M. E. M., Dirar, A. I., & Ghartey-Kwansah, G. (2022). Plant lectins: A new antimicrobial frontier. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 155, 113735. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113735>
- Kumar, K. K., Chandra, L. P. K., Sumanthi, J., Reddy, S. G., Shekar, C. P., & Reddy, B. V. R. (2012). Biological role of lectins: A review. *Journal of Orofacial Sciences*, 4(1), 20. <https://doi.org/10.4103/0975-8844.99883>
- Liyanage, S. H., & Yan, M. (2020). Quantification of binding affinity of glyconanomaterials with lectins. *Chemical Communications*, 56(88), 13491-13505. <https://doi.org/10.1039/D0CC05899H>
- Loris, R., Hamelryck, T., Bouckaert, J., & Wyns, L. (1998). Legume lectin structure. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*, 1383(1), 9-36. [https://doi.org/10.1016/S0167-4838\(97\)00182-9](https://doi.org/10.1016/S0167-4838(97)00182-9)
- Menéndez-Rey, A., González-Martos, R., Ye, P., Quiroz-Troncoso, J., Alegría-Aravena, N., Sánchez-Díez, M., Maestu-Unturbe, C., Bensadon-Naeder, L., & Ramírez-Castillejo, C. (2021). Quantification of lectins in *Synsepalum dulcificum* and comparison with reference foods. *Food Chemistry*, 352, 129341. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129341>
- Muzquiz, M., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado Hoyos, M. C., Guillamón Fernández, E., & Pedrosa, M. M. (2012). Bioactive compounds in legumes Pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health. 11, 227-244. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9233-9>
- Naik, S., & Kumar, S. (2020). Biochemical Characterization of Lactose Binding Entadin Lectin from Entada rheedii Seeds with Cytotoxic Activity against Cancer Cell Lines. *ACS Omega*, 5(27), 16430-16439. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00577>
- Peterson, E., De, P., & Nuttall, R. (2012). BMI, Diet and Female Reproductive Factors as Risks for Thyroid Cancer: A Systematic Review. *PLOS ONE*, 7(1), e29177. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029177>
- Petroski, W., & Minich, D. M. (2020). Is There Such a Thing as “Anti-Nutrients”? A Narrative Review of Perceived Problematic Plant Compounds. *Nutrients*, 12(10), 1-32. <https://doi.org/10.3390/nu12102929>

- Peumans, W. J., & Damme, E. J. V. (1995). Lectins as plant defense proteins. *Plant Physiology*, 109(2), 347. <https://doi.org/10.1104/pp.109.2.347>
- Phan, M. A. T., Paterson, J., Bucknall, M., & Arcot, J. (2018). Interactions between phytochemicals from fruits and vegetables: Effects on bioactivities and bioavailability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(8), 1310-1329. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1254595>
- Pinto, I. R., Chaves, H. V., Vasconcelos, A. S., de Sousa, F. C. F., Santi-Gadelha, T., de Lacerda, J. T. J. G., Ribeiro, K. A., Freitas, R. S., Maciel, L. M., Filho, S. M. P., Viana, A. F. S. C., de Almeida Gadelha, C. A., Filho, G. C., de Paulo Teixeira Pinto, V., Pereira, K. M. A., Rodrigues e Silva, A. A., & Bezerra, M. M. (2019). Antiulcer and Antioxidant Activity of a Lectin from *Mucuna pruriens* Seeds on Ethanol-induced Gastropathy: Involvement of Alpha-2 Adrenoceptors and Prostaglandins. *Current Pharmaceutical Design*, 25(12), 1430-1439. <https://doi.org/10.2174/1381612825666190524081433>
- Purkait, S., & Koley, S. (2020). *Identification and Characterization of Lectins from Leguminosae Plants*. 9(2), 1-7. <https://doi.org/10.52403>
- Ramos Abreu, M., Maroto Martín, L. O., Franco, E. F., & De Francisco, L. E. (2024). Bioprospección de lectinas en plantas de la familia rubiaceae endémicas de la República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 7(1), 99-122. <https://doi.org/10.22206/cac.2024.v7i1.3177>
- Rodas Pazmiño, K. A., Pazmiño Gómez, B. J., Quinde, G. S. G., Espinoza, R. G. A., Maridueña, O. A. C., Riofrío, A. G. C., Morán, P. L. R., Pérez, R. J. P., Sánchez, V. H. R., & Peralta, R. D. C. (2022). *Lectinas de frijol (Tépari phaseolus acutifolius) presentan actividad antagónica frente a células cancerígenas*. 12(1), 97-105. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6817239>
- Rudrapan, R., Veeran, K., Veeran, K., & Veeran, K. (2016). Role of Plant Based Lectins in Identifying Rare Bombay Blood Group. *Pharmacognosy Journal*, 8(1), 70-71. <https://doi.org/10.5530/pj.2016.1.15>
- Sharon, N., & Lis, H. (1972). Lectins: Cell-Agglutinating and Sugar-Specific Proteins. *Science*, 177(4053), 949-959. <https://doi.org/10.1126/science.177.4053.949>
- Shrivastav, K., & Manhas, S. (2023). Blood Grouping by Seed Extract: An Innovative Approach in Forensic Science. *Journal of Advanced Zoology*, 44(5), 53-57. <https://doi.org/10.17762/jaz.v44i5.2559>
- Souza, Z. N. de, Santos, J. V. de O., Neto, J. M. W. D., Silva, W. R. C. da, Ferreira, Y. L. A., & Cavalcanti, I. M. F. (2021). Lectinas antibacterianas e antibiofilmes de plantas—Uma revisão. *Research, Society and Development*, 10(15), Article 15. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22595>
- Torres, M. É. L. M., Brandão-Costa, R. M. P., Santos, J. V. de O., Cavalcanti, I. M. F., Silva, M. M. da, Nascimento, T. P., Nascimento, C. de O., & Porto, A. L. F. (2019). DdeL, una nueva lectina termoestable de semillas de *Dypsis decaryi*: Propiedades biológicas. *Process Biochemistry*, 86, 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.07.021>
- Van Buul, V. J., & Brouns, F. J. P. H. (2014). Health effects of wheat lectins: A review. *Journal of Cereal Science*, 59(2), 112-117. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.01.010>
- Zubcević, N., Fočak, M., & Suljevic, D. (2018). Highly specific hemagglutination activity of plant lectins in specific species: Case of Fabaceae and Solanaceae. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(3), 391-397