

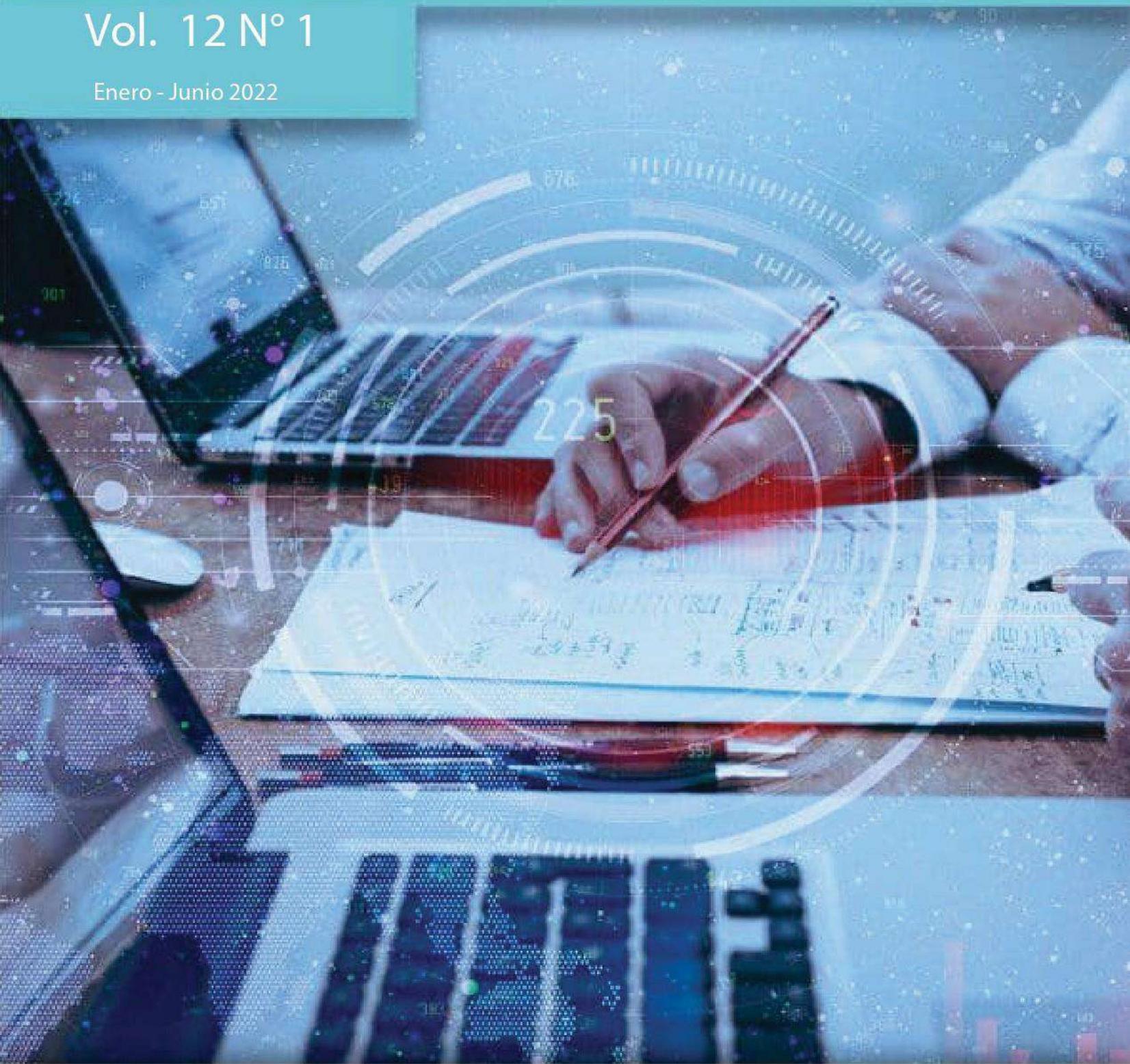
Red de Investigación Estudiantil de la Universidad del Zulia  
Revista Venezolana de Investigación Estudiantil

# REDIELUZ

Sembrando la investigación estudiantil

Vol. 12 N° 1

Enero - Junio 2022



ISSN: 2244-7334

Depósito Legal: pp201102ZU3769



VAC

Universidad del Zulia  
Vicerrectorado Académico

## LECTINAS DE FRIJOL (*TÉPARI PHASEOLUS ACUTIFOLIUS*) PRESENTAN ACTIVIDAD ANTAGÓNICA FRENTE A CÉLULAS CANCERÍGENAS

Lectins from the tepari bean (*Phaseolus acutifolius*) present antagonistic activity against cancer cells

Karen Alexandra Rodas Pazmiño<sup>1</sup>, Betty Judith Pazmiño Gómez, Gabriel Stephano González Quinde, Ronnie Gabriel Arreaga Espinoza<sup>1</sup>, Oscar Andrés Carrasco Maridueña<sup>1</sup>, Angel Gabriel Castillo Riofrío<sup>1</sup>, Pedro Luis Ramos Morán<sup>1</sup>, Rodrigo José Pazmiño Pérez, Victor Hugo Rea Sánchez, Yesenaia Yael Sánchez Sarmiento<sup>1</sup>, Roberto Darwin Coello Peralta

(Colectivo de estudiantes investigadores)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), <sup>2</sup>Laboratorio Clínico y Microbiológico "PAZMIÑO", <sup>3</sup>Universidad de Guayaquil

<https://orcid.org/0000-0002-6461-1068> 1  
krodasp2@unemi.edu.ec

### RESUMEN

Las lectinas son sustancias provistas por diferentes fuentes orgánicas que pueden presentar efectos citotóxicos en ciertas células, sin embargo, el consumo cotidiano en bajas concentraciones no genera ningún daño al organismo. El estudio pretende conocer la potencialidad de las lectinas presentes en el frijol tépari (*Phaseolus acutifolius*) siendo un posible vector para el tratamiento de diferentes líneas celulares cancerígenas, como: células de leucemia linfocítica, células del colon, células de mama y células del cérvix. Esta revisión literaria aborda diferentes puntos de vista desde la extracción de las lectinas hasta estudios realizados *in vitro*, permitiendo analizar la inhibición del crecimiento celular en respuesta a la actividad antiproliferativa y citotóxica de las lectinas bajo diferentes concentraciones (0-control, 10, 25, 50 y 100 µg/ml). Además, se consideró las posibles afecciones producidas en las células cancerígenas, después de haber aplicado el tratamiento, enfatizando el desarrollo de datos estadísticos para conocer la viabilidad celular post-tratamiento. En cuanto a los resultados, en su mayoría, fueron positivos y tras analizar los datos estadísticos, se llegó a la conclusión, que, las lectinas pueden actuar de manera versátil en diferentes líneas celulares, sin embargo, de manera paradójica, cuando se aplican concentraciones distintas,

los resultados cambian y tienden a perder su efecto antagónico, de tal forma que, al tratar células cancerígenas con lectinas puede conducir a resultados aleatorios.

**Palabras clave:** Lectinas, tratamiento, frijol tépari, líneas celulares, viabilidad celular.

### ABSTRACT

Lectins are substances provided by different organic sources that can have cytotoxic effects on certain cells; however, daily consumption in low concentrations does not cause any harm to the organism. The study aims to know the potential of lectins present in the tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) as a possible vector for the treatment of different cancer cell lines, such as: lymphocytic leukemia cells, colon cells, breast cells and cervical cells. This literature review addresses different points of view from lectin extraction to *in vitro* studies, allowing to analyze the inhibition of cell growth in response to the antiproliferative and cytotoxic activity of lectins under different concentrations (0-control, 10, 25, 50 and 100 µg/ml). In addition, the possible affections produced in the cancer cells after treatment were considered, emphasizing the development of statistical data to know the post-treatment cell viability. The results were mostly positive and after analyzing the statistical data it was concluded that lectins can

act in a versatile way in different cell lines, however, paradoxically, when different concentrations are applied, the results change and tend to lose their antagonistic effect, in such a way that treating cancer cells with lectins can lead to random results.

**Keywords:** Lectins, treatment, tepary bean, cell lines, cell viability.

**Recibido: 10-12-2021 Aprobado: 04-03-2022**

## INTRODUCCIÓN

En la dieta ordinaria, consumimos alimentos de origen vegetal y animal, que al ser metabolizados, proporcionan proteínas y demás moléculas que son de gran “valor biológico” y con importantes propiedades funcionales como el caso de las lectinas. Un grupo de glicoproteínas presentes, en su mayoría, en especies vegetales de legumbres, tubérculos y frutas, especialmente en sus semillas, hojas, cáscara y pulpa. Las lectinas también, se encuentran en animales invertebrados y además, constituyen el 2 al 10% de las proteínas presentes en los vegetales (Hernández et al., 1999).

La presencia de lectinas se destaca en leguminosas, común en dietas occidentales como el frijol tépari (*Phaseolus acutifolius*). Según, Poy (2010) esta legumbre forma parte de la familia de las fabáceas y tiene origen en las principales regiones de Mesoamérica. Además, los cultivos de este frijol son resistentes a sequías, ciclo corto y granos pequeños en comparación a otras variedades. Esta línea de leguminosa, contiene aproximadamente 3-8% fibra, 57-67% carbohidratos, 1-4% lípidos y 19-22% de proteína, además, se ha llegado a identificar hasta 120 kDa de lectinas en variedades de frijoles tépari en México (Valadez, 2004).

Cabe destacar que, las lectinas en las leguminosas y otros vegetales se sintetizan, producen y transportan en el retículo endoplasmático rugoso, almacenándose en las vacuolas, esto servirá como sistema de defensa contra fitopatógenos. Las lectinas se componen de aminoácidos como glutamina, asparagina, glicina, treonina, serina, lisina, ácido aspártico, etc. Asimismo, se caracterizan por sus propiedades bioquímicas basadas en su afinidad de unión a grupos de hidratos de carbono, también, tiene la capacidad de aglutinamiento de células y precipitación de glicoconjugados (Vázquez et al., 2012).

Las lectinas han sido estudiadas en diversas ocasiones buscando determinar su efecto citotóxico en células cancerígenas como, por ejemplo, Kiss et al., (1997) demostraron que la lectina presente en *Phaseolus vulgaris* (PHA-L) tiene la capacidad de contrarrestar la viabilidad y el crecimiento de tres líneas celulares cancerígenas de colon (HCT-15, LoVo, SW837), asimismo, Delebinski et al., (2012) evidenciaron que las lectinas del muérdago *Viscum album* L. (VLL) inducen la activación de caspasa-3 en células leucémicas, esto conlleva a una muerte celular (apoptosis).

Además, han sido históricamente usadas para identificar grupos sanguíneos y el estudio de las membranas celulares. Sin embargo, se ha comprobado en la actualidad, mediante estudios *in vitro* e *in vivo*, que las lectinas, también, son herramientas bio-funcionales para la detección de células cancerígenas (debido a su alta especificidad) de antiproliferación celular y capacidad citotóxica para provocar la apoptosis celular. Siendo así, una herramienta con grandes beneficios para la salud humana, específicamente por la capacidad de ser una diana terapéutica gracias a su actividad inmunológica, antibacteriana y anticancerígena (Vázquez et al., 2012).

## Materiales y métodos

**Recolección de muestras:** El material biológico correspondiente, consistió en frijol tépari adquirido en el mercado municipal de Hermosillo, Sonora, México y cuatro líneas de células malignas (células de la leucemia linfocítica, células del colon, células de mama y células del cérvix).

**Técnicas empleadas:** Se realizó la extracción de lectinas en frijol tépari y su posterior aplicación *in vitro* para conocer su actividad antagonista frente a líneas celulares malignas.

### Preparación de la columna Mini-leak-fetuína

De acuerdo a las instrucciones del manual de Kem en Tec, se preparó una solución con fetuína y polietilenglicol, para posteriormente purificarla con NaCl al 0.1 M, además, se adicionó etanolamida y se dejó reposar la mezcla con el fin de eliminar los grupos activos de la matriz. Luego, la matriz fue lavada con soluciones reguladoras de pH, para eliminar proteínas no unidas, con lo cual, fue finalmente lavada y refrigerada en una solución reguladora de fosfatos con azida de sodio.

### Extracción de lectinas

Las semillas de frijol, fueron sometidas a un molino para granos Thomas Wiley Cutting Mill y pasadas por una malla #60, para posteriormente llevar a cabo la extracción de la fracción hemaglutinante. La harina de frijol, fue extraída con una solución reguladora de fosfato de potasio salina y sometida a agitación constante, para luego ser centrifugada, desechando la materia precipitada.

Las proteínas fueron precipitadas a partir del extracto crudo utilizando sulfato de amonio al 70%. El precipitado obtenido se resuspendió y dializó contra PBS, para después ser centrifugado. (Salgado, 2006)

### Purificación del extracto protéico

Para este proceso se utilizó el sobrenadante anterior dentro de un equipo para cromatografía de líquidos de presión intermedia FPLC, haciendo uso de la columna de afinidad de mini-leak. La elusión de la lectina, se llevó a cabo a través de un monitor de absorbancia UV a 280 nm. Una vez purificada la lectina, esta fue dializada contra tres cambios de agua desionizada para ser liofilizada y conservada en refrigeración.

### Preparación de células de lectina para el uso *in vitro*

Las células descongeladas se transfirieron a placas petri con 10 ml de cultivo DMEM a una temperatura de 37°C en una atmósfera de CO<sub>2</sub>. Posteriormente las células fueron despegadas de la placa y transferidas a tubos estériles para ser centrifugadas. El paquete celular fue resuspendido para tomar alícuotas de 50 µL, para mezclarlas con 200 µL de solución azul de tripán y así determinar la cantidad de células presentes.

### Ensayos sobre diferentes células malignas

Se ejecutaron ensayos en células de la leucemia linfocítica, células del colon, células de mama y células del cérvix, aplicadas en medios de cultivo,

hasta alcanzar una confluencia del 90%, luego fueron despegadas con PBSEDTA, centrifugadas y resuspendidas en otro medio completo con la misma solución de azul de tripán.

Cada una de estas líneas celulares fueron cultivadas en microplacas de 24 pozos y en placas de 96 pozos. Una vez transcurridas 24 horas, se cambió el medio de cultivo por un medio completo con diferentes concentraciones de lectina (0,10,25,50 y 100 µl), luego, se incubó por 24 horas para determinar la proliferación de las lectinas. Al término de este periodo, las lectinas fueron sustituidas por un medio completo y se dejó reposar las placas de 24 pozos y de 96 pozos, por 24 y 48 horas respectivamente.

Para comprobar la actividad antagonista de las lectinas, frente a un grupo celular determinado, las placas de 24 pozos fueron tratadas por la técnica de incorporación de timidina-tritiada, mediante ensayos de quintuplicado. En cuanto a las placas de 96 pozos, la técnica aplicada fue azul de tetrazolium.

## RESULTADOS

### Purificación del extracto protéico

La lectina de frijol tépari se purificó mediante el uso de precipitados con sulfato de amonio y cromatografía de afinidad bajo el empleo de una columna de fetuína inmovilizada mediante la acción de una matriz de agarosa (Mini-leak-fetuína), de donde se probó en base al nivel de aglutinación en eritrocitos humanos con grupos sanguíneos A, O y B; demostrando, la existencia de proteínas altamente hemaglutinante evidenciando, que la fracción activa estaba bien separada del resto de proteínas. Para los fines de este estudio, los experimentos realizados se centraron únicamente en describir las fracciones que mostraron afinidad por la fetuína.

**Tabla 1.** Evaluación de la actividad hemaglutinante de lectina extraída del frijol Tépari.

Fracción	Actividad hemaglutinante			
	Proteína total (mg)	Actividad total	Actividad específica (mg proteína)	Rendimiento (%)
Extracto crudo	704.08	65536	57300	100
Cromatografía de Fetuína	20.22	8192	203000	10

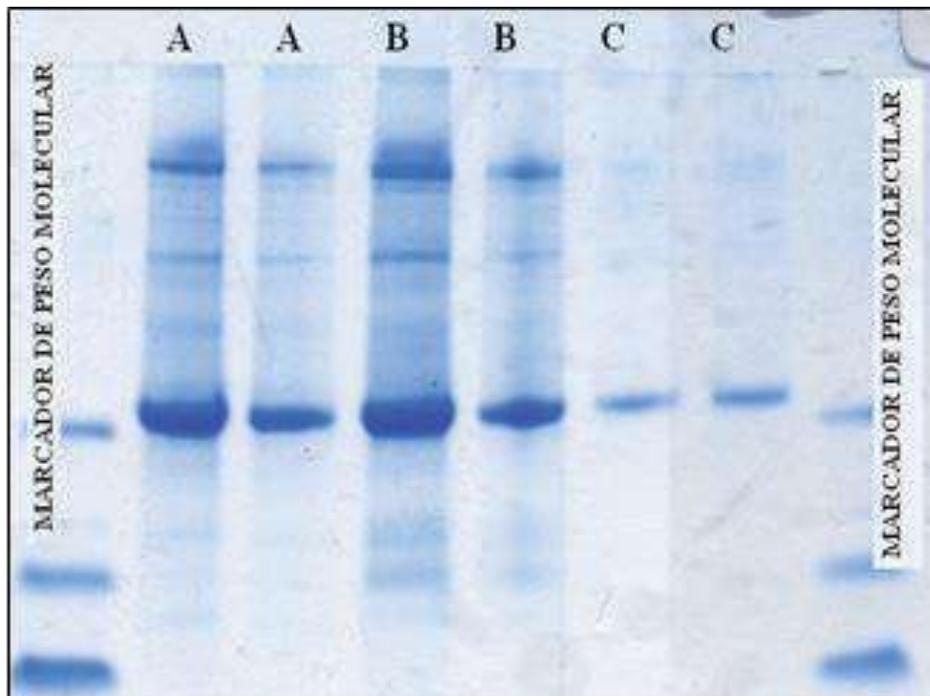
*Nota.* La fracción de lectina purificada muestra una actividad hemaglutinante eficaz para los diferentes eritrocitos sanguíneos (A, O y B), por tanto, la extracción de lectinas haciendo uso de la matriz activa de fetuína (Mini-leak-fetuína) constituye una opción viable para su purificación

**Fuente:** Rodas et al., Basado en la investigación de Valadez (2004).

En los casos presentados en la tabla 1., se puede evidenciar que la actividad específica se incrementó en conjunto con la lectina purificada, lo que indica que, es altamente reactiva y su título de agregación eritrocitaria se encuentra a un nivel muy elevado; es así que, la variedad de valores presentados en las distintas fracciones se relaciona a una actividad específica total dada por la parcialidad de pureza de la muestra, por lo que, se considera más factible obtener fracciones parciales de proteína con actividad específica alta y con alto rendimiento dentro de la actividad total. Un mayor número de pasos de purificación suele dar lugar a una menor extracción, por lo que, el primer criterio para obtener lectinas en grandes cantidades con un alto contenido de las

mismas en material de partida es el uso de métodos de purificación sencillos (Reynoso et al., 2003)

Para determinar la pureza del material, se realizó un gel de poliacrilamida con la misma cantidad de entrada para cada una de las muestras, como se observó en la figura 1., El patrón electroforético de la lectina en frijol de tépari, purificada en condiciones desnaturizantes y reductoras, donde, se indicó que ha sido purificada correctamente sin la presencia de otras proteínas. Esta actividad específica, se mide para determinar el número de unidades de unión por miligramo de proteína y además, confirma que los compuestos proteicos en cada una de las muestras se encontraban parcialmente purificados (López Martínez et al., 2002).



**Figura 1.** Perfil de electroforesis de lectina presente en el frijol tépari en gel de poliacrilamida en condiciones desnaturizantes y reductoras.

*Nota.* El perfil de electroforesis indica que la lectina se ha purificado correctamente, tal como puede observarse en la banda C (correspondiente a la lectina) ya que posee un mayor grado de pureza en comparación con A y B, que representan a otras bandas proteicas

**Fuente:** López et al., (2002) y Valadez, (2004).

### Efectos citotóxicos de Lectinas de Frijol Tépari sobre diversas células malignas

Principalmente, los estudios biológicos se centraron en el análisis de la viabilidad de las líneas celulares malignas de diferente origen, donde se contabilizaron por su sensibilidad o resistencia a la lectina de frijol tépari para investigar el crecimiento celular, debido a que tienen la capacidad de recono-

cer y unirse de forma no covalente a los glicoconjugados alterando la síntesis molecular que cumplen un papel importante en su proliferación, afectando directamente en el proceso de replicación de las células (Lavanya et al., 2016).

En los estudios de viabilidad celular, se realizaron curvas dosis-efecto para determinar la concentración de la dosis letal (DL<sub>50</sub>) como indicador

general de toxicidad para las principales líneas cancerígenas. En la tabla 2., se exhiben los resultados obtenidos por diferentes autores, donde, puede observar que las líneas celulares C33-A y Sw480, correspondientes a células de cérvix y de cáncer o metástasis de colon, son muy resistentes a los efectos citotóxicos de la lectina de Frijol tépari,

con una  $DL_{50}$  que supera los 250  $\mu\text{g/ml}$ , además, el comportamiento de las líneas celulares MBL2 y MCF-7 se mostraron sensibles a la citotoxicidad de la lectina, por esto, Sw480 se interpreta como la línea que presenta resistividad moderada a la inducción de lectinas y por último, C33-A como la línea más resistente al efecto de la lectina de frijol tépari.

**Tabla 2.** Dosis Inhibitorias ( $DL_{50}$ ) calculadas para diferentes líneas celulares malignas.

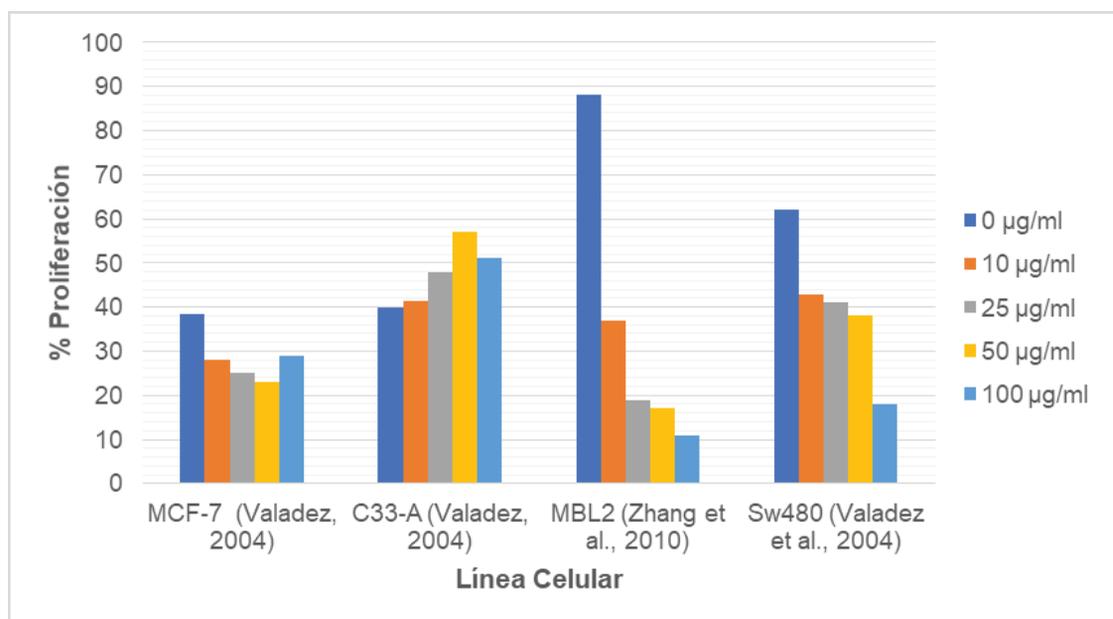
Línea Celular	Descripción	$DL_{50}(\text{g/mL})$	Referencia
MBL2	Línea celular de la leucemia linfocítica	20.1	Zhang et al. (2010)
MCF-7	Línea cancerígena de células mamarias	60.7	Valadez (2004)
C33-A	Línea cancerígena del cérvix	>400	Valadez (2004)
Sw480	Línea cancerígena del colon	250.7	Valadez (2004)

*Nota:* En esta tabla se muestra la dosis letal ( $DL_{50}$ ) correspondiente a las 4 líneas celulares estudiadas: MCF-7, C33-A y Sw480.

**Fuente:** (Valadez, 2004) y MBL2 (Zhang et al., 2010).

Las concentraciones utilizadas para el ensayo de proliferación, se eligieron entre 10, 25, 50 y 100  $\mu\text{g/ml}$ , en función de los datos de viabilidad obtenidos, entre estos valores se determinó una concentración que podía mantener un alto porcentaje de células viables, esta fue evaluada para estudiar el efecto inhibitor de las lectinas sobre la proliferación de células. En la figura 2., se presentan los resultados de los estudios de proliferación celular, para las

cuatro líneas seleccionadas realizado por la técnica de timidina tritiada, este método se caracteriza por la introducción de nucleótidos radiactivos en el medio de cultivo, lo que permite a las células, al momento de proliferar, introducir timidina radiactiva en su cadena de ADN con esto se consigue medir la concentración de nucleótidos radiactivos para observar el índice de crecimiento celular con mayor precisión (Valadez, 2004)



**Figura 2.** Efecto de distintas concentraciones de lectinas de frijol tépari sobre la proliferación de diferentes líneas celulares malignas, mediante la técnica timidina tritiada.

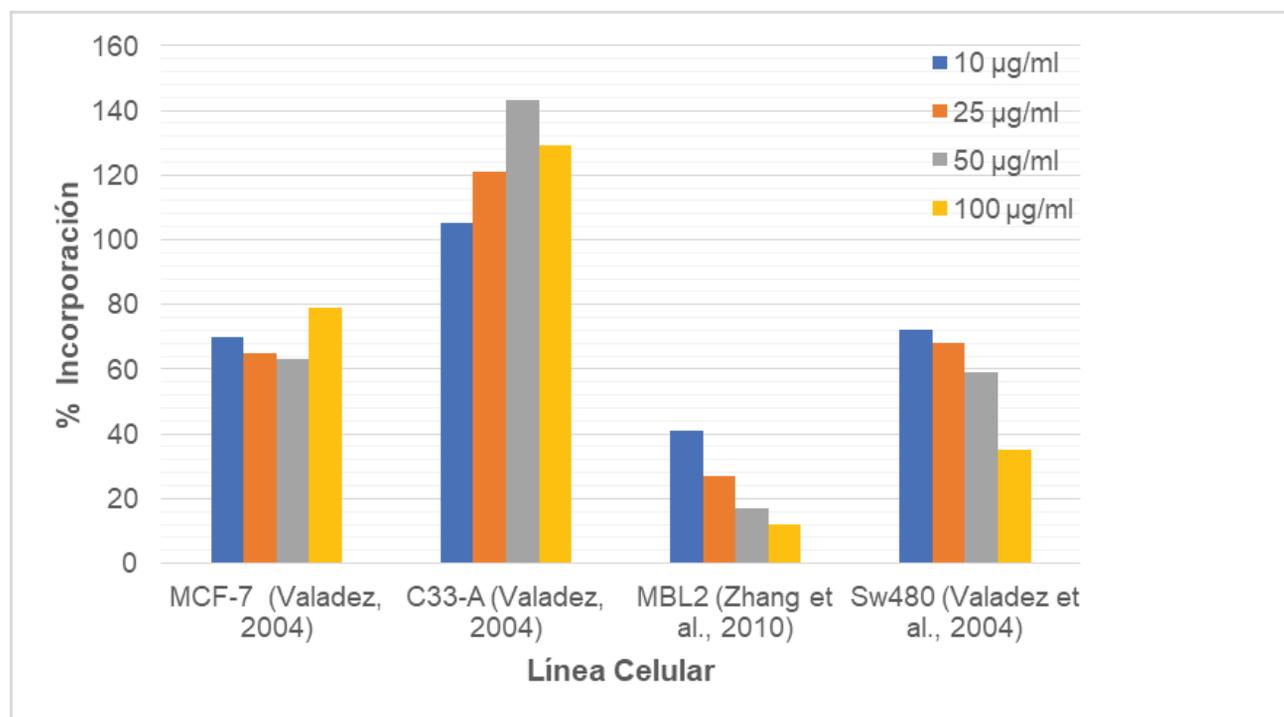
*Nota.* Las gráficas indican el comportamiento de las líneas celulares, la proliferación y/o crecimiento celular respecto a la aplicación de diferentes concentraciones de lectinas.

**Fuente:** Valadez (2004) y Zhang et al., (2010).

De los estudios de proliferación empleando la técnica timidina tritiada se pudieron reportar resultados oportunos mediante densidad óptica determinados en el porcentaje de proliferación descritas en la figura 2., donde se evidenció un aumento de valores para la línea celular C33-A, lo que indica, que las células siguen proliferando y de alguna manera, la lectina promueve este crecimiento, a diferencia de lo que sucede con la línea celular Sw480, que en función del aumento progresivo de las concentraciones se inhibe su proliferación. En las células MCF-7, se produce una disminución de la proliferación a partir de una concentración mínima de 10  $\mu\text{g/ml}$  que se mantiene hasta que la concentración

llega a 50  $\mu\text{g/ml}$ , pero se observa una ligera recuperación y aumento de la proliferación celular cuando la concentración aumenta 100  $\mu\text{g/ml}$ .

Finalmente, se observó una marcada disminución de la proliferación en las células MBL2, demostrando, la efectividad de las lectinas sobre esta línea celular. Esto ocurre debido a la inducción de apoptosis en las células generada, mediante el bloqueo de los receptores de la membrana, de esta manera provoca un desequilibrio mitocondrial y efectos en algunas vías de transducción de señales, culminando en muerte celular programada (Moreno et al., 2020).



**Figura 3.** Efecto de distintas concentraciones de lectinas de frijol tépari sobre la incorporación de timidina tritiada en diferentes líneas celulares malignas

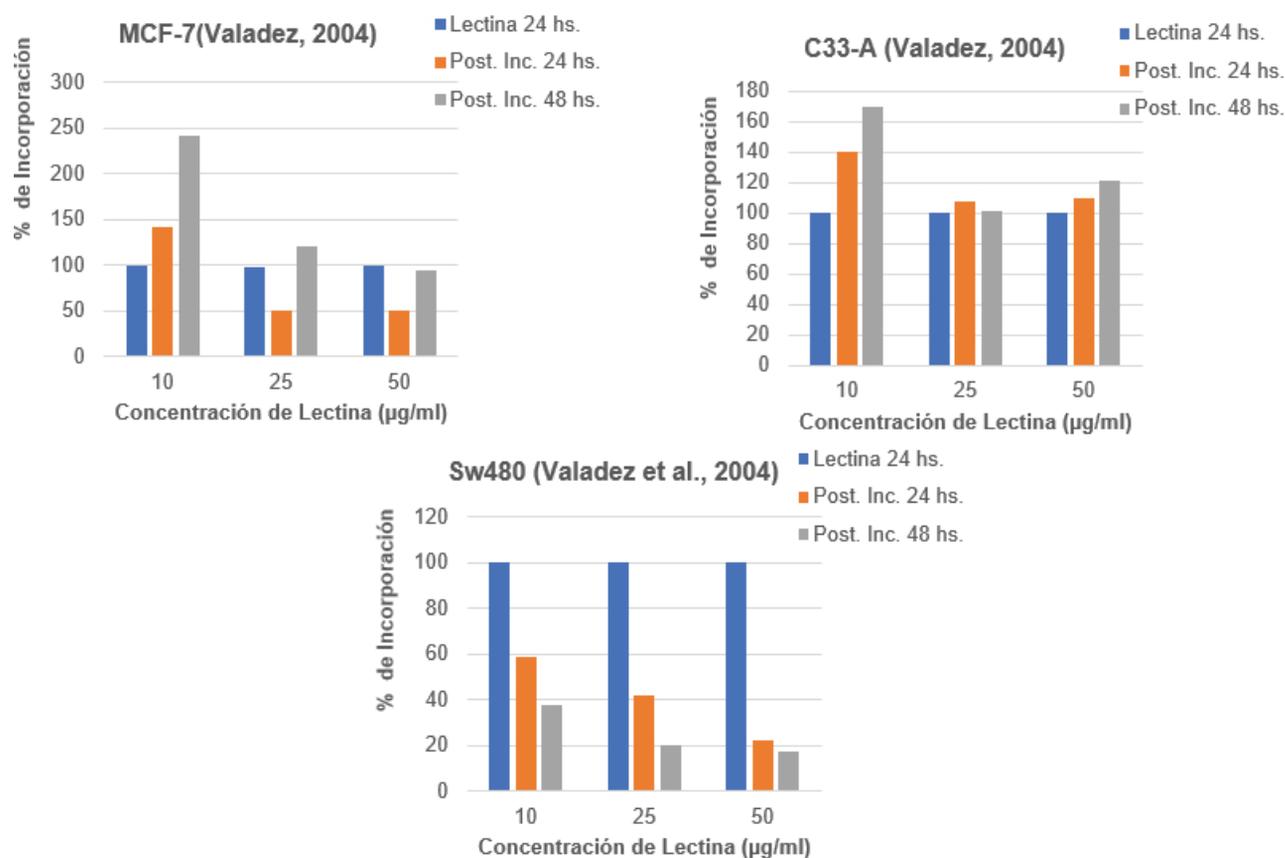
*Nota.* Los diagramas que muestran en la figura 3, corresponden al efecto de las lectinas bajo diferentes concentraciones, habiendo una respuesta divergente con respecto a la incorporación de timidina tritiada en las distintas líneas celulares cancerígenas.

**Fuente:** Valadez (2004) y Zhang et al., (2010).

En los datos sobre la incorporación de timidina tritiada en las cuatro líneas celulares malignas estudiadas presentados en la figura 3., se demuestra que en la línea C33-A aumenta el porcentaje de incorporación de forma progresiva hasta la concentración de 50  $\mu\text{g/ml}$  de lectina; sin embargo, la incorporación de timidina disminuye cuando la concentración asciende a 100  $\mu\text{g/ml}$ ; de manera muy diferente, a lo que sucedió con la línea celular MCF-7. La línea MBL2, de igual manera muestra una disminución de la captación de timidina, cuando

se aumenta la concentración proteica de lectina de 10 a 25  $\mu\text{g/ml}$  y de 50 a 100  $\mu\text{g/ml}$ , es decir, se inhibió parcialmente la incorporación de 3-H timidina por parte de las células del linfoma MBL2, mientras que, con la línea celular Sw480 el aumento de la concentración de lectina disminuye la captación de timidina, lo que indica una disminución de la proliferación celular.

Efecto de las lectinas tras la incubación en el crecimiento de células tumorales malignas mediante timidina tritiada



**Figura 4.** Efecto post-incubatorio de distintas concentraciones de lectinas de frijol tépari sobre la incorporación de timidina tritiada en diferentes líneas celulares malignas.

*Nota.* Los gráficos muestran la captación de timidina tritiada de cada línea celular cancerígena después de su incubación durante 24 y 48 horas. Esto permite conocer la viabilidad celular y corroborar la actividad citotóxica y anti-proliferativa de las lectinas del frijol tépari.

**Fuente:** Valadez (2004) y Zhang et al. (2010).

En la Figura 4., se muestran los gráficos de la concentración de lectina y la captación de timidina para las tres líneas celulares, cuando ha pasado el período de incubación y las lectinas han sido retiradas del medio de cultivo. Los datos observados en la línea celular C33-A, indican que a una concentración de 10 µg/ml, las células se recuperaban incorporando timidina al material genético, pero la proliferación celular se reducía significativamente, si la incubación duraba hasta 48 horas. Por otro lado, cuando se aumentó la concentración a 25 y 50 µg/ml, no se observaron cambios significativos en la captación de timidina a excepción de un ligero aumento a una concentración de 50 µg/ml; sin embargo, la proliferación celular fue similar para ambas tanto en el tiempo de post-incubación, como en el aumento de la concentración de lectina.

La línea celular MCF-7 muestra un efecto totalmente contrario al expuesto anteriormente, los datos indican que, a baja concentración de lectinas,

las células muestran un progresivo aumento de su capacidad de captación de timidina, cuando las concentraciones proteicas han sido retiradas del medio de cultivo, mientras que, cuando estas se elevan, su porcentaje de incorporación disminuye en las primeras 24 horas. Sin embargo, si las células se mantienen en cultivo hasta 48 horas, estas proliferan hasta recuperarse siendo capaces de incorporar más timidina en su material genético. En la línea celular Sw480, mostró que la inducción de lectinas provoca un efecto inhibitor independiente del tiempo tras la incubación observado en la disminución de la incorporación de timidina; por otra parte, según, los resultados encontrados, en la línea celular MLB2, no se han desarrollado estudios relacionados a la post-incubación sobre la captación de timidina tritiada y proliferación celular.

Es importante recalcar que, las lectinas han demostrado comportamiento versátil sobre las células cancerígenas, de acuerdo a su actividad varía la

línea celular que se está tratando y la adición de las concentraciones de lectina, esto sugiere que las lectinas provenientes del frijol tépari, pueden tener diferentes modos de unión a las distintas líneas celulares, dando lugar a efectos contrarios en la proliferación de las células.

## DISCUSIÓN

- Los estudios realizados permiten argumentar que las lectinas tienen efectos citotóxicos sobre diferentes líneas celulares cancerígenas, esto se evidencia en las líneas Sw480 y MBL2, cuyo comportamiento *in vitro*, manifestó una inhibición en su proliferación que contrarrestó su crecimiento en el medio de cultivo; mientras que, para línea celular correspondiente a la leucemia linfocítica, hubo actividad citotóxica inducida por la fracción activa de lectinas.
- Se ha verificado, que la actividad antagónica de las lectinas del frijol tépari son sustancialmente dependientes a métodos moleculares para conocer su efectividad de manera acertada, esto implica observar y cuantificar la proliferación de las líneas celulares cancerígenas estudiadas (MCF-7, C33-A, MBL2, Sw480), siendo un método destacable el de timidina tritiada (TT); en donde se introduce un marcador radiactivo en el medio que se incorpora al material genético de las células.

Es fundamental evaluar la actividad de las lectinas en el período de post-incubación, durante 24 y 48 horas, esto permite conocer, la existencia de efectos adversos posterior a la aplicación del tratamiento, tales como la restauración de proliferación en respuesta a los efectos producidos por las lectinas, después de ser retiradas del medio; este es el caso de la línea MCF-7, correspondiente a las células mamarias, se infiere que su “recuperación” post-incubatoria, se ejecuta en virtud de un efecto mitogénico, planteando así la premisa de que el consumo regular de alimentos con lectinas tiende a producir un efecto adverso en pacientes con cáncer.

## CONCLUSIONES

Las lectinas son glicoproteínas presentes en diversas especies vegetales con la capacidad de inducir apoptosis sobre células cancerígenas mediante la activación de caspasa 3 y el bloqueo de

los receptores de la membrana, provocando desequilibrio en la mitocondria y efectos en algunas vías de transducción de señales, generando procesos irregulares en la replicación celular.

La inducción de lectinas provenientes del frijol tépari, sobre células cancerígenas presenta un efecto positivo en la inhibición proliferativa en ciertas líneas celulares, de tal manera que, Sw480 y MBL2 correspondientes a células cancerígenas del colon y de leucemia linfocítica respectivamente, se ven afectadas en su viabilidad generando apoptosis celular que impide su proliferación.

De acuerdo al análisis de los datos presentados, los factores que regulan la efectividad de las lectinas como posibles vectores de tratamientos de células cancerígenas, comprende la dosis o concentraciones ( $\mu\text{g/ml}$ ) de las lectinas, que en su mayoría deben ser altas, y el tipo de líneas celulares con las que se está tratando.

El estudio de lectinas para ser aplicadas en el ámbito biomédico, debe considerar un análisis post-incubación debido a la aleatoriedad de sus resultados, ya que bajo esta condición es posible determinar si las lectinas desarrollan un efecto adverso y perjudicial para la salud del ser humano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Delebinski, Jaeger, Kemnitz-Hassanin, Henze, Lode, y Seifert. (2012). Un nuevo desarrollo de extractos que contienen ácidos triterpénicos de *Viscum album* L. muestra una inducción sinérgica de la apoptosis en la leucemia linfoblástica aguda. *Cell Proliferation in basic and clinical sciences*, 45(2), 176-187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2184.2011.00801.x>
- Hernández Díaz, P., Martín González, O., Rodríguez de Pablos Vélez, Y., y Ganem Báez, F. A. (1999). Aplicaciones de las lectinas. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 15(2), 91-95. <http://scielo.sld.cu/pdf/hih/v15n2/hih02299.pdf>
- Kiss, R., Camby, I., Duckworth, C., De Decker, R., Salmon, I., Pasteels, J. L., Danguy, A., y Yeaton, P. (1997). Influencia *in vitro* de *Phaseolus vulgaris*, *Griffonia simplicifolia*, *Concanavalina A*, germen de trigo y aglutininas de cacahuete en el crecimiento de las células de cáncer colorrectal humano HCT-15, LoVo y SW837. *Gut*, 40(2), 253-261. <https://doi.org/10.1136/gut.40.2.253>

- Lavanya, V., Ahmed, N., Khan, M. K., y Jamal, S. (2016). Efecto mitógeno sostenido en las células de leucemia mielógena crónica humana K562 por la lectina dietética, jacalin. *Glycoconjugate journal*, 33(6), 877–886. <https://doi.org/10.1007/s10719-016-9725-8>
- López Martínez, F. J., Blanco Labra, A., y García Gasca, T. (2002). Purificación de la lectina del frijol Tépari *Phaseolus acutifolius* y determinación de su actividad aglutinante. [Tesis Doctoral]. Facultad de Ciencias Naturales. Centro de Investigación de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV). Universidad Autónoma de Querétaro.
- Moreno-Celis, U., López-Martínez, F. J., Cervantes-Jiménez, R., Ferríz-Martínez, R. A., Blanco-Labra, A., y García-Gasca, T. (2020). Tepary Bean (*Phaseolus acutifolius*) Las lectinas del frijol Tepari (*Phaseolus acutifolius*) inducen la apoptosis y la detención celular en las etapas G0/G1 mediante la fosforilación de P53(Ser46) en células de cáncer de colon.. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(5), 1021. <https://doi.org/10.3390/molecules25051021>
- Poy, L. (2010). Frijol tépari, agente contra el cáncer: estudio. *La Jornada*. Disponible en <https://www.jornada.com.mx/2010/02/19/ciencias/a02n2cie>
- Reynoso-Camacho, R., González de Mejía, E., y Loarca-Piña, G. (2003). Purificación y toxicidad aguda de una lectina extraída del Frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius*). *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 41(1), 21–27. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(02\)00215-6](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(02)00215-6)
- Salgado Telpalo, J. (2006). Purificación y caracterización bioquímica y fisicoquímica de las lectinas de frijol y amaranto cultivados en el estado de Hidalgo [Tesis]. Laboratorio de Biotecnología del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Valadez, M. (2004). Purificación, caracterización y propiedades bioactivas de las lectinas de frijol Tepari, (*Phaseolus acutifolius*, var. *Latifolius*) [Tesis de doctorado, Universidad de Sonora]. [https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/639/1/Valadez-Vega%20M%20del%20C\\_DC\\_2004.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/639/1/Valadez-Vega%20M%20del%20C_DC_2004.pdf)
- Vázquez-Luna, A., Rivadeneyra-Domínguez, E., y Díaz-Sobad, R. (2012). Lectinas en frutas y plantas comestibles: nuevas posibilidades de interacción entre la ciencia de los alimentos y la biomedicina. *CienciaUAT*, 6(3), 60-66. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942927008.pdf>
- Zhang, J., Ma, D. Z., Sun, G. Q., Wang, H. X., y Ng, T. B. (2010). Un inhibidor de la tripsina similar a la proteína de almacenamiento del frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius*) con actividad antiproliferativa hacia las células de linfoma. *Protein and peptide letters*, 17(6), 782–788. <https://doi.org/10.2174/092986610791190408>