

**DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD INMUNOMODULADORA DE LOS
BASIDIOMICETOS COMESTIBLES: *Cantharellus lateritius* Singer (Berk) Singer, *Armillariella
polymyces* (Pers.: Letell.) Sing & Clem, *Laccaria amethystina* Cooke, *Lactarius deliciosus* (L. ex Fr) S.
F. Gray y *Pleurotus ostreatus* (Jacquim ex Fries) Kummer**

González N, Oliva S, Ramírez K, Rodríguez C, Sánchez S, Paz M.
Escuela de Química Biológica, Departamento de Citohistología Humana

1. RESUMEN

Fue evaluada la actividad de extractos acuosos y etanólicos de cinco especies de basidiomicetos comestibles: *Armillariella polymyces* (Silip en Q'eqchi'), *Cantharellus lateritius* (Anacate), *Laccaria amethystina* (Sombbrero, sombrero de xara, monja), *Lactarius deliciosus* (Shara amarilla, amacaria, cabeza de xara) y *Pleurotus ostreatus* (Hongo ostra, hongo blanco), sobre la proliferación de linfocitos y la activación del sistema de complemento. El efecto sobre la linfoproliferación, fue medido evaluando la viabilidad celular de linfocitos humanos que fueron enfrentados a diferentes concentraciones de extracto acuoso y etanólico de cada basidiomiceto. Los resultados obtenidos mostraron actividad inhibitoria inespecífica (ya que no se encontró efecto de dosis-respuesta) para los basidiomicetos *P. ostreatus* (extracto acuoso: 52 ± 14 % de inhibición a $500 \mu\text{g/mL}$; extracto etanólico 98 ± 3 % de inhibición a $1000 \mu\text{g/mL}$) y *C. lateritius* (extracto etanólico: 119 ± 13 % de inhibición a $500 \mu\text{g/mL}$). En el ensayo sobre la activación de la vía clásica del complemento, los extractos acuoso y etanólico de *A. polymyces* y *C. lateritius* y los extractos acuosos de *L. amethystina* y *L. deliciosus* mostraron actividad inhibitoria; observándose efecto dosis- respuesta para todos los extractos acuosos, menos para *C. lateritius* y para los extractos etanólicos de *P. ostreatus* y *A. polymyces*. No obstante, la actividad inhibitoria de dichos hongos es observable a concentraciones que exceden el CI_{50} (12 mg/mL para *A. polymyces*, 14 mg/mL para *L. amethystina* y 0.04 mg/mL para *L. deliciosus*). En la evaluación de la activación de la vía alterna del complemento, los extractos acuosos de *L. amethystina* y *A. polymyces* exhibieron actividad inhibitoria con efecto dosis-respuesta (IC_{50} de 5 mg/mL para ambos) y el extracto acuoso de *C. lateritius* mostro actividad inhibitoria pero sin efecto dosis respuesta. Los resultados sugieren que más estudios deben ser realizados para aislar los compuestos responsables de la actividad.

Abstract

Activity of aqueous and ethanol extracts from five species of edible mushrooms was evaluated. The species of basidiomycetes were: *Armillariella polymyces* (Silip in Q'eqchi' language), *Cantharellus lateritius* (Anacate), *Laccaria amethystina* (Little hat, xara's hat, nun), *Lactarius deliciosus* (Yellow shara, amacaria, xara's head) and *Pleurotus ostreatus* (oyster fungus, white fungus). The immunomodulative activity of extracts obtained from the fruitful body of every mushroom over human lymphocytes was studied by a lymphoproliferation assay and also two *in vitro* hemolytic assays were performed to prove their influence over complement system, both classic and alternative pathways. The effect on the lymphoproliferation, was measured through the evaluation of the cellular viability of human lymphocytes faced against different concentrations of aqueous and ethanol extracts of each mushroom. The results show inhibitory activity in *P. ostreatus* (aqueous extract: 52 ± 14 % of inhibition at $500 \mu\text{g/mL}$; ethanol extract 98 ± 3 % of inhibition at $1000 \mu\text{g/mL}$) and *C. lateritius* (ethanol extract: 119 ± 13 % of inhibition at $500 \mu\text{g/mL}$). Nevertheless, the above mentioned activity was unspecific since there was no dose-response effect. For the evaluation of the complement activity, two hemolysis based bioassays of sheep and rabbit erythrocytes for the classical and alternative pathway respectively were used. For classic pathway the inhibitory activity with dose-response effect exceeding the IC_{50} was observed in aqueous extracts of *A. polymyces*, *L. amethystina* and *L. deliciosus* (IC_{50} : 12 mg/mL , 14 mg/mL and 0.04 mg/mL respectively). Ethanol extract of *C. lateritius* showed inhibitory activity with no dose-response effect. The alternative pathway showed inhibitory activity with dose-response effect for the aqueous extracts of *L. amethystina* and *A. polymyces* (IC_{50} : 5 mg/mL for both). Aqueous extract of *C. lateritius* showed inhibitory activity with no dose-response effect. Results suggest that more studies have to be performed in order to determine the compounds responsible of the demonstrated activity.

2. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, los hongos desempeñan múltiples e importantes roles para la humanidad: unos beneficiosos, tales como la contribución con el medio ambiente a través de la degradación de materia orgánica y el establecimiento de relaciones inter-especies con plantas, y otros perjudiciales, como la producción de patologías en el hombre por hongos parásitos. Históricamente eran utilizadas ciertas especies en ceremonias mayas y aztecas por sus efectos alucinógenos; hoy en día son consumidos debido a su alto contenido nutricional (1).

El surgimiento de enfermedades de carácter autoinmune e infeccioso ha obligado a la búsqueda de soluciones terapéuticas (2,3). Sin embargo, las opciones de tratamiento que existen actualmente presentan limitaciones y los pacientes no responden siempre de forma adecuada; es por ello que es reconocida la importancia de aplicar terapias preventivas para la mejora de la salud de la población (4).

En países orientales, donde el uso de hongos comestibles con fines terapéuticos ha sido practicado por generaciones, se ha descrito que los basidiomicetos poseen actividad moduladora del sistema inmune. La importancia de dicha actividad radica en que estos alimentos pueden ser empleados en el tratamiento o prevención de enfermedades degenerativas o depresoras del sistema inmune (5). Esta medida terapéutica se ha basado en el estudio de los efectos de diversos metabolitos presentes en los hongos con poder antiinflamatorio, antitumoral y citotóxico, entre otros. Para aplicar este tipo de terapia inmunomoduladora, los mecanismos, efectos y procesos de la misma deben ser estudiados con mayor detenimiento (6 - 11).

En Guatemala, la mayoría de estudios realizados han sido enfocados en la caracterización taxonómica y mejoramiento genético, siendo nulos los orientados a la inmunomodulación, ya que este aspecto ha sido solamente evaluado en plantas. Con base en estos hechos es de suma importancia el análisis y estudio profundo sobre la posible actividad moduladora de la respuesta inmune de basidiomicetos comestibles, cultivados o silvestres y de fácil obtención en el territorio nacional (1,12 - 14).

El presente estudio pretendió determinar la actividad inmunomoduladora presentada por extractos etanólicos y acuosos de los basidiomicetos comestibles: *Armillariella polymyces* Silip (Q'eqchi'), *Cantharellus lateritius* (anacate), *Laccaria amethystina* (sombbreroito, sombrero de xara, monja), *Lactarius deliciosus* (Shara amarilla, amacaria, Cabeza de Xara) y *Pleurotus ostreatus* (Hongo ostra, hongo blanco), sobre los linfocitos humanos y el sistema de complemento en sus dos vías: clásica y alterna (15).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El universo de trabajo estuvo constituido por los basidiomicetos comestibles nativos de Guatemala. La muestra consistió en extractos etanólico y acuoso de los hongos: *Armillariella polymyces*, *Cantharellus lateritius*, *Laccaria amethystina*, *Lactarius deliciosus* y *Pleurotus ostreatus*; dichos extractos fueron obtenidos por las técnicas de extracción por percolación e infusión.

Recolección, clasificación taxonómica, desecación y extracción de los basidiomicetos. Se efectuó la recolección de ejemplares de los basidiomicetos *L. amethystina* y *L. deliciosus*, *C. lateritius* y *A. polymyces* en los mercados

municipales de Tecpán los dos primeros, Guatemala y Alta Verapaz, respectivamente. *P. ostreatus* se obtuvo de cultivos artesanales en Tecpán Guatemala. La identidad de los basidiomicetos recolectados se confirmó a través de la identificación taxonómica realizada por expertos del Servicio de Micología de la Escuela de Química Biológica.

Los basidiomicetos se desecaron durante 72 horas en una desecadora para hongos. Posteriormente se determinó su peso y porcentaje de humedad y por último fueron almacenados en condiciones estandarizadas. Luego se procedió a la extracción etanólica de los basidiomicetos secados por medio de la técnica de percolación, utilizando como disolvente etanol al 95%. La solución obtenida fue concentrada en un rotavapor, obteniéndose los productos finales a ser utilizados en los ensayos. Los extractos acuosos se obtuvieron de la infusión de los basidiomicetos realizada con agua desmineralizada y la concentración se realizó por liofilización.

Evaluación del sistema del complemento

Fueron realizados ensayos hemolíticos para determinar la actividad de los extractos acuoso y etanólico de los basidiomicetos sobre el sistema de complemento utilizando la metodología descrita por Klerx *et al.* Esta se basa en la hemólisis de los eritrocitos de carnero sensibilizados (vía clásica) y de eritrocitos de conejo (vía alterna) por el complejo de ataque a la membrana (CAM) generado tras la activación en cascada de las proteínas del complemento. La absorbancia de la hemoglobina liberada se utilizó como parámetro de medida de la actividad del complemento (17).

Para la evaluación de la actividad de los extractos sobre la vía clásica del complemento, se utilizaron eritrocitos de carnero suspendidos previamente en

solución Alsever y posteriormente se resuspendieron en buffer de Veronal con calcio y magnesio (VSB⁺⁺). Fueron sensibilizados con anticuerpos contra eritrocitos de carnero (Amboceptor). Se utilizó suero humano de donantes sanos como fuente de complemento. Posteriormente, se enfrentó la suspensión de eritrocitos sensibilizados, los extractos de basidiomicetos y el sistema del complemento humano. Luego de una incubación a 37°C por 60 minutos fue medida la densidad óptica (DO) a 405 nm. Los controles utilizados fueron suero inactivo (control negativo), suero humano activado (control positivo), agua destilada (100 % de hemólisis) y buffer VSB⁺⁺ (0% de hemólisis).

En la determinación de la actividad de la vía alterna, se utilizaron eritrocitos de conejos suspendidos en buffer EGTA-VB. El resto del procedimiento fue el mismo que para el ensayo de la vía clásica.

Los resultados a medir fueron positivos si el extracto aumentó o disminuyó en un 50 % la concentración de hemoglobina comparado frente al resultado de la actividad sérica y si la concentración de la muestra para obtener la CI_{50} fue menor a 15 ug/mL. Si la concentración de hemoglobina liberada comparada con la actividad sérica y el control negativo se mantuvo inalterada, el resultado fue negativo.

Ensayo linfoproliferativo

Se utilizaron linfocitos obtenidos a partir de sangre periférica de donantes sanos utilizando Histopaque (Sigma Aldrich) como separador. Se preparó una solución de linfocitos con una concentración de 5×10^6 células/mL suspendidas en RPMI-FBS (Sigma Aldrich). Posteriormente se realizaron diluciones seriadas de los extractos y se enfrentaron 50 μ L con 50 μ L de Concanavalina A (lectina) y solución de linfocitos. Se incubó durante 4 días de a

37° C en un ambiente con microaerofilia. Para medir la viabilidad celular, se utilizó la sal de tetrazolio XTT (Sigma Aldrich) y se midió la densidad óptica a 490 nm en un espectrofotómetro.

Los resultados a medir fueron positivo si el extracto aumentó (estimula) o disminuyó (inhibe) la proliferación de linfocitos y negativo si no existió alteración de la proliferación de los mismos.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los porcentajes de inhibición obtenidos se realizó por estadística descriptiva, prueba de hipótesis binomial, ANOVA y prueba de Tukey.

4. RESULTADOS

En la etapa inicial de recolección de muestras, se calculó el porcentaje de recuperación o rendimiento de cada basidiomiceto, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 1. Porcentajes de recuperación obtenidos.

Basidiomiceto	Porcentaje de recuperación (%)
<i>Armillariella polymyces</i>	6.4
<i>Cantharellus lateritius</i>	2.9
<i>Laccaria amethystina</i>	4.3
<i>Lactarius deliciosus</i>	12.3
<i>Pleurotus ostreatus</i>	7.8

Fuente: Datos experimentales

Para la evaluación de la actividad inmunomoduladora de extractos acuosos y etanólicos de basidiomicetos comestibles, se realizaron tres bioensayos y los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2:

Tabla 2. Resultados de actividad inmunomoduladora presentada por basidiomicetos comestibles en tres diferentes bioensayos.

	Linfó-proliferación		Vía clásica del complemento		Vía alterna del complemento	
	EE	EA	EE	EA	EE	EA
<i>A. polymyces</i>	-	-	+	+	+	+
<i>C. lateritius</i>	+	-	+	+	-	+
<i>L. amethystina</i>	-	-	-	+	+	+
<i>L. deliciosus</i>	-	-	-	+	-	-
<i>P. ostreatus</i>	+	+	+	-	-	-

Fuente: Datos experimentales

Resultado negativo: - Resultado positivo/Inhibición: +/||
EE: Extracto Etanólico EA: Extracto Acuoso

Todos los resultados obtenidos fueron evaluados estadísticamente para determinar si la actividad inmunomoduladora obtenida era significativa, utilizándose como punto de corte un valor $F \geq 2.57$ y un valor $p \leq 0.05$.

En la vía clásica del complemento se observó actividad inhibitoria por parte de los cinco basidiomicetos estudiados, solamente se tomaron como resultados positivos los que mostraron porcentajes de inhibición mayores de 50 % y además mostraron diferencia estadísticamente significativa al ser analizados con la prueba de Tukey (Tablas 3 y 4). Solamente los extractos acuosos de *L. amethystina*, *A. polymyces* y *L. deliciosus* mostraron actividad inhibitoria con efecto dosis-respuesta.

Tabla 3. Actividad inmunomoduladora de extractos de basidiomicetos sobre la vía clásica del complemento.

[] (mg/mL)	<i>A. polymyces</i>		<i>L. amethystina</i>		<i>L. deliciosus</i>	
	EA	EE	EA	EE	EA	EE
	% In	% In	% In	% In	% In	% In
1000	102 ± 2	82 ± 3	99 ± 3	-	101 ± 3	-
333.3	101 ± 2	-	98 ± 5	-	96 ± 5	-
111.1	100 ± 2	-	81 ± 7	-	-	-
37	78 ± 5	-	-	-	-	-

Fuente: Datos Experimentales

[]: Concentración, EA: Extracto acuoso, EE: Extracto etanólico, % In: Media del porcentaje de inhibición ± la desviación estándar ($p < 0.05$) y diferencia significativa según la prueba de Tukey.

Tabla 4. Actividad inmunomoduladora de extractos de basidiomicetos sobre la vía clásica del complemento.

[] (mg/mL)	<i>C. lateritius</i>		<i>P. ostreatus</i>	
	EA	EE	EA	EE
	% In	% In	% In	% In
1000	94 ± 2	106 ± 7	100 ± 2	-
333.3	87 ± 5	100 ± 5	88 ± 5	-
111.1	82 ± 4	98 ± 7	-	-

Fuente: Datos Experimentales

[]: Concentración, EA: Extracto acuoso, EE: Extracto etanólico, % In: Media del porcentaje de inhibición ± la desviación estándar ($p < 0.05$) y diferencia significativa según la prueba de Tukey.

De la misma forma, los extractos acuoso y etanólico de *A. polymyces* y *L. amethystina* mostraron efecto inhibitorio sobre la vía alterna del complemento, el extracto acuoso de *C. lateritius* también mostró actividad inhibitoria (Tablas 5). Al igual que para la vía clásica del complemento, los resultados de la actividad solamente fueron interpretados como positivos cuando el porcentaje de inhibición fue mayor de 50 % y la prueba de Tukey demostró que existía diferencia significativa respecto a las otras concentraciones. Nuevamente los extractos acuosos de *L. amethystina* y *A. polymyces* mostraron actividad inhibitoria con efecto dosis-respuesta.

Tabla 5. Actividad inmunomoduladora de extractos de basidiomicetos sobre la vía alterna del complemento.

[] (mg/mL)	<i>A. polymyces</i>		<i>C. lateritius</i>		<i>L. amethystina</i>	
	EA	EE	EA	EE	EA	EE
	% In	% In	% In	% In	% In	% In
1000	99 ± 7	87 ± 3	80 ± 2	92 ± 1	99 ± 6	-
333.3	97 ± 8	84 ± 2	86 ± 5	94 ± 6	92 ± 4	-
111.1	98 ± 3	-	73 ± 9	-	-	-
37	96 ± 8	-	-	-	-	-

Fuente: Datos Experimentales

[]: Concentración, EA: Extracto acuoso, EE: Extracto etanólico, % In: Media del porcentaje de inhibición ± la desviación estándar ($p < 0.05$) y diferencia significativa según la prueba de Tukey.

Como puede observarse en la tabla 6, los extractos acuoso y etanólico de *P. ostreatus* y el extracto etanólico de *C. lateritius* mostraron actividad inhibitoria sobre la proliferación de linfocitos, pero no se observa un efecto de dosis respuesta, razón por la cual no es posible calcular la concentración inhibitoria media (IC_{50}).

Tabla 6. Actividad inmunomoduladora de extractos de basidiomicetos sobre la proliferación de linfocitos.

[] (mg/mL)	<i>P. ostreatus</i> EA		<i>P. ostreatus</i> EE		<i>C. lateritius</i> EE	
	% In	Ac	% In	Ac	% In	Ac
	1000	38 ± 14	I+	98 ± 3	I+	13
500	52 ± 14	I+	80 ± 8	I+	13	I++
250	28 ± 15	I±	72 ± 11	I+	91 ± 10	I+
125	28 ± 18	I±	79 ± 7	I+	92 ± 10	I+
62.5			78 ± 13	I+	81 ± 11	I+
31.2	27 ± 18	I±	65 ± 25	I+	97 ± 8	I+
15.6			66 ± 9	I+	94 ± 12	I+

Fuente: Datos Experimentales

[]: Concentración, EA: Extracto acuoso, EE: Extracto etanólico, % In: Media del porcentaje de inhibición ± la desviación estándar, Ac: actividad respecto al porcentaje de inhibición.

Porcentaje de Inhibición de 25-30 % = I±

Porcentaje de Inhibición de 31-100 % = I+

Porcentaje de Inhibición de 101 - 200 % = I++

Porcentaje de Inhibición mayor de 201 = I+++

Los basidiomicetos *L. amethystina* y *A. polymyces* y *L. deliciosus* presentaron actividad inhibitoria y efecto dosis respuesta y se les calculó la

concentración inhibitoria media (CI_{50}) (Tabla 7), mientras que a pesar de que *C. lateritius* y *P. ostreatus* presentaron actividad inmunomoduladora, no se les calculó CI_{50} ya que su efecto no fue dependiente de la dosis.

Tabla 7. Concentración inhibitoria media (CI_{50}) de los extractos etanólicos y acuosos de basidiomicetos que presentaron actividad inmunomoduladora.

Basidiomiceto	Tipo de extracto	Bioensayo	CI_{50} (µg/mL)
<i>L. amethystina</i>	Acuoso	VCC	12
<i>L. amethystina</i>	Acuoso	VAC	5
<i>A. polymyces</i>	Acuoso	VCC	14
<i>A. polymyces</i>	Acuoso	VAC	5
<i>L. deliciosus</i>	Acuoso	VCC	0.04

Fuente: Datos experimentales

VCC = Vía del complemento clásica

VAC = Vía del complemento alterna

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se ha referido el uso de hongos comestibles con fines terapéuticos en países asiáticos, y como ejemplo de ello se puede mencionar *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* y *Grifola frondosa*. Se ha reportado que los principales componentes biológicos presentes en basidiomicetos que pueden ser utilizados como agentes terapéuticos son glucanos, polisacáridos y triterpenos; los cuales pueden actuar sobre la inmunidad inespecífica y sobre la proliferación de linfocitos (2,4,9,15).

En lo que respecta a Guatemala, en el año 2002, Bran *et al.* reportaron cerca de 70 especies de hongos comestibles. Tomando en cuenta el hecho de que existen especies de hongos que se emplean como

fuelle de alimento, principalmente en la región del altiplano, y que internacionalmente, algunos de ellos son conocidos por exhibir actividad terapéutica así como profiláctica, se seleccionaron cinco especies de basidiomicetos las cuales fueron sujeto de este estudio (10,16,18-20).

Los basidiomicetos seleccionados fueron sometidos a evaluación de los principales mecanismos de defensa inmunitaria: activación del complemento y de los linfocitos (3,4). Para la evaluación de dichos mecanismos, se realizaron tres bioensayos diferentes: actividad linfoproliferativa y activación de la vía clásica y vía alterna de complemento; utilizando extractos acuosos y etanólicos de los basidiomicetos incluidos en la investigación. Se calculó el porcentaje de recuperación obteniéndose valores bajos, debido a que los basidiomicetos están conformados por un alto porcentaje de agua, la cual se perdió durante el proceso de desecación.

A pesar de que se ha reportado que los extractos de muchos hongos pueden estimular el sistema inmune, algunos pueden suprimirlo, tales como los extractos etanólicos de los basidiomicetos comestibles japoneses: *H. marmoreus*, *F. velutipes*, *Pholiota nameko* y *Pleurotus eryngii*, los cuales han mostraron actividad significativa antialérgica en estudios animales (21). De la misma forma, los cinco basidiomicetos estudiados: *Pleurotus ostreatus*, *Cantharellus lateritius*, *Armillariella polymyces*, *Laccaria amethystina* y *Lactarius deliciosus* presentaron actividad inmunomoduladora inhibitoria (Tabla 2).

Así mismo, los cinco basidiomicetos mostraron actividad inhibitoria sobre la activación del sistema del complemento. En lo que respecta a la vía clásica, los extractos acuoso y etanólico de *A. polymyces* y *C. lateritius* y los extractos acuosos de *L. amethystina* y *Lactarius deliciosus* presentaron

actividad inhibitoria (Tablas 3 y 4); sin embargo, solamente se observó efecto dosis respuesta para los extractos acuosos de *A. polymyces*, *L. amethystina* y *L. deliciosus*. A pesar de ello, la concentración mínima necesaria de cada extracto para obtener una actividad inhibitoria significativa, sobrepasa aproximadamente diez veces la concentración calculada a la cual presenta el 50% de inhibición (IC_{50}). Los extractos acuosos de *Laccaria amethystina* y *Armillariella polymyces* exhibieron una actividad inhibitoria sobre la vía alterna del complemento con efecto dosis respuesta, pero al igual que en la vía clásica, la IC_{50} es mucho menor que la concentración mínima requerida del extracto crudo para obtener una actividad inhibitoria significativa (Tabla 7).

En el ensayo linfoproliferativo del presente estudio, fue encontrada actividad inhibitoria en los extractos etanólico y acuoso de *Pleurotus ostreatus* y el extracto etanólico de *Cantharellus lateritius* sin efecto dosis-respuesta. En contraste no fue observada ninguna actividad en *Lactarius deliciosus*, *Armillariella polymyces* y *Laccaria amethystina* (Tabla 6). Schepetkin y colaboradores encontraron una actividad estimuladora en macrófagos peritoneales y células asesinas naturales por *Pleurotus ostreatus* (22), y en la presente investigación fue encontrada una acción de tipo inhibitorio para la población linfocítica (Tabla 6). Esto reafirma la influencia que presenta este basidiomiceto en la inmunomodulación en diferentes tipos de células inmunes, aunque queda por determinarse el tipo de compuestos responsables. En los estudios mencionados se utilizaron porciones derivadas de proteoglicanos y en el presente estudio se emplearon extractos crudos, lo podría ser la causa de que no se observe ninguna tendencia o un efecto dosis-respuesta.

Al no existir efecto dosis-respuesta en las diferentes concentraciones de los extractos antes mencionados, no es posible calcular un IC_{50} , pudiendo inferir que no es segura su utilización del extracto crudo como inmunomodulador; del mismo modo tampoco puede asegurarse que el extracto etanólico sea mejor que el acuoso o viceversa.

Los resultados obtenidos, aunados al bajo porcentaje de recuperación resultan en efectos inmunomoduladores difícilmente aplicables, ya que se requieren elevadas cantidades de los basidiomicetos estudiados para lograr un efecto considerable. Sin embargo, es probable que mediante el aislamiento de los compuestos responsables de las actividades observadas, se puedan obtener mejores resultados.

6. CONCLUSIONES

Pleurotus ostreatus, *Cantharellus lateritius*, *Armillariella polymyces*, *Laccaria amethystina* y *Lactarius deliciosus* presentaron actividad inmunomoduladora inhibitoria.

Los extractos acuoso y etanólico de *P. ostreatus* y el extracto etanólico de *C. lateritius*, exhibieron actividad inhibitoria de la linfoproliferación sin efecto dosis-respuesta.

Los extractos acuosos de *A. polymyces*, *L. amethystina* y *L. deliciosus* mostraron actividad inhibitoria sobre la acción del complemento en la vía clásica con efecto de dosis-respuesta. Los extractos etanólicos de *A. polymyces*, *C. lateritius*, *P. ostreatus* también mostraron actividad inhibitoria sobre la vía clásica pero sin efecto de dosis-respuesta. En la vía alterna solamente los extractos acuosos de *A. polymyces* y *L. amethystina* mostraron actividad inhibitoria con efecto dosis-respuesta, mientras que los extractos etanólicos de *A. polymyces* y *L. amethystina* y el extracto acuoso de

C. lateritius mostraron actividad inhibitoria pero sin efecto dosis-respuesta. Estos resultados sugieren que más estudios deben ser realizados para aislar los compuestos responsables de la actividad.

7. AGRADECIMIENTOS

Al departamento de Citohistología Humana de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. A los Licenciados Osberth Morales, Roberto Cáceres, Keila Guerrero, Isabel Gaitán, Egly Álvarez y Hermana Ivonne Sommerkamp.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bran MC, *et al.* Contribución al conocimiento de los hongos comestibles en Guatemala. IIQB Revista Científica 2003; 1: 5-10.
2. Harada T, *et al.* Comparison of the immunomodulating activities of 1,3- β -glucan fractions from the culinary-medicinal mushroom *Sparassis crispa* Wulf.:Fr. (Aphyllphoromycetidaeae) International Journal of Medicinal Mushroom 2006; 8: 231-244.
3. Rojas W. Inmunología. Medellín, Colombia. Décima Edición. Impresiones Rojo. 1995.
4. Parslow G, Stites P, Imboden B. Inmunología básica y clínica. México: Editorial Manual Moderno, 2002. 917p.
5. Masihi K. Immunomodulators in infectious diseases: panoply of possibilities. International Immunopharmacology 2002; 22:1083-1091.

6. Im SA, *et al.* Immunomodulatory activity of polysaccharides isolated from *Salicomia herbacea*. *International Immunopharmacology* 2006; 6:1451-1458.
7. Chen HS, *et al.* Studies on the immunomodulating and anti-tumor activities of *Ganoderma lucidum* (Reishi) polysaccharides. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 2004; 12:5595-5601.
8. Kim KC, *et al.* Enhanced induction of mitochondrial damage and apoptosis in human leukemia HL-60 cells by the *Ganoderma lucidum* and *Duchesnea chrysantha* extracts. *Cancer Letters* 2006; 20:1-8.
9. Liu J, *et al.* Anti-androgenic activities of the triterpenoids fraction of *Ganoderma lucidum*. *Food Chemistry* 2007; 100:1691-1696.
10. Jones S, Janardhanan K. Antioxidant and Antitumor Activity of *Ganoderma lucidum* (Curt.:Fr.) P. Krast.-Reishi (Aphyllophoromycetidae) from South India. *International Journal of Medicinal Mushroom* 2000; 2:195-200.
11. Hobbs C. *Medicinal Mushrooms: an exploration of tradition, healing & culture*. Canada: Botanica Press, 1995. 208 p. (p 18).
12. Sommerkamp, YS. *Hongos comestibles en los mercados de Guatemala; Cuadernos de investigación*. Guatemala: Dirección General de Investigación, Documento Técnico No.3-90, 1990. 77p. (p.11, 27).
13. Morales O, *et al.* Las especies de género *Laccaria* (Agaricales) en Guatemala. *IIQB Revista Científica* 2002; 16: 89-94.
14. López A. *Hongos comestibles y medicinales de México*. p. 208
15. Krasnopolskaya L, *et al.* Screening systems for medicinal Basidiomycetes antitumor effects. *International Journal of Medicinal Mushroom* 2005; 7: 145-149
16. Bran González, MC. *Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula*. Dirección General de Investigación. Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Enero 2002. 77p.
17. Klerx JP, *et al.* Microscopy for colorimetric estimation of complement activity in guinea pig, human and mouse serum. *Journal of Immunological Methods* 1983; 63:215-220.
18. Lu ZM, *et al.* Protective effects of mycelia of *Antrodia camphorata* and *Armillariella tabescens* in submerged culture against ethanol-induced hepatic toxicity in rats. *Food and Chemical Toxicology* 1998; 36:563-574.
19. Liu DL, *et al.* Production, purification, and characterization of an intracellular aflatoxin-detoxifying enzyme from *Armillariella tabescens* (E-20). *Food and Chemical Toxicology* 2001; 39:461-466.

20. Liu DL, *et al.* Detoxification of aflatoxin B₁ by enzymes isolated from *Armillariella tabescens*. *Enzyme Engineering* 2006; 864: 586-591.
21. Lindequist U, Niedermeyer T, Jülich WE. The pharmacological potential of mushrooms. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* 2005; 2(3):285-299.
22. Schepetkin IA, Quinn MT. Botanical polysaccharides: Macrophage immunomodulation therapeutic potential. *International Immunopharmacology* 2006; 6:317-333.