



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD CIENCIAS**

**Evaluación de parámetros clínicos urinarios en  
una población universitaria como diagnóstico de  
asimilación nutrimental de *Pleurotus ostreatus***

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

**PRESENTA:**

**YESICA REYES SORIA**

**DIRIGIDA POR:**

**DR. MOISÉS TEJOCOTE PERÉZ**

**DRA. MARTHA MARIELA ZARCO GONZÁLEZ**



2017

**“El hombre no sabe de lo que es capaz hasta que lo intenta”**

**Charles Dickens**

---

*DEDICATORIA*

*A mi mamá Ma. Esther Soria Miranda  
Por brindarme todo su amor, paciencia, esfuerzo,  
sacrificio y apoyo hasta ahora. Gracias a ella pude  
concluir una etapa importante en mi vida*

*A mis hermanas Brenda y Kenia Mayte  
Por sus consejos, apoyo y comprensión*

*A mis abuelos Gumercinda Miranda G. y Antolín  
Soria C.*

---

AGRADECIMIENTOS

*Doc. Moisés Tejocote Pérez  
Por todo el apoyo, disponibilidad, confianza  
y motivación que me brindó en la  
realización de este trabajo.*

*Dra. Martha M. Zarco González  
Por su apoyo, disponibilidad, comprensión  
y profesionalismo.*

*Revisores  
Dr. Alejandro Carbajal S. y M. Claudia M.  
Por sus comentarios, observaciones y  
opiniones para que mejorar y  
complementar mi trabajo.*

*Al comité de becas COMECYT por el apoyo  
otorgado.*

*Tíos, primos y familiares  
Por su confianza y las muchas formas en  
que siempre me apoyaron.*

*Amigos  
Por su amistad y todos los momentos,  
aventuras y experiencias que pasamos  
juntos a lo largo de nuestra amada carrera.*

*Compañeros  
Por su compromiso y colaboración para la  
realización de este trabajo.*

*Docentes  
Carmen Z., Blanca J., Jorge A. Lugo, Rocío  
V., Belém F., Ulises A., Carlos O. Por sus  
enseñanzas y consejos.*

*Y a todas las personas que han formado  
parte de mi vida y que de muchas maneras  
me han apoyado.*

---

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Ácido ascórbico.**  $C_6H_8O_6$ . Vitamina C, sintetizada químicamente a partir de glucosa.

**Albúmina.** Principal proteína hidrosoluble que el hígado sintetiza y secreta en la sangre.

**Bilirrubina.**  $C_{33}H_{36}O_6N_4$ . Pigmento biliar producido por la degradación de la hemoglobina, el más abundante en el suero sanguíneo.

**Cetonas.** Clase de compuestos orgánicos líquidos en los que el grupo carbonilo,  $C=O$ , está unido a dos grupos alquilo, se obtiene por oxidación de alcoholes secundarios.

**Creatinina.**  $C_4H_7N_3O$ . Compuesto orgánico generado a partir de la degradación de la creatina.

**EGO.** Examen General de Orina.

**Glucosa.**  $C_6H_{12}O_6$ . Hidrato de carbono, molécula no ionizada, relacionada con la cantidad de azúcar que el organismo es capaz de absorber a partir de los alimentos y transformar en energía.

**Gravedad específica.** Es la razón entre la densidad de dicha sustancia y la densidad del agua a  $4^\circ C$ . La densidad del agua es  $1.00g/cm^3$ ; por lo que la gravedad específica es un número sin dimensiones o unidades. En la orina indica la cantidad relativa de partículas en una solución.

**IMC.** Índice de Masa Corporal.

**Leucocitos.** Glóbulos blancos. Células sanguíneas que forman parte importante de los sistemas inmunitarios y de defensa del organismo.

**Microalbúmina.** Presencia de albúmina en pequeñas cantidades en la orina.

**Nitritos.**  $NO_2^-$ . Compuesto iónico. En la orina la presencia de bacterias transforma los nitratos en nitritos.

**pH.** Símbolo que denota la concentración de iones hidrógeno en una solución. Es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia.

**Urobilinógeno.**  $C_{33}H_{44}N_4O_6$ . Metabolito que resulta de la reducción de la bilirrubina por las bacterias del colon.

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
ANTECEDENTES.....	15
1. Propiedades terapéuticas de los hongos.....	15
2. Estudios <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> de <i>Pleurotus</i> .....	15
3. Aislamiento de componentes y bioactividad de <i>Pleurotus</i> .....	20
4. Rutas bioquímicas asociadas a propiedades terapéuticas en hongos.....	20
4.1 Lípidos y lipoproteínas efectos metabólicos.....	21
4.2 Anti-aterosclerosis.....	22
JUSTIFICACIÓN.....	24
OBJETIVO.....	25
HIPÓTESIS.....	25
MATERIAL Y MÉTODO.....	26
1. Selección de muestra.....	26
2. Aplicación de encuesta.....	26
3. Preparación del concentrado deshidratado de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	27
4. Ingesta de concentrado deshidratado de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	28
5. Análisis de orina.....	29
6. Análisis estadístico.....	30
IMPLICACIONES ÉTICAS.....	31

	Página
RESULTADOS .....	32
1. Encuestas.....	32
2. Parámetros EGO.....	33
3. Rutas de asimilación nutrimental.....	36
4. Observaciones adicionales.....	38
DISCUSIÓN.....	39
1. Encuestas.....	39
2. Parámetros EGO.....	40
3. Rutas de asimilación nutrimental.....	45
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Efecto de hongos comestibles en el metabolismo del colesterol.....	22
2.	Efectos anti-aterosclerosis y mecanismos involucrados de diferentes hongos comestibles .....	23
3.	Setas frescas en fragmentos.....	27
4.	Setas frescas en horno de secado.....	27
5.	Setas secas en horno de secado .....	28
6.	Concentrado de <i>P. ostreatus</i> .....	28
7.	Esquema general del método.....	30
8.	Valores promedio de creatinina, gravedad específica y pH.....	35
9.	Esquema de los tejidos asociados al metabolismo de los aminoácidos.....	36
10.	Síntesis de la creatina y producción de creatinina.....	37
11.	Sistema urinario, riñón humano y nefrona.....	38
12.	Digestión de proteínas.....	46



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Valores semicuantitativos por lectura visual de tiras reactivas.....	29
2.	Parámetros modificados en EGO por la ingesta del concentrado deshidratado de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	34
3.	Resultados de la prueba de Wilcoxon.....	35

## RESUMEN

La necesidad básica del humano por alimentarse, lo ha llevado a seleccionar aquellos alimentos que considera benéficos para su salud y que son naturales, tal es el caso de los hongos, que son consumidos por sus propiedades nutrimentales y medicinales. Se ha demostrado que los hongos son una importante fuente de nutrientes *in vitro* e *in vivo*, así como portadores de una amplia variedad de propiedades terapéuticas en padecimientos específicos. En este sentido, el examen general de orina (EGO) permite conocer las variaciones metabólicas de la alimentación a través de la evaluación de parámetros asociados al metabolismo hepático y renal. Esta investigación evaluó 13 parámetros clínicos de orina en un grupo de estudiantes universitarios después de la ingesta de un concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*, con la finalidad de conocer sus posibles vías de asimilación nutrimental a nivel hepático y renal. El grupo estuvo constituido por 15 individuos de 22 años de edad, la mayoría con normo peso de acuerdo al índice de masa corporal (IMC) y sin enfermedades renales, los cuales consumieron 7g de concentrado deshidratado de *P. ostreatus* en ayuno. El análisis de orina reveló cambio en once de los parámetros medidos, sin embargo solo tres de ellos mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ): la creatinina, gravedad específica y pH. La creatinina disminuyó después del tratamiento, lo que refleja una acumulación de ésta en la sangre, pero sin daños al riñón, la gravedad específica también disminuyó, por un posible efecto diurético del hongo, mientras que el pH aumentó en un rango normal. Los resultados indican que las rutas de asimilación involucradas en la ingesta del concentrado de *P. ostreatus* están relacionadas principalmente con el metabolismo de las proteínas, sin embargo se demuestra por primera vez de manera clínica, un efecto diurético de los hongos en la fisiología de la digestión humana. De igual forma, los

resultados demuestran que no existió un efecto negativo sobre el funcionamiento renal, por lo cual, el concentrado deshidratado de *P. ostreatus* se convierte en una opción de alimento y terapia alternativa que puede ser aplicada para promover la diuresis en casos clínicos de infecciones urinarias. Se sugiere continuar con este tipo de estudios de asimilación fúngica ante padecimientos hepáticos y renales específicos, complementados con evaluaciones de química sanguínea y biometría hemática.

## **INTRODUCCIÓN**

Generar el conocimiento sobre el metabolismo de los alimentos permite que la sociedad se nutra adecuadamente, cuide y mejore su salud, ya que actualmente existen enfermedades crónicas que ponen en riesgo la salud de la población humana (Latham, 2002). Entre otros factores, los alimentos influyen en la calidad de vida, siendo los hongos comestibles una alternativa actual que demuestra diversas ventajas como fuente de alimentación (Prasad *et al.*, 2015). Los hongos son conocidos en todo el mundo como alimentos naturales, por sus propiedades nutricionales, alto contenido de proteínas, fibras, vitaminas y minerales, la presencia de ácidos grasos insaturados y carbohidratos, son fuentes alternativas que se usan para mejorar la alimentación humana y para la programación de dietas bajas en calorías (Chang y Miles, 2004; Heleno *et al.*, 2015; Meng *et al.*, 2016).

Se ha demostrado que los alimentos deshidratados en forma de extracto seco, presentan mayor biodisponibilidad de nutrimentos como minerales, vitaminas, proteínas y carbohidratos, en comparación con su estado fresco (Salas *et al.*, 2003). Desde la antigüedad las personas han apreciado las características únicas de los hongos deshidratados como sabor, color y textura (Tian *et al.*, 2016). La deshidratación es un método para la conservación de alimentos que impide el crecimiento de microorganismos contaminantes, reduce la actividad enzimática y frena muchas reacciones mediadas por la humedad (Salas *et al.*, 2003; Tian *et al.*, 2016).

El género *Pleurotus* es importante desde el punto de vista científico debido a que tiene propiedades medicinales, ya que las diferentes especies actúan como anti-inflamatorios, antimicrobianos, antitumorales y moduladores del sistema inmune, disminuyen los niveles de glucosa, controlan la actividad antitrombótica, disminuyen la presión arterial y la concentración de colesterol en la sangre (Gomes *et al.*, 2016). *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*, ocupan el tercer lugar en la producción mundial de hongos

comestibles y son las más aceptadas en la gastronomía mexicana (Facchini *et al.*, 2014, Fernandes *et al.*, 2015, Pelaes *et al.*, 2015, Gomes *et al.*, 2016). *P. ostreatus*, comúnmente llamado “champiñón ostra” o “gírgola” (Ciappini *et al.*, 2004; Pelaes *et al.*, 2015; Radzki *et al.*, 2016) es uno de los hongos más ampliamente cultivados en todo el mundo después de *Agaricus bisporus* y *Lentinula edodes* (Gomes *et al.*, 2016), representa un importante alimento complementario (Qu *et al.*, 2015). Tiene un alto valor nutricional lo que ha incrementado su valor gastronómico, es cultivado en una amplia gama de sustratos naturales y presenta propiedades terapéuticas como inmunomodulador, antioxidante, anti-inflamatorio, antiproliferativo, antitumoral, anti-úlceras gástricas e hipocolesterolémico (Sales-Campos *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2012; Patra *et al.*, 2013; Facchini *et al.*, 2014; Pelaes *et al.*, 2015; Radzki *et al.*, 2016). Se ha estudiado la aplicación de los extractos acuosos de *P. ostreatus* como suplemento en la producción de yogurt bajo en grasa, con actividad funcional, lo que mejora sus propiedades reológicas y estructurales mejorando su capacidad antioxidante (Pelaes *et al.*, 2015).

Se ha demostrado la influencia de la ingesta de los hongos como tratamiento de algunas enfermedades, los diversos mecanismos involucrados, así como la estructura de sus compuestos aislados y bioactividad (Guillamón *et al.*, 2010); sin embargo, a pesar de su importancia, no se han estudiado las rutas bioquímicas que participan en la asimilación de nutrientes, posterior a su ingesta. Además se necesitan estudios adicionales que incluyan ensayos clínicos para evaluar la viabilidad de su aplicación como alimento funcional o fuente de medicamentos (Gomes *et al.*, 2016). Los análisis clínicos son una herramienta que estudia los componentes de muestras biológicas para observar el efecto de un tratamiento, por ejemplo el examen general de orina (EGO), una prueba que ayuda al diagnóstico diferencial de numerosas enfermedades del sistema urinario o

sistémicas, trastornos asintomáticos, hepatopatías, enfermedades hemolíticas, trastornos del metabolismo de los hidratos de carbono, así como el seguimiento de la enfermedad, la eficacia del tratamiento y el metabolismo nutrimental del sistema digestivo, hígado y riñón en el cuerpo humano (Campuzano y Arbeláez, 2007; López *et al.*, 2010; Strasinger y Di Lorenzo, 2010; Fernández *et al.*, 2014). Los elementos que constituyen la orina son dinámicos y pueden variar con la dieta, actividad, consumo de medicamentos, entre otros factores (López *et al.*, 2010). La orina es una muestra de fácil acceso y recolección además contiene información sobre muchas de las principales funciones metabólicas del organismo (Fell, 1999; Strasinger y Di Lorenzo, 2010). Por lo tanto es una herramienta de diagnóstico no invasiva, rápida y fácil de usar (Fell, 1999; Campuzano y Arbeláez, 2007; Strasinger y Di Lorenzo, 2010). El EGO, actualmente, se aplica mediante el uso de sondas químicas que se empaacan en materiales poliméricos de fácil manejo y desecho, los kits se conocen como “tiras reactivas” (tets strips), son de alto grado de sensibilidad y especificidad (Campuzano y Arbeláez, 2007; Strasinger y Di Lorenzo, 2010; Fernández *et al.*, 2014).

Por lo tanto el presente estudio, muestra por primera vez una evaluación metabólica de *Pleurotus ostreatus* para dar a conocer las posibles vías de asimilación digestiva, hepática y renal que utiliza el organismo humano para procesar sus nutrientes, haciendo uso del EGO, en una muestra específica de personas que incorporaron una ingesta controlada de un concentrado de *P. ostreatus*. De esta manera se contribuye con el conocimiento y estructuración de las vías bioquímicas que el metabolismo humano utiliza para asimilar los nutrientes de los hongos comestibles, así como los mecanismos mediante los cuales expresan sus propiedades terapéuticas.

## ANTECEDENTES

### 1. Propiedades terapéuticas de los hongos

Los hongos comestibles son conocidos por su valor nutricional y medicinal, debido a esto muchas especies se están utilizando cada vez más. En la medicina tradicional los hongos se emplean para el tratamiento y prevención de la diabetes, obesidad, enfermedades del corazón, hiperacidez, cáncer e hipertensión. En estudios recientes se han comprobado varias propiedades medicinales como: inmunomoduladores, antioxidantes, anticancerígenos y diuréticos (Choudhury *et al.*, 2013; Khan *et al.*, 2013; Patra *et al.*, 2013; Radzki *et al.*, 2016) y para el género *Pleurotus* se comprobó como modulador del sistema inmune, hipoglucémico, antitrombótico, con capacidad de disminuir la presión arterial y la concentración de colesterol, así como anti-inflamatorio, antimicrobiano y con actividad antitumoral (Facchini *et al.*, 2014).

### 2. Estudios *in vitro* e *in vivo* de *Pleurotus*

Las metodologías utilizadas para el estudio del metabolismo son las pruebas *in vitro* e *in vivo*, las cuales tienen tanto ventajas como limitaciones. Se han publicado estudios donde se han hecho ensayos del consumo de hongos en humanos y animales, así como estudios *in vitro* y los posibles mecanismos celulares implicados. Bajo este contexto a continuación se mencionan los estudios que demuestran las propiedades terapéuticas de *P. ostreatus*.

Zhang, *et al.* (2012) aislaron dos fracciones de polisacáridos de polvo seco de *Pleurotus ostreatus* que utilizaron en la prueba de captura del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y demostraron que estos tienen una potente actividad antioxidante, sugieren que los polisacáridos pueden ser utilizados como un agente natural para aplicarlos en el ámbito alimentario y medicinal. Yang, *et al.* (2012) realizaron un estudio sobre el efecto de *P. ostreatus* en úlceras gástricas inducidas en ratas macho Wistar, el tratamiento duró dos semanas, se administraron tres dosis de un polisacárido soluble en agua (al que llamaron POPw) que fue aislado y caracterizado previamente. Se observó un efecto anti-úlceras que estuvo acompañado de un incremento de moco gástrico y niveles de prostaglandina. Sin embargo los mecanismos implicados no fueron completamente identificados, pero parecen estar asociados con la secreción de moco y la producción de prostaglandinas, así como la mejora de la condición de antioxidante. Esto puede ser debido a un refuerzo de la resistencia de la barrera de la mucosa por una capa protectora de polisacárido.

De *Pleurotus ostreatus* también se han estudiado las propiedades del micelio, del cual Devi, *et al.* (2013) aislaron y caracterizaron un glucano, que administraron durante 10 días a ratones previamente inyectados con células tumorales de Sarcoma 180, se redujo el crecimiento tumoral y mostró inmunomodulación. La tasa de inhibición del tumor fue dependiente de la dosis: a mayor dosis de tratamiento se muestra un efecto más benéfico. Por lo que sugieren la posibilidad de utilizar glucanos inmunomoduladores con fines terapéuticos. Posteriormente Facchini, *et al.* (2014) extrajeron 5 fracciones de polisacáridos del micelio de *P. ostreatus* (DSM 1833), las fracciones se administraron a ratones machos que fueron inducidos con tumor de Ehrlich y Sarcoma 180. Se evaluó el desarrollo del tumor, se obtuvo una media de 70% de inhibición en el tumor de Ehrlich



y 90% en Sarcoma 180, no encontraron diferencias significativas entre el efecto de las fracciones de polisacáridos. La concentración usada no mostró efectos tóxicos en los animales sanos.

Se han realizado también estudios que se enfocan en problemas de salud, que se relacionan con enfermedades que recientemente han tenido un incremento en su prevalencia en todo el mundo, tal es el caso de los niveles altos de colesterol en la sangre. Éste es un factor de riesgo para padecer enfermedades cardiovasculares y que a largo plazo puede participar en el desarrollo de aterosclerosis, además los niveles de triglicéridos y colesterol pueden estar relacionados con como: enfermedades hepáticas, tiroides hipoactiva, enfermedades renales, diabetes y enfermedades del páncreas (American Heart Association, 2014).

Hossain, *et al.* (2003) realizaron un estudio en ratas hembras Long Evans inducidas con colesterol alto en sangre (1%), aplicaron a su dieta una dosis del 5% de polvo *Pleurotus ostreatus* seco durante 5 semanas. Hallaron una disminución del colesterol total en plasma (28%), el colesterol de lipoproteínas de baja densidad (55%), triglicéridos (34%) y los niveles de colesterol total en hígado (>34%), sin embargo, no se observó este efecto en ratas con colesterol normal que también fueron alimentadas con *P. ostreatus*, esto sugiere que la alimentación de hongos no afecta al metabolismo del colesterol en los niveles basales necesarios para las funciones homeostáticas normales del cuerpo. Finalmente sugieren que el suplemento de *P. ostreatus* ofrece beneficios para la salud, parcialmente en condición hipercolesterolémica sobre el perfil lipídico. Posteriormente Alam, *et al.* (2011) realizaron un estudio similar donde se llegó a la misma conclusión, también aplicaron la misma dieta y porcentaje de diabetes, pero durante 6 semanas y utilizaron ratas hembras Sprague-Dawley. Adicionalmente se realizó un análisis

químico de plasma y un análisis histológico de hígado. Los hepatocitos mostraron resultados normales y se redujo el colesterol total en plasma (30%), lipoproteínas de baja densidad (52%) y triglicéridos (18%). Además en este estudio se observó una reducción en el peso corporal de las ratas, en comparación con el de Hossain, *et al.* (2003) donde no hubo diferencias significativas entre el peso corporal después de las 5 semanas.

En un estudio en personas diabéticas, con una dieta programada de *Pleurotus ostreatus* se redujo el colesterol en la sangre, los triglicéridos, la glucosa y la presión arterial. Los resultados de este estudio indican que el hongo proporciona beneficios a la salud sin ningún efecto perjudicial sobre el hígado y el riñón (Khatun *et al.*, 2007). Este estudio se realizó ya que hasta ese momento en la literatura no existían datos publicados respecto al efecto benéfico de las setas en la reducción de glucosa en sangre y colesterol en sujetos diabéticos. Los autores mencionan que aún es necesario evaluar la eficacia y toxicidad del hongo en una muestra grande y de larga duración. Choudhury, *et al.* (2013) trabajaron con un grupo de hombres hipertensos con diabetes tipo 2, ellos consumieron diariamente 3 g de *P. ostreatus* en polvo (dividido en 3 dosis) durante 3 meses. Se midió la presión arterial (sistólica y diastólica), glucosa plasmática en ayunas, la hemoglobina glicosilada (HbA1c) y la concentración de creatinina sérica, antes y después de la ingesta de *P. ostreatus*, se obtuvo como resultado una disminución significativa en la presión arterial, el nivel de glucosa y la HbA1c. En los niveles de creatinina sérica no hubo diferencia significativa, por lo tanto no se presentó un efecto perjudicial en el sistema renal.

En cuanto a otras especies de hongos comestibles como *Agaricus bisporus*, Jeong, *et al.* (2010) utilizan este hongo en polvo en la dieta de ratones machos a los que previamente se les indujo diabetes e hipercolesterolemia, los resultados muestran un efecto antiglucémico y anti hipercolesterolémico. Se redujo significativamente la glucosa en plasma y las concentraciones de triglicéridos (24.7% y 39.1%, respectivamente), así como del colesterol total y lipoproteínas de baja densidad (22,8% y 33,1%, respectivamente).

Llauradó, *et al.* (2015) en su estudio *in vitro* encontraron que fracciones de polisacáridos de un extracto de agua caliente del micelio de *Pleurotus* spp. Tuvieron una propiedad “bifuncional” (antimicrobiano-inmunomodulador) ya que activan el sistema autolítico microbiano de ocho cepas, se aumenta la actividad enzimática lisosomal en macrófagos de 133-184% en comparación con los controles. Los polisacáridos reaccionan y se unen significativamente a la inmunoglobulina G humana (IgG) que podría resultar en la activación de la vía alternativa del complemento. Por lo tanto queda demostrado que el micelio puede servir como un recurso renovable y de fácil acceso para el desarrollo de alimentos funcionales (nutracéuticos) o como elemento farmacéutico con efectos antimicrobianos e inmunomoduladores. Además los autores proponen al extracto como una estrategia innovadora en la prevención y/o reducción de efectos negativos del deterioro microbiano de alimentos.

Recientemente Zhang, *et al.* (2016) encontraron que fracciones de polisacáridos de *Pleurotus ostreatus* actúan de manera positiva en el deterioro del aprendizaje y la memoria de ratas macho Wistar, dando evidencia para su uso como fármaco seguro y eficaz para prevenir y tratar la enfermedad de Alzheimer.

### **3. Aislamiento de componentes y bioactividad de *Pleurotus***

En los últimos años se ha impulsado la investigación de compuestos químicos que provienen de fuentes naturales tales como los hongos, para aplicarlos en la producción de alimentos funcionales, ya sea como ingredientes funcionales o compuestos bioactivos. En la última década se han realizado estudios para *Pleurotus* spp. y *P. ostreatus* sobre el aislamiento e identificación de componentes del hongo que incluyen compuestos de alto y bajo peso molecular (Gomes *et al.*, 2016). A partir de extractos crudos, micelios y basidiocarpos de *Pleurotus* se han extraído numerosos compuestos bioactivos: polisacáridos, glicoproteínas, péptidos, compuestos fenólicos, lípidos y enzimas hidrolíticas y oxidativas. Sin embargo, es importante que se estudie la bioaccesibilidad de estos extractos y compuestos con el fin de garantizar el mantenimiento de la bioactividad inicial, ya que las moléculas pueden sufrir modificaciones estructurales durante la digestión y el metabolismo, antes de ser absorbido por el intestino (Heleno *et al.*, 2015).

### **4. Rutas bioquímicas asociadas a propiedades terapéuticas en hongos**

Como se ha mencionado desde la antigüedad a los hongos se les ha dado un uso medicinal, se han estudiado algunas de sus propiedades y se han determinado los componentes involucrados en la prevención o tratamiento de enfermedades. Los mecanismos implicados aún no están completamente especificados. Sin embargo se han descrito ya algunos de los mecanismos involucrados en propiedades terapéuticas.

#### 4.1 Efectos metabólicos de lípidos y lipoproteínas

Se han demostrado ya *in vivo* el efecto reductor del colesterol por el consumo de *P. ostreatus* a través de una disminución de las lipoproteínas de muy baja densidad y también por la supresión de la actividad de la reductasa de HMG-CoA. La enzima microsómica 3-hidroxi-3-metilglutaril-coenzima A reductasa (HMG-CoA reductasa) es la principal enzima limitante de la velocidad en la biosíntesis del colesterol, que convierte el HMG-CoA en mevalonato. Por lo tanto, la inhibición de la reductasa HMG-CoA disminuye la biosíntesis de colesterol intracelular. En la figura 1 se muestran los mecanismos relacionados con el metabolismo del colesterol involucrado en el efecto hipocolesterolémico de hongos comestibles. La disminución de lipoproteína de baja densidad mejora el metabolismo de lípidos, se inhibe la actividad de la HMG-CoA reductasa. La formación de geles viscosos de fibra dietética soluble, tales como glucanos puede contribuir a la inhibición del colesterol y absorción de triglicéridos. Estas propiedades viscosas están relacionadas con un aumento en la excreción fecal de ácidos biliares y ácidos grasos de cadena corta (propionato), que inhibe la incorporación de acetato (sustrato de esteroides y síntesis de ácidos grasos) al suero de lípidos (Guillamón *et al.*, 2010).

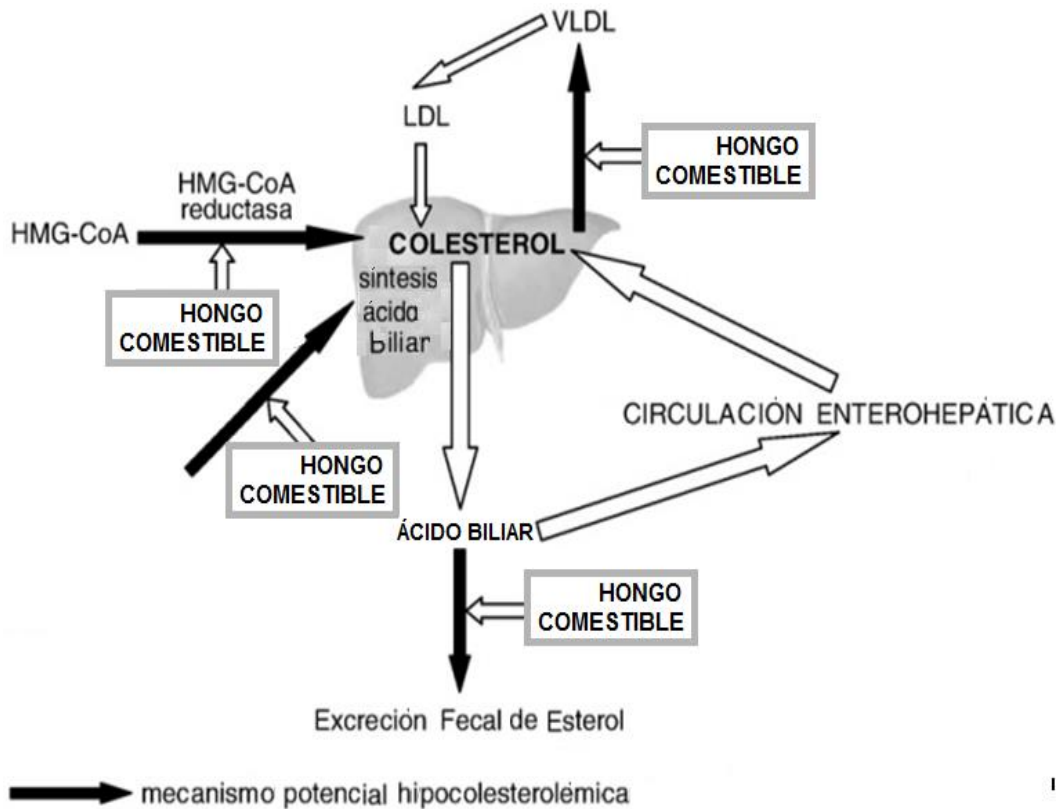


Figura 1. Efecto de hongos comestibles en el metabolismo del colesterol (Guillamón *et al.*, 2010). VLDL: lipoproteína de muy baja densidad, LDL: lipoproteína de baja densidad, HMG-CoA: 3-hidroxi-3-metilglutaril-coenzima A.

#### 4.2 Efectos antiaterosclerosis y mecanismos involucrados

En la figura 2 se muestra de forma general varios de los mecanismos implicados en el efecto antiaterosclerótico de algunos hongos comestibles (Guillamón *et al.*, 2010).

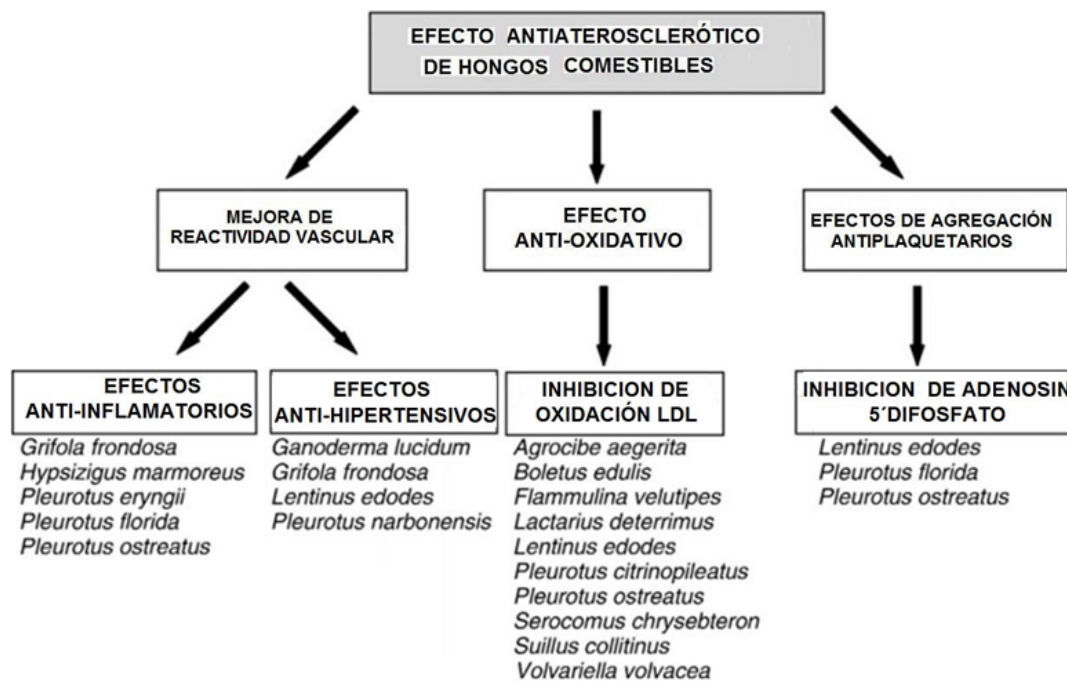


Figura 2. Efectos antiaterosclerosis y mecanismos involucrados de diferentes hongos comestibles (Guillamón *et al.*, 2010).

Se puede notar que *Pleurotus ostreatus* participa en el mecanismo antiinflamatorio, inhibición de la oxidación de LDL (lipoproteína de baja densidad) y adenosin 5'difosfato, y recientemente con efecto antihipertensivo (Choudhury *et al.*, 2013). Comparado con los hongos enlistados en la figura 2, es una de las especies comestibles con mayor efecto antiaterosclerótico.

## JUSTIFICACIÓN

*Pleurotus ostreatus* es uno de los hongos comestibles complementarios más consumido por la población mexicana, comercializado y cultivado ampliamente en diversos tipos de sustratos, lo cual permite ubicarlo como la tercera especie con mayor producción mundial y la segunda a nivel nacional (Martínez-Carrera *et al.*, 2007; Mora y Martínez-Carrera, 2007; Facchini *et al.*, 2014; Fernandes *et al.*, 2015; Pelaes *et al.*, 2015; Gomes *et al.*, 2016). Se ha demostrado que *P. ostreatus* presenta propiedades como reductor de glucosa en sangre, colesterol y presión arterial, anti-úlceras gástricas, actividad antioxidante, antitumoral, antimicrobiano e inmunomodulador, evaluando los posibles mecanismos implicados, sin embargo muchos de estos aún se desconocen (Hossain *et al.*, 2003; Khatun *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2012; Alam *et al.* 2013; Choudhury *et al.*, 2013; Devi *et al.*, 2013; Facchini *et al.*, 2014; Llauro *et al.*, 2015). Por tal motivo, es necesario caracterizar las posibles vías de asimilación digestiva (Heleno *et al.*, 2015 y Gomes *et al.*, 2016), hepática y renal que utiliza el organismo humano para procesar los nutrientes fúngicos, ya que de la alimentación se derivan reacciones bioquímicas para asimilar, transportar y desechar moléculas que se convierten en biomarcadores de esas rutas desconocidas. En este sentido, el presente trabajo contribuye al conocimiento y determinación de las posibles rutas bioquímicas de asimilación de los nutrimentos de *Pleurotus ostreatus*, a nivel hepático y renal cuando el alimento es procesado en forma de extracto deshidratado, considerando los resultados como alternativas complementarias terapéuticas que mejoren la salud de los mexicanos.



## **OBJETIVO**

Analizar las variaciones en los parámetros clínicos de la orina de un grupo de estudiantes universitarios después de la ingesta del concentrado de *Pleurotus ostreatus*, para establecer las posibles rutas bioquímicas de asimilación nutrimental.

## **HIPÓTESIS**

Los parámetros clínicos de la orina se verán modificados después de la ingesta del concentrado de *Pleurotus ostreatus*, lo que aportará información sobre las posibles vías de asimilación bioquímica.

## MATERIAL Y MÉTODO

### 1. Selección de muestra

Previo a la realización del estudio, se obtuvo la autorización de la institución correspondiente (Anexo 1) y de los sujetos participantes por medio del consentimiento informado (Anexo 2). Se realizó un muestreo no probabilístico y la muestra de estuvo formada bajo los siguientes criterios de inclusión: un grupo específico de estudiantes de ambos géneros, de 21 a 23 años de edad, solteros, sin padecimiento de alguna enfermedad urológica, ni diabetes de algún tipo, pertenecientes a la Licenciatura de Biología de la Universidad Autónoma del Estado México.

### 2. Aplicación de encuesta

Con el fin de obtener los parámetros necesarios para definir a los sujetos, así como llevar un control de los mismos durante todo el estudio, se diseñó y aplicó una encuesta (Anexo 3), la cual se organizó en 5 secciones: 1. Datos personales, 2. Familia, 3. Actividades físicas, 4. Antecedentes clínicos y 5. Hábitos alimenticios. Se calculó el índice de masa corporal (IMC), ya que es un indicador comúnmente usado para evaluar el estado nutricional de adultos (Bahena *et al.*, 2011; Moreno, 2012; Iglesias *et al.*, 2013).

### 3. Preparación del concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*

Se siguieron los pasos correspondientes al procedimiento para la deshidratación de hongos comestibles y obtención del extracto de hongo (Hossain *et al.*, 2003; Salas *et al.*, 2003; Jeong *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2012; Pelaes *et al.*, 2015). Las muestras de *Pleurotus ostreatus* se obtuvieron directamente como producto comercial, se seleccionó, lavó y cortó en fragmentos, posteriormente se introdujo a un horno de secado con el rango de temperatura establecido (45-55°C). Una vez deshidratado se trituró en un molino de pulverización gradual para obtener un concentrado en polvo cuyo tamaño de partícula fue menor a 1 mm (figura 3-6).

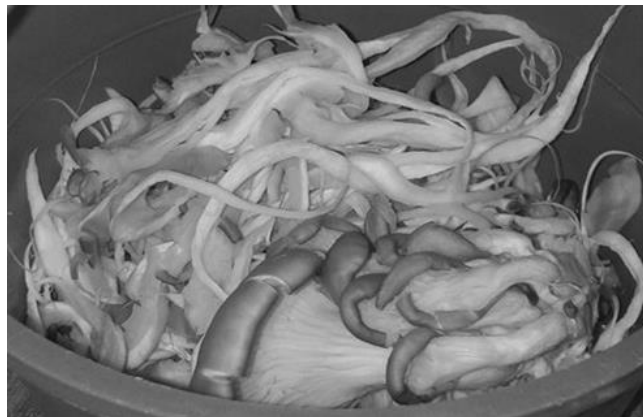


Figura 3. Fragmentos de *Pleurotus ostreatus* en fresco.



Figura 4. Fragmentos de *Pleurotus ostreatus* en desecador.



Figura 5. *Pleurotus ostreatus* deshidratado.



Figura 6. Concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*

#### **4. Ingesta de concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus***

A cada sujeto en ayuno de 10-12 horas se le dio una dosis de 7g del concentrado, que corresponde en promedio a una porción de 100 g de hongos frescos (Ciappini *et al.*, 2004 y Cortés *et al.*, 2007). Se realizaron tres repeticiones de marzo a mayo de 2016, teniendo así una cada mes.

## 5. Análisis de orina

Se obtuvieron dos muestras de orina, una previa (considerada como control) y la segunda dos horas después de la ingesta de concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*, como lo establece el procedimiento que corresponde a la toma de muestra de orina, esto mediante instrucción oral y escrita (Medina *et al.*, 2005; Campuzano y Arbeláez, 2007; Strasinger y Di Lorenzo, 2010). Durante el periodo entre la toma de ambas muestras no hubo consumo de alimentos (sólidos y líquidos). Las muestras se analizaron por el método de tira reactiva antes de 2 horas (Flores-Alfaro, 2005; Campuzano y Arbeláez, 2007; Strasinger y Di Lorenzo, 2010). Se utilizó el test de orina **Combina 13 Human** (Human, Alemania) que mide 13 parámetros (cuadro 1) del metabolismo digestivo, hepático y renal. De igual manera se considero el consumo de fármacos, alimentos, bebidas, incidencia de enfermedades o actividad sexual de los sujetos.

**Cuadro 1. Valores semicuantitativos por lectura visual de tiras reactivas**

Parámetro	Unidad	Estándar	Valor 1*	Valor 2*	Valor 3*	Valor 4*	Valor 5*	Valor 6*
Urobilinógeno	μmol/l	3.4	17	34	68	135	—	—
	mg/dl	0.2	1	2	4	8	—	—
Bilirrubina	μmol/l	neg	+/17	++/51	+++/103	—	—	—
Cuerpos cetónicos	mmol/l	neg	0.5	1.5	3.9	7.8	16	—
	mg/l	neg	5	15	39	78	160	—
Creatinina	mmol/l	0.9	4.4	8.8	17.7	26.5	—	—
	mg/dl	10	50	100	200	300	—	—
Sangre	Eri/μl	neg	±/Ca. 10	±/Ca. 25	+/Ca. 80	++/Ca. 200	—	—
Proteínas	g/l	neg	0.3	1.0	3.0	≥20.0	—	—
	mg/dl	neg	30	100	300	≥2000	—	—
Microalbúmina	mg/l	10	30	80	150	—	—	—
Nitritos	—	neg	pos	pos	—	—	—	—
Leucocitos	Leuco/μl	neg	Ca. 15	Ca. 70	Ca. 125	Ca. 500	—	—
Glucosa	mmol/l	neg	2.8	5.6	14	28	56	—
	mg/l	neg	50	100	250	500	1000	—
Gravedad específica	—	1.000	1.005	1.010	1.015	1.020	1.025	1.030
pH	—	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
Ácido ascórbico	mmol/l	0	0.6	1.4	2.8	5.7	—	—
	mg/l	0	10	25	50	100	—	—

neg (negativo), pos (positivo), Eri (eritrocitos), Leuco (leucocitos)

\*Todos los posibles valores mínimos y máximos dentro de los límites del rango de medición (Burtis *et al.*, 2006 y Thomas, 2008)

## 6. Análisis estadístico

Con la información obtenida de las encuestas se hicieron análisis de estadística descriptiva, se realizó la prueba de normalidad a los datos del EGO, posteriormente se evaluó con una prueba de comparación de muestras dependientes con el estadístico de Wilcoxon en el programa MINITAB, a un nivel de confianza de 95%, para determinar si existían diferencias entre las muestras control (previa a la ingesta del concentrado) y las experimentales (posterior a la ingesta). En la figura 7 se muestra el diagrama de flujo que ilustra el método general.

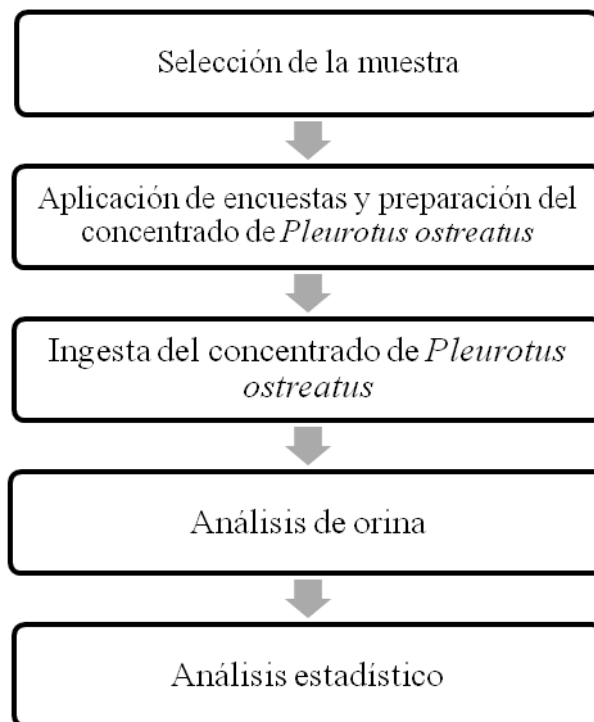


Figura 7. Esquema general del método

## **IMPLICACIONES ÉTICAS**

El estudio se llevó acabo de acuerdo a los principios de la Declaración de Helsinki, que incluye el consentimiento informado de los participantes y que se describe en el anexo 2 (Mercado, 2012 y Curiel, 2013). El estudio no representó riesgo para los **sujetos** y se realizó bajo los principios éticos y científicos que consideran a la información utilizada sólo para fines académicos, protegiendo la confidencialidad de la misma y el anonimato de los participantes, no se difundieron datos personales, ni se hizo mal uso de los mismos.

## **RESULTADOS**

### **1. Encuestas**

La muestra estuvo conformada por 15 sujetos (3 hombres y 12 mujeres). La edad media fue de 22 años. La mayoría de los sujetos tuvieron normo peso (60%) de acuerdo al IMC, no tenían hijos y ninguna mujer estuvo embarazada.

En lo que respecta a la actividad física el 73% de los sujetos la realizan, 64% hace ejercicio y el 35% práctica algún deporte, siendo el fútbol (50%) el que más se practica. El 55% realiza actividad física tres días a la semana, el tiempo que los sujetos le dedican a la actividad es de 60 (27.5%) y 120 minutos (27.5%).

El 47% de los sujetos tiene familiares con cáncer: 63% es en abuelos y 37% es en tíos. El 73% de los sujetos tienen familiares con algún tipo de diabetes, de los cuales la mayoría de los casos corresponde a los abuelos con el 53%.

Respecto a los hábitos alimenticios, el 53% de los sujetos, la mayoría de veces, come en su casa. De los productos procesados que se consumen a la semana, las frituras ocupan el primer lugar y los enlatados el último. A la semana, el agua natural es la bebida que consume la mayoría (22%) y las bebidas alcohólicas son las de menor cantidad (6%).

El 93% de los sujetos prefieren comer hongos por su sabor (55%), siendo las setas la especie que más consumen (47%). Todos los sujetos consumen los hongos de forma cocinada y el 73% de ellos los comen una vez a la semana.



## 2. Parámetros EGO

De los parámetros urinarios, 11 mostraron un cambio después de la ingesta de concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus* (cuadro 2), a saber, urobilinógeno, bilirrubina, cetonas, creatinina, proteínas, microalbúmina, nitritos, leucocitos, gravedad específica, pH y ácido ascórbico. Sin embargo, únicamente los valores de creatinina, gravedad específica y pH presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) después de la ingesta del concentrado (cuadro 3). La media de creatinina fue de 256.670 y 196.440, la media de la gravedad específica fue de 1.022 y 1.012 y la media del pH fue de 5.944 y 6.478 antes y después de la ingesta, respectivamente (figura 8). La creatinina y la gravedad específica disminuyen después de la ingesta del concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*, mientras que el pH aumenta dentro de su rango normal.

**Cuadro 2. Parámetros modificados en EGO por la ingesta del concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus***

Parámetro	Valor promedio	Mediana	Moda	Desviación estándar
Urobilinógeno				
Antes	0.840	1	0.200	0.324
Después	0.662	1	0.200	0.400
Bilirrubina				
Antes	16.622	17	0	2.534
Después	15.489	17	0	4.893
Cetonas				
Antes	0.222	0	0	1.042
Después	0.111	0	0	0.745
Creatinina				
Antes	256.670	300	50	94.508
Después	196.440	300	50	128.700
Proteínas				
Antes	0	0	0	0
Después	0.007	0	0	0.045
Microalbúmina				
Antes	26.444	10	10	39.838
Después	25.111	10	10	40.035
Nitritos				
Antes	0.066	0	0	0.252
Después	0	0	0	0
Leucocitos				
Antes	23.333	0	0	39.838
Después	23.333	0	0	40.035
Gravedad específica				
Antes	1.022	1.025	1.005	0.009
Después	1.012	1.005	1.005	0.010
pH				
Antes	5.944	6	5	0.893
Después	6.478	7	5	1.044
Ácido ascórbico				
Antes	5.556	0	0	21.904
Después	4.667	0	0	20.846

**Cuadro 3. Resultados de la prueba de Wilcoxon para cada parámetro, comparando antes y después de la ingesta de concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*.**

Parámetro	p
Urobilinógeno	0.052
Bilirrubina	0.181
Cetonas	0.789
Creatinina	0.008*
Proteína	1.000
Microalbúmina	0.706
Leucocitos	0.889
Gravedad específica	0.000*
pH	0.002*
Ac. ascórbico	1.000

\* diferencias estadísticamente significativas

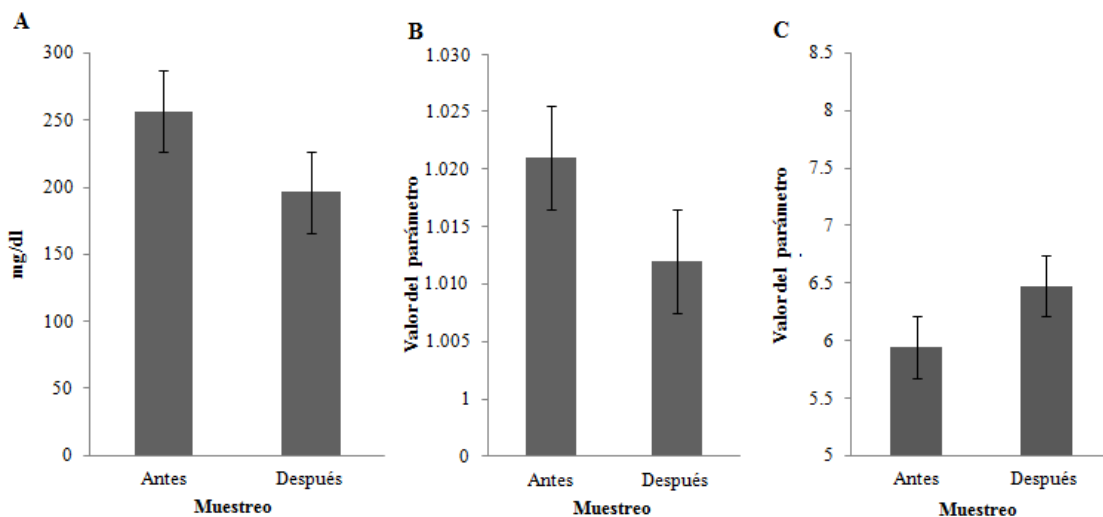


Figura 8. Valores promedio de (A) la concentración de creatinina, (B) gravedad específica y (C) pH en orina, antes y después de la ingesta del concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*.

Con base a los resultados de los parámetros modificados, se analizan las posibles vías de asimilación que pueden estar involucradas en el metabolismo del concentrado, para ello se considera prioritario el metabolismo general de aminoácidos.

### **3. Rutas del metabolismo general de aminoácidos**

Para establecer las posibles rutas bioquímicas de asimilación nutricional que marca el objetivo, en la figura 9 se describe la vía de asimilación de proteínas durante la alimentación, en la cual los aminoácidos liberados por la digestión de proteínas dietéticas viajan a través de la vena portal hepática al hígado, donde son utilizados para la síntesis de proteína, particularmente las proteínas de la sangre. Las moléculas de carbono de los aminoácidos sobrantes se convierten en glucosa o triglicéridos, éstos últimos son luego empaquetados y secretados en lipoproteínas de muy baja densidad. La glucosa producida de los aminoácidos en estado de alimentación se deposita como glucógeno o es liberada a la sangre; si los niveles de glucosa en la sangre son bajos. Los aminoácidos que pasan a través del hígado son convertidos en proteínas en las células de otros tejidos (Lieberman *et al.*, 2013).

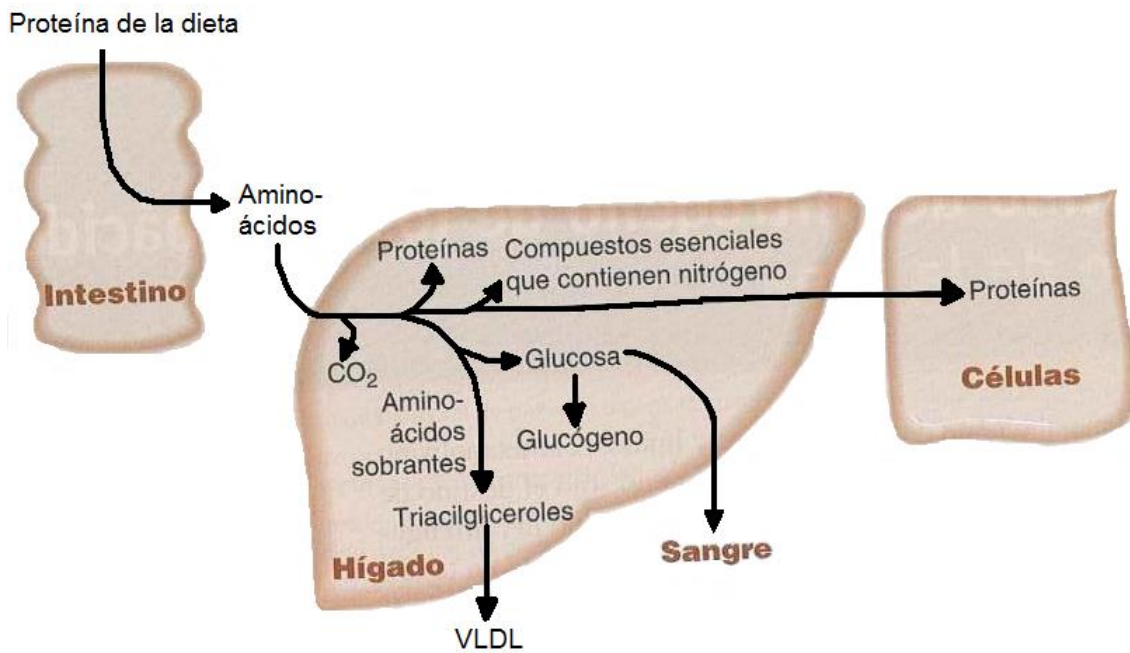


Figura 9. Esquema de los tejidos asociados al metabolismo de los aminoácidos; lipoproteína de baja densidad (Lieberman *et al.*, 2013).

En este sentido, la creatinina fue uno de los parámetros que se modifican después de la ingesta de concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus* por lo tanto, la asimilación del hongo produce una disminución de este metabolito en la orina, mostrándose en la figura 10, la ruta de síntesis y depuración de creatinina, resaltando que cuando se requiere energía, la creatina fosfato cede un fosfato al difosfato de adenosina (ADP) para regenerar ATP y con ello realizar la contracción muscular, de esta manera la creatina formada es liberada por el hígado y se desplaza a través del torrente sanguíneo hacia otros tejidos, como la creatina fosfato es un compuesto inestable, se hace un ciclo y se forma creatinina (Lieberman *et al.*, 2013). Este metabolito de desecho pasa al torrente sanguíneo para ser eliminado a través de la filtración glomerular que se da en las nefronas, de ahí su presencia en la orina de los individuos (figura 11).

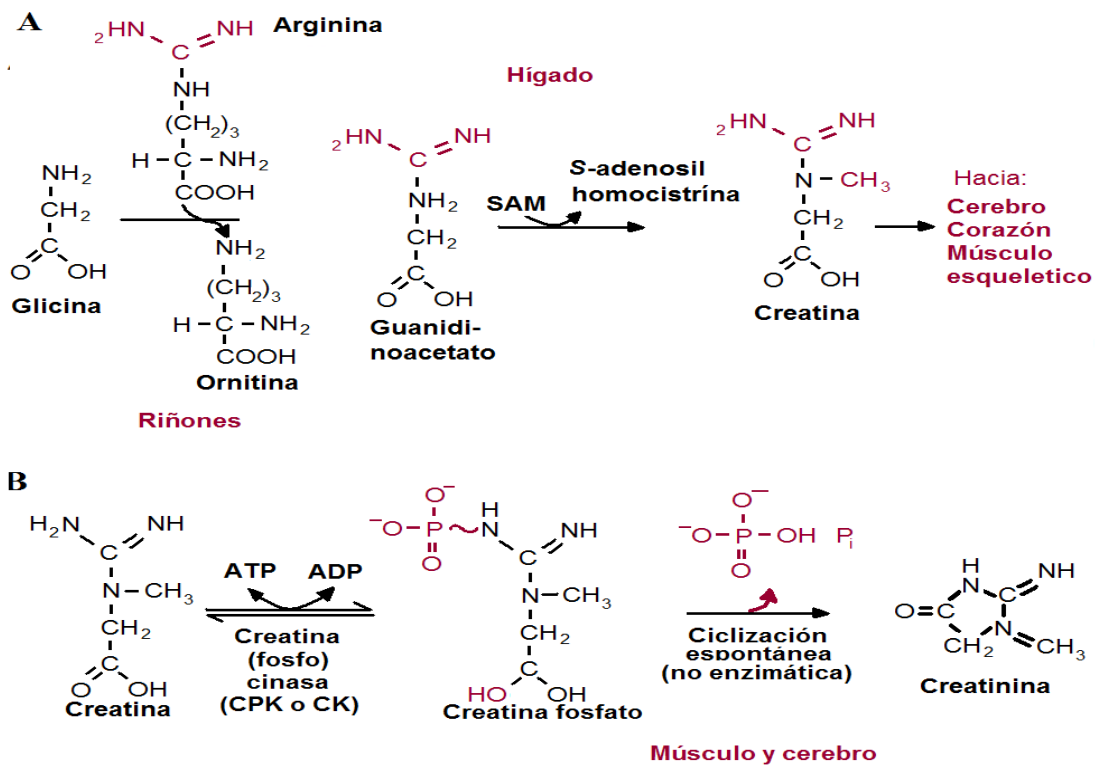


Figura 10. (A) Síntesis de la creatina a partir de la arginina, glicina y S-adenosilmetionina. La síntesis se origina en el riñón, (B) la reacción de la creatina fosfoquinasa. La unión de alta energía es la unión inusual nitrógeno-fosfato. Posteriormente se da la producción espontánea (no enzimática) de creatinina a partir de la creatina fosfato (Tomado y modificado de Lieberman *et al.*, 2013).

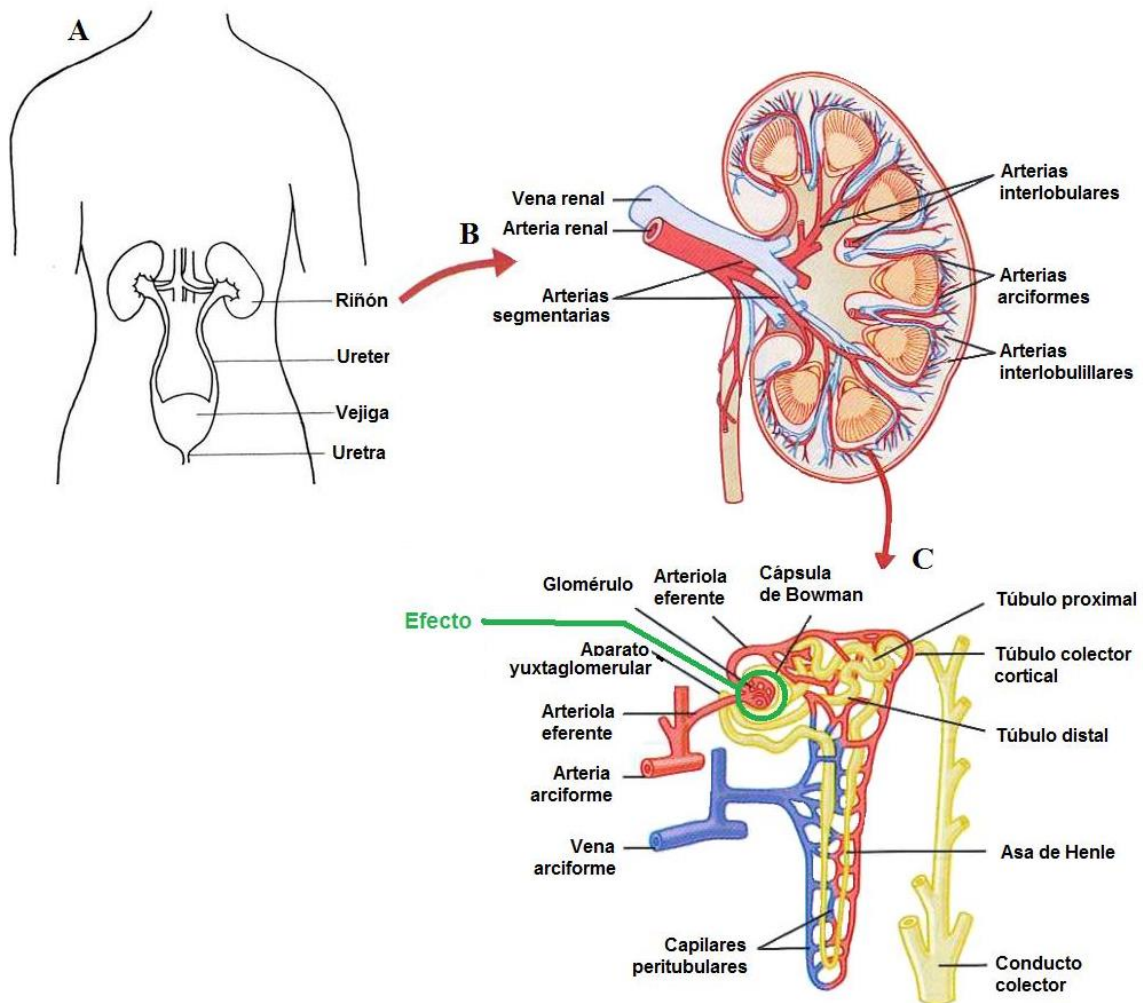


Figura 11. (A) Organización del sistema urinario humano, (B) principales vasos que aportan el riego sanguíneo al riñón y (C) microcirculación de cada nefrona, basado en Gyton y Hall (2011).

Las evidencias que contrastan los resultados con las vías de metabolismo previamente descritas son las observadas en los individuos después de la ingesta del concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus* ya que los individuos se mostraron somnolientos, tenían la sensación de sed y después de una hora la gran necesidad por orinar.

## DISCUSIÓN

### 1. Encuestas

La falta de actividad física es uno de los factores epidemiológicos asociados al sobrepeso (Moreno, 2012), en este estudio el 73% de los sujetos realizan actividad física, por lo cual disminuye el riesgo de tener exceso de peso y mostrar algún efecto sobre los resultados del EGO. Aunque la mayoría de los sujetos tienen normo peso de acuerdo al IMC, es importante tener en cuenta que el 80% estuvo conformado por mujeres, a pesar de que el género femenino es un factor demográfico que está más asociado al exceso de peso, por tal motivo existe una evidencia más del control de los individuos para dar mayor validez a los resultados del EGO (Moreno, 2012). La obesidad se considera un factor importante de riesgo para enfermedades no transmisibles, tales como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes mellitus tipo 2, los trastornos del aparato locomotor y algunos tipos de cáncer (endometrio, mama y colon), en este sentido, Moreno (2012), Khatun *et al.* (2007) y Choudhury *et al.* (2013) recomiendan que se deben establecer medidas de prevención sobre estos padecimientos, demostrando que una dieta a base de *Pleurotus ostreatus*, reduce el colesterol en la sangre, triglicéridos, glucosa y controla la presión arterial, sin mostrar efectos dañinos sobre el hígado y riñón, de esta manera, los resultados del EGO contribuyen con un beneficio más; que es su efecto diurético y potencialmente la prevención de infecciones urinarias.

En cuanto a los hábitos alimentarios, las frituras son el producto procesado que los entrevistados consumen con mayor frecuencia, lo que puede contribuir a desarrollar



obesidad por el consumo de calorías superior al gasto energético, ésta característica puede considerarse como un factor negativo sobre los individuos, sin embargo no es controlable y la actividad física ayuda a contrarrestar su efecto (OMS, 2017). En cuanto al consumo de hongos todos los sujetos los consumen cocinados, Manzi, *et al.* (2001) demostró que los tratamientos de cocción a los que se someten los hongos (*A. bisporus*, *P. ostreatus* y *Boletus*) no perjudican la calidad nutricional, pero no existen estudios que demuestren la forma y biodisponibilidad de los nutrientes en forma deshidratada ni mucho menos un efecto diurético a partir de un análisis de fisiológico de orina, por tal motivo se propone a futuro evaluar el efecto de la cocción de los hongos sobre la propuesta diurética que se obtuvo en este trabajo y su monitoreo mediante fisiología renal (EGO). Dicho beneficio ha sido documentado por Salas *et al.* (2003), en donde recomienda el consumo de hongos secos debido a que la deshidratación aumenta la concentración de sus nutrientes como proteínas, carbohidratos, grasas y minerales, sin embargo no explica el efecto de los nutrientes sobre la fisiología de su asimilación y digestión. Por tal motivo, los resultados del EGO son la primera evidencia que demuestra, tanto el efecto de los nutrientes como la forma de deshidratación, sobre una vía hepática y renal bajo un esquema clínico de diuresis.

## **2. Parámetros EGO**

La orina es el producto de excreción del riñón, órgano que se encarga de la eliminación de sustancias de desecho provenientes de la sangre. La orina es el líquido por el que se excretan la mayoría de los metabolitos hidrosolubles del organismo. Del análisis de orina realizado, los parámetros que se modificaron con la ingesta del concentrado de

*Pleurotus ostreatus*, fueron: creatinina, pH y gravedad específica, esto indica que los componentes del hongo tienen un efecto dentro de la asimilación en el cuerpo humano. Los parámetros que no se modificaron fueron la sangre y la glucosa. El resultado negativo para la sangre en la prueba indica que no hubo presencia de hemoglobina o mioglobina en la orina, por lo que los sujetos no tienen daños glomerulares, renales o sangrado en zonas del tracto urinario diferentes al riñón, como el uréter, la vejiga etc. (Campuzano *et al.*, 2007), por lo tanto se descarta la presencia de algún daño al sistema urinario. La reacción para la detección de la glucosa es específica, no depende del pH, de la gravedad específica, ni se ve afectada por la presencia de cuerpos cetónicos. Normalmente la glucosa es filtrada por el glomérulo, pero ésta es reabsorbida completamente en el túbulo proximal. Por lo tanto la concentración de glucosa filtrada en el glomérulo no excede la capacidad de reabsorción en el túbulo proximal. Los sujetos no tienen glucosuria, sin embargo, esto no excluye un trastorno del metabolismo de la glucosa y sobretodo el diagnóstico de diabetes mellitus (Campuzano *et al.*, 2007), se necesitan exámenes clínicos adicionales como química sanguínea donde se evalúan los niveles de glucosa, colesterol, triglicéridos etc.

### **Creatinina**

La creatinina está presente en la orina a concentraciones de 10 - 300 mg/dl. La primera orina de la mañana presenta concentraciones >200 mg/dl (Burtis *et al.* 2006; Thomas, 2008), en este caso el valor promedio fue de 256.670 mg/dl, este valor se considera normal. Después de la ingesta del concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus* los niveles de creatinina disminuyeron en promedio (196.440 mg/dl) dentro de un rango normal. Si la creatinina no se elimina ésta se acumula en la sangre (Burtis *et al.* 2006; Gyton y Hall, 2011), por lo que después de la ingesta la creatinina pudo haberse

acumulado en la sangre y se dio la disminución en la excreción de está. Sin embargo hay factores que afectan la excreción de creatinina en la orina, como el flujo sanguíneo renal, la tasa de filtración glomerular, la excreción tubular, la edad, sexo, entre otros (MD *et al.*, 2011). La abundante toma de líquidos puede causar concentraciones <50 mg/dl (Burtis *et al.* 2006; Thomas, 2008). Por lo tanto a pesar de haber encontrado una disminución de la excreción de creatinina por la ingesta del concentrado es importante considerar otras pruebas que pueden complementar el análisis de este parámetro, como las muestras de sangre y orina durante 24 horas antes y después del tratamiento, el aclaramiento renal de creatinina reflejan mejor la función renal que el valor de la creatinina plasmática (Jabary *et al.*, 2006). Considerando los resultados de este estudio, la pregunta es ¿Cómo está participando el concentrado para disminuir la concentración de creatinina filtrada? Hipotéticamente se sugiere que la ingesta del concentrado afecta la producción de creatina en el hígado donde es liberada y se transporta por torrente sanguíneo al músculo, donde se da producción espontánea de creatinina a partir de la creatina fosfato, un exceso de este metabolito de desecho hace que no se pueda eliminar a una tasa de filtración glomerular normal.

### **Gravedad específica**

Los valores mayores a 1.020 indican una relativa deshidratación (Campuzano y Gómez, 2007). El valor medio obtenido fue de 1.022 antes de la ingesta de concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus*, esto se debió a que los sujetos se encontraban en ayunas, hubo restricción de líquidos durante el sueño. Posteriormente este parámetro disminuyó después de la ingesta del concentrado a 1.012, un valor considerado normal, ya que un valor de 1.010 indica una relativa hidratación (Campuzano y Gómez, 2007) y un valor menor de 1.008 se considera que la orina esta diluida (Wein *et al.*, 2008). La gravedad específica depende tanto del peso y del número de partículas (Campuzano y

Gómez, 2007) y se ve afectada por una función renal anormal (Wein *et al.*, 2008). La disminución de este parámetro puede presentarse en la insuficiencia suprarrenal, cuando existe daño de la función renal, aumento del ingreso de líquidos, diabetes insípida (Campuzano y Gómez, 2007); aunque no fue el caso de ningún sujeto. También puede presentarse por el uso de diuréticos medicados o naturales (Campuzano y Gómez, 2007; Graff, 2007; Wein *et al.*, 2008), por lo que se puede inferir que el concentrado deshidratado pudo actuar como un diurético, haciendo que la concentración de iones disminuyera.

Existen hongos que ya han sido reportados con actividad diurética como *Ganoderma lucidum* (Khan *et al.*, 2013), *Polyporus umbellatus* y *Poria cocos*. Los componentes aislados e identificados incrementan el volumen de orina excretada (Petre, 2016). El esclerocio de *P. umbellatus* se ha utilizado desde hace tiempo en la medicina tradicional China como un componente para trastornos urológicos: promueve la micción y tiene control sobre el metabolismo del agua (Bandara *et al.*, 2015). En la medicina tradicional el tratamiento se realiza por vía oral en personas, sin embargo las investigaciones que demuestran su efecto diurético se han realizado en experimentos en animales (ratas, ratones y perros). Por otro lado Yuan *et al.* (2004) encontró que el efecto anti-aldostrónico de la ergosta-4,6,8(14),22-tetraen-3-one (ergona) promueve la micción. Los componentes ergosterol y D-manitol incluidos en *P. umbellatus* facilitan el proceso diurético (Bandara *et al.*, 2015).

Guzmán (2000) reporta que en México y parte de Centroamérica *Pleurotus ostreatus* se usa como diurético, sin embargo no existen estudios donde se evalúe su actividad diurética *in vivo* o *in vitro*. Por lo tanto este estudio es el primero en reportar el efecto diurético de *P. ostreatus* como concentrado deshidratado.

Existen estudios sobre la composición química de varias especies de hongos

comestibles, Reis, *et al.* (2012) y Kalač (2013) mencionan que el manitol y la trehalosa son los principales azúcares de los hongos comestibles y que su contenido varía ampliamente entre especies y probablemente entre individuos de la misma especie. Se sugiere que dentro de los componentes químicos de concentrado deshidratado de *P. ostreatus* el manitol participa en el efecto diurético. Los diuréticos pueden ser de varios tipos de acuerdo a su estructura química, lugar de acción y mecanismo de acción en la nefrona (Esparza y Díez, 1990 y Guyton y Hall, 2011), el manitol es uno de los diuréticos osmóticos más utilizados, los diuréticos osmóticos son sustancias de bajo peso molecular, osmóticamente activas que son filtradas a través del glomérulo y que no son reabsorbidas (o sólo parcialmente) en el resto de la nefrona (Esparza y Díez, 1990 y Guyton y Hall, 2011). No obstante este tipo de diuréticos actúan interfiriendo con la reabsorción de soluto, por lo que obligatoriamente se excreta más agua, junto con el soluto, actúan principalmente en los túbulos contorneados proximales (DM *et al.*, 2011). Entre los efectos secundarios que causan los diuréticos osmóticos esta la náusea, el cual se observo en los sujetos.

## **pH**

No se conocen sustancias que interfieran con las mediciones del pH urinario realizadas con EGO. Los riñones son los principales reguladores del contenido ácido-base del organismo, a través de la secreción de hidrógeno, en la forma de iones de amonio, fosfato monohidrogenado y ácidos orgánicos débiles, así como mediante la reabsorción de bicarbonato a partir del filtrado de los túbulos contorneados (Campuzano y Gómez, 2007; Graff, 2007; Strasinger y Di Lorenzo, 2010). El pH normal varía entre 5 y 6 (Burtis *et al.*, 2006; Thomas, 2008; Strasinger y Di Lorenzo, 2010) específicamente de 5.5 a 6.5 en la primera orina de la mañana (Campuzano y Gómez, 2007), el valor

promedio de pH en ayunas fue de 5.944; la orina es normalmente ácida (Laso, 2002; Graff, 2007). Los valores de pH <7 se deben a una acidosis metabólica por ayuno prolongado, lo que sucedió en este caso, también puede deberse a acidosis diabética, insuficiencia renal, acidosis tubular renal y medicamentos (Campuzano y Gómez, 2007; Graff, 2007). El pH después de la ingesta corresponde a lo esperado: tras la ingesta de un alimento normalmente la orina se torna alcalina o menos ácida en el periodo posprandial (llamada comúnmente “marea alcalina”) esto debido a la excreción de ácido en el interior del estómago (Graff, 2007; Strasinger y Di Lorenzo, 2010). En este caso el concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus* no afecta el pH, por lo que puede ser un alimento seguro para su consumo por personas sanas.

El pH de la orina está determinada por la concentración de hidrogeno ( $H^+$ ) libre, un aumento en el pH se debe a una disminución de ion  $H^+$ .

### **3. Rutas de asimilación nutrimental**

De forma general el proceso de digestión inicia en la boca (figura 12), la principal enzima de la saliva es la  $\alpha$ -amilasa que hidroliza los enlaces y empieza la digestión de los carbohidratos, el alimento pasa al esófago y luego al estómago donde se agita el alimento, se rompe y se mezcla con los jugos digestivos (Frayn, 1996). Las proteínas de la dieta son desnaturalizadas por el ácido del estómago, se producen péptidos más pequeños y aminoácidos libres. Los aminoácidos se absorben desde el lumen intestinal a través de sistemas secundarios de transportes activos dependientes de Na y a través de difusión facilitada.

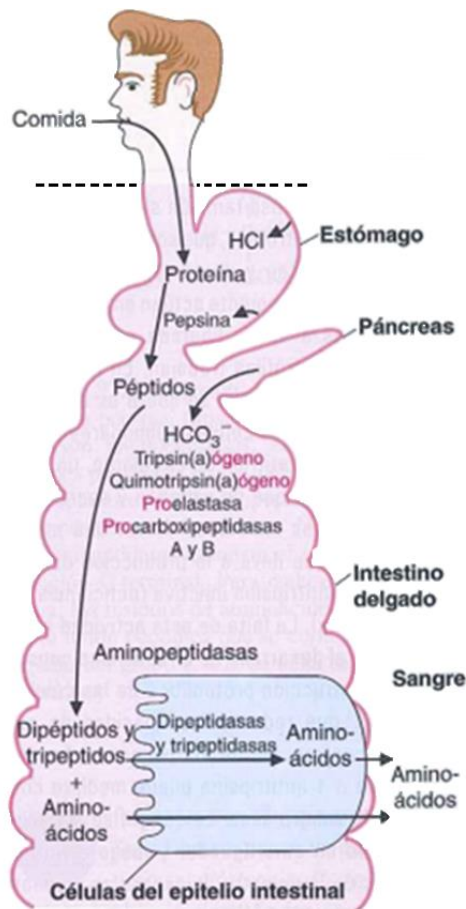


Figura 12. Digestión de proteínas (Lieberman *et al.*, 2013)

Por los resultados obtenidos se puede sugerir que el concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus* está actuando principalmente a nivel renal, en los glomérulos se da la filtración de la sangre en la cápsula glomerular, después el líquido filtrado sigue su camino por el túbulo renal, pasando por el túbulo proximal en donde se lleva una reabsorción a la sangre de casi toda el agua y nutrientes, es decir, se realiza un transporte de las sustancias del túbulo renal hacia la sangre de la vena renal. Continuando el recorrido así mismo se realiza una secreción de la vena renal hacia el túbulo renal, es aquí donde la orina contiene todas las sustancias excretadas en la sección del túbulo distal hasta pasar al tubo colector. El efecto diurético de concentrado deshidratado de *Pleurotus ostreatus* hace que el agua no se reabsorba, al igual que el Na, por lo que se elimina más agua e iones Na.

La creatinina es un metabolito que se filtra libremente y no se reabsorbe, en la cápsula glomerular se da la excreción constante hacia el túbulo renal. Cuando la creatinina no es secretada por la filtración se debe a que existe una lesión, enfermedad o envejecimiento de la nefrona (Guyton y Hall, 2011) y como consecuencia este metabolito se queda acumulado en la sangre. Sin embargo, se desconoce cuál es el mecanismo que afecta la secreción de la creatinina. Un análisis de creatinina en sangre, sería de utilidad para poder conocer la concentración de ésta antes y después de la ingesta del concentrado deshidratado de *P. ostreatus* y poder compararlo con los niveles de creatinina en orina.



## CONCLUSIONES

La ingesta del concentrado deshidratado de *Pleuotus ostreatus* modifica significativamente ( $p < 0.05$ ) los parámetros urinarios de creatinina, gravedad específica y Ph. La disminución de la gravedad revela un posible efecto diurético. El pH aumentó en los sujetos en un rango normal. Las probables rutas en la asimilación del concentrado son aquellas que están involucradas con el metabolismo de las proteínas, principalmente, así como las vías renales relacionadas con un efecto diurético. Se recomienda la utilización terapéutica del concentrado en enfermedades asociadas a edema, hipertensión e infecciones urinarias.

## **RECOMENDACIONES**

Se sugiere complementar la investigación con análisis de química sanguínea y biometría hemática, para evaluar el efecto del concentrado sobre la glucosa en casos de diabéticos, en diuresis y como suplemento alimentario. Así mismo, se propone realizar el experimento en una población más grande, con y sin algún padecimiento en particular. También se sugiere realizar un muestreo adicional donde los sujetos no ingieran el concentrado pero si otro alimento que sirva como control.

## REFERENCIAS

- Alam, Nuhu; Nam, Ki Yoon; Soo, Tae Lee; Youn, U. Lee. 2011. "Hypolipidemic activities of dietary *Pleurotus ostreatus* in hypercholesterolemic rats". *Mycobiology*. 39 (1). pp. 45-51.
- American Heart Association, Inc. 2014. "Comprender y controlar el nivel alto de colesterol y la importancia de controlar las enfermedades de las arterias coronarias" México: AMGEN. pp. 1-24.
- Bahena, Edith Martínez; Licéaga, Rodrigo Reyes; Taboada, Olga Aranza. 2014. "Grado de desnutrición e índice de masa corporal en pacientes sometidos a cirugía ortognática en el Hospital Juárez de México". *Revista Mexicana de Cirugía Bucal y Maxilofacial*. 10 (1), pp. 29-36.
- Bandara, Asanka R.; Rapior, Sylvie; Bhat, Darbhe J.; Kakumyan, Pattana; Chamyuang, Sunita; Xu, Jianchu; Hyde, Kevin D. 2015. "*Polyporus umbellatus*, an edible-medicinal cultivated mushroom with multiple developed health-care products as food, medicine and cosmetics: a review". *Cryptogamie, Mycologie*, 36 (1), pp. 3-42.
- Burtis, Carl A.; Ashwood, Edward R.; Bruns, David E. 2006. "Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnosis" (4<sup>th</sup>). *Elsevier Saunders*.
- Campuzano, Germán Maya y Arbeláez, Mario Gómez. 2007. "El Uroanálisis: Un gran aliado del médico". *Urología Colombiana*. pp. 67-92.
- Chang, S.-T.; Miles, P.G. 2004. "Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact" (2<sup>nd</sup> ed). USA: CRC Press LLC.
- Choudhury, MBK; Rahman, T; Kakon, AJ; Hoque, N; Akhtaruzzaman, M; Begum, MM; Choudhuri, MSK; Hossain, MS. 2013. "Effects of *Pleurotus ostreatus* on

- blood pressure and glycemc status of hypertensive diabetic male volunteersS".  
*Bangladesh J Med Biochem*; 6 (1). pp. 5-10.
- Ciappini, Ma. Cristina; Gatti, Bernardita; López, Ma. Luisa Zamora. 2004. "Pleurotus ostreatus, una opción en el menú. Estudio sobre las gírgolas en la dieta diaria".  
*Invenio*. 7 (12). pp. 127-132.
- Cortés, R. Misael; García S. Andrea; Suárez M. Héctor. 2007. "Fortificación de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) con calcio, selenio y vitamina". *Vitae*. 14 (1). pp. 16-24.
- Curiel, P. Y. N. 2013. "Correlación entre el consumo de proteínas y porcentaje de músculo en un equipo profesional de fútbol asociación, Toluca, Estado de México, octubre 2012 - febrero 2013". Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Devi, K. Sanjana P.; Roy, Bibhas; Patr, Pradip; Sahoo, Snalata; Islam, Syed S.; Maiti, Tapas K. 2013. "Characterization and lectin microarray of an immunomodulatory heteroglucan from *Pleurotus ostreatus* mycelia". *Carbohydrate Polymers*. (94). pp. 857-865.
- DM, Vasudvan; Sreekumari, S.; Kannan, Vaidyananthan. 2011. "Texto de Bioquímica" (6ª). México: Editorial Cuéllar Ayala.
- Dunn, Warwick B.; J. C., Nigel Bailey; E., Helen Johnson. 2005. Measuring the metabolome: current analytical technologies. *Analyst*, 130. pp. 606–625.
- Esparza, N. y Díez, J. 1990. "Farmacología de lo diuréticos, aspectos básicos de los diureticos". *Nefrología*, 10. pp. 14-24.
- Facchini, Jean Mary; Alves, Endi Pricila; Aguilera, Charlise; Miranda, Regina Maria Gern; Lange, Marcia Luciane Silveira; Wisbeckb, Elisabeth; Aparecida, Sandra Furlan. 2014. "Antitumor activity of *Pleurotus ostreatus* polysaccharide

fractions on Ehrlich tumor and Sarcoma 180". *International Journal of Biological Macromolecules*. (68). pp. 72-77.

Fell, David. 1999. "Bases del control del metabolismo". España: Omega

Fernandes, Ângela; Barros, Lillian; Martins, Anabela; Herbert, Paulo, Ferreira, Isabel C.F.R. 2015. "Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. produced using paper scraps as substrate". *Food Chemistry*. (169). pp. 396-400.

Fernández, Diego Javier; Di Chiazza, Sofía; Veyretou, Fernando Pedro; González, Liliana Mónica; Romero, María Cristina. 2014. "Análisis de orina: estandarización y control de calidad". *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*. (48). pp. 213-221.

Flores-Alfaro, Eugenia, Parra-Rojas, Isela, Jiménez-Acevedo, Angelino; Fernández-Tilapa, Gloria. 2005. "Pruebas presuntivas del análisis de orina en el diagnóstico de infección en vías urinarias entre diabéticos tipo 2". *Salud Pública de México*. 47 (5), pp. 376-380.

Frayn, Keith N. 1996. Regulación del metabolismo. Una perspectiva humana. España: Omega.

García, L. Mier; Alonso, J. Herrada; Torres, I. Pacheco; Guevara, R.G. González; Cruz, A. Hernández; Campos, J. Guillén; Gutiérrez, X. Ramos; Vázquez, M. J. Moreno; Hernández, M. Salazar; Feregrino, A. A. Pérez. 2012. Participación de las ciencias analíticas modernas (genómica, proteómica, metabolómica) en el estudio de las plantas. *CIENCIA@UAQ*. pp. 1-11.

Gomes, Rúbia Carvalho Correa; Brugnari, Tatiane; Bracht, Adelar; Peralta, Rosane Marina; Ferreira, Isabel C.F.R. 2016. "Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus* spp. (Oyster mushroom) related with its chemical

- composition: A review on the past decade findings”. *Trends in Food Science & Technology*. (50). pp. 103-117.
- Graff, Laurine. 2007. “Análisis de orina, atlas a color”. México: Ed. Médica Panamericana.
- Guillamón, Eva; García-Lafuente, Ana; Lozano, Miguel; D’Arrigo, Matilde; Rostagno, Mauricio A.; Villares, Ana; Martínez, José Alfredo. 2010. “Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases”. *Fitoterapia*. (81). pp. 715-723.
- Guyton, Arthur C. y Hall, John E. 2011. “Tratado de fisiología médica” (12ª). España: Elsevier.
- Guzmán, G. 2000. “Genus *Pleurotus* (Jacq.:Fr.) P. Kumm. (Agaricomycetidae): Diversity, taxonomic problems, and cultural and traditional medicinal uses”. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2 (2). pp. 95-123.
- Heleno, Sandrina A.; Barros, Lillian; Martins, Anabela; Morales, Patricia; Fernández-Ruiz, Virginia; Glamoclija, Jasmina; Sokovic, Marina; Ferreira, Isabel C. F. R. 2015. “Nutritional value, bioactive compounds, antimicrobial activity and bioaccessibility studies with wild edible mushrooms“ . *LWT - Food Science and Technology*. (63). pp. 799-806.
- Hossain, S.; Hashimoto, M.; Choudhury, EK.; Alam, N.; Hussain S.; Hasan, M. 2003. “Dietary mushroom (*Pleurotus ostreatus*) ameliorates atherogenic lipid in hypercholesterolaemic rats”. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 30(7), pp. 470–5
- Iglesias, M. T.; Mata, G.; Pérez, A.; Hernández, S.; García-Chico, R.; Papadaki, C. 2013. “Estudio nutricional en un grupo de estudiantes universitarios madrileños”. *Nutr. clín. diet. hosp.* 33 (1). pp. 23-30.

- Jabary, N. S.; Martín, D.; Muñoz, M. F.; Santos, M.; Herruzo, J.; Gordillo, R.; Bustamante, J. 2006. "Creatinina sérica y aclaramiento de creatinina para la valoración de la función renal en hipertensos esenciales". *Nefrología*. 26 (1).
- Jeong, Sang Chul; Jeong, Yong Tae; Yang, Byung Keun; Islam, Rezuhanul; Koyyalamudi, Sundar Rao; Gerald Pang; Cho, Kai Yip; Song, Chi Hyun. 2010. "White button mushroom (*Agaricus bisporus*) lowers blood glucose and cholesterol levels in diabetic and hypercholesterolemic rat". *Nutrition Research*, 30. pp. 49-56.
- Kalač, Pavel. 2013. "A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms". *J Sci Food Agric*, 93. pp. 209-218.
- Khan, Sikandar Sherwani; Ullah, Rehman Khan; Ismail, Muhammad Bhatti; Ahmad, Touqeer Rao; Zahra, Tasveer Bokhari; Sualeh, Mohammad; Urooj, Shahana Kazmi. 2013. "Diuretic activity and cytotoxic study of various extracts of *Ganoderma lucidum*". *World Appl. Sci. J.*, 26 (7). pp. 964-967.
- Khatun, K.; Mahtab, H.; Khanam, PA.; Sayeed, MA.; Khan, KA. 2007. "Oyster mushroom reduced blood glucose and cholesterol in diabetic subjects". *Mymensingh Med J*, 16 (1). pp. 94-9.
- Laso, Ma. del Carmen. 2002. "Interpretación del análisis de orina". *Arch.argent.pediatr*, 100 (2). pp. 179-183.
- Latham, Michael C. 2002. "Enfermedades crónicas con implicaciones nutricionales, Capítulo 23. In: Nutrición humana en el mundo en desarrollo". FAO. pp. 221-222.
- Libby P. 2002. "Inflammation in atherosclerosis". *Nature*, 420. pp. 868-874.
- Lieberman, Michael; Marks, Allam; Peet Alisa. 2013. "Bioquímica médica básica, un enfoque clínico". China: Lippincott Williams & Wilkins.

- Llauradó, Gabriel; Morris, Humbreto J.; Ferrera, Leodán; Camacho, Miladis; Castán, Leniher; Lebeque, Yamila; Beltrán, Yaixa; Cos, Paulo; Bermúdez, R.osa C. 2015. "In-vitroantimicrobial activity and complement/macrophage stimulating effects of a hot-water extract from mycelium of the oyster mushroom *Pleurotus* sp.". *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 30. pp. 177-183.
- López, José de Jesús Daniel Muñoz; Blázquez, Carlos R. Domínguez; Domínguez, Eloísa Trejo; Escobar, José Bernardo Héctor Henríquez; Ruíz, José Fernando Ruíz; Ortega, Claudia Belén Planell; Lagunes, Omar Merino; Ramos, Ana Leticia Domínguez. 2010. "Alteraciones en el Examen General de Orina en los alumnos de nuevo ingreso de la Universidad Veracruzana". *Rev Med UV*. pp. 12-15.
- Manzi, Pamela; Aguzzi, Altero; Pizzoferrato, Laura. 2001. "Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy". *Food Chemistry*, 73. pp. 321-325.
- Martínez-Carrera, Daniel; Morales, Porfirio; Sobal, Mercedes; Bonilla, Mirna, Martínez, Wilfrido. 2007. "México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción consumo de los hongos comestibles. Capítulo 6. In: "El cultivo de setas *Pleurotus* spp. en México. ECOSUR-CONACYT, México.
- Medina, Martha Escobedo; Villanueva, Jorge Salha; Gala, Efraín Trujano; Larrocha, Margarita Garrido; Medina, Carolina Escobedo. 2005. "Comparación entre las lecturas de las tiras de orina Combur10Test® M y Multistix® 10 SG". *Bioquímica*, 30 (3). pp. 76-8.
- Meng, Xin; Liang, Hebin; Luo, Lixin. 2016. "Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on the structural characteristics, antitumor mechanisms and immunomodulating activities". *Carbohydrate Research*, (424). pp. 30-41.
- Mercado, I. P. 2012. "Asociación entre índice de masa corporal y el consumo de comida



- rápida en estudiantes del primer periodo de la licenciatura en bioingeniería médica, de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México, 2012”. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mora, Víctor M. y Martínez-Carrera, Daniel. 2007. “Investigaciones sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. Capítulo 1.1, In: El cultivo de Setas *Pleurotus* spp. en México. ECOSUR, México.
- Moreno, Manuel G. 2012. “Definición y clasificación de la obesidad”. *Rev. Med. Clin. Condes*, 23 (2). pp 124-128.
- Patra, Sukesh; Patra, Pradid; Maity, Kankan K.; Mandal Sounitra; Bhunia, Sanjay K.; Dey, Biswajit; Devi, K. Sanjana P/ K. Sanjana P. Devi; Khatua, Somanjana; Acharya, Krishnendu; Maiti, Tapas K.; Islam, Syed S. 2013. “A heteroglycan from the mycelia of *Pleurotus ostreatus*: structure determination and study of antioxidant properties”. *Carbohydrate Research*, (368). pp. 16-21.
- Pelaes, Ana Carolina Vital; Akie, Priscila Goto; Naomi, Letícia Hanai, Gomes-da-Costa, Sandra María, De Abreu, Benício Alves Filho; Vataru, Celso Nakamura; Matumoto-Pintro, Paula Toshimi. 2015. “Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract”. *LWT- Food Science and Technology*, (64). pp. 1028-1035.
- Petre, Marian. 2016. “Mushroom Biotechnology: Developments and Applications”. USA: Elsevier Inc. pp. 122.
- Prasad, S.; Rathore H.; Sharma, S.; Yadav, AS. 2015. “Medicinal mushrooms as a source of novel functional food”. *Int J Food Sci Nutr Diet*, 04 (5). Pp. 221-225.
- Qu, Jibin; Huang, Chenyang; Zhang, Jinxia. 2015. “Genome-wide functional analysis of SSR for an edible mushroom *Pleurotus ostreatus*”. *Gene*, pp. 1-7.

- Radzki, Wojciech; Ziaja-Sołtys, Martha; Nowak, Jakub; Rzymowska, Jolanta; Topolska, Jolanta; Sławinska, Aneta; Michalak-Majewska, Monica; Zalewska-Korona, Martha; Kuczumow, Andrzej. 2016. "Effect of processing on the content and biological activity of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* mushroom". *LWT-Food Science and Technology*, (66). pp. 27-33.
- Reis, Filipa S.; Barros, Lillian; Martins, Anabela; Ferreira, Isabel C.F.R. 2012. "Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an inter-species comparative study". *Food and Chemical Toxicology*, 50. pp. 191-197.
- Rojó, David y Barbas, Coral. La ventana de la metabolómica, vislumbrando el panorama de sus aplicaciones. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*. 186. pp. 11-13.
- Salas, N. S. de la T.; Bazán, D.; Osorio, A.; Cornejo, O.; Carrero E. 2003. "Deshidratación de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*)". *Rev. Per. Quím Ing. Quím.* 6 (1). pp. 55-59.
- Sales-Campos, C., Medina L. A., Teixeira, M. de A. M.; Nogueira, M. C. A. 2011. "Physiochemical analysis and centesimal composition of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown in residues from the Amazon". *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2 (31). pp. 456-461.
- Strasinger, S. K. y Di Lorenzo, M. S. 2010. *Análisis de orina y de los líquidos corporales* (5ª). China: Ed. Médica Panamericana.
- Thangthaeng, Nopporn; Miller, Marshall G.; Gomes, Stacey M.; Shukitt-Hale, Barbara. 2015. "Daily supplementation with mushroom (*Agaricus bisporus*) improves balance and working memory in aged rats". *Nutrition Research*. (35), pp. 1079-1084.

- Thomas L. 2008. Labor and Diagnose (7<sup>th</sup>). TH-Books
- Tian, Yuting; Zhao, Yingting; Huang, Jijun; Zeng, Hongliang; Zheng, Baodong. 2016. “Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms”. *Food Chemistry*, (197). pp. 714-722.
- Wein, Alan J.; Kavoussi, Louis R.; Partin, Alan W.; Novick, Andrew C. 2008. *Campbell-Walsh Urología* (9<sup>a</sup>). Argentina: Médica Panamericana.
- Yanes, Óscar. 2015. Metabolómica: la ciencia ómica más multidisciplinaria. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*. 186. pp. 7-10.
- Yang, Qi; Huang, Bo; Li, Huiyan; Zhang, Chao; Zhang, Rong; Huang, Yuxin; Wang, Jingjie. 2012. “Gastroprotective activities of a polysaccharide from the fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* in rats“. *International Journal of Biological Macromolecules*. (50), pp. 1224-1228.
- Yuan, D.; Mori, J.; Komatsu, KI; Makino, T; Kano, Y. 2004. “An anti-aldosteronic diuretic component (drain dampness) in *Polyporus sclerotium*”. *Biol Pharm Bull*, 27 (6). pp. 867-70.
- Zhang, Yan; Yang, Xiaomei; Jin, Gang; Yang, Xiudong; Zhang, Yang. 2016. “Polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* alleviate cognitive impairment in a rat model of Alzheimer’s disease”. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92. pp. 935-941.
- Zhang, Yunxia; Dai, Ling; Kong, Xiaowei; Chen, Liangwen. 2012. “Characterization and in vitro antioxidant activities of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus*”. *International Journal of Biological Macromolecules*, (51). pp. 259-265.

## **ANEXOS**

ANEXO 1

Toluca, Méx., a 3 de Febrero de 2016

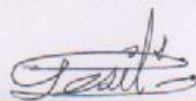
ASUNTO: SOLICITO AUTORIZACIÓN

**DR. OCTAVIO MONROY VILCHIS**  
**COORDINADOR**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN**  
**EN CIENCIAS BIOLÓGICAS APLICADAS, UAEMéx.**

La que suscribe, P. de Biól. **YESICA REYES SORIA**, tesista de la Licenciatura de Biología, con número de cuenta 0924136, solicita a usted de la manera más atenta el permiso para aplicar un cuestionario a los alumnos del grupo de Cultivo de Hongos de la Licenciatura de Biología, que tomarán clase en las instalaciones del CICBA el semestre 2016A, así como la toma y procesamiento de muestras de orina, para la realización del proyecto de tesis que lleva por título "Evaluación de parámetros clínicos urinarios en una población universitaria como diagnóstico de asimilación nutrimental de *Pleurotus ostreatus*", bajo la dirección del Dr. Moisés Tejocote Pérez y la Dra Martha M. Zarco González. Cabe señalar que estas actividades se realizarán del mes de Febrero a Junio de 2016.

Sin mas por el momento, agradezco el apoyo que brinde a la presente solicitud y le externo el envío de un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE



\_\_\_\_\_  
**P. DE BIÓL. YESICA REYES SORIA**



\_\_\_\_\_  
**VO. BO.**

**DR. OCTAVIO MONROY VILCHIS**  
**COORDINADOR**

**ANEXO 2**

**CARTA DE CONCENTIMIENTO INFORMADO**

Toluca, Estado de México a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Por medio del presente documento, la que suscribe P.L.B. Yesica Reyes Soria, solicita la autorización del alumno \_\_\_\_\_ de la licenciatura de Biología de la Facultad de Ciencias UAEMéx, para formar parte del Proyecto de investigación “Evaluación de parámetros clínicos urinarios en una población universitaria como diagnóstico de asimilación nutricional de *Pleurotus ostreatus*” que se llevara a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas (CICBA UAEMéx).

Con la seguridad de que la información obtenida, será utilizada de manera confidencial y sólo con fines estadísticos para la investigación.

\_\_\_\_\_  
**P. L. B. Yesica Reyes Soria**

\_\_\_\_\_  
**Firma de consentimiento**

**ANEXO 3**  
**ENCUESTA**

**Instrucciones.** Conteste las siguientes preguntas, marcar con una "X" según sea el caso.

**SECCION 1. DATOS PERSONALES**

1. Nombre completo: \_\_\_\_\_
2. Localidad de procedencia : \_\_\_\_\_
3. Semestre: \_\_\_\_\_
4. Sexo: F\_\_\_, M\_\_\_
5. Edad: \_\_\_\_\_ años
6. Estatura: \_\_\_\_\_ m.
7. Peso: \_\_\_\_\_ Kg

**SECCION 2. FAMILIA**

8. Estado civil: \_\_\_\_\_
9. ¿Tiene hijos? No \_\_\_ , Si \_\_\_
10. Esta pregunta es solo para mujeres. ¿Está embarazada? Si \_\_\_ No \_\_\_

**SECCION 3. ACTIVIDADES FISICAS**

11. ¿Practica algún deporte? No \_\_\_ (pasar a pregunta 13) Si \_\_\_
12. ¿Cuál? \_\_\_\_\_
13. ¿Cuántos días a la semana? 1 \_\_\_ 2 \_\_\_ 3 \_\_\_ 4 \_\_\_ 5 \_\_\_ 6 \_\_\_ 7 \_\_\_
14. ¿Cuánto tiempo cada día? 15min\_\_\_ 30 min\_\_\_ 45min\_\_\_ 60 min\_\_\_ 90min\_\_\_ 120 min\_\_\_
15. ¿Realiza ejercicio? No \_\_\_ (pasar a pregunta 18) Si \_\_\_
16. ¿Cuántos días a la semana? 1 \_\_\_ 2 \_\_\_ 3 \_\_\_ 4 \_\_\_ 5 \_\_\_ 6 \_\_\_ 7 \_\_\_
17. ¿Cuánto tiempo cada día? 15min\_\_\_ 30 min\_\_\_ 45min\_\_\_ 60 min\_\_\_ 90min\_\_\_ 120 min\_\_\_

**SECCION 4. ANTECEDENTES CLÍNICOS**

18. ¿Tiene algún padecimiento, trastorno, enfermedad, discapacidad? Si\_\_\_, No \_\_\_
19. ¿Cuál/cuales?  
\_\_\_\_\_

20. ¿Cuantos casos de cáncer han existido o existen en su familia?

Padres\_\_\_ Abuelos\_\_\_ Tíos \_\_\_ Primos\_\_\_ Hermanos \_\_\_ Hijos \_\_\_

21. ¿Cuantos casos de diabetes han ocurrido o existen en su familia?

Padres\_\_\_ Abuelos\_\_\_ Tíos \_\_\_ Primos\_\_\_ Hermanos \_\_\_ Hijos \_\_\_

22. ¿Actualmente se está medicando? No \_\_\_ (pasar a la pregunta 24) Si \_\_\_

23. ¿Nombre del medicamento? \_\_\_\_\_

**SECCION 5. HÁBITOS ALIMENTICIOS**

24. ¿Lugar donde come la mayoría de veces?

En su casa \_\_\_ En cocina económica\_\_\_ Cafetería universitaria\_\_\_ Puestos de comida (calle)\_\_\_

25. ¿Es vegetariano? Si\_\_\_ No \_\_\_

26. ¿Cuántas veces a la semana consume los siguientes productos?

Embutidos \_\_\_\_, Enlatados \_\_\_\_, Frituras \_\_\_\_, Harinas (galletas, donas, pan...) \_\_\_\_, Pastas \_\_\_\_

27. ¿Cuántas veces a la semana toma las siguientes bebidas?

Agua pura \_\_\_\_ Agua de frutas naturales \_\_\_\_ Agua con saborizantes artificiales \_\_\_\_

Jugo natural \_\_\_\_ Jugo artificial \_\_\_\_ Refresco \_\_\_\_ Bebidas alcohólicas \_\_\_\_

28. Mencione brevemente que es lo que come en un día normal.

---

---

---

---

---

29. ¿Le gustan los hongos? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

¿Por qué?

---

---

30. ¿Consume hongos comestibles? (si la respuesta es "Si" continuar, si la respuesta es "No "el cuestionario ha concluido)

31. ¿Consume los siguientes hongos? Setas \_\_\_\_ Champiñones \_\_\_\_ Otros \_\_\_\_

32. ¿Como los consume?

Cocinados \_\_\_\_ Frescos \_\_\_\_

33. ¿Cuántas veces consume hongos a la semana?

---

G R A C I A S





**ANEXO 4**

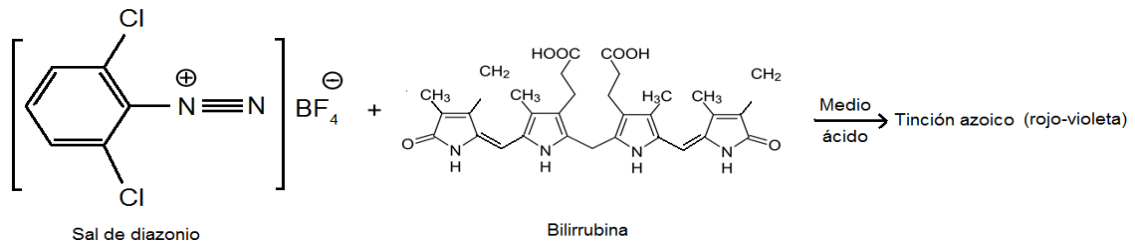
**PRINCIPIO DE LOS PARÁMETROS URINARIOS**

**Ácido ascórbico**

La detección se basa en la decoloración del 2,6-diclorofenolindofenol azul. La presencia de ácido ascórbico causa que el color cambie azul-verdoso a naranja.

**Bilirrubina**

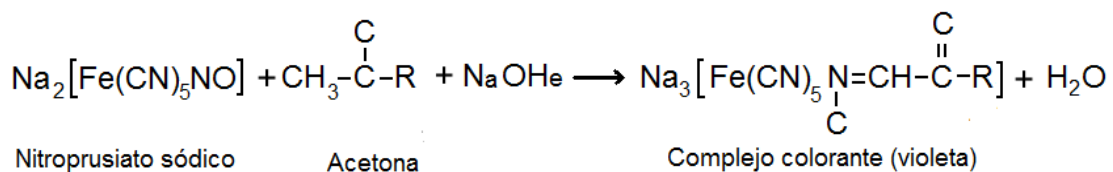
En la presencia de un ácido, se obtiene un compuesto azo rojo por acoplamiento de la bilirrubina con una sal de diazonio. La más leve coloración rosada indica un resultado positivo.



Principio de la determinación de la bilirrubina en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

**Cuerpos cetónicos**

La acetona y el ácido acetoacético reaccionan con el nitroprusiato de sodio en medio alcalino desarrollando un complejo de color rosa a violeta (Prueba de Legal). El cambio de color determina la presencia de cetonas en la orina. La reacción es específica para la acetona y el ácido acetoacético.



Principio de la determinación de cetonas en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

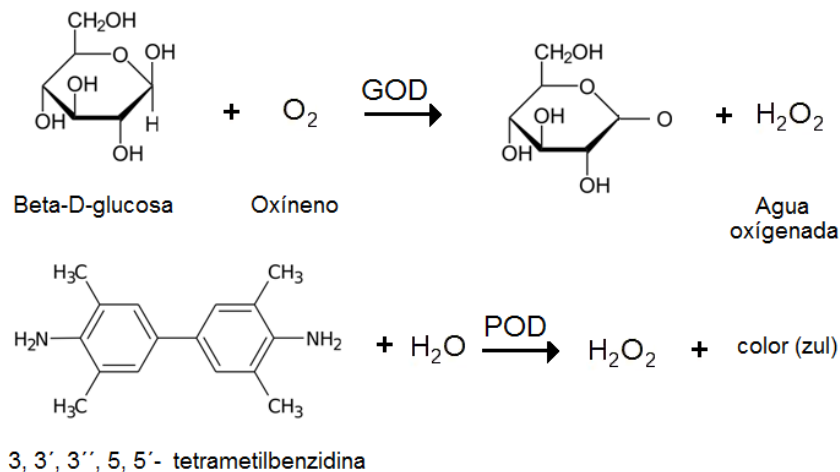
### Creatinina

La prueba se basa en una reacción de creatinina con ácido 3,5-dinitrobenzoico en un medio alcalino. La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de creatinina en la muestra.

### Glucosa

La detección se basa en la reacción cromogénica de la glucosa oxidasa y peroxidasa. A excepción de la glucosa, no se conocen ninguna sustancia contenida en la orina que da una reacción positiva.

Es una reacción específica de la glucosa oxidasa/peroxidasa (método GOD/POD; glucosa oxidasa/peroxidasa), en la cual la D-glucosa se oxida enzimáticamente por el oxígeno del aire y se convierte en D-gluconolactona. El peróxido de hidrógeno resultante, oxida, bajo la catálisis de la peroxidasa, al indicador (TMB: tetra-metil-bencidina) para dar una coloración azul-verdosa sobre el papel amarillo reactivo de la tirilla.



Principio de la determinación de glucosas en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

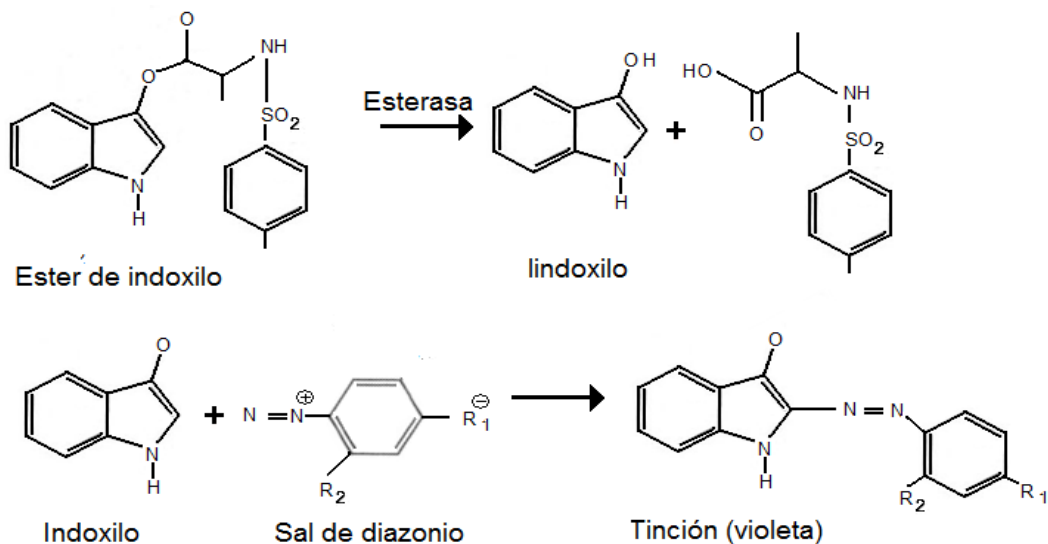
### Gravedad específica

La prueba se basa en un cambio de color del reactivo desde verde azulado a amarillo verdoso dependiente de la concentración de iones en la orina.

Como resultado de las reacciones se producen cambios cromáticos.

### Leucocitos

La prueba se basa en la actividad esterasa de granulocitos. Esta enzima desdobla un éster de ácido carbónico heterocíclico y el derivado hidroxipirrol que resulta reacciona con una sal de diazonio produciéndose un color violeta.



Principio de la determinación de leucocitos en orina. La zona del parámetro contiene un éster de indoxilo que es disociado por la esterasa leucocitaria. El indoxilo libre reacciona con una sal de diazonio para formar una tinción violeta (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

### Microalbúmina

La prueba se basa en el principio de “error proteico” del indicador causado por la presencia de albúmina. La sulfoneftaleína es altamente sensible a la albúmina.

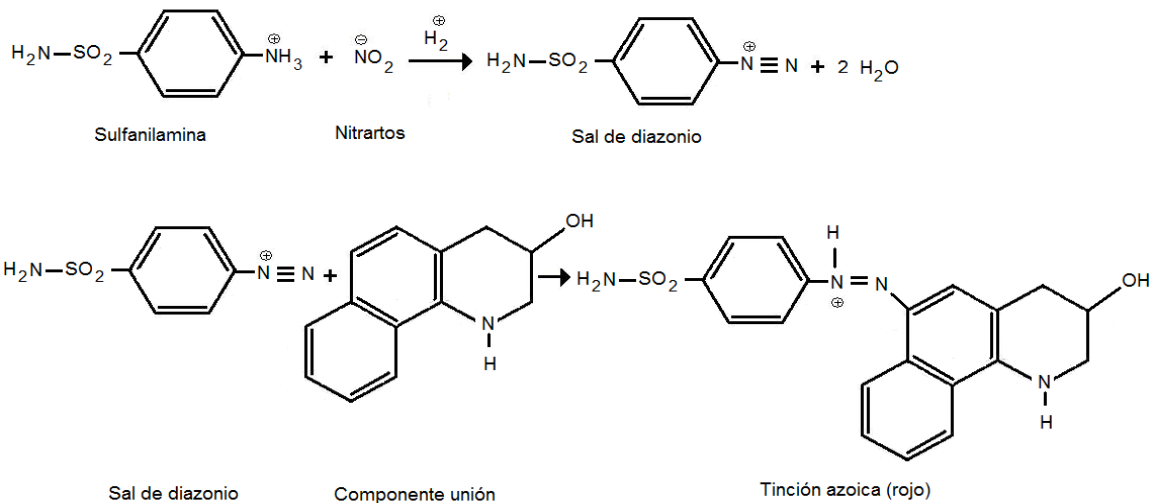
La reacción para albúmina es colorimétrica; el colorante utilizado es la bis(3,3'-diiodo-4,4'-di-hidroxi-,5,5-dinitrofenil) etrabromosulfaleína, de gran afinidad por la albúmina.

*Continuación*

Se desarrolla un color azul debido a la presencia de albúmina; el color es cuantificado. La especificidad por la albúmina se debe a la unión a sitios específicos de la proteína que se expone a un pH bajo, no observándose este tipo de unión con otras proteínas diferentes a la albúmina.

**Nitritos**

La prueba colorimétrica se basa en la reacción de Griess y es específica para el nitrito. Cualquier tonalidad rosa se interpreta como resultado positivo para nitrito. La reacción revela la presencia de nitrito y por lo tanto, indirectamente, la existencia de bacterias formadoras del mismo en la orina, coloreando de color rosa rojizo.

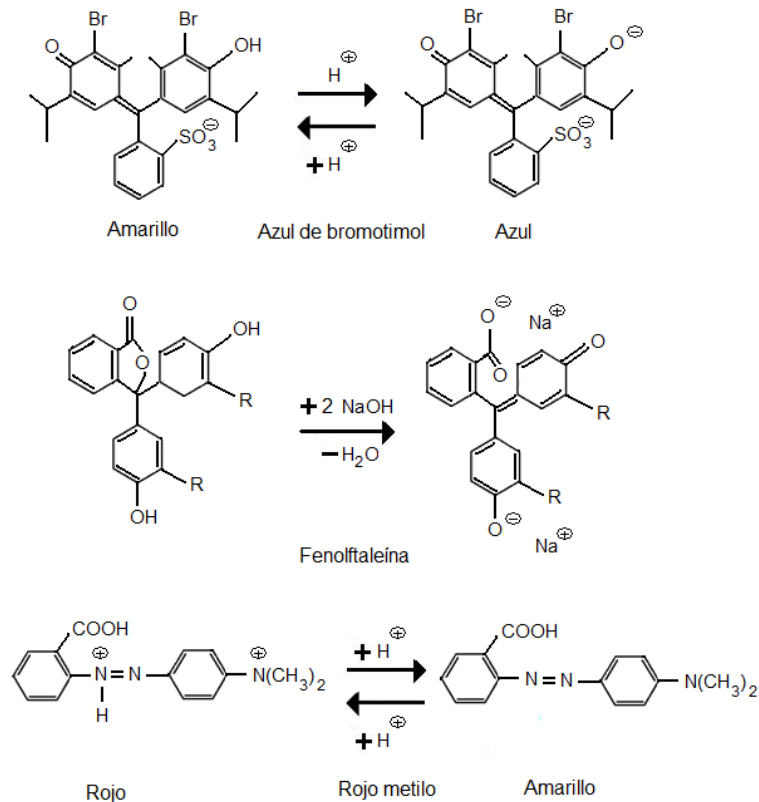


Principio de la determinación de nitritos en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

**pH**

La prueba se basa en la combinación de tres indicadores: el rojo de metilo, el azul de bromotimol y la fenolftaleína, que reaccionan con los iones de hidrógeno, presentes en la muestra de orina. Las reacciones producen cambios cromáticos, que van del naranja al verde amarillo y al azul.

Continuación



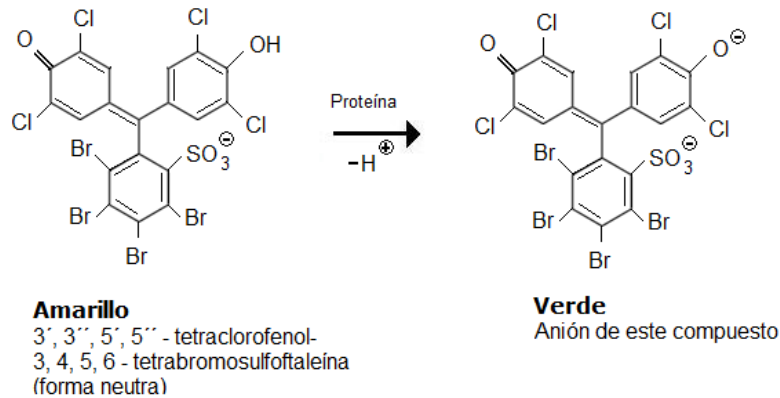
Principio de la determinación de pH en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

### Proteínas

La prueba se basa en el principio de “error proteico” del indicador. La zona reactiva no es específica de una proteína en especial y unas proteínas diferentes de la albumina pueden dar un resultado positivo.

En la zona de reacción de la tirilla hay una mezcla tampón y un indicador que cambia de color amarillo a verde en presencia de proteínas en la orina, aunque el pH se mantenga constante. Estos cambios cromáticos pueden ser detectados para determinar la presencia de proteínas en la orina.

Continuación

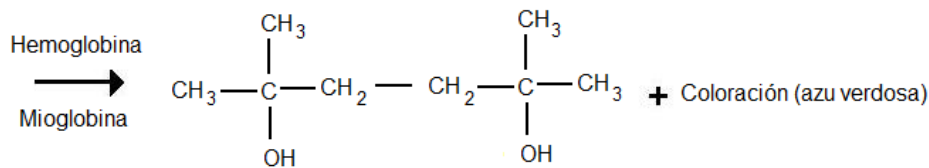
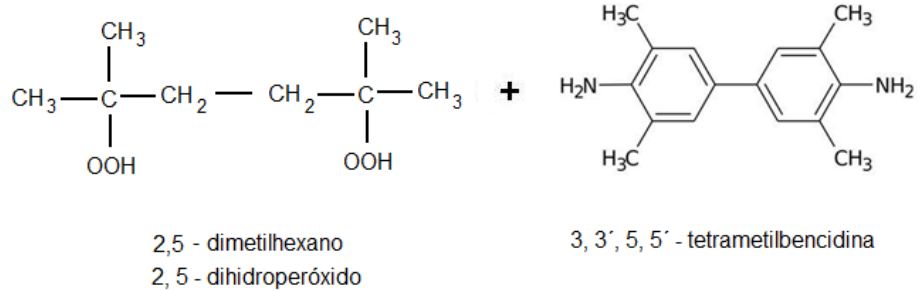


Principio de la determinación de proteínas en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

## Sangre

La detección se basa en la actividad tipo peroxidasa de la hemoglobina y la mioglobina que catalizan la oxidación de un indicador produciendo un color verde. El indicador cromático (TMB: tetrametil-bencidina) mediante un hidroperóxido orgánico, el 2,5-dimetilhexano-2,5-dihidroperóxido, para producir un color azul verdoso que sobre el papel amarillo de la tirilla, que puede determinar la presencia de hemoglobina (en forma de eritrocitos o hemoglobina libre) o mioglobina en la orina. En las zonas de reacción, de acuerdo al patrón de coloración es posible distinguir eritrocitos intactos de hemolizados. Los eritrocitos intactos se hemolizan sobre el papel reactivo y la hemoglobina liberada inicia la reacción de color, formando puntos verdes visibles y por el contrario, la hemoglobina disuelta en la orina (eritrocitos lisados), o la mioglobina, origina un color verde uniforme.

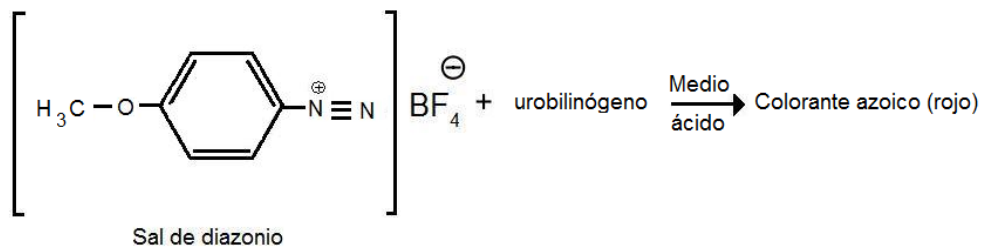
Continuación



Principio de la determinación de sangre en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

## Urobilinógeno

La prueba se basa en el acoplamiento entre el urobilinógeno y sales de diazonio estabilizadas.



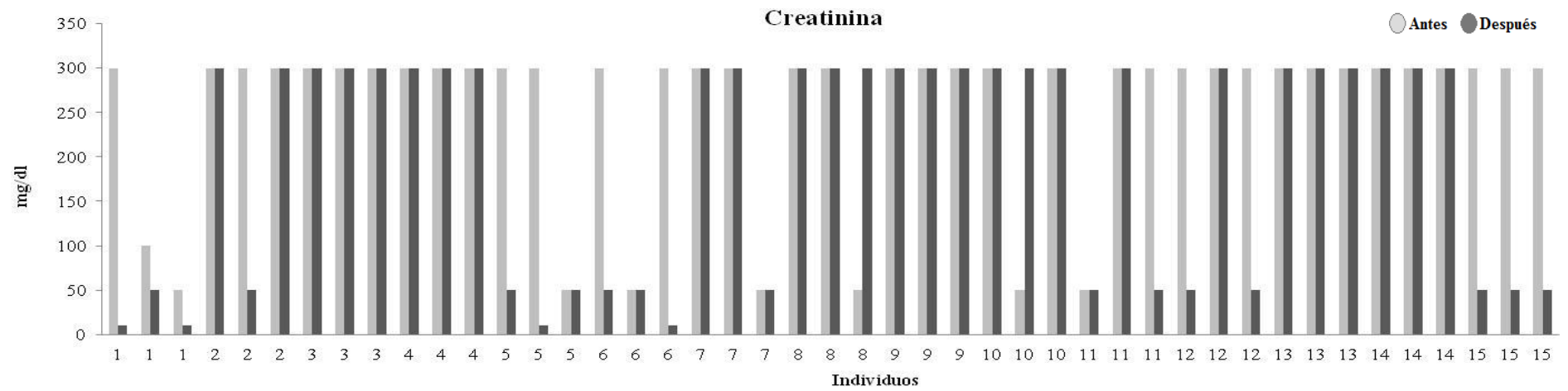
Principio de la determinación de urobilinógeno en orina (Tomado de Maya y Gómez, 2007).

## Referencias

- Burtis C. A. *et al.* 2006. "Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnosis" (4<sup>th</sup>). Elsevier Saunders.
- Campuzano, Germán Maya y Arbeláez, Mario Gómez. 2007. "El Uroanálisis: Un gran aliado del médico". *Urología Colombiana*. pp. 67-92.
- Fagundo, Reynerio Sierra; Venegas, Rosalía Noriega; Islas, José Francisco Pacheco; Mastache, Amelia Salgado. 2005. Determinación de microalbuminuria como complemento del examen general de orina en la detección temprana del daño renal. *ev Mex Patol Clin*, 52 (2). pp 80-82.
- Thomas L., Labor and Diagnose, 2008. TH-Books (7<sup>th</sup>).

ANEXO 5

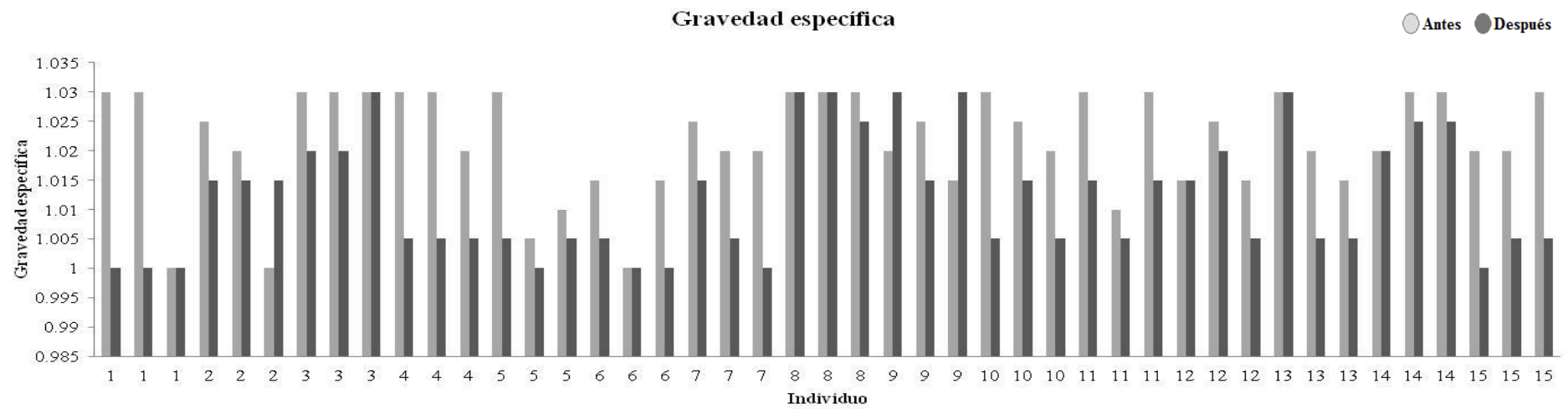
GRAFICA DE LOS VALORES OBTENIDOS EN CREATININA





ANEXO 6

GRAFICA DE LOS VALORES OBTENIDOS EN GRAVIDAD ESPECÍFICA



ANEXO 7

GRAFICA DE LOS VALORES OBTENIDOS EN PH

