



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

LICENCIATURA EN QUÍMICA EN ALIMENTOS

TESIS

**EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE
EXTRACTOS DE CEBADA GERMINADA
SOBRE BIOMARCADORES RENALES EN
UN ESTUDIO *in vivo***

Para obtener el grado de

Licenciada en Química de Alimentos

PRESENTA

Brisa Bárbara Campero Palomino

Director (a)

Dra. Abigail García Castro

Codirector (a)

Dra. Alma Delia Román Gutiérrez

Mineral de la Reforma, Hidalgo, septiembre, 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
 Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
 School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 27 de junio de 2025

Número de control: ICBI-D/1172/2025
 Asunto: Autorización de impresión.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

Con Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio, le comunico que el Jurado asignado a la egresada de la Licenciatura en Química de Alimentos **Brisa Bárbara Campero Palomino**, quien presenta el trabajo de titulación **“Evaluación del consumo de extractos de cebada germinada sobre biomarcadores renales en un estudio in vivo”**, ha decidido, después de revisar fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; dicho trabajo en la reunión de sinodales, **autorizar la impresión del mismo**, una vez realizadas las correcciones acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

- Presidente:** Dra. Raquel Cariño Cortés
- Secretario:** Dra. Gloria Isabel Camacho Bernal
- Vocal:** Dra. Abigail García Castro
- Suplente:** Dra. Alma Delia Román Gutiérrez

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
 “Amor, Orden y Progreso”

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez
 Director del ICBI

GVR/YCC



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
 Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001
 direccion_icbi@uaeh.edu.mx, vergara@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx



La Red de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos
otorga el presente

RECONOCIMIENTO

a:

Campero-Palomino, B.B., García Castro, A., Román-Gutiérrez, A.D., Cariño-Cortés R.

Por su valiosa participación en la **presentación oral** del trabajo titulado
"Efecto del extracto de cebada sobre la función renal en un modelo *In vivo*"

Nuevo Vallarta, Nayarit, 12 al 14 de noviembre de 2023



Congreso Internacional de
Alimentos Funcionales
y Nutraceuticos

Sostenibilidad como eje estratégico
para el desarrollo de alimentos
funcionales y nutraceuticos





Gustavo A. González Aguilar
Líder de la Red
Alianutra



Aarón F. González Cordova
Coordinador
de la Red Alianutra



Janet Alejandra Gutiérrez Uribe
Comité técnico
académico de
la Red Alianutra



Sonia Cuadalupe Sáyago Ayerdi
Comité organizador
del 6º Congreso



Adrián Hernández Mendoza
Comité científico
del 6º Congreso







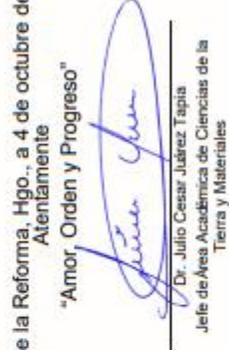



Reconocimiento

a **Brisa Barbara Campero Palomino**

Por la presentación en póster de manera oral titulada “Evaluación del efecto de extractos de cebada sobre la función renal en ratas Wistar”, cuyos autores son: **B.B. Campero-Palomino, A. García-Castro, A. Román-Gutiérrez y R. Carliño-Cortés**, la cual se llevó a cabo de manera virtual como parte de las actividades del **VIII Seminario Regional de Materiales Avanzados**, organizado por el **Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales**.


Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBÍ


Dr. Julio Cesar Juárez Tapia
Jefe de Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales

Mineral de la Reforma, Hgo., a 4 de octubre de 2024.
Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”


Dr. Ventura Rodríguez Lugo
Líder del Cuerpo Académico de Materiales Avanzados y Organizador Principal del Seminario Regional de Materiales Avanzados



Agradecimientos

Agradezco a mi mamá por ser la persona que siempre me apoyó y se aseguró de que no me faltara nada en la vida.

Agradezco a mi papá por hacerme interesarme en la química y darme la oportunidad de poder concluir con todos mis estudios.

Agradezco a mi familia materna por tener fe en mí siempre y consentirme.

Agradezco a la doctora Abigail García Castro por ser una instructora excepcional, al no rendirse conmigo nunca al ser paciente, atenta y comprensiva al enseñarme desde cero.

Agradezco a la doctora Alma Delia Román Gutiérrez por estar conmigo en todo este proceso, al enseñarme a ser mejor persona en la vida, académicamente y por haber explotado mi potencial.

Agradezco al doctor Javier Añorve Morga por seguir alentándome a seguir esforzándome y seguir en la carrera dándome consejo cada vez que lo necesitaba.

Agradezco a todas mis amistades que me hicieron la vida escolar menos ardua y más disfrutable. En especial agradezco mucho a mi amigo Román, que me dedico parte de su tiempo para enseñarme las cuestiones tecnológicas.

Siempre voy a estar agradecida con todos ustedes de todo corazón. Mil Gracias con todo cariño.

Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 9 |
| Abstract | 10 |
| 1. Introducción | 11 |
| 2. Antecedentes | 13 |
| 2.1 Función renal..... | 13 |
| 2.2 Mecanismos de formación de la orina..... | 13 |
| 2.2.1 Filtración Glomerular | 13 |
| 2.2.2 Reabsorción Tubular | 13 |
| 2.2.3 Secreción Tubular..... | 14 |
| 2.3 Mecanismos de Excreción de Orina | 14 |
| 2.3.1 Conducción de la Orina | 14 |
| 2.3.2 Micción..... | 14 |
| 2.4 Sistema renal..... | 15 |
| 2.4.1 Riñones..... | 15 |
| 2.4.2 Nefronas..... | 16 |
| 2.4.3 Membrana de filtración glomerular..... | 18 |
| 2.5 Marcadores renales..... | 18 |
| 2.5.1 Creatinina | 19 |
| 2.5.2 Ácido úrico..... | 21 |
| 2.5.3 Urea..... | 22 |
| 2.5.4 Proteínas totales | 23 |
| 2.5.6 Glucosa | 25 |
| 2.5.6 Medición de glucosa basal | 26 |
| 2.6 Beneficios de los remedios herbolarios para diversas alteraciones renales | 26 |
| 2.7 Cebada..... | 28 |
| 2.7.1 Morfología de la cebada | 28 |
| 2.7.2 Características generales del grano | 29 |
| 2.7.3 Humedad..... | 31 |
| 2.7.4 Cenizas..... | 32 |
| 2.7.5 Grasa | 33 |
| 2.7.6 Fibra..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 2.7.7 Hidratos de carbono..... | 36 |
| 2.8 Producción de la cebada y usos | 37 |
| 2.8.1 Germinado de cebada | 39 |
| 2.8.2 Extracción de compuestos bioactivos | 40 |
| 2.8.3 Conservación de compuestos bioactivos | 41 |
| 2.8.4 Aplicaciones de cebada germinada..... | 42 |
| 2.8.5 Propiedades de cebada sobre la salud humana..... | 44 |
| 3. Fundamentación | 46 |
| 3.1 Justificación | 46 |
| 3.2 Objetivos | 47 |
| 3.2.1 Objetivo general..... | 47 |
| 3.2.2 Objetivos específicos..... | 47 |
| 3.2.3. Hipótesis..... | 47 |
| 4. Materiales y métodos | 48 |
| 4.1 Obtención de germinado de cebada..... | 48 |
| 4.2 Extracto liofilizado de cebada | 49 |
| 4.3 Animales de experimentación..... | 49 |
| 4.4 Diseño experimental | 50 |
| 4.5 Medición de peso | 50 |
| 4.6 Colección de muestras biológicas | 50 |
| 4.7 Cuantificación de marcadores de función renal | 50 |
| 4.7.1. Urea..... | 51 |
| 4.7.2. Ácido úrico..... | 51 |
| 4.7.3. Creatinina | 51 |
| 4.7.4. Proteínas totales | 52 |
| 4.7.5. Medición basal de glucosa | 52 |
| 4.7.6 Glucosa | 52 |
| 4.8. Análisis estadístico | 52 |
| 5. Resultados y discusión | 54 |
| 5.1 Medición semanal de peso de ratas Wistar | 54 |
| 5.3 Evaluación de valores de los marcadores renales en rata | 56 |
| 5.3.1 Proteínas totales | 57 |

| | |
|--|----|
| 5.3.2 Medición de glucosa de animales de experimentación | 58 |
| 5.3.3 Glucosa | 58 |
| 5.3.4 Creatinina | 59 |
| 5.3.5 Ácido úrico..... | 59 |
| 5.3.6 Urea..... | 60 |
| 6.Conclusiones | 61 |
| 1. 7.Referencias | 62 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Análisis proximal de cebada entre autores (en porcentaje)..... | 30 |
| Tabla 2. Caracterización de cebada con distintos días de germinación (en mg/g). | 43 |
| Tabla 3 Análisis bioquímico de rata Wistar después del tratamiento (en mg/dL). | 57 |
| Tabla 4. Medición basal de glucosa de la segunda y cuarta semana..... | 58 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Diagrama de sistema urinario | 16 |
| Figura 2 Diagrama de estructuras anatómicas del riñón | 16 |
| Figura 3 Anatomía de las microestructuras de la nefrona | 18 |
| Figura 4 Anatomía de una cariósida de cebada | 30 |
| Figura 5 Diagrama metodológico del proyecto | 48 |
| Figura 6 Evidencia fotográfica de la metodología <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> | 53 |
| Figura 7 Gráfica de Grupo tratamiento y control para el peso de las ratas a través de cuatro semanas..... | 55 |

Resumen

La cebada germinada, también conocida como malta, es un producto natural derivado de la bioconversión de granos de cebada. Su uso actual se ha extendido más allá de la industria alimentaria y cervecera, siendo objeto de creciente interés en el campo de la nutrición funcional y la medicina natural. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de extractos de cebada para determinar la función renal y niveles de glucosa en ratas Wistar mediante marcadores renales séricos. Se requirieron 12 ratas Wistar con un peso de 200 a 210 g divididas aleatoriamente en 2 grupos (n=6). Grupo 1. Se administró vía intragástrica 1000 mg de extracto de cebada/kg de peso/día por 35 días. Grupo 2. Grupo control alimentado con la dieta estándar chow *ad libitum*. Se realizó el sacrificio anestesiándolas con zoletil 100 (5mg/kg) y por medio de punción se extrajeron de 5 a 7 ml de sangre. Las muestras se centrifugaron a 3000 rpm/10 min, se almacenaron a -72 °C hasta su uso. Se determinó: glucosa, creatinina, ácido úrico, proteínas totales y urea. Se obtuvieron los valores de proteína con 7 mg/dL, creatinina con 1.03 mg/dL y ácido úrico con 23.03 mg/dL. Los resultados mostraron valores altos de glucosa (184.99 mg/dL) y urea (1081.08 mg/dL) con un 21.21% y 43.08% más elevado del valor normal, respectivamente. El estudio demostró que la administración de extractos de cebada germinada incrementa significativamente: creatinina, urea y glucosa, sugiriendo un impacto en la función renal y el metabolismo. En comparación con el grupo control, se observó un aumento en creatinina (68 %), urea (43.08%), glucosa (21.21%) y proteína con 21.32%). En cuanto al peso, no se observaron cambios significativos a través del tiempo.

Palabras clave. Cebada, función renal, marcadores renales, glucosa, in vivo.

Abstract

Sprouted barley, also known as malt, is a natural product derived from the bioconversion of barley grains. Its current use has extended beyond the food and brewing industry, being the subject of growing interest in the field of functional nutrition and natural medicine. The objective of this work was to evaluate the effect of barley extracts to determine renal function and glucose levels in Wistar rats using serum renal markers. We required 12 Wistar rats weighing 200 to 210 g randomly divided into 2 groups (n=6). Group 1. 1000 mg barley extract/kg weight/day was administered intragastric for 35 days. Group 2. Control group fed with the standard diet chow *ad libitum*. The sacrifice was made anesthetizing them with zoletil 100 (5/kg) and by means of puncture were extracted from 5 to 7 ml of blood. Samples were centrifuged at 3000 rpm/10 min, stored at -72 °C until use. Protein values were obtained with 7 mg/dL, creatinine with 1.03 mg/dL and uric acid with 23.03 mg/dL. The results showed high values of glucose (184.99 mg/dL) and urea (1081.08 mg/dL) with a higher 21.21% and 43.08% than normal value, respectively. The study showed that the administration of germinated barley extracts significantly increases creatinine, urea and glucose, suggesting an impact on kidney function and metabolism. Compared to the control group, an increase in creatinine (68%), urea (43.08%), glucose (21.21%) and protein with 21.32%) was observed. In terms of weight, no significant changes were observed over time.

Keywords. Barley, kidney function, renal markers, glucose, in vivo.

1. Introducción

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es uno de los granos alimenticios más relevantes y consumidos a lo largo de la historia, destacándose por su importancia en diversas culturas desde tiempos remotos. En términos de producción y área de cultivo, se encuentra en el quinto lugar a nivel mundial entre los cereales (*Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022*). Los productos derivados de la cebada tienen una amplia gama de aplicaciones en múltiples sectores industriales, tales como la alimentación, la producción de bebidas y la panificación, lo que resalta su versatilidad (Al-Obaidi et al., 2024). Este cereal, además de su valor nutricional, ha sido reconocido por sus propiedades funcionales, lo que lo convierte en un alimento de alto interés para la salud humana, debido a su contenido de compuestos bioactivos que aportan beneficios adicionales (Byung-Kee Baik et al., 2008).

Uno de los procesos más comunes utilizados en el tratamiento de la cebada es la germinación, que generalmente se lleva a cabo mediante un proceso controlado de secado conocido como malteado (Van de Velde et al., 2025). La cebada germinada es de uso frecuente en la industria cervecera, debido a que es fundamental para la elaboración de cerveza, facilitando la maceración mediante la conversión enzimática del almidón en azúcares fermentables (Rani & Bhardwaj, 2021). Sin embargo, este cereal también puede consumirse directamente como un alimento funcional, enriquecido con enzimas, vitaminas y minerales que mejoran la salud humana (Shewry, 2014). Además de sus propiedades nutritivas, la cebada germinada es particularmente rica en β -glucanos, un tipo de polisacárido compuesto por monómeros de D-glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos (Edo et al., 2024).

Estos β -glucanos han sido objeto de múltiples estudios que destacan sus efectos preventivos y beneficiosos para la salud, incluyendo propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, así como su capacidad para mejorar el perfil lipídico y el control del azúcar en sangre (Obadi et al., 2021).

Los beneficios de la cebada en la salud humana se han relacionado estrechamente con la presencia de estos compuestos bioactivos, como los β -

glucanos, que han demostrado tener un impacto positivo en diversas condiciones fisiológicas (Feng et al., 2024). Entre los efectos más destacados, se encuentran la regulación de los niveles de glucosa en sangre, el fortalecimiento de las propiedades antioxidantes y la mejora de la función renal (Hughes & Grafenauer, 2021). El sistema renal desempeña una función vital en el cuerpo humano, realizando la filtración de aproximadamente 200 litros de líquido al día. Este proceso permite la eliminación de toxinas, productos de desecho metabólicos y el exceso de iones del organismo (Ogobuiro & Tuma, 2025).

Dentro de este contexto, las enfermedades renales representan una preocupación creciente en la salud pública por esta razón actualmente existen diversos métodos de evaluación de la función renal, uno de estos métodos es la medición de marcadores renales (creatinina, urea, ácido, úrico, glucosa y proteínas totales) con modelos animales, como las ratas Wistar. Las ratas Wistar son utilizadas comúnmente en estudios de función renal debido a su accesibilidad, además de compartir ciertas similitudes fisiológicas con los seres humanos, lo que las convierte en un modelo adecuado para la investigación preclínica (Naseri et al., 2021).

Por lo tanto, el objetivo principal es evaluar el efecto de extractos de cebada para determinar la función renal y niveles de glucosa en ratas Wistar mediante marcadores renales séricos.

2. Antecedentes

2.1 Función renal

La función renal se refiere a la capacidad de los riñones para filtrar la sangre, eliminar desechos y regular el equilibrio de líquidos y electrolitos en el cuerpo. Los riñones realizan varias funciones clave. La formación de orina es un proceso complejo que ocurre en los riñones y se puede dividir en tres etapas principales: filtración glomerular, reabsorción tubular y secreción tubular (Lanzotti et al., 2024).

Estos procesos les permiten a los riñones eliminar solutos indeseables como proteinuria, glucosuria, cuerpos cetónicos, sangre, hemoglobina, mioglobina, leucocitos, nitritos, bilirrubina, urobilinógeno (Milani & Jialal, 2023). Producto del metabolismo celular obtenidos en la dieta, y regular el equilibrio hidroelectrolítico de acuerdo con las condiciones medioambientales en las que se encuentre el individuo (Thews & Mutschler, 1983).

2.2 Mecanismos de formación de la orina

2.2.1 Filtración Glomerular

En esta primera etapa, la sangre es filtrada en los glomérulos, donde se forman los filtrados glomerulares. Este proceso se basa en la presión sanguínea y la permeabilidad de las membranas capilares glomerulares. La mayoría de los solutos, agua y pequeñas moléculas son filtrados, mientras que las proteínas y células sanguíneas quedan en la circulación (John E. Hall, 2016).

2.2.2 Reabsorción Tubular

Después de la filtración, el filtrado glomerular pasa a los túbulos renales (túbulo proximal, asa de Henle, túbulo distal y conducto colector) (Figura 1). Aquí, el agua y varios solutos (sodio, glucosa, aminoácidos, bicarbonato) son reabsorbidos activa o pasivamente de vuelta al torrente sanguíneo. Esta reabsorción es regulada por hormonas como la aldosterona y la hormona antidiurética (ADH) (Taal et al., 2011). A pesar del dintel de filtración glomerular,

unos 30 g de proteínas con peso molecular inferior a 70.000 Da atraviesan diariamente el glomérulo. Estas proteínas, junto con otros elementos como pequeñas hormonas peptídicas, se recuperan en su totalidad en el túbulo proximal mediante un proceso de endocitosis que tiene lugar en el borde en cepillo de la cara apical del túbulo proximal. (Thews & Mutschler, 1983). Otras moléculas de reabsorción que son importantes para el organismo son glucosa, aminoácidos y vitaminas, son también reabsorbidos en su práctica totalidad en el túbulo proximal por un mecanismo de transporte activo secundario, mediante co-transporte con el Na_+ (Gallardo, 2018).

2.2.3 Secreción Tubular

En esta fase, se secreta activamente al filtrado sustancias como iones de hidrógeno, potasio, y productos de desecho, ayudando a regular el equilibrio ácido-base y eliminar toxinas (Dalal et al., 2024). En la sangre se encuentran diferentes metabolitos y elementos que no son útiles para el organismo, y que, en consecuencia, deben ser eliminados, la forma más directa es no reabsorberlos a partir del ultrafiltrado, es necesario que elementos no útiles del plasma sean secretados hacia la luz del túbulo para ser excretados en la orina. Sustancias como H_+ , K_+ , NH_4^+ (ion amonio), creatinina, y algunos ácidos y bases orgánicos son secretados desde los capilares peritubulares hacia la luz tubular (Thews & Mutschler, 1983).

2.3 Mecanismos de Excreción de Orina

2.3.1 Conducción de la Orina

Una vez que la orina es formada en los túbulos renales, se transporta a través de los uréteres hacia la vejiga. La orina se almacena en la vejiga hasta que se produce la micción (Eckardt et al., 2013).

2.3.2 Micción

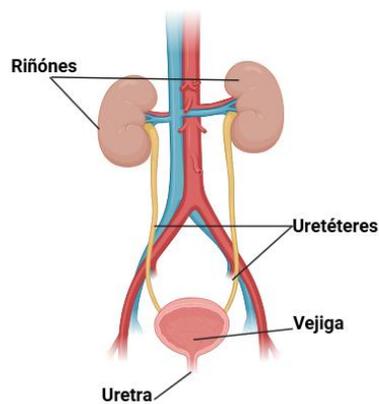
La micción es el proceso por el cual la orina es expulsada del cuerpo. Este proceso es controlado por un reflejo nervioso que permite la contracción de los músculos de la vejiga y la relajación del esfínter uretral (Lanzotti et al., 2024).

2.4 Sistema renal

2.4.1 Riñones

Están ubicados justo debajo de la caja torácica (costillas), uno a cada lado de la columna vertebral. El sistema renal está formado por el riñón, los uréteres, vejiga y la uretra como se muestra en la (Figura 1). Este sistema filtra aproximadamente 200 litros de líquido al día del flujo sanguíneo renal, lo que permite que las toxinas, los productos de desecho metabólicos y el exceso de iones se excreten, al tiempo que mantiene las sustancias esenciales en la sangre (Marquez, 2024). El riñón regula la osmolaridad plasmática modulando la cantidad de agua, solutos y electrolitos en la sangre. Asegura el equilibrio ácido-base a largo plazo y también produce eritropoyetina que estimula la producción de glóbulos rojos.

También produce renina para la regulación de la presión arterial y lleva a cabo la conversión de la vitamina D a su forma activa (Riella & Martins, 2003). Eliminan los desechos y el exceso de líquido del cuerpo. Los riñones también eliminan el ácido que producen las células del cuerpo y mantienen un equilibrio saludable de agua, sales y minerales (como sodio, calcio, fósforo y potasio) en la sangre (Donnersberger & Lesak, 2002). A continuación en la Figura 2 se exhibe la anatomía del riñón.



Created in BioRender.com bio

Figura 1 Diagrama de sistema urinario

Fuente: Elaboración propia

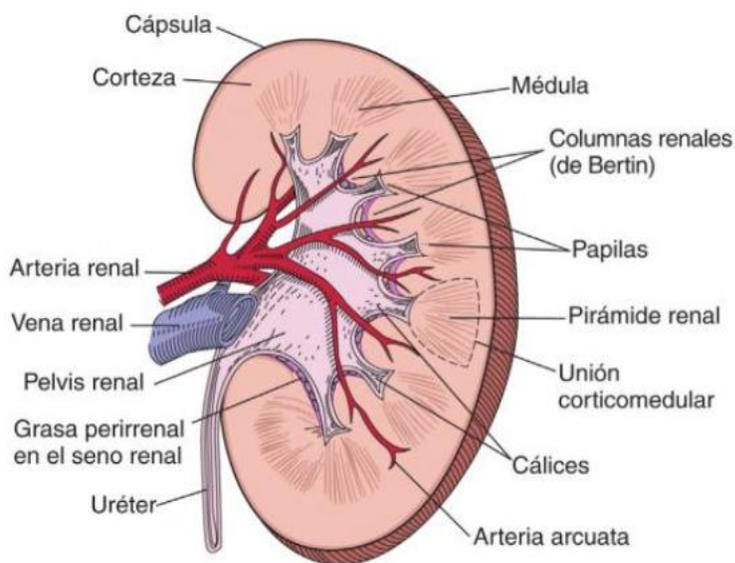


Figura 2 Diagrama de estructuras anatómicas del riñón

Fuente: (Yu et al., 2021)

2.4.2 Nefronas

Son consideradas las unidades funcionales de este órgano filtrador. Están formadas por dos regiones principales: la porción glomerular, conocida como

cápsula de Bowman y la porción tubular (Figura 3). En esta última región, se distinguen tres subregiones: el túbulo proximal, el asa de Henle y la nefrona distal (Riella & Martins, 2003). Un riñón está compuesto por numerosas nefronas que convergen en los conductos colectores, que a su vez forman los conductos papilares y vacían finalmente en la pelvis renal. Una nefrona puede dividirse en tres zonas o regiones principales: la nefrona proximal, el asa de Henle y la nefrona distal. (Donnersberger & Lesak, 2002). Cada riñón contiene aproximadamente un millón de nefronas, y su funcionamiento consiste en: **a) Regulación del Equilibrio Ácido-Base.** A través de la reabsorción de bicarbonato y la secreción de iones de hidrógeno, las nefronas ayudan a mantener el pH sanguíneo dentro de un rango adecuado, lo cual es fundamental para el funcionamiento celular (Just, 2007). **b) Producción de Hormonas.** Algunas nefronas tienen un papel en la producción de hormonas, como la eritropoyetina, que estimula la producción de glóbulos rojos en la médula ósea. También contribuyen a la regulación de la presión arterial a través del sistema renina-angiotensina (Rayner et al., 2016). La función de la zona glomerular consiste en la filtración de los líquidos y de sus componentes como: agua, electrolitos, glucosa, aminoácidos, urea y creatinina (Schrier, 2007). El túbulo, por su parte, se relaciona con funciones de modificación del volumen y la composición del filtrado (Yu et al., 2021). Esto se logra mediante la reabsorción de las sustancias hacia el plasma y la secreción de sustancias del plasma al líquido tubular. Así, la orina logra tener los elementos que deben ser excretados con el fin de mantener el volumen y la composición estable de los líquidos en el interior de los organismos (Riella & Martins, 2003).

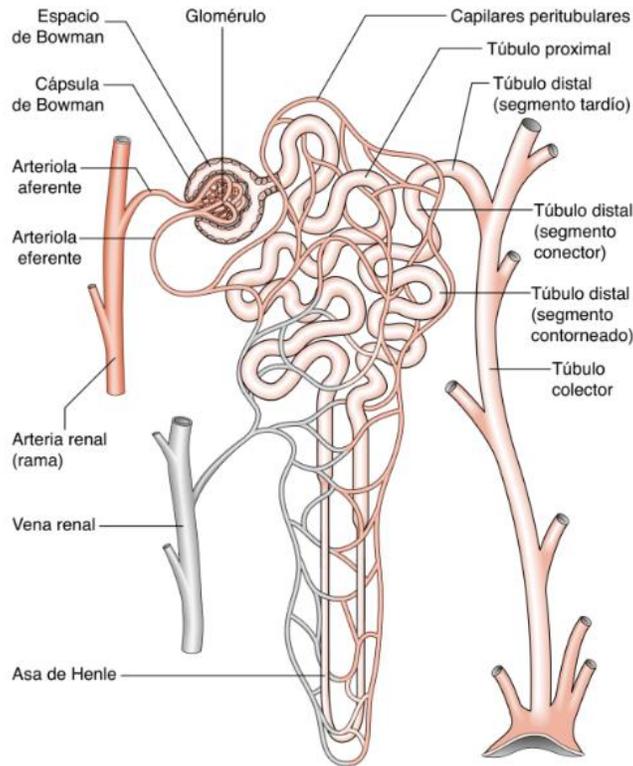


Figura 3 Anatomía de las microestructuras de la nefrona

Fuente: (Lee, 2024).

2.4.3 Membrana de filtración glomerular

Esta membrana constituye una barrera que evita el paso al túbulo renal de células y de la mayor parte de las proteínas plasmáticas, generando un ultrafiltrado compuesto fundamentalmente por agua y elementos de pequeño tamaño circulantes en la sangre. Para realizar esta función, la membrana de filtración consta de un endotelio capilar fenestrado, es decir, con poros capilares cuyo tamaño impide el paso de células o la mayor parte de las proteínas (Thews & Mutschler, 1983).

2.5 Marcadores renales

Los biomarcadores son sustancias biológicas cuyo cambio en concentración o actividad refleja el estado de salud o enfermedad de un organismo. Estos compuestos pueden ser moléculas, células, genes, proteínas o productos de desecho que proporcionan información objetiva sobre la función biológica o la

presencia de alguna patología. Los biomarcadores son herramientas clave en la medicina moderna, se utilizan para detectar enfermedades, monitorear su progreso y evaluar la respuesta a tratamientos médicos, facilitando un diagnóstico temprano y una intervención más eficaz (Zhang et al., 2015). En el ámbito de la nefrología, los marcadores renales desempeñan un papel crucial, permiten evaluar el funcionamiento de los riñones y detectar posibles alteraciones o enfermedades renales antes de que se presenten síntomas evidentes. Los riñones, como órganos esenciales para la filtración y eliminación de desechos del cuerpo, pueden sufrir daños de manera gradual, lo que hace que la detección temprana de cualquier anomalía en su función sea fundamental para prevenir enfermedades graves como la insuficiencia renal aguda o crónica (Levey & Coresh, 2012). Diversos estudios clínicos han identificado una serie de biomarcadores específicos que permiten evaluar de manera precisa el estado de la función renal. Entre estos, se encuentran indicadores como la creatinina, la tasa de filtración glomerular (TFG), el nitrógeno ureico en sangre (BUN), las proteínas urinarias y los niveles de ciertos electrolitos, entre otros. La medición de estos marcadores permite no solo detectar disfunciones renales, sino también monitorizar la progresión de la enfermedad y la respuesta del paciente a los tratamientos (Selleck et al., 2017). El uso de estos marcadores renales ha sido de gran ayuda en la prevención y diagnóstico temprano de enfermedades renales, lo que a su vez contribuye a la implementación de estrategias terapéuticas más eficaces. Además, su aplicación clínica no se limita únicamente a la identificación de enfermedades renales, sino que también puede ser útil en el seguimiento de pacientes con enfermedades sistémicas, como la diabetes y la hipertensión, que tienen un impacto directo en la función renal. Por lo tanto, los biomarcadores renales son esenciales no solo para la detección de patologías renales, sino también para una mejor comprensión de las interacciones entre el sistema renal y otros sistemas del organismo (Levey et al., 2002).

2.5.1 Creatinina

La creatinina es el resultado de la degradación de la creatina, componente de los músculos y puede ser transformada en ATP, fuente de energía para las células (Kashani et al., 2020). La creatinina reacciona con el picrato alcalino formando un complejo rojizo. El intervalo de tiempo escogido para las lecturas permite eliminar gran parte de las interferencias conocidas del método descrito por Jaffe M, (1886). La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de creatinina en la muestra ensayada. La producción de creatinina depende de la modificación de la masa muscular. Varía poco y los niveles suelen ser muy estables. Se elimina a través del riñón (Hosten, 1990). En una insuficiencia renal progresiva hay una retención en sangre de urea, creatinina y ácido úrico. Niveles altos de creatinina son indicativos de patología renal El diagnóstico clínico debe realizarse teniendo en cuenta todos los datos clínicos y de laboratorio Murray, R.L. (1984). La creatinina es una sustancia de origen muscular constituida por tres aminoácidos (glicina, arginina y metionina). La cantidad de creatinina que aparece en la sangre de un individuo depende de su masa muscular (Seijas et al., 2014). Esta concentración será constante para cada individuo si no varía su masa muscular valores de referencia: mujeres: 0.4-1.3 mg/dL; hombres: 0.5-1.2 mg/dL). Las enfermedades incluyen: lesión renal, infección, flujo sanguíneo deficiente a los riñones, bloqueo en el sistema urinario o insuficiencia renal. Los niveles de creatinina deben mantenerse entre 0.75 y 1.3 mg/dL en los hombres, y entre 0.6 y 1.1 mg/dL en las mujeres. Por lo tanto, si se presentan valores demasiado elevados, puede significar que los órganos renales no están trabajando como deberían, su función depurativa se ve interrumpida, lo que conlleva a una acumulación de creatinina en la sangre (NS Jabary, 2006). Los riñones son los que se encargan de filtrar el compuesto orgánico, para luego expulsarla a través de la orina. Esta enzima consume las proteínas a través del sistema sanguíneo y dependiendo de la masa muscular, es la presencia que tendrá en la sangre. Un aumento o descontrol de la sustancia, puede indicar problemas renales un aumento de creatinina puede provocar insuficiencia renal aguda y enfermedad renal crónica. Para no tener estos efectos negativos se puede limitar la cantidad de proteínas consumidas diariamente

(Téllez Ramos et al., 2023). Entre los alimentos con alto contenido de proteína se incluyen las carnes magras, los huevos, la leche, el queso y los frijoles. Los alimentos con bajo contenido proteico incluyen vegetales, frutas, panes y cereales (Porbén, 2014).

2.5.2 Ácido úrico

El ácido úrico y sus sales son el producto final del metabolismo de las purinas. En una insuficiencia renal progresiva hay una retención en sangre de urea, creatinina y ácido úrico. Niveles altos de ácido úrico son indicativos de patología renal y generalmente se asocia con la gota. Es un compuesto químico que se forma en el cuerpo humano como resultado del metabolismo de las purinas, que son sustancias presentes en ciertos alimentos y bebidas, así como en las células del organismo (Ng, 2002). Las purinas se descomponen en el hígado, produciendo ácido úrico como un subproducto (Escudero et al., 2013). Normalmente, el ácido úrico se disuelve en la sangre y se excreta del cuerpo a través de la orina, después de ser filtrado por los riñones. El ácido úrico se forma durante la descomposición de las purinas. Las purinas se encuentran en ciertos alimentos. Algunos ejemplos son:

- Carnes: tocino, cerdo, ternera, cabrito, cordero, menudos (hígado, corazón, riñón, lengua).
- Pescados y mariscos: salmón, sardina, trucha, bacalao, huevos de pescado, caviar, mariscos, ostras, gamba.
- Aves: pavo y ganso.
- Bebidas alcohólicas.

Un nivel de ácido úrico elevado puede estar relacionado con la enfermedad de artritis o cálculos renales. Un nivel de ácido úrico elevado puede deberse a que el cuerpo no elimina la cantidad suficiente de ácido úrico (Cebollada & Gimeno, 2012). La hiperuricemia, se presenta cuando el nivel de ácido úrico de la sangre es alto, es el principal factor de riesgo para el desarrollo de una forma de artritis llamada gota. Todos los pacientes con niveles de ácido úrico

superiores a 7.0 mg/dL en hombres o 6.0 mg/dL en mujeres deben disminuir alimentos ricos en purinas. Además de evitar alimentos ricos en purinas, el paciente también debe tratar de perder peso (si está con un IMC superior a 25), las personas con sobrepeso u obesidad poseen mayor recambio celular y estrés oxidativo, lo que aumenta la descomposición de nucleótidos purínicos (Jakše et al., 2019). Beber al menos 1.5 a 2 litros de agua al día para facilitar la eliminación de ácido úrico (Becerra, 2024).

2.5.3 Urea

La urea es el resultado final del metabolismo de las proteínas; se forma en el hígado a partir de su destrucción (Kroll, 1999). Puede aparecer la urea elevada en sangre (uremia) en dietas con exceso de proteínas, enfermedades renales, insuficiencia cardíaca, hemorragias gástricas, hipovolemia y obstrucciones renales (Baum et al., 1975). El principio del método de acuerdo con Caraway, (1955). Se basa en una reacción enzimático-colorimétrica: Uricasa oxida el ácido úrico a alantoína y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). El H_2O_2 , en presencia de peroxidasa (POD), 4-aminofenazona (4-AF) y 2,4-diclorofenol sulfonato (DCPS), forma un compuesto rosado (quinonaimina). La intensidad del color generado es proporcional a la concentración de ácido úrico en la muestra. El diagnóstico clínico debe realizarse teniendo en cuenta todos los datos clínicos y de laboratorio. De acuerdo con Fawcett & J. E. Scott, (1960), la urea presente en la muestra reacciona con él o-ftalaldehído en medio ácido originando un complejo coloreado que puede cuantificarse espectrofotométricamente. La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de urea en la muestra ensayada.

Es la forma no tóxica del amoníaco que se genera en el organismo a partir de la degradación de proteínas provenientes tanto de la dieta como del recambio fisiológico. Debido a su pequeño tamaño, presenta una reabsorción y secreción variable en el túbulo renal acompañando al agua. Los valores normalmente observados en sangre para un individuo en ayunas son: 0.1-0.5 g/dL (Lyman, 1986).

La alta concentración de urea puede clasificarse en:

- **Prerrenales:** Presentan valores de $> 20:1$ mg/dL (Weiner et al., 2015), se refieren a los niveles elevados de urea en sangre (BUN nitrógeno ureico en sangre) que se deben a causas que ocurren antes de llegar al riñón, está asociado a cuadros de deshidratación, administración de corticoides, destrucción de proteínas o disminución de perfusión renal (Gillin & Sands, 1993).
- **Postrenales:** Suele ocurrir cuando existe obstrucción del tracto urinario. En estos casos también se observa elevada la creatinina. Los valores BUN/creatinina: puede estar >15 pero típicamente <20 (Zachariah et al., 2019). El aumento de la urea se encuentra directamente relacionado a una causa que dificulta la eliminación de este producto a través de la orina (Weiner et al., 2015). En casos de niveles moderadamente elevados, suele recomendarse disminuir el consumo de proteínas y aumentar la ingesta de agua (Sands, 1999). Los siguientes alimentos son excelentes auxiliares para disminuir los valores de urea en el cuerpo: centeno, pastas al horno, pan de pita, trigo, cacao, avena y brócoli (Castaño & Rovetto, 2007). Los componentes que comparten estos alimentos con la cebada son β -glucanos y flavonoides, compuestos antioxidantes similares a los presentes en cebada, con potencial protección vascular, renal y para la eliminación de toxinas urémicas (Arcidiacono et al., 2019).

2.5.4 Proteínas totales

Las proteínas son compuestos orgánicos macromoleculares, ampliamente distribuidos en el organismo. El método empleado para la medición fue el de Biuret colorimétrico (Savory et al., 1968). En medio alcalino, las proteínas reaccionan con sales de cobre formando un complejo violeta-azulado; el reactivo contiene yoduro como antioxidante. La intensidad del color, medida a 540 nm, es proporcional a la concentración de proteínas totales. Actúan como elementos estructurales y de transporte. Se dividen en dos fracciones, albúmina y globulinas (Alving & Mirsky, 1936). Su determinación es útil en la detección de: Hiperproteinemia producida por

hemoconcentración, deshidratación o aumento en la concentración de proteínas específicas. - Hipoproteinemia por hemodilución debida a un defecto en la síntesis proteica, perdidas excesivas (hemorragias) o catabolismo proteico excesivo (Savory et al., 1968). Son estructuras muy importantes para el buen funcionamiento del organismo, tomando una variedad de formas como la albúmina, anticuerpos y enzimas, desempeñando funciones como el tratamiento de enfermedades, regulación de las funciones del cuerpo, formación de músculo y transporte de sustancias por el cuerpo (Capote Leyva et al., 2010). El rango normal es de 6.0 a 8.3 gramos por decilitro (g/dL) o 60 a 83 g/L (Lerma, 2008).

Estas pueden ser algunas de las posibles causas de los niveles elevados de proteínas en la sangre:

- Amiloidosis (acumulación de proteínas anormales en los órganos)
- Deshidratación (cuando el cuerpo no tiene suficiente agua u otros líquidos para funcionar como debería).
- Hepatitis B: Puede alterar las proteínas totales, especialmente por descenso de albúmina y aumento de globulinas. Puede haber un aumento de globulinas (por respuesta inmune al virus). Como resultado, las proteínas totales pueden estar normales o levemente alteradas, pero la relación albúmina/globulina (A/G) sí puede estar invertida. (He et al., 2003).
- Hepatitis C: Es una infección viral que afecta principalmente al hígado, y esto influye directamente en la producción y equilibrio de proteínas en sangre, por lo que el hígado es el principal órgano productor de proteínas plasmáticas (Saray et al., 2017).
- VIH/sida: En fases avanzadas del VIH (SIDA), la albúmina puede disminuir, lo que indica malnutrición o enfermedad hepática. El virus también puede afectar la producción hepática de proteínas (debido a que el hígado sintetiza muchas proteínas plasmáticas) (Luis et al., 2001).
 - Gammapatía monoclonal de significado incierto

Mieloma múltiple: Cuando la producción de proteínas Bence Jones es excesiva (como en el mieloma múltiple), se produce un aumento masivo en el ultrafiltrado. Esto satura la capacidad de reabsorción, resultando en su excreción urinaria (Ramakrishnan & Jialal, 2025).

El tratamiento de la proteinuria depende de la causa del problema. Esta se debe tratar para que cese la presencia de proteínas en la orina. Lo más habitual es que se receten medicamentos de dos tipos cuando la enfermedad subyacente es diabetes o hipertensión. Los primeros son los llamados “inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina, conocidos. Los segundos son los “bloqueadores de los receptores de angiotensina”. Ambos medicamentos suelen recetarse cuando la enfermedad es diabetes o hipertensión (Gallardo, 2018). Los Hipolipemiantes: Estatinas son consideradas de primera línea para tratamiento de dislipidemias en pacientes con nefropatía renal crónica o diabetes, reducen LDL-C y disminuyen eventos cardiovasculares (Martínez-Castelao et al., 2014). Por otro lado los Inmunosupresores/antineoplásicos (bortezomib, lenalidomida, dexametasona, entre otros) reducen la producción de cadenas ligeras y protegen la función renal.(Kimura et al., 2018).

2.5.6 Glucosa

La glucosa oxidasa (GOD) cataliza la oxidación de glucosa a ácido glucónico. El peróxido de hidrógeno (H₂O₂), producido se detecta mediante un aceptor cromogénico de oxígeno, fenol-ampirona en presencia de peroxidasa (POD): β-D-Glucosa + O₂ + H₂O Ácido glucónico + H — → –GOD 2O₂ H₂O₂ + Fenol + Ampirona Quinona + H — → –POD 2O. La glucosa es el azúcar principal que se encuentra en el cuerpo, es la principal fuente de energía del cuerpo. La glucosa se filtra y se reabsorbe en los riñones. Cuando los niveles son demasiado altos, la glucosa daña los túbulos y glomérulos, afectando la función renal (Segura & Ruilope, 2013). Por eso, la glucosa es tanto un marcador metabólico como un factor de riesgo para la enfermedad renal. Es la mayor fuente de energía para las células del organismo; la

insulina facilita la entrada de glucosa en las células. La diabetes mellitus es una enfermedad que cursa con una hiperglucemia, causada por un déficit de insulina (Galant et al., 2015). Los carbohidratos se transforman rápidamente en glucosa en el cuerpo. Menos de 100 mg/dL (5.6 mmol/L) se considera normal. Entre 100 y 125 mg/dL (5.6 a 6.9 mmol/L) se diagnostica como prediabetes, 126 mg/dL (7.0 mmol/L) (*Diagnóstico | American Diabetes Association, s.f.*). La nefropatía diabética es una complicación común de la diabetes tipo 1 y tipo 2 (Gronda et al., 2020). Con el tiempo, la diabetes que no está bien controlada puede dañar los vasos sanguíneos de los riñones que filtran los desechos de la sangre. Esto puede causar daño renal y presión arterial alta. La presión arterial alta puede causar más daño renal al aumentar la presión en el sistema de filtración de los riñones (Eckardt et al., 2013).

2.5.6 Medición de glucosa basal

La glucosa basal es la concentración de glucosa en sangre tras al menos 8 horas sin ingesta alimentaria, considerada condición basal y utilizada como referencia para evaluar el metabolismo glucémico (Holman & Turner, 1981). Es el registro inicial de una variable o conjunto de indicadores antes de que ocurra una intervención, tratamiento o exposición a factores externos (Jimeno Mollet et al., 2004). Se denomina línea base, y sirve como referencia para evaluar cambios, impactos o progresos posteriores (Boothby & Sandiford, 1922). También hace referencia a los valores mínimos de funciones corporales en reposo, como la tasa metabólica basal (TMB), la temperatura basal, la glucosa basal o parámetros sanguíneos, que representan el estado fisiológico inicial de una persona (Harvey & Ferrier, 2011). En ambos casos, la medición basal funciona como punto de comparación que permite analizar variaciones entre el antes y el después de una intervención.

2.6 Beneficios de los remedios herbolarios para diversas alteraciones renales

Existen varios remedios naturales que pueden ser beneficiosos para la salud renal, como el vinagre de manzana. El vinagre de manzana contiene ácido acético, este ácido descompone los cristales de calcio, ayuda a disolver y reducir los cálculos

renales de oxalato de calcio (Zhu et al., 2019). Una vez metabolizado al ser ácido en su forma pura equilibra el pH de la orina para reducir la formación de ciertos tipos de cálculos renales, como los de ácido úrico (Dahl & Goldfarb, 2022). Por otro lado el apio es conocido por ser un diurético natural que ayuda a eliminar las toxinas del cuerpo y prevenir la formación de cálculos renales (Esther Casanueva et al., 2012). Contiene compuestos como el apiol que actúan como diuréticos naturales, aumentando la producción de orina. Esto facilita la eliminación de toxinas y reduce la carga sobre los riñones. El consumo de extractos de apio, incrementa la diuresis, contribuyendo a la filtración de sangre y depurar toxinas del organismo (Afifah et al., 2022).

Además, el apio es rico en flavonoides y compuestos antioxidantes que ayudan a proteger los riñones del daño oxidativo. Las plantas medicinales contienen una amplia gama de antioxidantes naturales que difieren en su composición, características y lugares de acción dentro del cuerpo humano, algunos ejemplos son: romero (*Rosmarinus officinalis*), cúrcuma (*Curcuma longa*), comino (*Cuminum cyminum*), hinojo, (*Foeniculum vulgare*), tomillo (*Thimus Vulgaris*), salvia (*Salvia officinalis*), albahaca (*Ocimum basilicum*), orégano (*Origanum vulgare*), menta (*Mentha*), jengibre (*Zingiber officinale*) (Škrovánková et al., 2012).

Los polifenoles (flavonoides y compuestos fenólicos) han mostrado consistentemente protección al funcionar como potentes antioxidantes presentes en **Té (verde, negro)**, **café** (Williamson, 2017), **frutas**: bayas (arándanos, fresas, grosellas), manzana, ciruela y granada, **semillas y frutos secos**: linaza, castañas, avellanas, nueces pecanas, almendras (Ruskovska et al., 2020), cacao y chocolate oscuro (G. Fraga et al., 2019). Contribuye al mantenimiento equilibrado de líquidos y electrolitos en el cuerpo por su alto contenido en agua y potasio (Barus et al., 2024). El algarrobo ayuda a proteger los riñones del estrés oxidativo porque es rico en polifenoles y flavonoides (Basharat et al., 2023). Su consumo mejora la neutralización de radicales en función renal. Por otro lado, se ha descrito que cualquier alteración renal conduce a inflamación, por ello el algarrobo presenta propiedades antiinflamatorias, ayuda a prevenir y aliviar la nefropatía diabética o la

glomerulonefritis (Süzek et al., 2017). Otro remedio herbolario útil para la eliminación de toxinas en los riñones es el consumo de extractos vegetales al ser un diurético de origen natural (Moumou et al., 2023), estos extractos pueden ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL mejorando perfil lipídico, al tener unos niveles de colesterol alto, aumenta el riesgo para enfermedades renales (Hassanein et al., 2015). Su capacidad antioxidante también podría jugar un papel en la prevención de la cristalización de iones como calcio, oxalato, fosfato, ácido úrico en los riñones.

Entre otros remedios para los riñones se pueden encontrar hierbas, cereales, perejil, ortiga verde, maíz y cebada que se pueden utilizar en infusiones para limpiar los riñones debido a sus propiedades diuréticas y depurativas (White, 2002). Algunos alimentos con propiedades alimenticias ricas en antioxidantes son las bayas (Miller et al., 2000), frutos secos, semillas como la chía (fenoles, flavonoides, vitamina C), linaza (lignanos (secoisolariciresinol), sésamo (sesamol, sesamina, sesamolina, vitamina E) (Van Hung, 2016) , papaya (quercetina), calabaza (vitaminas A, E, ácido ferúlico/vanílico), uva (resveratrol, quercetina, vitamina E), verduras de hoja verde, legumbres y granos enteros. Finalmente, otras fuentes alimenticias como lo es la cebada que contiene compuestos bioactivos que podrían participar en la mejora de la función renal como antioxidantes (fenoles, flavonoides y tocoferoles) (Bonoli et al., 2004), ácidos grasos esenciales (omega-3 y omega-6) (Cozzolino & Degner, 2016) y minerales (magnesio, potasio y calcio) (Choe & Youn, 2005).

2.7 Cebada

La cebada (*Hordeum vulgare vulgare* L.), es un cereal caracterizado por ser un antiguo e importante cultivo. Es una planta gramínea originaria de Asia, Europa, América y el norte de África. Sus semillas, enteras o transformadas en harina, se usan tanto en la alimentación humana como en el animal y es en la actualidad el quinto cereal más cultivado del mundo (Gisela Goyo, 2015).

2.7.1 Morfología de la cebada

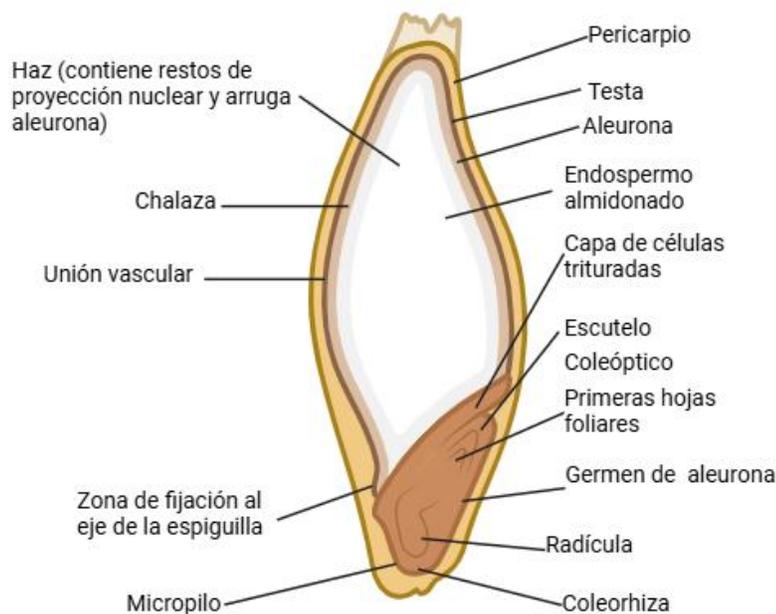
Generalmente, el grano de cebada tiene forma de huso y mide entre 7 y 12 mm de largo (J. Wang et al., 2021). El grano de cebada maduro consta de cáscara, cariopsis, raquilla y su sección transversal (Figura 4). Es una planta anual que puede alcanzar hasta un metro de altura, de raíz ramificada poco profunda. El tallo es hueco y dividido en partes, cada una con una espiga y una flor (Gubatz et al., 2007). Las hojas son largas de color verde claro y el grano es redondeado. Según la composición del grano, la cebada se clasifica además como tipos de almidón normal, ceroso o con alto contenido de amilosa, con alto contenido de lisina, alto contenido de β -glucano y sin proantocianidina (Baik & Ullrich, 2008). Nutricionalmente hablando, es reconocido por su alto contenido de proteína y de ácidos grasos insaturados comparado con otro tipo de cereales. Además, es rico en otros ingredientes nutritivos como el β -glucano, el arabinoxilano y los polifenoles (Zhang et al., 2019), que son responsables de sus capacidades antioxidantes, antitumorales y antibacterianas (Wen, Delaquis, Stanich y Toivonen, 2003; Weng y Yen, 2012). En particular, la cebada puede servir como un alimento que satisface las necesidades de una dieta baja en calorías, alta en fibra y rica en probióticos, lo que ha llevado a que la cebada figure como un alimento saludable deseable. En la Tabla 1 se muestra la composición química de cebada.

2.7.2 Características generales del grano

Los principales constituyentes de los granos de cebada son carbohidratos, proteínas, lípidos y minerales, además de varios metabolitos secundarios, como vitaminas y compuestos fenólicos. Otro componente principal que se encuentra en los granos de cebada es el almidón suele constituir entre el 50% y 65% de su peso seco (Ibba et al., 2023). Las proteínas constituyen el 10%-16% de los granos de cebada, y las fibras el 13%-22% de los granos de cebada descascarillados (Ibba et al., 2023). Las semillas de cebada son la principal fuente de almidón, que constituye el 54-75% del peso del grano y se concentra en la capa del endospermo.

El almidón del tipo de cebada común está compuesto de amilosa y amilopectina (Rahul Raj et al., 2023). El contenido de los minerales pertenecientes a la cebada por cada 100 g son: Calcio 50mg, Fósforo 380mg , Hierro 6mg,

Magnesio 91mg, Zinc 3.3 y Sodio 0.5mg (Obadi et al., 2021). En comparación con otros cultivos de cereales, como el trigo, el arroz y el maíz, la cebada se caracteriza por una mayor tolerancia a la sequía y suelos salinos, lo que le permite tener una amplia adaptabilidad ambiental, distribución y producción en todo el mundo (Hervert-Hernández, 2022).



Created in BioRender.com

Figura 4 Anatomía de una cariósida de cebada

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla 1 de valores de un análisis proximal en cebada representados en porcentaje reportado por diferentes autores.

Tabla 1. Análisis proximal de cebada entre autores (en porcentaje).

| Humedad | Cenizas | Grasa | Proteína | Fibra | Carbohidratos | Referencia |
|---------|---------|-------|----------|-------|---------------|------------|
|---------|---------|-------|----------|-------|---------------|------------|

| | | | | | | |
|------|-----|-----|-------|-----|-------|---------------------------|
| 10.8 | 2.2 | 2.2 | 8.4 | 6.1 | 81 | (López P et al., 2007) |
| NR | 2 | 2-3 | 10-12 | 4-5 | 78-83 | (MacGregor et al., 2003) |
| 6.5 | 2.4 | 1.1 | 10.9 | 3.9 | 77 | (Carrasquel et al., 2016) |
| 9.3 | 2.7 | 0.9 | 11.8 | 1.7 | 75.1 | (Hernández et al., 2011) |
| NR | 2-3 | 3-5 | 10-24 | 3-5 | 58-65 | (Dendy et al., 2001) |
| 11.4 | 2.0 | 4.4 | 10.5 | 4.9 | NR | (Barrera et al., 2018) |

NR: No Reportado+

2.7.3 Humedad

Como se muestra en la tabla 1, Carrasquel et al. (2016) obtuvo el valor más bajo de humedad a diferencia de los demás autores, la falta de humedad en el suelo y en el ambiente puede causar estrés hídrico, afectando negativamente el crecimiento de la cebada.

Las plantas de cebada pueden experimentar una disminución en la fotosíntesis, un menor crecimiento de las raíces y una reducción en el rendimiento de los granos. Esto puede resultar en granos más pequeños y una menor cantidad de grano cosechado. La baja humedad en el suelo puede afectar la germinación de las semillas de cebada, las semillas necesitan una cantidad adecuada de agua para iniciar el proceso de germinación (Sologubik et al., 2013).

Barrera et al. (2018) reportó el valor más alto en el contenido de humedad, la humedad alta favorece el desarrollo de enfermedades fúngicas en la cebada, como el *Fusarium* y la *Puccinia* (roya), que pueden afectar el crecimiento de las plantas, disminuir la calidad de los granos y aumentar el riesgo de aflatoxinas,

compuestos tóxicos producidos por ciertos hongos (Cao et al., 2022). Los resultados de López y Hernández son mayores a comparación de los de Carrasquel por diferencias de 4.23% y 2.66%. La cebada es altamente susceptible a las condiciones ambientales, especialmente a la humedad. Tanto la humedad alta como la baja pueden tener efectos en su crecimiento, desarrollo y calidad (S. Wang et al., 2022). Las condiciones húmedas también pueden desencadenar que se pudrán las raíces. (Laitila & Sarlin, 2025). La alta humedad durante el proceso de maduración y cosecha puede afectar la calidad del grano de cebada, aumentando la posibilidad de germinación prematura (Choi, 2018). Esto puede reducir el rendimiento de la cebada y comprometer su calidad. (González González et al., 2016). Esto puede resultar en granos más pequeños y una menor cantidad de grano cosechado.

2.7.4 Cenizas

En la Tabla 1, el contenido de cenizas que debe de contener la cebada es de 2% de acuerdo con MacGregor et al. (2003), sin embargo, Dendy et al. (2001) reporta un intervalo de 2 a 3%. Otros autores reportan porcentajes similares como, López et al. (2007) 2.2%, Carrasquel et al. (2016) 2.48%, Hernández et al. (2011) 2.7% y Barrera et al. (2018) 2.03%. Estos resultados son positivos al estar dentro del intervalo, ningún autor reportó deficiencia de minerales en la cebada. La variabilidad en el contenido de cenizas en la cebada puede depender de varios factores, como la variedad de cebada, las condiciones de cultivo y los métodos de procesamiento (Wotango & Kanido, 2024). La cantidad de minerales en el grano de cebada está fuertemente influenciada por las condiciones del suelo y la fertilización (L. Wang et al., 2012). El uso de fertilizantes ricos en minerales, especialmente los que contienen nitrógeno, fósforo y potasio, puede aumentar el contenido de cenizas en el grano lo que beneficia a la cebada. (García Ciudad et al., 2011). Algunas variedades de cebada están naturalmente adaptadas para acumular una mayor cantidad de minerales en sus granos. Las variedades con una mayor tasa de absorción de nutrientes pueden presentar un contenido de cenizas superior (Birsin et al., 2010). Las condiciones climáticas (temperatura, humedad) durante el

crecimiento de la planta también pueden influir en la acumulación de minerales en los granos, y por lo tanto, en el contenido de ceniza (Shewry & Ullrich, 2014.) Un ciclo de maduración completo, sin cosecha prematura, permite que la cebada acumule más minerales en sus granos, lo que aumenta el contenido de cenizas. La madurez óptima es crucial para la concentración máxima de nutrientes (Jordan-Meille et al., 2021). Si el suelo donde se cultiva la cebada es deficiente en minerales esenciales, como fósforo, potasio, calcio o magnesio, el contenido de cenizas en el grano será bajo (Yan et al., 2016). El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede favorecer el crecimiento vegetativo excesivo y desviar la planta hacia el desarrollo de materia orgánica en lugar de la acumulación de minerales, lo que podría reducir el contenido de cenizas en los granos (Bleidere & Gaile, 2012). La deficiencia de estos nutrientes limita la absorción y acumulación de minerales en la planta. Factores como estrés hídrico, temperaturas extremas o condiciones de sequía pueden afectar negativamente la capacidad de la cebada para absorber nutrientes, lo que resulta en un menor contenido de minerales y, en consecuencia, en un bajo contenido de cenizas (Jerbi et al., 2022).

La cosecha de cebada antes de que el grano haya alcanzado su madurez completa puede resultar en un bajo contenido de cenizas, la planta no ha tenido tiempo de acumular los minerales de manera óptima.

2.7.5 Grasa

Se puede observar en la Tabla 1, que Hernández et al. (2011) reportó un valor de 0.9% de grasa, seguido Carrasquel et al. (2016) que reportó 1.19%. Sin embargo, otros autores reportan porcentajes más bajos como, MacGregor et al. (2003) con 2 a 3% y Dendy et al. (2001) que reportó de 3 a 5%. La grasa en la cebada, como en otros granos, es un componente importante que influye en la calidad y el valor nutricional de este cereal. La cebada contiene varios lípidos beneficiosos: El ácido graso más abundante es el linoleico (C18:2, omega-6) (50–52%), seguido por Palmitato (C16:0, saturado) (17–19%), Oleico (C18:1, monoinsaturado) (15–20%), y trazas de linolénico (C18:3, omega-3) y esteárico (C18:0) (Al-Taher & Nemzer, 2023). La falta de agua o estrés hídrico puede llevar a

una reducción en la producción de lípidos en la cebada (Afshari-Behbahanzadeh et al., 2016). En cebada, estrés como sequía o calor incrementa la acumulación de esteroides y diacilgliceroides, especialmente en líneas genéticamente tolerantes al estrés (Kuczyńska et al., 2019). Estos cambios estructurales aseguran mayor estabilidad frente a pérdida de agua y adaptan la estructura lipídica al estrés. La sequía o la baja humedad durante el crecimiento pueden limitar la biosíntesis de grasas, lo que resultará en granos de cebada con menos contenido graso. Un régimen de fertilización deficiente, especialmente en cuanto a nutrientes clave como el fósforo, puede reducir la capacidad de las plantas de cebada para acumular lípidos, lo que resulta en un contenido de grasa bajo en los granos (Zhao et al., 2022). Temperaturas bajas durante el crecimiento o un ciclo de cultivo más corto debido a la cosecha anticipada pueden dar lugar a cebada con menor contenido de grasa (Högy et al., 2013).

Algunas variedades de cebada están naturalmente predispuestas a contener un mayor contenido de grasa, especialmente de ácidos grasos insaturados (Khaleghdoust et al., 2024). Las condiciones climáticas, especialmente el estrés térmico y las temperaturas elevadas durante el desarrollo del grano, pueden influir en el aumento del contenido graso (Babulicová & Dyulgerova, 2018). El calor extremo puede causar un aumento en la síntesis de lípidos en las plantas como respuesta al estrés (THORNE et al., 1967).

La aplicación excesiva de fertilizantes, especialmente aquellos ricos en nitrógeno, puede alterar el equilibrio nutricional de la cebada y llevar a un mayor contenido de lípidos, las plantas pueden acumular grasas como parte de su respuesta metabólica (Williams et al., 2017). Sin embargo, tanto la grasa alta como la grasa baja en cebada pueden tener implicaciones tanto en la calidad del grano como en el uso de este.

2.7.6 Fibra

En la Tabla 1 en el caso de la fibra el autor Hernández *et al* (2011) reportó un valor de 1.7%, este resultado es menor por 2.3% en comparación del porcentaje mínimo del intervalo de MacGregor et al (2003), (4-5%), y 1.3% menor para el

intervalo del autor Dendy et al (2001) (3-5%). El estrés por sequía o una falta de agua suficiente durante el ciclo de cultivo puede reducir la síntesis de fibra en la cebada. El agua es crucial para la acumulación de compuestos de fibra en las plantas, por lo que la baja humedad puede provocar un contenido menor de fibra en los granos (Pessarakli et al., 2005).

La aplicación insuficiente de nutrientes, especialmente el nitrógeno y el fósforo, puede llevar a una menor acumulación de fibra en la cebada. La fertilización es esencial para el crecimiento de las plantas y la producción de compuestos como la fibra. Una cosecha prematura puede resultar en un bajo contenido de fibra, el grano no ha tenido tiempo suficiente para acumular los compuestos de fibra necesarios. Esto afecta especialmente la cantidad de fibra soluble, como el betaglucano, que se desarrolla durante la maduración. Por otro lado, los valores de Carrasquel et al (2016)(3.9%) y Barrera (4.96%) reportan porcentajes similares a lo obtenido por Dendy et al (2001) el resultado de Carrasquel et al (2016) es 0.1% menor para ser aceptado en el intervalo de MacGregor et al (2003),(Tabla1). Un ciclo de maduración completo, sin interrupciones o cosecha prematura, puede garantizar un contenido óptimo de fibra en los granos de cebada (Stacey et al., 2006). El manejo adecuado del riego y la humedad en el cultivo de cebada puede mejorar la producción de fibra (Castañeda Múnera & Gosselin, 2023).

La cantidad adecuada de agua durante el desarrollo del grano favorece la síntesis de fibra soluble, especialmente el betaglucano, que es sensible a las condiciones de humedad (Aoe et al., 2017). En el caso de López et al (2007), el valor de 6.1% para el contenido de fibra reportó hasta 1.1% en comparación con MacGregor et al (2003) y Dendy et al (2001), (Tabla 1). Las condiciones ambientales, como la disponibilidad de nutrientes y el clima, pueden afectar la acumulación de fibra en los granos de cebada (Baik & Ullrich, 2008). En particular, los suelos ricos en nutrientes y las condiciones de cultivo bien gestionadas pueden promover el desarrollo de altos niveles de fibra en los granos. El retraso en la cosecha permite que el grano acumule mayores niveles de fibra. La fibra en la cebada es uno de los componentes más importantes, especialmente debido a su

contenido de fibra soluble (betaglucano), que ofrece beneficios para la salud cardiovascular, el control del colesterol y la regulación de la glucosa (Boukid, 2024). Sin embargo, tanto la fibra alta como la fibra baja en cebada pueden estar influenciadas por diversos factores, tanto genéticos como ambientales.

2.7.7 Hidratos de carbono

Como se puede observar en la Tabla 1 existen variaciones en los intervalos de MacGregor et al (2003) (78-83%) y Dendy et al (2001) (58-65%), las diferencias entre estos intervalos son de 20% para el límite mínimo y 18% para el límite máximo del contenido de hidratos de carbono, el resultado de López *et al* (2007) (81)% está dentro del intervalo de MacGregor et al (2003) sin embargo los valores de Carrasquel et al (2016), (77.4%) y Hernández et al (2011),(75.1%) son menores para cumplir con el contenido mínimo con 0.6% y 2.9%. Cuando el grano de cebada madura completamente, los niveles de hidratos de carbono, particularmente el almidón, aumentan (Chu et al., 2014). Las condiciones de cultivo como el manejo adecuado del riego, la fertilización equilibrada y la exposición a la luz solar son esenciales para promover la síntesis de almidón en la cebada. Las temperaturas moderadas y la cantidad suficiente de nutrientes permiten una mayor acumulación de hidratos de carbono en el grano. Un ciclo completo de maduración permite que la planta acumule más almidón en los granos, aumentando el contenido de carbohidratos. La aplicación adecuada de fertilizantes, especialmente los que contienen potasio y nitrógeno, puede promover la síntesis de almidón y aumentar la concentración de hidratos de carbono en los granos de cebada. Por su parte los valores reportados de López et al (2007) , Carrasquel et al (2016) y Hernández et al (2011) reportan un intervalo descrito por Dendy et al (2001), porque superan el límite máximo de hidratos de carbono con diferencias de 16%, 12.4 y 10.1%. Los hidratos de carbono son uno de los principales componentes nutricionales de la cebada, y son fundamentales en la producción de energía. Algunas variedades de cebada son naturalmente ricas en almidón, lo que lleva a un contenido elevado de hidratos de carbono en los granos (Gutiérrez-Osnaya et al., 2020).

La sequía o el estrés por falta de agua durante el desarrollo del grano puede reducir la capacidad de la planta para sintetizar almidón. La escasez de agua limita la fotosíntesis y la translocación de azúcares en la planta, lo que reduce la acumulación de hidratos de carbono en los granos (Chu et al., 2014). Temperaturas extremadamente altas o bajas durante el ciclo de crecimiento de la cebada pueden afectar negativamente la acumulación de hidratos de carbono. El calor excesivo puede dañar las enzimas responsables de la síntesis de almidón, mientras que las temperaturas bajas pueden ralentizar el proceso de fotosíntesis. La deficiencia de nutrientes esenciales como el fósforo, el nitrógeno y el azufre puede reducir la capacidad de la planta de cebada para sintetizar y almacenar carbohidratos. Estos nutrientes son esenciales para la producción de azúcares y la síntesis de almidón (Pessaraki et al., 2005).

2.8 Producción de la cebada y usos

Hordeum vulgare es un grano muy importante en el mundo actual y ocupa el cuarto lugar tanto en cantidades producidas como en superficie de cultivo de cereales en el mundo. La cosecha mundial anual de cebada a finales de siglo fue de aproximadamente 140 millones de toneladas de unos 55 millones de hectáreas.

Esta en el cuarto lugar de la producción total de cereales en el mundo después del trigo, el arroz y el maíz, cada uno de los cuales cubre casi el 30% de la producción total de cereales del mundo. Los principales países que producen cebada son: Unión Europea con un 33% de la producción global con 47.81 millones de toneladas, Rusia con 20.5 millones de toneladas y Australia con 10.8 millones de toneladas (*Barley | USDA Foreign Agricultural Service*, s.f.). El 90 % de la producción de granos de cebada en todo el mundo se destina a la alimentación del ganado, alrededor del 10 % se destina a la producción de malta para cerveza, whisky y otras bebidas alcohólicas (Tricase et al., 2018).

México produce más de 964 mil toneladas de cebada en más de 366 mil hectáreas, siendo líder productor Guanajuato, que aporta más de 349 mil toneladas, que es el 36% del total nacional. La cebada se produce en 16 entidades del país, las cinco principales son Guanajuato, Querétaro, Durango, Jalisco y Michoacán.

(*Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)*., 2020). El estado de Hidalgo una producción de 166,365.89 hectáreas de cebada en México correspondientes al año 2024 (*SIAP|Intención de Siembra y de Cosecha*, s.f.).

Las principales aplicaciones de la cebada descascarillada, que está cubierta por una cáscara dura y fibrosa, son el malteado y la elaboración de cerveza. El 90 % de la producción de granos de cebada en todo el mundo se destina a la alimentación del ganado, alrededor del 10 por ciento se destina a la producción de malta para cerveza, whisky y otras bebidas alcohólicas (Tomaso, 2008). Los principales estados productores de cerveza en México son Guanajuato con producción de 255,130 toneladas, Querétaro con 24,446 toneladas y Durango con 20,932 toneladas. La producción nacional con 332,780 toneladas (*Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)*., 2020).

Un subproducto de la industria cervecera es el bagazo. El bagazo de cebada es un alimento de alto valor nutricional, el uso más extendido es su comercialización para la producción de alimentos para animales, así como para la creación de composta y fertilizante orgánico. El bagazo o cebadilla de cerveza es la pasta húmeda que resulta del proceso de maceración y filtrado. Este residuo orgánico, muy apreciado por ser rico en proteínas, se posiciona como una alternativa que contribuye a la implantación de una economía circular en la elaboración de cerveza.

En la actualidad, se empieza a utilizar seco en la construcción de cubiertas para azoteas, en la elaboración de papel o como ingrediente en determinados alimentos humanos. Otro producto que se obtiene a partir de la cebada es el extracto de malta, es un alimento que ofrece una amplia gama de beneficios para la salud. Este producto natural se obtiene a partir de la germinación y fermentación de granos de cebada, lo que lo convierte en una fuente concentrada de nutrientes esenciales. Se utiliza en diversos ámbitos, tanto en la alimentación como en la industria cervecera (Callejos Gonzáles, 2020).

En el contexto de la alimentación, el extracto de malta se utiliza como un endulzante natural y como un ingrediente que aporta sabor, color a ciertos alimentos y productos horneados. También se utiliza como un suplemento nutricional debido

a su contenido de vitaminas del complejo B, minerales y proteínas (Salvador Badui Dergal, 2006).

2.8.1 Germinado de cebada

El principal objetivo de la germinación es la producción de enzimas (Callejos González, 2020). La germinación comienza cuando la semilla de cebada absorbe agua del ambiente, lo que activa los procesos metabólicos dentro de la semilla (Gan et al., 2017). Esta absorción desencadena una serie de reacciones bioquímicas que llevan a la activación de enzimas y a la reanudación del crecimiento celular (Donkor et al., 2012). En esta etapa, la semilla aumenta su volumen debido a la expansión celular. Uno de los principales componentes de la cebada es el almidón, que se encuentra almacenado en los cotiledones de la semilla. Durante la germinación, el almidón se descompone en unidades más simples, como glucosa y maltosa, a través de la acción de la amilasa (Bewley & Black, 2014). La α -amilasa, rompe las cadenas de almidón en fragmentos pequeños. Esta hidrólisis produce maltosa, disacárido compuesto por dos unidades de glucosa, y glucosa (Gupta et al., 2010).

Durante la germinación, se activa la síntesis de varias enzimas que son esenciales para descomponer otros componentes almacenados en la semilla, como las proteínas y los lípidos (Ortiz et al., 2021). Algunas de las enzimas clave que se producen incluyen:

Proteasas: Descomponen las proteínas almacenadas en la semilla en aminoácidos, que pueden ser utilizados para sintetizar nuevas proteínas durante el crecimiento (Al-Obaidi et al., 2024).

Lipasa: Descompone los triglicéridos presentes en los cotiledones en ácidos grasos y glicerol, que también sirven como fuente de energía o como componentes estructurales durante el desarrollo de la plántula (Pirahanchi & Sharma, 2025). A medida que la semilla germina, se incrementa la tasa de respiración celular.

Esto es esencial para proporcionar la energía necesaria para los procesos de crecimiento. La glucosa generada durante la hidrólisis del almidón se utiliza en la glucólisis y en el ciclo de Krebs para producir ATP (energía química) y NADH, necesarios para el crecimiento y la división celular (Martínez, 2016). Los productos

resultantes de la hidrólisis de los componentes almacenados (como aminoácidos, glucosa y ácidos grasos) son utilizados para la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos (Cruz-Cardona et al., 2019). La proteína sintetizada es necesaria para la formación de nuevas estructuras celulares, y los ácidos nucleicos, como el ADN y el ARN, son fundamentales para la división celular y la replicación del material genético (Manuel, 2020). En esta fase, la radícula comienza a emerger de la semilla, marcando el inicio del crecimiento vegetativo. La germinación completa depende de la correcta hidrólisis de los recursos almacenados en la semilla, como almidón, proteínas y lípidos (Cozzolino & Degner, 2016). El proceso de germinación de la cebada es fundamental en la producción de malta, un ingrediente clave en la fabricación de cerveza (García Olmedo, 1965). El malteado implica controlar la germinación y luego secar la cebada para detener el proceso. Durante el malteado, la cebada experimenta una transformación bioquímica que descompone el almidón y genera azúcares fermentables como la maltosa (Gupta et al., 2010).

2.8.2 Extracción de compuestos bioactivos

En la investigación y la industria alimentaria, se utilizan diversas técnicas de extracción y disolventes para obtener y concentrar compuestos fenólicos de interés. El uso de disolventes con diferentes polaridades permite la extracción de una amplia gama de compuestos fenólicos con afinidades de solubilidad variables. Los solventes polares: agua, etanol, acetona, metanol son eficientes en la extracción de compuestos fenólicos solubles en agua como flavonoides y antocianinas (García-Castro et al., 2023). Generalmente la extracción con solventes es la más utilizada en investigación; sin embargo las técnicas asistidas por ultrasonido y microondas son más rápidas y permiten una extracción más eficiente. La temperatura juega un papel crucial en el proceso de extracción, influye positivamente en la efectividad de la operación. Es esencial ajustar la temperatura de extracción porque los compuestos fenólicos son inestables a temperaturas superiores a 80 °C (Sarkar & Ghosh, 2017).

Métodos de extracción

Técnicas convencionales: Agitación mecánica, maceración, decocción, infusión y el método Soxhlet, técnicas comúnmente utilizadas debido a su facilidad de aplicación. Otros procedimientos, como filtración, decantación o clarificación, pueden acompañar a estas técnicas para fraccionar algunos compuestos (Alara et al., 2021).

Técnicas emergentes: Extracción asistida por ultrasonido utilizando una sonda de baño de ultrasonido, microondas, altas presiones, tratamientos enzimáticos o fluidos supercríticos, son reconocidos por requerir bajos volúmenes de disolventes, tiempo y energía (Shi et al., 2022).

2.8.3 Conservación de compuestos bioactivos

Liofilización: Consiste en congelar el producto y luego sublimar el agua en baja presión (< 2 mmHg). Evita la degradación térmica, oxidativa, preserva hasta el 90 % o más de fenoles y actividad antioxidante, dependiendo del alimento. Ideal para frutas ricas en bioactivos, mantiene mejor la estructura, color, sabor incluyendo los nutrientes que el secado convencional (Ramírez-Navas, 2007).

Secado por pulverización y microencapsulación: Técnica escalable y económica: se atomiza una solución/emulsión y se seca inmediatamente con aire caliente. Produce micropartículas que encierran los compuestos bioactivos. Mejora la estabilidad frente a luz, oxígeno, humedad y calor (Choudhury et al., 2021).

Encapsulación con pared funcional: Utiliza polisacáridos, proteínas o ciclodextrinas como pared protectora mejora la resistencia térmica, previene oxidación y degradación. El tipo de pared y método influye en la eficacia (Bodbodak et al., 2024).

Campo eléctrico pulsado: Aplica pulsos eléctricos para permeabilizar membranas celulares. Conserva más vitamina C, fenoles y antocianinas en jugos y productos vegetales versus pasteurización térmica (Naliyadhara et al., 2022).

Ultrasonido (UAE o sonicación): Favorece extracción más eficiente con menor energía y sin excesivo calor, reduciendo degradación. También puede

inactivar microorganismos y enzimas sin afectar mucho los compuestos termolábiles (Silva et al., 2024).

Pascalización: Aplica presiones de 400–1000 MPa a baja temperatura para inactivar patógenos y enzimas, preservando sabor, color y compuestos sensibles frente a métodos térmicos (Khaliq et al., 2021).

2.8.4 Aplicaciones de cebada germinada

La cebada es naturalmente rica en nutrientes esenciales para nuestro organismo. Durante el proceso de germinación, los niveles de vitaminas, minerales y enzimas de la cebada aumentan significativamente. Esto se debe a que la germinación activa la liberación de nutrientes y mejora su biodisponibilidad. La cebada germinada, contiene un mayor aporte de vitaminas del grupo B, hierro, calcio y magnesio, entre otros. Los usos principales de este germinado son para el consumo humano por sus beneficios que aporta al consumirlos, se puede consumir como brote crudo o incorporado en batidos, ensaladas, sopas, galletas o pan con harina de cereal germinado (Geng et al., 2022). También puede ser deshidratado y convertido en polvo o harina para cereales, barras o bebidas funcionales fermentadas (Ikram et al., 2021). Se utiliza como suplemento en dietas de mascotas, aves o ganado joven por su aporte de nutrientes y enzimas. Estudios en modelos animales (perros) sugieren que el germinado de cebada puede ayudar a controlar peso, reducir acumulación de grasa y modular el microbiota intestinal mediante componentes como saponarinas y policosanoles (Cho et al., 2025). En fitoterapia, infusiones de brotes de cebada se han usado tradicionalmente para tratar inflamaciones urinarias, amigdalitis, bronquitis y mejorar la salud ósea (aumento de calcio en tejido óseo) (Zeng et al., 2020). En cosmética casera, se aprovechan sus aminoácidos y vitaminas para mascarillas faciales (mezcla de brotes triturados con crema agria) y aceites de cebada infundidos en oliva, utilizados para mejorar estado de la piel (Park et al., 2021).

En la Tabla 2 se muestra la comparación de los parámetros de cebada con 0 días, 40 horas, 4 días y 7 días de germinación entre autores.

Tabla 2. Caracterización de cebada con distintos días de germinación (en mg/g).

| Tiempo de germinación (días) | 1 1/2 | 4 | 6 | 7 |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|
| Proteínas | 7.8 | 12.8 | 14.8 | 8.91 |
| Carbohidratos | - | - | 63.7 | 155 |
| Aminoácidos | - | - | - | 69.6 |
| Azúcares reductores | - | - | - | 3.70 |
| Cenizas | 1.23 | 2.81 | 1.56 | - |
| Fibra | 9.21 | 5.15 | 63.79 | - |
| Contenido fenólico | 0.79 (mg GAE/g) | 86.1 (mg/100g) | 1.85 mg/g | 21.7 (mg/ GAE g) |
| Flavonoides | 0.53 (mg ECAT/g) | 102. (mg/100g) | 0.37 mg/g | 2.80 (mg/ GAE g) |
| Autor | (Müller et al., 2021) | (M. Lotfy et al., 2021) | R. (As et al., 2018) | (García-Castro et al., 2024) |

GAE: Equivalentes de ácido gálico, ECAT: Equivalentes de catequina

Durante la germinación los valores de las proteínas de la cebada aumentan debido a la degradación de componentes complejos del grano para su respiración (Kaukovirta-Norja et al., 2004). Los valores de los autores en el apartado de proteínas tienen un aumento en el transcurso de las 40 horas y días, que son mayores a los valores del día 0 de germinación. La germinación desencadena cambios físicos, químicos y estructurales en los granos incluida la hidrólisis de

macromoléculas, como los componentes de la fibra, como los β -glucanos, y la liberación de compuestos fenólicos (Van de Velde et al., 2025).

2.8.5 Propiedades de cebada sobre la salud humana

Se valora que 697 millones de personas sufren de daño renal en el mundo. En México alrededor de 6.2 millones de mexicanos con diabetes tienen insuficiencia renal en sus distintas etapas (Esper & Ponce, 2024). Se ha estimado una prevalencia de enfermedad renal de 12.2% y una tasa de 51 defunciones por cada 100 mil habitantes (Tamayo y Orozco, 2016). En relación con el sexo, hay una prevalencia de enfermedad renal del 51% del sexo masculino y un 49% del sexo femenino siendo un total de 6,414.37 casos (Secretaría de salud, 2018). En el estado de Hidalgo la incidencia general fue de 124 casos por millón. (Martínez Martínez, 2020). Los granos enteros de cebada y su capa externa de salvado son ricos en ingredientes funcionales, especialmente fibra, ácidos fenólicos, flavonoides, fitoesteroles, alquilresorcinoles, benzoxazinoides, lignanos, tocol y ácido fólico (Gashaw Abebaw Baik, 2008). Estos compuestos han sido ampliamente estudiados y se ha demostrado que tienen actividades antidiabéticas, anti cancerígenas y antioxidantes (Guo et al., 2020). Estos antioxidantes, como los flavonoides y las vitaminas C y E, desempeñan un papel crucial en la neutralización de los radicales libres y en la prevención del estrés oxidativo en el cuerpo. El consumo contribuye a prevenir enfermedades cardiovasculares, el envejecimiento prematuro y el deterioro cognitivo (Geng et al., 2022). La cebada contiene un porcentaje de fibra soluble 2.5 % y 11 % del peso seco de la cebada, dependiendo de la variedad alimentaria (Khaleghdoust et al., 2024). La fibra insoluble constituye alrededor del 50-70 % de la fibra total lo que la convierte en un excelente alimento para mejorar la salud digestiva (Kaur et al., 2024). La fibra presente ayuda a regular el tránsito intestinal, previene el estreñimiento y favorece la formación de un microbiota intestinal saludable. Además, el germinado de cebada es más fácilmente digerible que la cebada en grano, lo que facilita la absorción de nutrientes y evita problemas digestivos como la pesadez y la inflamación abdominal (Idehen et al.,

2017). Contiene compuestos bioactivos (β -glucanos, ácido ferúlico, catequinas, ácido cafeico, fibra dietética, selenio y zinc) que refuerzan el sistema inmunológico (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). Al consumir cebada de forma regular, se reduce el riesgo de infecciones y enfermedades. Además, su alto contenido de vitamina C ayuda a estimular la producción de glóbulos blancos, responsables de la defensa del organismo contra agentes patógenos (Idehen et al., 2017). Sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias ayudan a reducir el riesgo de enfermedades del corazón, como la hipertensión y la aterosclerosis, su alto contenido de fibra soluble ayuda a reducir los niveles de colesterol LDL («colesterol malo») en la sangre, promoviendo un equilibrio lipídico saludable en el organismo (Lahouar et al., 2015).

Además, se ha demostrado que algunos compuestos de cebada podrían influir positivamente en la función renal y prevenir problemas como cistitis, cálculos renales y niveles altos de creatinina (Zeng et al., 2020). Por lo tanto, el objetivo general del presente proyecto fue evaluar la administración de extractos de cebada ricos en compuestos sobre la función renal y que podrían prevenir diversas enfermedades asociadas al funcionamiento renal.

3. Fundamentación

3.1 Justificación

Las enfermedades renales representan un grave problema de salud pública en México y el mundo. Al ser un trastorno de origen multifactorial y estar fuertemente asociado a las enfermedades crónicas de mayor prevalencia en nuestra población (diabetes e hipertensión), su impacto en la salud pública se refleja en la alta demanda de recursos humanitarios, económicos y de infraestructura que su tratamiento requiere. También, es la segunda causa más importante de años de vida perdidos en Latinoamérica. Se ha estimado que, en la actualidad, alrededor de 6.2 millones de mexicanos con diabetes tienen insuficiencia renal en sus distintas etapas. Hasta 98% de las personas con ERC por diabetes en México se encuentran en etapas tempranas, la ERC es todavía controlable y reversible. Existen tratamientos naturales como el uso de herbáceas como pedúnculos o ramas de cereza (*Prunus avium*) para estimular la producción de orina, útiles para la desinflamación de riñones.

Estos tratamientos tienen gran potencial antioxidante como el uso de extractos de *Ruellia tuberosa* L. (*Acanthaceae*), esta especie es utilizada de manera tradicional para el tratamiento de la diabetes, las anemias, como diurético y para el tratamiento de diversos problemas renales. Asimismo, sus partes aéreas han mostrado actividad antioxidante, antiinflamatoria, antidiabética, anti nociceptiva y nefro protectora en varios modelos experimentales *in vivo* e *in vitro*. (Ciangherotti et al., 2013). La cebada es un remedio antiguo para los cálculos renales. Ayuda a eliminar las toxinas de los riñones, reduciendo el riesgo de formación de cálculos.

Además, sus propiedades diuréticas pueden ayudar a limpiar el tracto urinario. También presenta clorofila y enzimas antioxidantes como superóxido dismutasa y catalasa. Gracias a su alto valor nutricional y contenido en compuestos bioactivos, la hierba de cebada presenta múltiples beneficios entre los que se encuentran sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. También es rica en proteínas, contiene aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina, valina, fenilalanina, treonina, histidina, lisina, metionina (Åssveen, 2009) y compuestos antioxidantes

como las proantocianidinas. (Lahouar et al., 2015). Para la prevención de enfermedades renales e incremento de la funcionalidad renal se puede optar por los alimentos que son saludables para el organismo como frutas, vegetales y granos enteros. Además de cambios en el estilo de vida como disminuir, la ingesta de sal y azúcar añadidos e ingerir menos de 2300 miligramos de sodio diarios. Por lo tanto, un tratamiento de origen natural como el uso de extractos de cebada para la mejora de la función renal, podría prevenir las consecuencias de una baja funcionalidad renal. De esta manera, conlleva a la disminución del consumo de fármacos, así como los gastos y efectos secundarios que provocan.

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de extractos de cebada para determinar la función renal y niveles de glucosa en ratas Wistar mediante marcadores renales séricos.

3.2.2 Objetivos específicos

- Administrar extractos de cebada a partir de una inoculación intragástrica para medir función renal en ratas Wistar macho.
- Determinar los niveles de creatinina, ácido úrico, proteínas totales y urea en suero través de métodos espectrofotométricos para evaluar la función renal en ratas Wistar.
- Evaluar la concentración de glucosa en suero en rata Wistar para determinar el efecto de los azúcares presentes en los extractos de cebada.

3.2.3. Hipótesis

Los extractos de cebada tienen beneficios en el organismo, mejorando los niveles de glucosa y regulando la función renal. Al evaluar el efecto existen efectos positivos del consumo de los extractos en los valores de la concentración de glucosa en sangre y los marcadores renales (proteínas totales, urea, ácido úrico y creatinina).

4. Materiales y métodos



Figura 5 Diagrama metodológico del proyecto

4.1 Obtención de germinado de cebada

Los extractos germinados de cebada fueron proporcionados por (García-Castro et al., 2024). Estos fueron obtenidos a partir de 3, 5 y 7 días de cebada germinada y no germinada. Para la germinación de la cebada se lavaron las semillas con agua y se colocaron en una solución con hipoclorito de sodio al 0.05% durante 30 min y se enjuagaron con agua corriente (Lin et al., 2009). Los granos se remojaron en agua potable durante 24 h y colocados en una bandeja de plástico, humedeciendo hasta la saturación. Las bandejas se colocaron en una cámara de

humedad (LabTech, Mod, LHT-0250E, Corea) a una temperatura de 24 °C y 60-70% de relación. La cebada germinada se secó en un horno (Barnstead Lab-Line, Mod. 3478, USA) a 50–55 °C, y hasta obtener una humedad inferior al 5% (Gutiérrez-Osnaya et al., 2020). La molienda se llevó a cabo utilizando una bala Nutri (Corning Mexicana, Mod. 1368 – 160, México), y la harina fue tamizada para obtener un tamaño de partícula de 0.2 mm. Se tomaron 50 g de harina y se agregaron 200 ml de agua a 45 °C. Esta temperatura se mantuvo en un horno (Thermo Scientific, Mod. SP131325Q, China) durante 30 min y elevó 1 °C durante 30 min hasta alcanzar 70 °C. Finalmente, se añadieron 100 mL de agua a 70 °C y esa temperatura se mantuvo durante una hora.

4.2 Extracto liofilizado de cebada

La liofilización es un método de eliminación de agua por sublimación de cristales de hielo de material congelado. Los parámetros adecuados de aplicación del proceso nos permiten obtener productos de la mejor calidad en comparación con los productos secados con métodos tradicionales (Bhambere et al., 2015). En el presente estudio las condiciones para este método fueron liofilizados (Labconco, Mod. 816-333-8811, USA) a una temperatura de -62 °C y una presión de 0.040 mbar.

Los extractos liofilizados se pesaron y almacenaron congelados al vacío hasta su uso. En promedio, por cada 400 mL de extracto acuoso, se obtuvieron 20 g de extracto liofilizado, es decir, una proporción de 0.05 g/mL (García-Castro et al., 2024).

4.3 Animales de experimentación

Se utilizaron ratas 12 ratas Wistar macho con un peso de 200-220 g y de 8-10 semanas de edad y fueron divididas en 2 grupos. Los procedimientos con animales en el presente estudio fueron aprobados por el Comité Institucional Ético para Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México (No. de aprobación CICUAL/004/2022). Los animales se mantuvieron bajo condiciones estándares (22±2°C con ciclos de 12:12 h de luz-

oscuridad, con acceso libre al agua y alimento). El manejo de los animales de experimentación se realizó con los lineamientos de en la Norma NOM-062-ZOO 1999.

4.4 Diseño experimental

Se utilizaron 12 ratas divididas en 2 grupos. Grupo control negativo y grupo tratamiento (G1 Y G2) n=6. El tratamiento tuvo una duración de 5 semanas, y la administración fue por vía intragástrica por medio de una cánula, (1000 mg/kg de peso)

4.5 Medición de peso

Determinación a modo de índices, en los que se expresó el peso corporal. Las mediciones se realizaron semanalmente con un total de 5 semanas utilizando una balanza convencional (Cossio-Bolaños et al., 2013).

4.6 Colección de muestras biológicas

Después de 35 días de tratamiento las ratas fueron sacrificadas por dislocación cervical y a partir de punción cardíaca se obtuvieron muestras de sangre para los análisis correspondientes. Las muestras de sangre se centrifugaron a 5000 rpm/10min (Termo IEC Centra GP8R San Diego, CA, USA), para la obtención de plasma y realización de las determinaciones bioquímicas (Sánchez Martínez et al., 2020).

4.7 Cuantificación de marcadores de función renal

Se midió la concentración de urea, ácido úrico, creatinina, proteínas totales y glucosa en plasma, de acuerdo al manual proporcionado por kits de diagnóstico comerciales (*SPINREACT MÉXICO - Spinreact*, s.f.). Todos los resultados se expresaron como mg/dL y fueron leídos en un espectrofotómetro THERMO ELECTRON. A continuación, se enlistan los procedimientos que se llevaron a cabo para la medición de los marcadores renales.

4.7.1. Urea

Se pipeteó en un tubo de ensayo 1.0 mL de o-Ftalaldehído 4.8 mmol/L con 50 µL de la muestra de suero de rata, posteriormente se añadió 1.0 ml de solución borato 87 mmol/L y ácido sulfúrico 3 mol/L, se mezcló por medio de agitación para incubarse a 1 min a 37°. Este procedimiento se repitió para el blanco y para el patrón de estándar. Todas las muestras se leyeron a una absorbancia de 510 nm por 1 min (A1) y 2 min (A2). Se calculó $\Delta A = A2 - A1$

$$\frac{(A2-A1)Muestra-(A2-A1)Blanco}{(A2-A1)Patrón-(A2-A1)Blanco} \times 50 (\text{Conc. Patrón}) = \text{mg/dL de urea en la muestra}$$

4.7.2. Ácido úrico

Se colocó en un tubo de ensayo 1 mL la mezcla de Tampón (Fosfatos con pH 7.4 50 mmol/L, 2-4 Diclorofenol Sulfonato (DCPS) 4 mmol/L) y Enzimas (Uricasa 60 U/L, Peroxidasa (POD) 660 U/L, Ascorbato oxidasa 200 U/L, 4 - Aminofenazona (4-AF) 1 mmol/L) con 25 µL de la muestra, todo se mezcló por medio de agitación y fue incubado por 5 min a 37°C. Este procedimiento se repitió para el patrón estándar. Todas las muestras se leyeron a 520 nm. Al finalizar se realizaron los cálculos con la fórmula que se menciona a continuación con un factor de conversión de mg/dL $\times 59.5 = \mu\text{mol/L}$.

$$\frac{(A)Muestra}{(A)Patrón} \times 6 (\text{Conc. Patrón}) = \text{mg/dL de ácido úrico en la muestra}$$

4.7.3. Creatinina

En un tubo de ensayo se pipeteó Ácido pícrico 17.5 mmol/L con 100 µL de la muestra, después se añadió Hidróxido sódico 0.29 mol/L, después se mezcló por medio de agitación. Cuando se terminó de mezclar se inició el cronómetro para leer la absorbancia A1 (30 s) y A2 (90s) a 492 nm. Finalmente se calculó ΔA y se aplicó la fórmula con un factor de conversión: mg/dL $\times 88.4 = \mu\text{mol/L}$

$$\frac{\Delta A Muestra - \Delta A Blanco}{\Delta A Patrón - \Delta A Blanco} \times 2 (\text{Conc. Patrón}) = \text{mg/dL de creatinina de la muestra}$$

4.7.4. Proteínas totales

Se agregó en un tubo de ensayo 1.0 mL de reactivo de Biuret (Tartrato 15 mmol/L, yoduro sódico 100 mmol/L, yoduro de potasio 5mmol/L y sulfato de cobre II 5 mmol/L) con 25 µL de la muestra, se mezcló por agitación incubando a 37°C por 5 min y las muestras se leyeron a 540 nm. Se realizó el mismo procedimiento para el patrón estándar. Al finalizar la medición se utilizó la siguiente fórmula para los cálculos.

$$\frac{(A)Muestra}{(A)Patrón} \times 7 (Conc. Patrón) = \text{g/dL de proteínas totales}$$

4.7.5. Medición basal de glucosa

Se realizó la toma basal, utilizando un dispositivo de medición de glucosa (**Sistema Contour Plus**) a partir de la segunda semana de tratamiento.

4.7.6 Glucosa

Se vertió en un tubo de ensayo 1.0 mL de una solución Tampón (TRIS con pH 7.4 92 mmol/L, Fenol 0.3 mmol/L) con Enzimas (Glucosa oxidasa (GOD) Peroxidasa (POD) 4 - Aminofenazona (4-AF)) y 10 µL de la muestra, las soluciones se mezclaron por medio de agitación y fueron incubadas por 5 min a 37°C. Este procedimiento se repitió para el patrón estándar. La absorbancia fue leída a 505 nm. Finalmente se utilizaron las siguientes fórmulas para los cálculos. Con un factor de conversión: mg/dL x 0.0555= mmol/L.

$$\frac{(A)Muestra}{(A)Patrón} \times 100 (Conc. Patrón) = \frac{mg}{dL} \text{ de glucosa en la muestra}$$

4.8. Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los datos obtenidos para todos los análisis anteriores se reportaron como la media ± desviación estándar con el programa de software Minitab 9. Se aplicó el análisis de varianza y la prueba de comparación múltiple Tukey para probar todas las diferencias entre grupos.

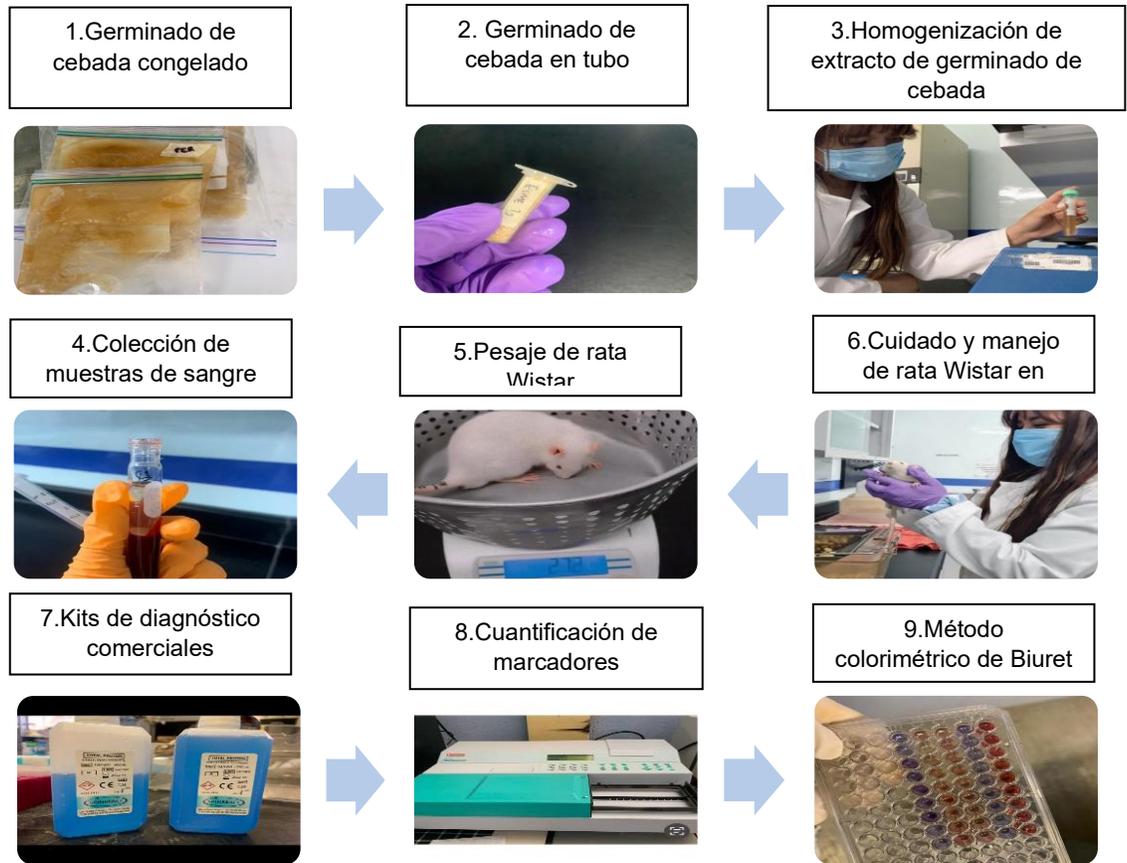


Figura 6 Evidencia fotográfica de la metodología in vivo e in vitro

5.Resultados y discusión

5.1 Medición semanal de peso de ratas Wistar

En la figura 7 se muestra la gráfica de la ganancia de peso a través del tiempo.

En el eje **X** se encuentran expresadas las semanas, en el eje **Y** se reportan los pesos en gramos de las ratas. Las letras mayúsculas indican una diferencia de peso significativa con respecto al peso entre grupos. Las ratas se pesaron semanalmente con una duración de 5 semanas.

En la figura 7 se muestran los pesos del grupo G1 (color azul), al cual se le administró el tratamiento de extracto germinado de cebada (EGC) y el grupo G2 (color naranja) como grupo control. En la semana 1, los pesos para ambos tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Probablemente se deba a que es la semana de adaptación de las ratas en bioterio. Con respecto a la semana 2 se observa una diferencia estadísticamente significativa entre G1 y G2 (16% de diferencia), esto puede ser debido a que el extracto contiene compuestos bioactivos que favorecen a que tengan un peso menor con respecto a Grupo control (G2, color gris). Esto es favorable para cualquier tratamiento debido que el extracto germinado de cebada no afecta al peso de las ratas tratadas.

En la semana 3, 4 y 5 hay un ligero aumento de peso en G2 en comparación con G1, sin embargo, no se mostraron diferencias estadísticamente significativas (6.5%, 6.3% y 2.9% de diferencia). Los pesos de G1 se siguieron manteniendo menores con respecto a G2, lo que indica que el extracto mantiene un peso constante.

Los resultados mostraron que la administración de extracto no causa ganancia de peso independientemente del estado de salud de los sujetos de estudio. Esto es importante para cualquier tipo de patología en la cual se pueda utilizar el extracto en algún modelo *in vivo*. Por otro lado, durante el tratamiento se observó un incremento de peso del 5.4% entre la semana 1 y semana 2 en el grupo G1, sin embargo, no se observaron diferencias significativas. En comparación con la semana 1, durante la semana 3, 4 y 5 se observó un aumento de peso estadísticamente significativo de 25.64, 31.10 y 35.73%, respectivamente. Lo que

indica que el incremento de peso en rata Wistar en un grupo control es constante después de 14 días de estudio. Los porcentajes obtenidos entre las semanas 1 y 2 de G2 presentaron un aumento de peso significativo de 25.75%. De igual manera, en comparación con la semana 1, durante las semanas 3, 4 y 5 se observaron incrementos significativos de peso de 32.8%,38.37% y 38.58%, respectivamente.

Esto sugiere una elevación constante en el peso del G2 a partir de la tercera semana, lo que podría indicar un efecto positivo por parte del tratamiento en el G1 con respecto a la ganancia de peso durante el tratamiento.

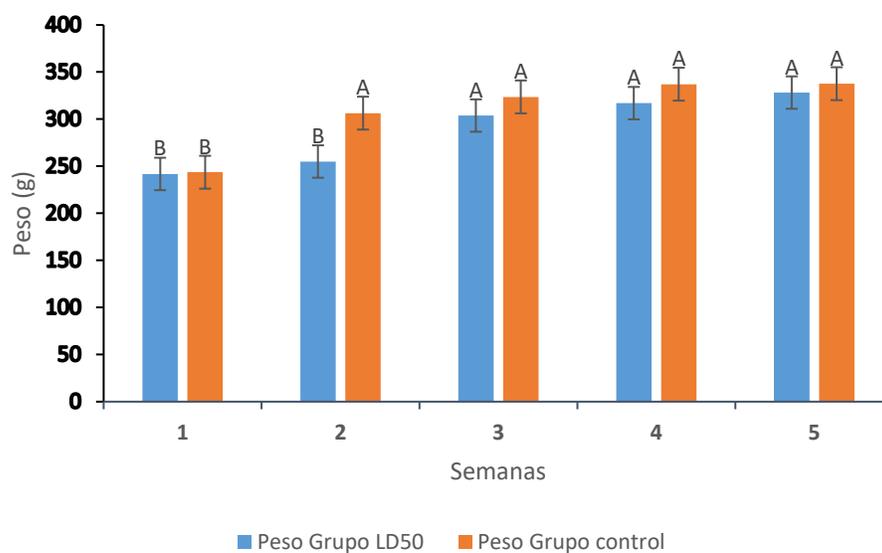


Figura 7 tratamiento y control del peso ratas a través del tiempo

En un estudio de Mustafa (2012) en el cual se alimentaron ratas con dieta basal alta en grasas con un 7.5 % extractos de ginseng,cebada y algarrobo tuvieron efectos contrarios a los de nosotros puesto que obtuvieron un incremento en el peso de 25.5%. El-Sayed et al. (2023) estudió el efecto de las semillas de hinojo y cebada (5% y 10%) en ratas con daño renal infligido. Las semillas de cebada (BS) 10% tuvieron el mejor efecto en la reducción de los triglicéridos y en la reducción de la actividad del colesterol total. un incremento de 6.5% respectivamente con el control. De acuerdo con los resultados, la ganancia de peso fue estadísticamente

significativa, mostrando diferencias entre las 5 semanas de tratamiento, el porcentaje de peso ganado fue estadísticamente significativo ($p \leq 0.05$) diferente entre los cuatro grupos. En ratones diabéticos genéticos (C57BL/KsJ db/db), la administración oral de MBE (62.5 mg/kg/día durante 12 semanas) redujo significativamente la glucosa en ayunas y la hemoglobina A1c comparado con el grupo control ($P < 0, 05$), sin alterar los niveles de insulina. Inhibió la actividad de la enzima glucosa-6-fosfatasa en riñón, lo que sugiere un beneficio en la regulación de la glucosa hepática/renal (Hong & Jai Maeng, 2004). El extracto de cebada germinada ofrece múltiples mecanismos de acción efectivos para el control glucémico: ralentización de digestión, fermentación beneficiosa, regulación enzimática y hormonal. Un estudio mostró que germinar las semillas durante 48 h eleva el contenido fenólico de 1.1 a 3.4 mg/g (peso fresco), aumentando la capacidad antioxidante y la inhibición de las enzimas α -glucosidasa y maltasa. La IC_{50} de α -glucosidasa pasó de 128.8 mg/mL (0 h) a 18.9 mg/mL (48 h) (Ha et al., 2016). Esto indica que el extracto de cebada germinada puede reducir la absorción de glucosa al inhibir estas enzimas digestivas.

5.3 Evaluación de valores de los marcadores renales en rata

Después de la administración vía intragástrica de 1000mg/kg de extractos de germinado de cebada por un periodo de tiempo de 35 días se midieron los marcadores bioquímicos para determinar la función renal en los grupos de estudio.

En la Tabla 3, se observan los valores obtenidos para los análisis los biomarcadores renales, proteínas, glucosa, creatinina, ácido úrico y en urea en suero. Se observaron incrementos de 21.3, 61.1, 21.4, 21.2 y 43.08 % en los niveles séricos de proteínas, glucosa, ácido úrico y urea, respectivamente en el G1 con respecto al G2, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Por otro lado, el G1 presentó una disminución del 68.8% de creatinina en comparación con el G2 ($p < 0.05$). A continuación, en la Tabla 3 muestra los valores de los biomarcadores renales de las ratas (análisis de proteínas, glucosa, creatinina, ácido úrico y urea) en suero de G1 y G2.

Tabla 3 Análisis bioquímico de rata Wistar después del tratamiento (en mg/dL).

| Marcadores renales en suero | Tratamiento (G1) | Control (G2) |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Proteínas totales | 7.00 ± 0.33 ^a | 5.77 ± 0.37 ^b |
| Glucosa | 184.9 ± 18.0 ^a | 114.2 ± 7.69 ^b |
| Creatinina | 1.03 ± 0.13 ^a | 0.61 ± 0.18 ^b |
| Ácido úrico | 23.03±0.23 ^a | 19±0.15 ^b |
| Urea | 1081.08 ± 11.7 ^a | 755.5± 12.6 ^b |

a-b: Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre grupos. G1: Grupo tratado con extracto de cebada germinada. G2: Dieta estándar.

5.3.1 Proteínas totales

En la tabla 3 se muestran los valores de proteínas totales con un aumento de 7.00 ± 0.33 mg/dL de G1 en comparación de G2 con valores de 5.77 ± 0.37 mg/dL.

El G1 presentó un incremento de 21.3% de proteínas totales con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto al G2. Las ratas del G1 tuvieron más ventajas al consumir el extracto con respecto a las ratas que consumieron dieta normal, esto se refleja en el incremento de proteína al 21%.

Zimmermann et al.(2013) reportó un incremento de 1.18% en proteínas totales con respecto al grupo del tratamiento donde las ratas fueron alimentadas con una dieta alta en grasas suplementadas con extracto de cebada. Otros autores Li et al. (2020) estudiaron los efectos de las fibras solubles e insolubles enzimáticamente aisladas de la cebada sobre la glucosa en sangre en ratas diabéticas, obteniendo un incremento de 5.8% en proteínas totales de su grupo tratado con fibra de cebada insoluble. Abulnaja & El Rabey, (2015) también reportó un incremento de proteínas totales de 0.14% en el grupo suplementado con 10% de semillas de salvado de cebada. Estos resultados coinciden en el aumento de los valores de proteínas totales como en el estudio presente. Los valores normales de proteínas totales son

de 5.6-7.8 mg/dL, por lo tanto, los valores obtenidos del presente estudio se encuentran dentro rango de valores normales. Este aumento en las proteínas totales podría ser debido a la presencia de gluten, proteína presente de la cebada, el cual no afecta los niveles de proteína en suero (Zaias et al., 2009).

5.3.2 Medición basal de glucosa de animales de experimentación

A continuación, se muestra la Tabla 4 que indica el promedio del contenido de glucosa en sangre por medio de una medición basal en la semana 2.

Tabla 4. Medición basal de glucosa de la segunda y cuarta semana

| Grupo 1 | Glucosa en sangre (mg/dL) | |
|---------|---------------------------|----------|
| | Semana 2 | Semana 4 |
| Rata 1 | 119.44 | 113.37 |
| Rata 2 | 98.61 | 110.46 |
| Rata 3 | 88.19 | 107.55 |
| Rata 4 | 91.66 | 122.09 |
| Rata 5 | 91.66 | 90.11 |

5.3.3 Glucosa

En la tabla 3 se observa que los valores de glucosa para G1 presentaron un incremento de 61.1%, que presentó valores de 184.99 ± 18.0 mg/dL, en comparación de G2 con valores menores de 114.82 ± 7.69 mg/dL. Estos valores indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Este incremento puede ser debido por el alto contenido de carbohidratos que conlleva a un incremento de glucosa en sangre. Un contenido alto de glucosa indica un alto consumo de carbohidratos aportados de la cebada. El autor Zimmermann et al., (2013) mencionó un aumento de 0.31% en glucosa al estudiar el efecto antioxidante del extracto de cebada en ratas sometidas a una dieta alta en grasas. En otro estudio donde se adicionó harina de cebada al pan con diferentes niveles de harina de cebada (60 y 80 %). Los valores medios de glucosa sérica en ratas alimentadas con el 60% de cebada causaron un ligero aumento de 11.40% al final del período de alimentación.

Este porcentaje es menor que el obtenido al estudio presente con un aumento de 61.1%, al tener diferencias significativas los valores de este estudio en comparación con los de la literatura, la concentración de glucosa representa un efecto negativo al ser un valor elevado, siendo los valores normales de glucosa son 98-152 mg/dl en humanos. Por lo tanto los resultados sugieren un exceso de azúcares presentes en extractos de cebada.

5.3.4 Creatinina

En la Tabla 3 se muestran los valores de creatinina donde G1 mostró resultados de 1.03 ± 0.13 siendo mayores que los valores de G2 0.61 ± 0.18 . El valor de creatinina presento un incremento de 21.4%. Esto puede ser debido a la ingesta en exceso de proteínas, provocando que los niveles de creatinina se eleven.

Esto es porque los granos de cebada son uno de los cereales que contienen gluten. En un estudio (Comba et al., 2017) investigaron la eficacia de la cebada sobre el estado oxidante y el daño del ADN (8OHdG) en ratas con insuficiencia renal teniendo un aumentó de 6% de creatinina. Lo que indicó que el germinado de cebada puede reducir el daño renal. De acuerdo a otro estudio (Aly et al., 2024) también obtuvo un aumento en creatinina de 10.29% al alimentar a ratas hembra con pan teniendo en su composición 60% de harina de cebada integral. Por su parte Mohamed M. El-sayd Ali estudiaron el efecto de niveles de ginseng, cebada 2.5% y algarroba donde las ratas fueron alimentadas con dieta basal, teniendo un incremento en creatinina de 24.85%.

De acuerdo con los resultados obtenidos del presente estudio el aumento de 21.4% de creatinina es similar con respecto al de los otros autores, se consideran normales al entrar en los valores normales que son de 0.4-1.5 mg/dL en humanos.

5.3.5 Ácido úrico

En la Tabla 3 se muestran los valores de ácido úrico de G1 23.03 ± 0.23 mg/dL y de G2 valores de 19 ± 0.15 mg/dL, se presentó un aumento de 21.21% de G1 en relación de G2, un contenido alto de ácido úrico indica un alto contenido de fructosa.

Los azúcares presentes en la cebada son glucosa, fructosa, maltosa y maltodextrina lo que explica el valor elevado de ácido úrico. En un estudio se les administraron a ratas Wistar extractos de Gingseng, cebada y algarrobo Otros estudios han demostrado un incremento de 18.6% en los valores de ácido úrico en suero cuando se administraron extractos en comparación con ratas sin administrar, similares al presente estudio. De igual manera El Rabey et al (2013) observó un aumento de ácido úrico (18.36%) con la administración de salvado de cebada (10%) y el salvado de avena en ratas macho hipercolesterolémicas. El autor Eldamaty, (2020) reportó un incremento de 8.11% , la vía de administración para este estudio por medio de agua destilada con tramadol y cebada Mostró que la administración de hierbas de cebada en altas dosis (500mg/kg/día) con tramadol mejoró la actividad antioxidante de las enzimas en suero y tejidos renales. Esto podría reflejar que la administración de algún tipo de extracto podría afectar la función renal elevando la excreción de metabolitos. Los resultados obtenidos del presente estudio fueron normales al obtener un ligero aumento de 4.03 % en ácido úrico, este porcentaje obtenido fue similar al de los autores mencionados, los valores obtenidos están dentro del rango de los valores normales 50-250 micromol/L en humanos (Selleck et al., 2017).

5.3.6 Urea

En la tabla 3 los valores de urea presentaron un incremento de 43.08% debido al aumento de G1 con valores de 1081.08 ± 11.7 mg/dL con respecto de G2 que obtuvo valores menores 755.55 ± 12.6 mg/dL. Este incremento de valores es debido al contenido de fibra en la cebada. La capa de aleurona es rica en fibra, proteína, triglicéridos y azúcares. Por otro lado, los autores presentaron valores similares al presente estudio donde obtuvieron un incremento de 36.67% de urea en suero.

Abozalam et al (2016) evaluó los efectos de té verde, cebada y doxorubicina presentando un incremento en urea de 58.33%. (Elhassaneen et al., 2022) Estudió el efecto de harina de cebada 10% sobre funciones renales en ratas hiperglicémicas. obteniendo un aumento de urea 11.51% Los resultados del presente estudio son similares al de los autores con un aumento de 43.08% en urea, al ser mayor el

porcentaje obtenido de este estudio, estos valores no son favorables, excede el rango de valores normales 7-20 mmol/L en humanos (Gowda et al., 2010).

6.Conclusiones

Este estudio demostró que la administración de extractos de cebada germinada incrementa significativamente los niveles de creatinina, urea y glucosa en ratas Wistar, sugiriendo un impacto en la función renal y el metabolismo. En comparación con el grupo control, se observó un aumento del 68.85% en la creatinina, un 43.08% en la urea y un 61.11% en la glucosa. Asimismo, las proteínas totales y el ácido úrico mostraron incrementos del 21.32% y 21.21%, respectivamente. En cuanto al peso, no se observaron cambios significativos a través del tiempo. Por lo tanto, los resultados subrayan la necesidad de estudios adicionales para explorar los efectos a largo plazo de los extractos de cebada germinada y evaluar su relevancia en aplicaciones terapéuticas relacionadas con la salud renal.

7.Referencias

1. Abozalam, S. B. A., Salama, A. A. A., Arbid, M. S. S., Shoka, A. A. A., & El-Latif, H. A. A. (2016). *Effect of Barley, Green Tea and Doxorubicin against N-dimethylnitrosamine Induced Hepatorenal Toxicity in Rats*.
2. Abulnaja, K. O., & El Rabey, H. A. (2015). The Efficiency of Barley (*Hordeum vulgare*) Bran in Ameliorating Blood and Treating Fatty Heart and Liver of Male Rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015(1), 740716. <https://doi.org/10.1155/2015/740716>
3. Afifah, A., Pribadi, F. W., Salsabiela, A., Anggara, D. H., Komara, Z. M., & Fauzy, R. A. (2022). The protective effect of celery ethanol extract on oxidative stress in chronic kidney disease rat model. *Universa Medicina*, 41(2), Article 2. <https://doi.org/10.18051/UnivMed.2022.v41.114-120>
4. Afshari-Behbahanizadeh, S., Akbari, G. A., Shahbazi, M., Alahdadi, I., Farahani, L., Tabatabaee, S. A., & Ganji, M. (2016). Qualitative and Physical Properties of Barley Grains under Terminal Drought Stress Conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(5), 1303-1317.
5. Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*, 4, 200-214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
6. Al-Obaidi, J. R., Lau, S.-E., Liew, Y. J. M., Tan, B. C., & Rahmad, N. (2024). Unravelling the Significance of Seed Proteomics: Insights into Seed Development, Function, and Agricultural Applications. *The Protein Journal*, 43(6), 1083-1103. <https://doi.org/10.1007/s10930-024-10240-x>
7. Al-Taher, F., & Nemzer, B. (2023). Effect of Germination on Fatty Acid Composition in Cereal Grains. *Foods*, 12(17), 3306. <https://doi.org/10.3390/foods12173306>

8. Alving, A. S., & Mirsky, A. E. (1936). THE NATURE OF PLASMA AND URINARY PROTEINS IN NEPHROSIS. *The Journal of Clinical Investigation*, 15(2), 215-220. <https://doi.org/10.1172/JCI100770>
9. Aly, A. A., Abusharha, A., shafique, H., El-Deeb, F. E., & Abdelazeem, A. A. (2024). Effects of adding whole barley flour to bread and its impact on anti-obesity action of female rats fed a high-fat diet. *Arabian Journal of Chemistry*, 17(1), 105438. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105438>
10. Aoe, S., Ichinose, Y., Kohyama, N., Komae, K., Takahashi, A., Abe, D., Yoshioka, T., & Yanagisawa, T. (2017). Effects of high β -glucan barley on visceral fat obesity in Japanese individuals: A randomized, double-blind study. *Nutrition*, 42, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.05.002>
11. Arcidiacono, M. V., Carrillo-López, N., Panizo, S., Castro-Grattoni, A. L., Valcheva, P., Ulloa, C., Rodríguez-Carrio, J., Cardús, A., Quirós-Caso, C., Martínez-Arias, L., Martínez-Salgado, C., Motilva, M. J., Rodríguez-Suarez, C., Cannata-Andía, J. B., & Dusso, A. S. (2019). Barley- β -glucans reduce systemic inflammation, renal injury and aortic calcification through ADAM17 and neutral-sphingomyelinase2 inhibition. *Scientific Reports*, 9(1), 17810. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54306-8>
12. As, F., Hm, S., Nn, T., Md, S., & Pu, G. (2018). Influence of germination on chemical and nutritional properties of Barley flour. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 3855-3858.
13. Åssveen, M. (2009). Amino acid composition of spring barley cultivars used in Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 59(5), 395-401. <https://doi.org/10.1080/09064710802263226>
14. Babulicová, M., & Dyulgerova, B. (2018). Winter Barley Production in Relation to Crop Rotations, Fertilisation and Weather Conditions. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 64(1), 35-44. <https://doi.org/10.2478/agri-2018-0004>

15. Baik, B.-K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
16. Barley | *USDA Foreign Agricultural Service*. (s. f.). Recuperado 12 de febrero de 2025, de https://www-fas-usda-gov.translate.google.com/data/production/commodity/0430000?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
17. Barus, S. S., Nasution, A. N., & Wienaldi, W. (2024). Effect of Celery (*Apium graveolens* L.) Extract Administration on Kidney Function of White Rats (*Rattus norvegicus*) Wistar Strains Exposed to Lead. *International Journal of Health and Pharmaceutical (IJHP)*, 4(3), Article 3. <https://doi.org/10.51601/ijhp.v4i3.339>
18. Basharat, Z., Afzaal, M., Saeed, F., Islam, F., Hussain, M., Ikram, A., Pervaiz, M. U., & Awuchi, C. G. (2023). Nutritional and functional profile of carob bean (*Ceratonia siliqua*): A comprehensive review. *International Journal of Food Properties*, 26(1), 389-413. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2164590>
19. Baum, N., Dichoso, C. C., & Carlton, C. E. (1975). Blood urea nitrogen and serum creatinine: Physiology and interpretations. *Urology*, 5(5), 583-588. [https://doi.org/10.1016/0090-4295\(75\)90105-3](https://doi.org/10.1016/0090-4295(75)90105-3)
20. Becerra, A. T. (2024). *Enfermedad renal crónica y atención primaria a la salud: Integración a la nefrología*. Editorial Alfil.
21. Bewley, J. D., & Black, M. (2014). *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: 1 Development, Germination, and Growth*. Springer.
22. Bhambere, D., Gaidhani, K., Harwalkar, M., & Nirgude, P. (2015). LYOPHILIZATION / FREEZE DRYING – A REVIEW. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 4, 516-543.

23. Birsin, M. A., Adak, M. S., Inal, A., Aksu, A., & Gunes, A. (2010). Mineral Element Distribution and Accumulation Patterns Within Two Barley Cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 33(2), 267-284. <https://doi.org/10.1080/01904160903435391>
24. Bleidere, M., & Gaile, Z. (2012). Grain quality traits important in feed barley. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences.*, 66(1-2), 1-9. <https://doi.org/10.2478/v10046-011-0039-8>
25. Bodbodak, S., Nejatian, M., Ghandehari Yazdi, A. P., Kamali Rosta, L., Rafiee, Z., Jalali-Jivan, M., Kharazmi, M. S., & Jafari, S. M. (2024). Improving the thermal stability of natural bioactive ingredients via encapsulation technology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(10), 2824-2846. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2127145>
26. Bonoli, M., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M. F. (2004). Antioxidant phenols in barley (*Hordeum vulgare* L.) flour: Comparative spectrophotometric study among extraction methods of free and bound phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5195-5200. <https://doi.org/10.1021/jf040075c>
27. Boothby, W. M., & Sandiford, I. (1922). A COMPARISON OF THE DU BOIS AND THE HARRIS AND BENEDICT NORMAL STANDARDS FOR THE ESTIMATION OF THE BASAL METABOLIC RATE. *Journal of Biological Chemistry*, 54(4), 767-781. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)85714-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)85714-3)
28. Boukid, F. (2024). Comprehensive review of barley dietary fibers with Emphasis on arabinoxylans. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 31, 100410. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100410>
29. Callejos Gonzáles, M. J. (2020). Industrias de Cereales y derivados. En *Industrias de cereales y derivados* (1.^a ed., p. 337). Mundi-Prensa.
30. Cao, D., Lou, Y., Jiang, X., Zhang, D., & Liu, J. (2022). Fungal Diversity in Barley Under Different Storage Conditions. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.895975>

31. Capote Leyva, E., Casamayor Laime, Z., & Castañer Moreno, J. (2010). Variables de laboratorio como indicadores de calidad de vida en el adulto mayor con tratamiento sustitutivo de la función renal. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 39(3-4), 237-246.
32. Castañeda Múnera, J. C., & Gosselin, L. (2023). Impact of Density, relative Humidity, and fiber size on hygrothermal properties of barley straw for building envelopes. *Construction and Building Materials*, 409, 133954. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133954>
33. Castaño, I., & Rovetto, C. (2007). Nutrición y enfermedad renal. *Colombia Médica*, 38(1), 56-65.
34. Cebollada, J., & Gimeno, J. A. (2012). Ácido úrico como factor de riesgo cardiovascular. *Hipertensión y Riesgo Vascular*, 29(2), 36-43. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2012.04.001>
35. Cho, H.-W., Seo, K., Lee, M. Y., Lee, S.-Y., So, K.-M., Song, S.-Y., Seo, W.-D., Chun, J. L., & Kim, K. H. (2025). Anti-Obesity Potential of Barley Sprouts in Dog Diets and Their Impact on the Gut Microbiota. *Microorganisms*, 13(3), 594. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13030594>
36. Choe, J.-S., & Youn, J.-Y. (2005). The Chemical Composition of Barley and Wheat Varieties. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 34(2), 223-229. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2005.34.2.223>
37. Choi, B.-M. (2018). Equilibrium moisture content/equilibrium relative humidity of barley. *Food Science and Preservation*, 25(5), 543-548. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2018.25.5.543>
38. Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, 2(4), 426-442. <https://doi.org/10.1002/fft2.94>

39. Chu, S., Hasjim, J., Hickey, L. T., Fox, G., & Gilbert, R. G. (2014). Structural Changes of Starch Molecules in Barley Grains During Germination. *Cereal Chemistry*, 91(5), 431-437. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-09-13-0174-R>
40. Ciangherotti, C., Maldonado, A. M., Orsini, G., Perdomo, L., Álvarez, M., Salazar-Bookaman, M. M., & Israel, A. (2013). Efecto protector de la raíz de *Ruellia Tuberosa* L. Sobre el daño renal inducido por la diabetes experimental. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 32(4), 57-66.
41. Comba, B., Mis, L., Uslu, S., & Comba, A. (2017). *The Effect of Barley Grass on Antioxidant Capacity and DNA Damage in Rat with Renal Failure*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 6135-6140.,.
42. Cossio-Bolaños, M., Gómez Campos, R., Vargas Vitoria, R., Hochmuller Fogaça, R. T., & Arruda, M. de. (2013). Curvas de referencia para valorar el crecimiento físico de ratas machos Wistar. *Nutrición Hospitalaria*, 28(6), 2151-2156. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6659>
43. Cozzolino, D., & Degner, S. (2016). An overview on the role of lipids and fatty acids in barley grain and their products during beer brewing. *Food Research International*, 81, 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.003>
44. Cruz-Cardona, Y., Cadena-Chamorro, E., Arango-Tobón, J. C., Cruz-Cardona, Y., Cadena-Chamorro, E., & Arango-Tobón, J. C. (2019). Procesamiento de la Cascarilla de Cebada Cervecera por Vía Enzimática para la Obtención de Azúcares Fermentables. *Información tecnológica*, 30(4), 41-50. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400041>
45. Dahl, N. K., & Goldfarb, D. S. (2022). Nutritional prevention and treatment of urinary tract stones*. En J. D. Kopple, S. G. Massry, K. Kalantar-Zadeh, & D. Fouque (Eds.), *Nutritional Management of Renal Disease (Fourth Edition)* (pp. 685-697). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818540-7.00046-X>

46. Dalal, R., Bruss, Z. S., & Sehdev, J. S. (2024). Physiology, Renal Blood Flow and Filtration. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482248/>
47. *Diagnóstico* | American Diabetes Association. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2025, de <https://diabetes.org/espanol/diagnostico>
48. Donkor, O. N., Stojanovska, L., Ginn, P., Ashton, J., & Vasiljevic, T. (2012). Germinated grains – Sources of bioactive compounds. *Food Chemistry*, *135*(3), 950-959. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.058>
49. Donnersberger, A. B., & Lesak, A. E. (2002). *Libro de laboratorio de anatomía y fisiología*. Editorial Paidotribo.
50. Eckardt, K.-U., Coresh, J., Devuyst, O., Johnson, R. J., Köttgen, A., Levey, A. S., & Levin, A. (2013). Evolving importance of kidney disease: From subspecialty to global health burden. *The Lancet*, *382*(9887), 158-169. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60439-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60439-0)
51. Edo, G. I., Ndudi, W., Makia, R. S., Ainyanbhor, I. E., Yousif, E., Gaaz, T. S., Zainulabdeen, K., Jikah, A. N., Opiti, R. A., Akpoghelie, P. O., Owhero, J. O., Essaghah, A. E. A., & Umar, H. (2024). Beta-glucan: An overview in biological activities, derivatives, properties, modifications and current advancements in food, health and industrial applications. *Process Biochemistry*, *147*, 347-370. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.09.011>
52. El Rabey, H. A., Al-Seeni, M. N., & Amer, H. M. (2013). Efficiency of Barley Bran and Oat Bran in Ameliorating Blood Lipid Profile and the Adverse Histological Changes in Hypercholesterolemic Male Rats. *BioMed Research International*, *2013*(1), 263594. <https://doi.org/10.1155/2013/263594>
53. Eldamaty, H. (2020). Protective effects of barley and wheat grasses on nephrotoxicity in rats and some biochemical parameters induced by tramadol. *Egyptian Journal of Nutrition and Health*, *15*(1), 67-83. <https://doi.org/10.21608/ejnh.2020.117339>

54. Elhassaneen, Y. A., Zaki, A. N., & Elkerdasy, A. M. (2022). *Studying the Bioactive Compounds Content, Antioxidant Activities in Barley and their Relationship with Diabetes in Rats*. 32(2).
55. El-Sayed, M. M., Khafagy, M. M., & Erakey, A. A. (2023). STUDYING THE EFFECT OF FENNEL AND BARLEY SEEDS IN MITIGATION KIDNEY DISEASE OF RATS. *Menoufia Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.21608/mjfds.2023.287550>
56. Escudero, C., Bertoglia, P., Muñoz, F., & Roberts, J. M. (2013). Purinas y ácido úrico en pre-eclampsia: Interacciones fisiopatológicas y proyecciones en investigación. *Revista médica de Chile*, 141(7), 895-902. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872013000700009>
57. Esper, R. C., & Ponce, M. A. D. de L. (2024). *Insuficiencia renal aguda Vol. 02*. Editorial Alfil.
58. Esther Casanueva, Martha Kaufer-Horwitz, Ana Bertha Pérez-Lizaur, & Pedro Arroyo. (2012). *Nutriología Médica*. Ed. Médica Panamericana.
59. Feng, Q., Zhang, S., Lin, J., Yang, J., Zhang, Y., Shen, Q., Zhong, F., Hou, D., & Zhou, S. (2024). Valorization of barley (*Hordeum vulgare* L.) brans from the sustainable perspective: A comprehensive review of bioactive compounds and health benefits with emphasis on their potential applications. *Food Chemistry*, 460, 140772. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140772>
60. Galant, A. L., Kaufman, R. C., & Wilson, J. D. (2015). Glucose: Detection and analysis. *Food Chemistry*, 188, 149-160. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.071>
61. Gallardo, P. (2018). *Fisiología renal y metabolismo hidrosalino: Segunda edición*. Ediciones UC.
62. Gan, R.-Y., Lui, W.-Y., Wu, K., Chan, C.-L., Dai, S.-H., Sui, Z.-Q., & Corke, H. (2017). Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and

- sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.11.010>
63. García Ciudad, A., Petisco, C., Vázquez de Aldana, B. R., Jiménez Mateos, M. Á., González Blanco, V. O., García Criado, L., & García Criado, B. (2011). *Influencia de micorrizas y fertilización mineral en el estado nutricional de la cebada*. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
<https://digital.csic.es/handle/10261/44842>
64. García Olmedo, F. (1965). El malteo de la Cebada. *Cereales*, 174, Article 174.
65. García-Castro, A., Alma Delia, R.-G., Castañeda, A., & Guzmán-Ortiz, F. (2023). Total Phenols and Flavonoids in Germinated Barley Using Different Solvents. *Chemistry & Biodiversity*, 20, e202300617.
<https://doi.org/10.1002/cbdv.202300617>
66. García-Castro, A., Ortiz, F., Hernández, G., & Alma Delia, R.-G. (2024). Analysis of bioactive compounds in lyophilized aqueous extracts of barley sprouts. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18, 1-12.
<https://doi.org/10.1007/s11694-024-02569-9>
67. Gashaw Abebaw Baik. (2008). *Review on Structure, Functional and Nutritional Composition of Barley (Hordeum vulgare)*. <https://doi.org/10.31579/2637-8914/046>
68. Geng, L., Li, M., Zhang, G., & Ye, L. (2022). Barley: A potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*, 6, fyac012.
<https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac012>
69. G. Fraga, C., D. Croft, K., O. Kennedy, D., & A. Tomás-Barberán, F. (2019). The effects of polyphenols and other bioactives on human health. *Food & Function*, 10(2), 514-528. <https://doi.org/10.1039/C8FO01997E>
70. Gillin, A. G., & Sands, J. M. (1993). Urea transport in the kidney. *Seminars in Nephrology*, 13(2), 146-154.

71. González González, M., Zamora Díaz, M., Solano Hernández, S., González González, M., Zamora Díaz, M., & Solano Hernández, S. (2016). Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(1), 159-171.
72. Gowda, S., Desai, P. B., Kulkarni, S. S., Hull, V. V., Math, A. A. K., & Vernekar, S. N. (2010). Markers of renal function tests. *North American Journal of Medical Sciences*, 2(4), 170-173.
73. Gronda, E., Jessup, M., Iacoviello, M., Palazzuoli, A., & Napoli, C. (2020). Glucose Metabolism in the Kidney: Neurohormonal Activation and Heart Failure Development. *Journal of the American Heart Association*, 9(23), e018889. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.018889>
74. Gubatz, S., Dercksen, V. J., Brüß, C., Weschke, W., & Wobus, U. (2007). Analysis of barley (*Hordeum vulgare*) grain development using three-dimensional digital models. *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology*, 52(4), 779-790. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2007.03260.x>
75. Guo, T., Horvath, C., Chen, L., Chen, J., & Zheng, B. (2020). Understanding the nutrient composition and nutritional functions of highland barley (Qingke): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.011>
76. Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(3), 318-328. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00112.x>
77. Gutiérrez-Osnaya, L. J., Hernández-Uribe, J. P., Castro-Rosas, J., Román-Gutiérrez, A. D., Camacho-Díaz, B. H., Palma-Rodríguez, H. M., Rodríguez-Marín, M. L., Hernández-Ávila, J., & Guzmán-Ortiz, F. A. (2020). Influence of germination time on the morphological, morphometric, structural, and physicochemical characteristics of Esmeralda and Perla barley starch.

International Journal of Biological Macromolecules, 149, 262-270.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.245>

78. Ha, K.-S., Jo, S.-H., Mannam, V., Kwon, Y.-I., & Apostolidis, E. (2016). Stimulation of Phenolics, Antioxidant and α -Glucosidase Inhibitory Activities During Barley (*Hordeum vulgare* L.) Seed Germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(2), 211-217. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0549-2>
79. Harvey, R. A., & Ferrier, D. R. (2011). *Bioquímica*. Lippincott Williams & Wilkins.
80. Hassanein, K. M. A., Youssef, M. K. E., Ali, H. M., & El-Manfaloty, M. M. (2015). The influence of carob powder on lipid profile and histopathology of some organs in rats. *Comparative Clinical Pathology*, 24(6), 1509-1513. <https://doi.org/10.1007/s00580-015-2108-x>
81. He, Q.-Y., Lau, G. K. K., Zhou, Y., Yuen, S.-T., Lin, M. C., Kung, H.-F., & Chiu, J.-F. (2003). Serum biomarkers of hepatitis B virus infected liver inflammation: A proteomic study. *PROTEOMICS*, 3(5), 666-674. <https://doi.org/10.1002/pmic.200300394>
82. Hervert-Hernández, D. (2022). El papel de los cereales en la nutrición y en la salud en el marco de una alimentación sostenible. *Nutrición Hospitalaria*, 39(SPE3), 52-55. <https://doi.org/10.20960/nh.04312>
83. Högy, P., Poll, C., Marhan, S., Kandeler, E., & Fangmeier, A. (2013). Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley. *Food Chemistry*, 136(3), 1470-1477. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.056>
84. Holman, R. R., & Turner, R. C. (1981). The basal plasma glucose: A simple relevant index of maturity-onset diabetes. *Clinical Endocrinology*, 14(3), 279-286. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2265.1981.tb00196.x>

85. Hong, H., & Jai Maeng, W. (2004). Effects of Malted Barley Extract and Banaba Extract on Blood Glucose Levels in Genetically Diabetic Mice. *Journal of Medicinal Food*, 7(4), 487-490. <https://doi.org/10.1089/jmf.2004.7.487>
86. Hosten, A. O. (1990). BUN and Creatinine. En H. K. Walker, W. D. Hall, & J. W. Hurst (Eds.), *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations* (3rd ed.). Butterworths. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305/>
87. Hughes, J., & Grafenauer, S. (2021). Oat and Barley in the Food Supply and Use of Beta Glucan Health Claims. *Nutrients*, 13(8), 2556. <https://doi.org/10.3390/nu13082556>
88. Ibba, M. I., Palacios-Rojas, N., & Rosales-Nolasco, A. (2023). Chapter 2— Screening and use of nutritional and health-related benefits of the main crops. En M. Rakszegi, M. Papageorgiou, & J. M. Rocha (Eds.), *Developing Sustainable and Health Promoting Cereals and Pseudocereals* (pp. 25-55). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90566-4.00015-1>
89. Idehen, E., Tang, Y., & Sang, S. (2017). Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 148-161. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002>
90. Ikram, A., Saeed, F., Afzaal, M., Imran, A., Niaz, B., Tufail, T., Hussain, M., & Anjum, F. M. (2021). Nutritional and end-use perspectives of sprouted grains: A comprehensive review. *Food Science & Nutrition*, 9(8), 4617-4628. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2408>
91. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. (2022). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>
92. Jakše, B., Jakše, B., Pajek, M., & Pajek, J. (2019). Uric Acid and Plant-Based Nutrition. *Nutrients*, 11(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/nu11081736>

93. Jerbi, M., Labidi, S., Laruelle, F., Tisserant, B., Ben Jeddi, F., & Lounès-Hadj Sahraoui, A. (2022). La biofertilización micorrícica mejora el rendimiento del grano y la calidad de la cebada descascarillada (*Hordeum vulgare* ssp. *Nudum* L.) en condiciones de estrés hídrico. *Journal of Cereal Science*, *104*, 103436. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103436>
94. Jimeno Mollet, J., Molist Brunet, N., Franch Nadal, J., Morató Griera, J., Otzet Gramunt, I., & Pons Barro, P. (2004). Diagnosticando la diabetes mellitus tipo 2: En atención primaria, con la glucemia basal y la hemoglobina glucosilada es suficiente. *Atención Primaria*, *34*(5), 222-227.
95. John E. Hall. (2016). *Tratado de Fisiología médica 13 edición*. Google Docs. https://drive.google.com/file/u/1/d/1Fp9OF0JhWb9Fkn9rB-a3B9JfzcbVN_qh/view?usp=drive_web&usp=embed_facebook
96. Jordan-Meille, L., Holland, J. E., McGrath, S. P., Glendining, M. J., Thomas, C. L., & Haefele, S. M. (2021). The grain mineral composition of barley, oat and wheat on soils with pH and soil phosphorus gradients. *European Journal of Agronomy*, *126*, 126281. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126281>
97. Just, A. (2007). Mechanisms of renal blood flow autoregulation: Dynamics and contributions. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *292*(1), R1-R17. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00332.2006>
98. Kashani, K., Rosner, M. H., & Ostermann, M. (2020). Creatinine: From physiology to clinical application. *European Journal of Internal Medicine*, *72*, 9-14. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2019.10.025>
99. Kaukovirta-Norja, A., Wilhelmson, A., & Poutanen, K. (2004). Germination: A means to improve the functionality of oat. *Agricultural and Food Science*, *13*. <https://doi.org/10.2137/1239099041838049>

100. Kaur, A., Purewal, S. S., Phimolsiripol, Y., & Punia Bangar, S. (2024). Unraveling the Hidden Potential of Barley (*Hordeum vulgare*): An Important Review. *Plants*, *13*(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/plants13172421>
101. Khaleghdoust, B., Esmailzadeh-Salestani, K., Korge, M., Alaru, M., Möll, K., Värnik, R., Koppel, R., Tamm, Ü., Kurg, M., Altosaar, I., & Loit, E. (2024). Barley and wheat beta-glucan content influenced by weather, fertilization, and genotype. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1326716>
102. Khaliq, A., Chughtai, M. F. J., Mehmood, T., Ahsan, S., Liaqat, A., Nadeem, M., Sameed, N., Saeed, K., Rehman, J. U., & Ali, A. (2021). Chapter 3—High-Pressure Processing; Principle, Applications, Impact, and Future Prospective. En C. M. Galanakis (Ed.), *Sustainable Food Processing and Engineering Challenges* (pp. 75-108). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822714-5.00003-6>
103. Kimura, S., Ohkawara, H., Ogawa, K., Tanaka, M., Sano, T., Harada-Shirado, K., Takahashi, H., Ueda, K., Shichishima-Nakamura, A., Matsumoto, H., Ikeda, K., Kazama, J. J., Hashimoto, Y., & Ikezoe, T. (2018). Lenalidomide as a Beneficial Treatment Option for Renal Impairment Caused by Light Chain Deposition Disease. *Internal Medicine*, *57*(24), 3651-3657. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.1018-18>
104. Kroll, M. (1999). Tietz Textbook of Clinical Chemistry, Third Edition. Carl A. Burtis and Edward R. Ashwood, eds. Philadelphia, PA: WB Saunders, 1998, 1917 pp., \$195.00. ISBN 0-7216-5610-2. *Clinical Chemistry*, *45*(6), 913-914. <https://doi.org/10.1093/clinchem/45.6.913>
105. Kuczyńska, A., Cardenia, V., Ogrodowicz, P., Kempa, M., Rodriguez-Estrada, M. T., & Mikołajczak, K. (2019). Effects of multiple abiotic stresses on lipids and sterols profile in barley leaves (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Physiology and Biochemistry: PPB*, *141*, 215-224. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.05.033>

106. Lahouar, L., El-Bok, S., & Achour, L. (2015). Therapeutic Potential of Young Green Barley Leaves in Prevention and Treatment of Chronic Diseases: An Overview. *The American Journal of Chinese Medicine*, 43(07), 1311-1329. <https://doi.org/10.1142/S0192415X15500743>
107. Laitila, A., & Sarlin, T. (2025). Chapter 6—Toxigenic fungi and mycotoxins in the barley-to-beer chain. En A. E. Hill (Ed.), *Brewing Microbiology (Second Edition)* (pp. 83-108). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99606-8.00010-9>
108. Lanzotti, N. J., Tariq, M. A., & Bolla, S. R. (2024). Physiology, Bladder. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538533/>
109. Lerma, E. V. (2008). Approach to the Patient with Renal Disease. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 35(2), 183-194. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2008.02.001>
110. Levey, A. S., & Coresh, J. (2012). Chronic kidney disease. *The Lancet*, 379(9811), 165-180. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60178-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60178-5)
111. Levey, A. S., Coresh, J., Bolton, K., Culeton, B., Harvey, K. S., Ikizler, T. A., Johnson, C. A., Kausz, A., Kimmel, P. L., Kusek, J., Levin, A., Minaker, K. L., Nelson, R., Rennke, H., Steffes, M., Witten, B., Hogg, R. J., Furth, S., Lemley, K. V., ... Briggs, J. (2002). K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: Evaluation, classification, and stratification. *American Journal of Kidney Diseases*, 39(2 SUPPL. 1), i-ii+S1-S266.
112. Li, L., Pan, M., Pan, S., Li, W., Zhong, Y., Hu, J., & Nie, S. (2020). Effects of insoluble and soluble fibers isolated from barley on blood glucose, serum lipids, liver function and caecal short-chain fatty acids in type 2 diabetic and normal rats. *Food and Chemical Toxicology*, 135, 110937. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110937>

113. Lin, R., Horsley, R. D., & Schwarz, P. B. (2009). Methods to Determine Dormancy and Preharvest Sprouting Resistance in Barley. *Crop Science*, 49(3), 831-840. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.11.0652>
114. López P, P., Prieto G, F., Gaytán M, M., & Román G, A. D. (2007). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE DIFERENTES VARIEDADES DE CEBADA CULTIVADAS EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO. *Revista chilena de nutrición*, 34(1), 71-77. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182007000100008>
115. Luis, D. A. de, Bachiller, P., Izaola, O., Eiros Bouza, J. M., & Aller, R. (2001). Estado nutricional de pacientes infectados por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). *Anales de Medicina Interna*, 18(12), 619-623.
116. Lyman, J. L. (1986). Blood Urea Nitrogen and Creatinine. *Emergency Medicine Clinics of North America*, 4(2), 223-233. [https://doi.org/10.1016/S0733-8627\(20\)30997-4](https://doi.org/10.1016/S0733-8627(20)30997-4)
117. M. R. Lotfy, T., F. Agamy, N., & M. Younes, N. (2021). The effect of germination in barely on its chemical composition, nutritional value and rheological properties. *Journal of Health Engineering*, 37(2), 81-108. <https://doi.org/10.21608/jhe.2021.178699>
118. Manuel, R. R., Víctor. (2020). *Temas selectos de química 2*. Grupo Editorial Patria.
119. Marquez, M. A. C. (2024). *Manual de función renal y enfermedades renales más frecuentes*. Editorial Alfil.
120. Martínez, D. I. C. (2016). *Nutrición Cronobiológica Y Bioenergética (Edición a Color): El Eslabón Perdido De La Alimentación*. Palibrio.
121. Martínez Martínez, H. (2020). *Esquema de financiamiento en agricultura por contrato de cebada maltera en México*. <http://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/518>

122. Martínez-Castelao, A., Górriz, J. L., Bover, J., Segura-de la Morena, J., Cebollada, J., Escalada, J., Esmatjes, E., Fácila, L., Gamarra, J., Gràcia, S., Hernández-Moreno, J., Llisterri-Caro, J. L., Mazón, P., Montañés, R., Morales-Olivas, F., Muñoz-Torres, M., de Pablos-Velasco, P., de Santiago, A., Sánchez-Celaya, M., ... Tranche, S. (2014). Documento de consenso para la detección y manejo de la enfermedad renal crónica. *Atencion Primaria*, *46*(9), 501-519. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2014.09.002>
123. Milani, D. A. Q., & Jialal, I. (2023). Urinalysis. En *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK557685/>
124. Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A., & Kanter, M. (2000). Antioxidant Content of Whole Grain Breakfast Cereals, Fruits and Vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, *19*(sup3), 312S-319S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718966>
125. Moumou, M., Mokhtari, I., Milenkovic, D., Amrani, S., & Harnafi, H. (2023). Carob (*Ceratonia siliqua* L.): A Comprehensive Review on Traditional Uses, Chemical Composition, Pharmacological Effects and Toxicology (2002-2022). *Journal of Biologically Active Products from Nature*, *13*(3), 179-223. <https://doi.org/10.1080/22311866.2023.2237481>
126. Müller, C. P., Hoffmann, J. F., Ferreira, C. D., Diehl, G. W., Rossi, R. C., & Ziegler, V. (2021). Effect of germination on nutritional and bioactive properties of red rice grains and its application in cupcake production. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *25*, 100379. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100379>
127. Mustafa, R. (2012). *Effect of Some Levels from Ginseng, Barley and Carob on Lipid Profile and Kidney Functions of Rats Fed on High Fructose Diets*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28341.37602>
128. Naliyadhara, N., Kumar, A., Girisa, S., Daimary, U. D., Hegde, M., & Kunnumakkara, A. B. (2022). Pulsed electric field (PEF): Avant-garde extraction

- escalation technology in food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 238-255. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.019>
129. Naseri, M., Sereshki, Z. K., Ghavami, B., Zangii, B. M., Kamalinejad, M., Moghaddam, P. M., Asghari, M., Hasheminejad, S. A., Emadi, F., & Ghaffari, F. (2021). Preliminary results of effect of barley (*Hordeum vulgare* L.) extract on liver, pancreas, kidneys and cardiac tissues in streptozotocin induced diabetic rats. *European Journal of Translational Myology*, 32(1), 10108. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2022.10108>
130. Ng, V. (2002). Effects of Disease on Clinical Laboratory Tests, 4th Edition, Vol. 1 and 2. D.S. Young and R.B. Friedman, eds. Washington, DC: AACC Press, 2001, \$199.00 (\$159.00 AACC members), softcover. ISBN 1-890883-45-X. *Clinical Chemistry*, 48(4), 682-683. <https://doi.org/10.1093/clinchem/48.4.682a>
131. NS Jabary, D. M. (2006). Creatinina serica y aclaramiento de creatinina para la valoracion de la funcion renal en hipertensos. *Nefrología*, 26(1), 64-73.
132. Obadi, M., Sun, J., & Xu, B. (2021). Highland barley: Chemical composition, bioactive compounds, health effects, and applications. *Food Research International*, 140, 110065. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110065>
133. Ortiz, L. T., Velasco, S., Treviño, J., Jiménez, B., & Rebolé, A. (2021). Changes in the Nutrient Composition of Barley Grain (*Hordeum vulgare* L.) and of Morphological Fractions of Sprouts. *Scientifica*, 2021(1), 9968864. <https://doi.org/10.1155/2021/9968864>
134. Park, S. C., Wu, Q., Ko, E., Baek, J. H., Ryu, J., Kang, S., Sung, M. K., Cho, A.-R., & Jang, Y. P. (2021). Secondary metabolites changes in germinated barley and its relationship to anti-wrinkle activity. *Scientific Reports*, 11(1), 758. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80322-0>
135. Pessarakli, M. M., Morgan, P. V., & Gilbert, J. J. (2005). Dry-Matter Yield, Protein Synthesis, Starch, and Fiber Content of Barley and Wheat Plants Under

- Two Irrigation Regimes. *Journal of Plant Nutrition*, 28(7), 1227-1241.
<https://doi.org/10.1081/PLN-200063262>
136. Pirahanchi, Y., & Sharma, S. (2025). Biochemistry, Lipase. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537346/>
137. Porbén, S. S. (2014). Valores locales de referencia para la excreción urinaria de creatinina: Una actualización. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 24(2), 220-230.
138. Ramakrishnan, N., & Jialal, I. (2025). Bence-Jones Protein. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541035/>
139. Ramírez-Navas, J. (2007). Liofilización de alimentos. *Revista ReCiTeIA*, 6, 1-39.
140. Rani, H., & Bhardwaj, R. D. (2021). Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer”. *Journal of Food Science*, 86(8), 3322-3340.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15858>
141. Rayner, H., Thomas, M., & Milford, D. (2016). *Kidney Anatomy and Physiology* (pp. 1-10). https://doi.org/10.1007/978-3-319-23458-8_1
142. Riella, M. C., & Martins, C. (2003). *Nutrición y riñón*. Ed. Médica Panamericana.
143. Ruskovska, T., Maksimova, V., & Milenkovic, D. (2020). Polyphenols in human nutrition: From the in vitro antioxidant capacity to the beneficial effects on cardiometabolic health and related inter-individual variability – an overview and perspective. *British Journal of Nutrition*, 123(3), 241-254.
<https://doi.org/10.1017/S0007114519002733>
144. Salvador Badui Dergal. (2006). *Química de los alimentos*.
145. Sánchez Martínez, C., Torres González, L., Alarcón Galván, G., Muñoz Espinosa, L. E., Zapata Chavira, H., Moreno Peña, D. P., Nañez Terreros, H., Pérez Rodríguez, E., Garza Ocañas, L., Guzmán de la Garza, F. J., & Cordero

- Pérez, P. (2020). Actividad antiinflamatoria y antioxidante de los α -cetoanálogos de aminoácidos esenciales en un modelo de daño por isquemia-reperfusión en ratas Wistar. *Biomédica. Revista del Instituto Nacional de Salud*, 40(2), 336-348.
146. Sands, J. M. (1999). Regulation of renal urea transporters. *Journal of the American Society of Nephrology: JASN*, 10(3), 635-646. <https://doi.org/10.1681/ASN.V103635>
147. Saray, A., Mesihovic, R., Vanis, N., & Amila, M. (2017). Protein C Deficiency in Chronic Hepatitis C: Correlation With Histological Extent of Liver Fibrosis. *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, 23(1), 72-77. <https://doi.org/10.1177/1076029615587356>
148. Sarkar, A., & Ghosh, U. (2017). Effect of extraction temperature and technique on phenolic compounds and antioxidant activity of. *Research Journal of Applied Sciences*, 06, 10-15.
149. Savory, J., Pu, P. H., & Sunderman, F. W., Jr. (1968). A Biuret Method for Determination of Protein in Normal Urine. *Clinical Chemistry*, 14(12), 1160-1171. <https://doi.org/10.1093/clinchem/14.12.1160>
150. Schrier, R. W. (2007). *Diseases of the Kidney and Urinary Tract*. Lippincott Williams & Wilkins.
151. Segura, J., & Ruilope, L. M. (2013). Contribución del riñón en la homeostasis de la glucosa. *Medicina Clínica*, 141, 26-30. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(13\)70060-5](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(13)70060-5)
152. Seijas, M., Baccino, C., Nin, N., & Lorente, J. A. (2014). Definición y biomarcadores de daño renal agudo: Nuevas perspectivas. *Medicina Intensiva*, 38(6), 376-385. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2013.09.001>
153. Selleck, M. J., Senthil, M., & Wall, N. R. (2017). Making Meaningful Clinical Use of Biomarkers. *Biomarker Insights*, 12, 1177271917715236. <https://doi.org/10.1177/1177271917715236>

154. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
155. Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
156. Shewry, P. R. (2014). Chapter 7 - Minor Components of the Barley Grain: Minerals, Lipids, Terpenoids, Phenolics, and Vitamins. En P. R. Shewry & S. E. Ullrich (Eds.), *Barley (Second Edition)* (pp. 169-192). AACCC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-79-3.50007-X>
157. Shewry, P. R., & Ullrich, S. E. (2014). *Barley: Chemistry and Technology, Second Edition*. Elsevier.
158. Shi, L., Zhao, W., Yang, Z., Subbiah, V., & Suleria, H. A. R. (2022). Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. *Environmental Science and Pollution Research International*, 29(54), 81112-81129. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23337-6>
159. SIAP|Intención de Siembra y de Cosecha. (s. f.). Recuperado 31 de julio de 2025, de <https://nube.agricultura.gob.mx/agroprograma/>
160. Silva, N. D. S., De Melo, B. S. T., Oliva, A., & de Araújo, P. S. R. (2024). Sonication protocols and their contributions to the microbiological diagnosis of implant-associated infections: A review of the current scenario. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14, 1398461. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1398461>
161. Škrovánková, S., Mišurcová, L., & Machů, L. (2012). Antioxidant activity and protecting health effects of common medicinal plants. *Advances in Food and Nutrition Research*, 67, 75-139. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394598-3.00003-4>

162. Sologubik, C. A., Campañone, L. A., Pagano, A. M., & Gely, M. C. (2013). Effect of moisture content on some physical properties of barley. *Industrial Crops and Products*, 43, 762-767. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.019>
163. SPINREACT MÉXICO - Spinreact. (s. f.). Recuperado 4 de septiembre de 2024, de https://www.spinreact.com/es/cas/_spinreact-mexico.html#accept
164. Stacey, P., O'Kiely, P., Hackett, R., Rice, B., & O'Mara, F. P. (2006). Changes in Yield and Composition of Barley, Wheat and Triticale Grains Harvested during Advancing Stages of Ripening. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 45(2), 197-209.
165. Süzek, H., Çelik, İ., & Doğan, A. (2017). *Nephroprotective Hepatoprotective Potential and Antioxidant Role of Carob Pods (Cerotonia siliqua L.) against Carbon Tetrachloride-induced Toxicity in Rats.* <https://doi.org/10.5530/ijper.51.2.37>
166. Taal, M. W., Chertow, G. M., Marsden, P. A., Skorecki, K., Yu, A. S. L., & Brenner, B. M. (2011). *Brenner and Rector's The Kidney E-Book*. Elsevier Health Sciences.
167. Tamayo y Orozco, J. A. (2016). *La enfermedad renal crónica en México Hacia una política nacional para enfrentarla*. 98.
168. Téllez Ramos, C. M., Florian, D. A., & Reyes Garay, N. (2023). Factores asociados a enfermedad renal crónica en el hospital Carlos Roberto Huembes. *Revista Torreón Universitario*, 12(35), 93-100.
169. Thews, G., & Mutschler, E. (1983). *Anatomía, fisiología y pato fisiología del hombre*. Reverte.
170. THORNE, G. N., FORD, M. A., & WATSON, D. J. (1967). Effects of Temperature Variation at Different Times on Growth and Yield of Sugar Beet and Barley. *Annals of Botany*, 31(1), 71-101. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084133>

171. Tomaso, J. C. (2008). *Cereales menores de invierno*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27683>
172. Tricase, C., Amicarelli, V., Lamonaca, E., Rana, R. L., Tricase, C., Amicarelli, V., Lamonaca, E., & Rana, R. L. (2018). Economic Analysis of the Barley Market and Related Uses. En *Grasses as Food and Feed*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.78967>
173. Van de Velde, F., Méndez-Galarraga, M. P., Albarracín, M., Garzón, A. G., Aquino, M., Cian, R. E., Vinderola, G., & Drago, S. R. (2025). Exploring the effects of barley (*Hordeum vulgare* L.) germination on chemical composition, phytic acid, and potential malt prebiotic properties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 138, 107016. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.107016>
174. Van Hung, P. (2016). Phenolic Compounds of Cereals and Their Antioxidant Capacity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(1), 25-35. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.708909>
175. Wang, J., Chen, Y., Zhang, Y., Zhang, Y., Ai, Y., Feng, Y., Moody, D., Diggle, A., Damon, P., & Rengel, Z. (2021). Phenotyping and Validation of Root Morphological Traits in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy*, 11(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081583>
176. Wang, L., Skjevrak, G., Hustad, J. E., Grønli, M., & Skreiberg, Ø. (2012). Effects of Additives on Barley Straw and Husk Ashes Sintering Characteristics. *Energy Procedia*, 20, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.03.005>
177. Wang, S., Zhou, S., Wang, L., Liu, X., Ma, Y., Tong, L., Zhang, Y., & Wang, F. (2022). Effect of an Environment Friendly Heat and Relative Humidity Approach on γ -Aminobutyric Acid Accumulation in Different Highland Barley Cultivars. *Foods*, 11(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/foods11050691>
178. Weiner, I. D., Mitch, W. E., & Sands, J. M. (2015). Urea and Ammonia Metabolism and the Control of Renal Nitrogen Excretion. *Clinical Journal of the*

- American Society of Nephrology: CJASN*, 10(8), 1444-1458.
<https://doi.org/10.2215/CJN.10311013>
179. White, L. B. (2002). *El recetario herbario: Las mejores alternativas naturales a los medicamentos*. Rodale.
180. Williams, A., Manoharan, L., Rosenstock, N. P., Olsson, P. A., & Hedlund, K. (2017). Long-term agricultural fertilization alters arbuscular mycorrhizal fungal community composition and barley (*ordeum vulgare*) mycorrhizal carbon and phosphorus exchange. *New Phytologist*, 213(2), 874-885.
<https://doi.org/10.1111/nph.14196>
181. Williamson, G. (2017). The role of polyphenols in modern nutrition. *Nutrition Bulletin*, 42(3), 226-235. <https://doi.org/10.1111/nbu.12278>
182. Wotango, E. M., & Kanido, C. K. (2024). Nutritional value and mineral content analysis of selected landrace barley (*Hordeum vulgare L*) varieties grown in highland area of Wolaita zone, Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101079. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101079>
183. Yan, W., Yao, H., Nie, S., & Li, Y. (2016). Mineral analysis of hullless barley grown in different areas and its β -glucan concentrates. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1186139. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1186139>
184. Yu, A. S. L., Chertow, G. M., Luyckx, V., Marsden, P. A., Skorecki, K., & Taal, M. W. (2021). *Brenner y Rector. El riñón*. Elsevier Health Sciences.
185. Zachariah, S., Kumar, K., Lee, S. W. H., Choon, W. Y., Naeem, S., & Leong, C. (2019). Chapter 7—Interpretation of Laboratory Data and General Physical Examination by Pharmacists. En D. Thomas (Ed.), *Clinical Pharmacy Education, Practice and Research* (pp. 91-108). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814276-9.00007-6>

186. Zaias, J., Mineau, M., Cray, C., Yoon, D., & Altman, N. H. (2009). Reference Values for Serum Proteins of Common Laboratory Rodent Strains. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science : JAALAS*, 48(4), 387-390.
187. Zeng, Y., Pu, X., Du, J., Yang, X., Li, X., Mandal, Md. S. N., Yang, T., & Yang, J. (2020). Molecular Mechanism of Functional Ingredients in Barley to Combat Human Chronic Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, 1-26. <https://doi.org/10.1155/2020/3836172>
188. Zhang, G., Xu, Z., Gao, Y., Huang, X., Zou, Y., & Yang, T. (2015). Effects of Germination on the Nutritional Properties, Phenolic Profiles, and Antioxidant Activities of Buckwheat. *Journal of Food Science*, 80(5). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12830>
189. Zhao, S., Qiu, C., Zhang, T., Hu, X., Zhao, Y., Cheng, X., Ma, Y., Qie, M., & Chen, C. (2022). Effects of Fertilizer on the Quality and Traceability of Tibet highland Barley (*Hordeum vulgare* L.): A Diagnosis Using Nutrients and Mineral Elements. *Foods*, 11(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/foods11213397>
190. Zhu, W., Liu, Y., Lan, Y., Li, X., Luo, L., Duan, X., Lei, M., Liu, G., Yang, Z., Mai, X., Sun, Y., Wang, L., Lu, S., Ou, L., Wu, W., Mai, Z., Zhong, D., Cai, C., Zhao, Z., ... Zeng, G. (2019). Dietary vinegar prevents kidney stone recurrence via epigenetic regulations. *EBioMedicine*, 45, 231-250. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2019.06.004>
191. Zimmermann, A. M., Rivero, A. C., Bezerra, A. S., Ruviano, A. R., Novack, M. M. E., & Nörnberg, J. L. (2013). Antioxidant potential of barley extract in rats subjected to a high-fat diet. *Food Science and Technology*, 33, 167-171. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000024>