



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

“COMPOSICIÓN NUTRICIA DEL RESIDUO PROVENIENTE DE
CUATRO VARIEDADES DE UVA EMPLEADAS EN LA
VINIFICACIÓN PARA SU POSIBLE USO EN LA
ALIMENTACIÓN ANIMAL”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A :
LAURA JULIETA LEAL REYES



MÉXICO, D.F.



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

2005.

m. 347801



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado Asignado

Presidente Prof. Ángela Sotelo López
Vocal Prof. Lucía Cornejo Barrera
Secretario Prof. Bertha Julieta Sandoval Guillén
1er Suplente Prof. Francisco Ruíz Terán
2do. Suplente Prof. María Teresa Plata Jiménez

A. Encargo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Laura Julieta Leal Reyes

FECHA: 14 de septiembre de 2005

FIRMA: Laura Julieta Leal Reyes

Sitio donde se desarrolló el tema:

Departamento de Farmacia. Facultad de Química. Conjunto "E" Laboratorio 111
Universidad Nacional Autónoma de México.



M. en C. Ángela Sotelo López
Asesor



M. en C. Rosa María Argote Espinosa
Supervisor Técnico



Laura Julieta Leal Reyes
Sustentante

Querido Dios

*Gracias por permitirme disfrutar de este mundo.
Tu amor siempre lo he tenido, tu has llenado mi entorno con él.
No veo el viento pero lo siento cuando acaricia mi cara o se enreda en mi pelo.
Así estás Tú, junto a mí en todo momento.*

A mi Madre Julia Reyes Vidal:

*Porque gracias a ti soy quien hoy soy.
Por tu absoluta entrega y dedicación. Tu apoyo en cada instante, tu inmenso amor,
tu infinita paciencia, tu excelente disposición, por compartir conmigo tu tiempo y
enfocar todos tus esfuerzos hacia mí con el mayor de los agrados.
Por celebrar mis triunfos como si fueran tuyos y
ser el apoyo esencial en las adversidades.
Por convertirte en el ser que más aprecio en mi vida
con quien he vivido risas, llanto, intensas emociones y profundos sentimientos.
Por compartir conmigo la realización de este sueño, largamente acariciado.
Por ser mi cómplice y velar por la realización de mis metas.
En verdad gracias por hacerme participe de tu vida.*

A mi Padre Dr. Luis Gabriel Leal Díaz:

*Porque gracias a ti he podido llegar a culminar este sueño.
Por brindarme siempre palabras de aliento y enseñarme a visualizar
las adversidades como un reto más a superar.
Por impulsarme a seguir adelante ante cualquier obstáculo.
Por demostrarme que la perseverancia premia con grandes satisfacciones
los logros obtenidos.
Por ser un ejemplo de constancia y dedicación en el ámbito profesional.*

**A Silvia María Eugenia León Sánchez
In Memoriam**

*Gracias por permitirme compartir gratos momentos a tu lado.
En mi mente siempre está presente tu voz, aún logro recordarla en tus interpretaciones.
Aunque no sienta tus brazos, te percibo junto a mí.*

Al Dr. Martín Trujillo Figueroa

*Por brindarme su amistad durante este recorrido.
Por sus pláticas sobre la vida universitaria, sus consejos y sus valiosas enseñanzas.
Por su paciencia y el tiempo compartido.*

Agradecimientos

***A la Máxima Casa de Estudios y a la mejor Universidad de este país:
A la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.***

*Por darme la oportunidad de convertirme en profesionista y
poder disfrutar de las experiencias que ello conlleva.*

A la Casa Pedro Domecq® y a la Universidad Autónoma de Chapingo:

Por brindarnos las muestras necesarias para la realización de este proyecto.

A la Q. Araceli Tovar Tovar:

*Por su apoyo y valiosa colaboración en la determinación de metales de importancia
nutrimental por absorción atómica.*

A PROBETEL

Por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto.

A CONACYT-SNI

Por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto.

A mi Asesor:

M. en C. Ángela Sotelo López

Gracias por permitirme participar en este proyecto, brindarme su confianza y su apoyo.

A mi Supervisor Técnico:

M. en C. Rosa María Argote Espinosa

Gracias, por tu invaluable apoyo, por ser mi guía en este trayecto, por el tiempo que me dedicaste, por tu confianza, por brindarme tu valiosa amistad, por contagiarme de tu alegría y compartir momentos tan amenos conmigo.

A la Sra. Vicky:

Por sus atenciones y sus comentarios. Por brindarme momentos de alegría.

A mis compañeras de laboratorio

*En especial a Ofelia Carreón, por ser una excelente compañera y amiga.
Ale García, Fabiola Vázquez y Gilda Canseco por llevar una convivencia
divertida día a día.*

A todos mis Profesores:

*Quienes me forjaron desde la niñez para poder llegar a culminar este objetivo.
Por haberme transmitido enseñanzas, conocimientos y vivencias.
De manera especial a aquellos que depositaron su confianza en mí y me apoyaron en las
adversidades.*

A todos mis compañeros y amigos

Con quienes compartí experiencias inolvidables durante este trayecto.

*A todas aquellas personas que a mi paso encontré y me brindaron su mano, me alentaron a
continuar, me obsequiaron en una sonrisa la energía para seguir,
de quienes hoy tengo su aprecio y confianza.*

A: Dr Rogelio Rodríguez Sotres y Maestra Mireya Rodríguez Penagos

*Por haberme permitido formar parte de su equipo de trabajo,
brindarme su confianza y su amistad.*

A: Biól. Lilián Valencia, Dra. Aurora Lara y Q.A. Eric Hernández

*Por el gusto de compartir momentos de trabajo y de amistad con ustedes.
Por hacer de las comidas momentos memorables.
Por todas las vivencias que hoy juntos recordamos.
Por haberme otorgado su incondicional apoyo.*

A mis entrañables amigas

*A Paola Mendoza "Paoxina" gracias por tu infinito apoyo, por compartir conmigo
momentos alegres y difíciles, por tu incondicional amistad.
Por hacer amenas las horas de clase y las libres.*

*A Lorena Valadez "mi Lore" Niñota, me congratulo de contar con tu amistad, que es motivo
para celebrarla siempre, gracias por acordarte de mi aún en la distancia,
nuestra amistad no conoce fronteras.*

*A Olivia Zamora "Oli" gracias por las experiencias compartidas, las aventuras vividas por
dedicarme parte de tu tiempo y por todas tus atenciones.*

*A Naimeth Ramos "Naim" en verdad gracias por anteponer la amistad a la distancia, por no
perder el contacto y por demostrarme que nuestra amistad traspasa fronteras.*

*A Isela Martínez "Ise" gracias por tu paciencia y por dedicarme ratos de tu tiempo, por
mantener la convivencia y seguirla acrecentando.*

A mis amigas y amigos por siempre:

*Haydée Cruz, Erika García, Erika Almeraya, Mara Barajas, Valentina Andrade,
Vero Jurado y Leonor Cuevas.*

*Oscar Yáñez, Miguel Hernández, Ricardo Mejía, Christian Vázquez, Efraín Mora,
Efraín Olivos y Yuri Sebastián*

*Les agradezco su apoyo, su comprensión, cariño, confianza y por darme la oportunidad de
haber compartido con ustedes este tiempo.
Es un privilegio contar con su amistad.*

ÍNDICE GENERAL

TEMA	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	5
ANTECEDENTES	6
1. <i>La vid y el proceso de vinificación</i>	6
2. <i>Vinificación</i>	11
3. <i>Vinificación en blanco</i>	14
4. <i>Producción de vino en México</i>	15
5. <i>Producción de vino a nivel mundial</i>	17
6. <i>Industria vitivinícola como generadora de residuos</i>	20
7. <i>Impacto de la alimentación animal en la humana</i>	25
8. <i>Los alimentos como fuentes de nutrimentos</i>	26
9. <i>El residuo como una fuente viable de nutrimentos</i>	26
10. <i>Vías de empleo del residuo en la alimentación animal</i>	33
HIPÓTESIS	38
METODOLOGÍA	39
1. <i>Información acerca de la muestra</i>	39
2. <i>Estrategia experimental</i>	40
3. <i>Análisis proximal</i>	42
4. <i>Determinación de azúcares reductores (directos y totales)</i>	45
5. <i>Determinación de digestibilidad in vitro para rumiantes</i>	50
6. <i>Determinación de minerales de importancia nutrimental por absorción atómica: calcio, cobre, magnesio, manganeso, cromo, potasio, sodio y zinc.</i>	55
7. <i>Determinación de hierro</i>	59
8. <i>Determinación de fósforo</i>	63
9. <i>Determinación de triptofano</i>	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
1. <i>Composición proximal</i>	68
2. <i>Contenido de azúcares (reductores directos y totales)</i>	72
3. <i>Prueba de digestibilidad</i>	76
4. <i>Contenido de minerales de importancia nutrimental</i>	79
5. <i>Contenido de triptofano</i>	84
CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXO	93

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Título	Página
Tabla 1.	<i>Producción mundial de uvas en el año 2001(miles de qs)</i>	18
Tabla 2.	<i>Producción mundial de vino en el 2001 (miles de hL)</i>	19
Tabla 3.	<i>Composición proximal de los hollejos de uva</i>	21
Tabla 4.	<i>Composición proximal de las semillas de uva</i>	22
Tabla 5.	<i>Composición proximal de los sarmientos de uva</i>	22
Tabla 6.	<i>Requerimientos nutricionales para animales en la etapa de desarrollo</i>	36
Tabla 7.	<i>Requerimientos de aminoácidos indispensables en la producción animal</i>	37
Tabla 8.	<i>Cantidad final de cada variedad a analizar</i>	41
Tabla 9.	<i>Parámetros instrumentales empleados en la determinación de minerales por absorción atómica</i>	58
Tabla 10.	<i>Análisis proximal de las muestras estudiadas en base húmeda g / 100 g</i>	68
Tabla 11.	<i>Análisis proximal de las muestras estudiadas en base seca g / 100 g</i>	69
Tabla 12.	<i>Contenido de azúcares presentes en los residuos de vid en base húmeda g / 100 g</i>	72
Tabla 13.	<i>Digestibilidad del residuo de vid con líquido ruminal g /100 g de muestra en base húmeda</i>	76
Tabla 14.	<i>Contenido de los minerales de importancia nutricional en las muestras de residuo de vid mg / 100g muestra estudiada en base húmeda</i>	79
Tabla 15.	<i>Contenido de Hierro y Fósforo en las muestras de residuo de vid mg / 100 g de muestra en base húmeda</i>	80
Tabla 16.	<i>Contenido de triptofano en el residuo de vid mg / 100g proteína</i>	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Título	Página
<i>Figura 1.</i>	<i>Partes de la vid</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2.</i>	<i>Zonas vitícolas de México</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3.</i>	<i>Diagrama general de trabajo</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4.</i>	<i>Extracción del líquido ruminal proveniente de un animal fistulado</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5.</i>	<i>Acercamiento de la fistula del rumiante</i>	<i>52</i>
<i>Figura 6.</i>	<i>Al término de la extracción del líquido ruminal</i>	<i>52</i>
<i>Figura 7.</i>	<i>Curva patrón de glucosa y ecuación de regresión para la determinación de hidratos de carbono (reductores directos)</i>	<i>93</i>
<i>Figura 8.</i>	<i>Curva patrón de azúcar invertido y ecuación de regresión para la determinación de hidratos de carbono después de la inversión</i>	<i>93</i>
<i>Figura 9.</i>	<i>Curva patrón y ecuación de regresión para la determinación de hierro en el residuo de vid</i>	<i>94</i>
<i>Figura 10.</i>	<i>Curva patrón y ecuación de regresión para la determinación de fósforo en el residuo de vid</i>	<i>94</i>
<i>Figura 11.</i>	<i>Curva patrón y ecuación de regresión para la determinación de triptofano en el residuo de vid</i>	<i>95</i>

RESUMEN

La vitivinicultura es una actividad importante en el Noroeste de nuestro país, donde 33,500 ha son cultivadas con diversas variedades de uva generando aproximadamente 270, 000 tons de residuo agroindustrial al año. Actualmente este residuo se quema en el campo eliminando así, la presencia de fitopatógenos, sin embargo, causa daño ambiental, ecológico, y riesgos a la salud humana debido a los productos generados en la combustión; es por ello que surge la necesidad de darle una aplicación y un tratamiento adecuados que eviten el problema ambiental que genera.

En este proyecto de investigación se dan a conocer los resultados del estudio químico (análisis proximal) del agros residuo proveniente de 4 variedades de uva empleadas en la vinificación, específicamente dos variedades blancas: Chenin blanc y Riesling así como dos variedades tintas: Cabernet sauvignon y Rubi cabernet. Entre sí, las muestras presentan una composición proximal similar, pero destacan aspectos específicos para cada una de ellas, la variedad Chenin blanc presenta los valores más bajos de grasa y proteína, en contraste, la variedad Rubi cabernet (roja) presenta los valores más altos de estos componentes.

La estrategia experimental empleada para evaluar la factibilidad del residuo en la alimentación animal, consistió en cuantificar los nutrimentos presentes en la muestra, para ello se hizo un análisis proximal, cuantificándose humedad, grasa, proteína, cenizas, e hidratos de carbono por diferencia.

Así mismo se analizaron los hidratos de carbono, cuantificando azúcares reductores directos y reductores después de la hidrólisis, se cuantificaron los minerales de importancia nutrimental mediante espectroscopía (colorimetría) y por absorción atómica.

Debido a que se encontró que el residuo es una buena fuente de nutrimentos, resultó ser de proporciones semejantes a las de un cereal, en lo referente al contenido de grasa y de proteína, éstas características representan una razón de peso en la

utilización del residuo en la alimentación animal por lo que para considerarlo como una alternativa viable, se hicieron pruebas de digestibilidad *in vivo* de éste. Se eligió efectuar la prueba de digestibilidad *in vivo* a los rumiantes ya que el residuo contiene una proporción alta de fibra, y esta población aprovecha eficientemente este componente.

En el residuo se encontró un contenido adecuado de minerales de importancia nutrimental en la producción animal. Existe una relación óptima entre las cantidades de calcio y fósforo. El magnesio, potasio, cromo y cobre se encuentran en cantidad suficiente por lo que no es necesario complementarse mientras que el zinc y sodio se encuentran en baja proporción por lo que es conveniente complementarse.

Se cuantificó el contenido de triptofano en la muestra, ya que este aminoácido aromático es esencial en los monogástricos, si se pretende destinar el residuo también a este sector de la producción animal, por el contrario, para el caso de los rumiantes, ningún aminoácido resulta esencial.

INTRODUCCIÓN

La vitivinicultura es una actividad importante en nuestro país pues la producción de vinos y licores es elevada, como lo es también la generación de sus residuos, por ello es necesario tratar y emplear adecuadamente el residuo que se genera. El agroresiduo está constituido por el hollejo, la semilla, y el sarmiento, en conjunto se le denomina orujo; se obtiene del prensado suave de la uva. El residuo de vid, al igual que la mayoría de los subproductos agroindustriales, contienen un potencial de uso que en pocas ocasiones es valorado y aprovechado, en la mayoría de los casos no se ha propuesto el reuso por lo cual se han convertido en contaminantes.

Debido a los altos costos de manejo y transportación que los residuos agroindustriales implican, se ha restringido su uso, sin embargo, al emplearse como fuentes de alimentación animal el costo no es tan elevado. Para el caso del agroresiduo de vid, es factible emplearlo para la alimentación animal; en especial en períodos de sequía generalmente se presentan de diciembre a mayo cuando la escasez de forraje es inminente. El planteamiento del aprovechamiento del orujo resulta una solución ante la indisponibilidad de pastos y forrajes. Sin embargo, poco se ha estudiado acerca de ello, hasta el momento sólo se ha reportado la existencia de factores antinutrimientales tales como los compuestos fenólicos denominados taninos. Existe un trabajo previo a este en el cual sólo se analizó una variedad de uva, así mismo se analizaron de manera complementaria los factores antinutrimientales y factores tóxicos presentes en las cuatro variedades estudiadas en este proyecto, a fin de valorar de manera integral la posible inclusión del residuo en la alimentación animal.

Antes de incluir un agroresiduo en la formulación de alimentos destinados a la producción animal, se requiere evaluar además de su composición química, sus propiedades físicas y fisiológicas, ya que de ellas dependerá el uso al que se les destine.

De entre las variedades de uva empleadas en la elaboración de vino de calidad se incluyen las variedades analizadas en este trabajo, mismas que han sido propagadas por cientos de años e inclusive miles de años para algunos casos.

La finalidad de este trabajo consistió en conocer la composición química y efectuar pruebas de digestibilidad al agroresiduo de cuatro variedades de uva empleadas en la industria vitivinícola mexicana constituidas por dos variedades blancas: Chenin Blanc y Riesling y dos variedades tintas: Cabernet Sauvignon y Ruby Cabernet para considerar su posible aplicación en la alimentación animal. La utilización de subproductos está convirtiéndose en una medida que permite reducir costos en la alimentación animal, considerando lo anterior, se podrá determinar si el empleo del orujo de uva contribuye a disminuir los problemas nutricionales y económicos de la producción animal.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Conocer el valor nutricional y efectuar pruebas de digestibilidad al residuo de cuatro variedades de uva empleadas en la industria vitivinícola mexicana, específicamente las generadas en el estado de Baja California: Chenin Blanc y Riesling (variedades blancas) y Cabernet Sauvignon y Rubi Cabernet (variedades tintas). Proporcionadas por la Casa Pedro Domecq® provenientes del viñedo Valle de Guadalupe con la finalidad de evaluar su factible inclusión en la alimentación animal destinándose a animales monogástricos y/o rumiantes.

Objetivos Específicos:

- ✓ Evaluar la composición de las diferentes variedades del residuo en estudio mediante un análisis proximal.
- ✓ Conocer el contenido de azúcares reductores totales presentes en cada una de las variedades del residuo.
- ✓ Realizar pruebas de digestibilidad *in vitro* para animales rumiantes de cada una de las variedades del residuo.
- ✓ Determinar el contenido de minerales presentes en las cuatro variedades del residuo.
- ✓ Cuantificar el aminoácido triptofano contenido en las diferentes variedades del residuo.
- ✓ Comparar en base a los resultados obtenidos el aporte nutricional que presentan las variedades entre sí para valorar su posible uso en la alimentación animal.

ANTECEDENTES

En áreas agrícolas, cosechas como la correspondiente a la de uva se genera en cantidades exorbitantes, en México se acumulan 270,000 ton del residuo agroindustrial anualmente.¹

El manejo que recibe este residuo actualmente es la incineración, en la cual, la lignina, que es el principal componente en los residuos agroindustriales, produce hidrocarburos aromáticos policíclicos, tales como: los benzopirenos, el catecol, la hidroquinona, el fenantreno y el naftaleno; al ser degradada por la acción del calor en presencia de oxígeno. Estos compuestos pueden inhibir la síntesis de ADN e inducir tumores cancerosos en hígado, pulmón, laringe y cérvix, tanto en animales como en humanos,² motivo por el cual se pretende evitar la combustión y se propone la alternativa de emplear los orujos como fuente importante para la alimentación animal.

³ Con base a lo anterior ésta tesis se enfoca en la utilización del orujo de uva, para ello es necesario conocer las características de la uva y el proceso del cual se obtienen estos residuos, ya que lo que actualmente se considera un producto de desecho, bien puede ser una fuente de alimentación que ofrezca ventajas económicas y nutrimentales si se le procesa adecuadamente.

1. LA VID Y EL PROCESO DE VINIFICACIÓN

La vid es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia de las vitáceas. La especie *Vitis vinifera* es el resultado de varios cruzamientos naturales, es la que mayoritariamente se explota actualmente a nivel mundial. El fruto que produce es la uva, que se emplea en la obtención del vino y otras bebidas alcohólicas así mismo presenta excelentes cualidades para su consumo en fresco, para la elaboración de pasas y la obtención del jugo.^{4,5}

Las partes que conforman a la planta son: la **raíz** cuya función es de sostén y absorción de nutrimentos. El conjunto de raíces conforma el sistema radicular de la planta. El **tallo** es la parte aérea de la vid cuyas ramificaciones gruesas y maduras se

denominan **sarmientos**. Se les conoce como **zarcillos** a las ramificaciones delgadas del tallo. Las **hojas** se unen al tallo a través del pedúnculo.

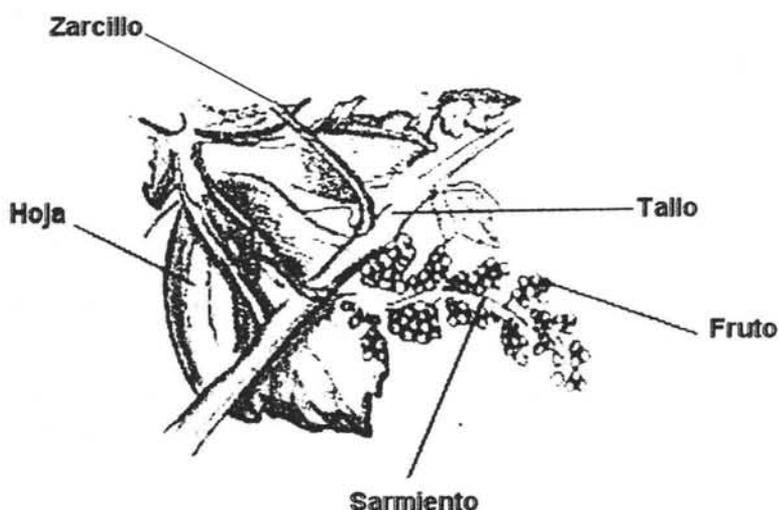


Figura 1. Partes de la vid.

El fruto se compone de 88% de pulpa, 8% de hollejo y 4% de semillas, las funciones del jugo son hidratar, sostener y nutrir al fruto. El fruto está constituido por el hollejo o cáscara, brinda protección y aroma característico a cada especie; la pulpa que es jugosa e incolora, se compone principalmente de azúcares y ácidos, el sabor de la uva puede modificarse por factores como el clima y el suelo. Las semillas se localizan al centro de la pulpa, generalmente son dos en cada fruto, principalmente contienen ácidos grasos. Sin embargo existen uvas que no poseen semillas, se denominan uvas apirenas o uvas castradas, este aspecto resulta benéfico en el sentido de que al ser estrujadas no se contamina el mosto de grasas y resinas, lo cual favorece el sabor del vino.⁶

Se ha reportado que los azúcares en uvas son principalmente glucosa y fructosa, que constituyen el 99% de los azúcares provenientes del prensado presentes en el mosto. En la uva madura oscilan del 12 al 26% en peso estos azúcares y se encuentran otros tales como: sacarosa, rafinosa, estaquiosa, melibiosa, maltosa y galactosa. El

principal azúcar translocado de las hojas al fruto es la sacarosa, al localizarse en el fruto es hidrolizado por la invertasa, en la etapa de maduración de la uva.⁷

La pulpa de la uva cercana al hollejo presenta una concentración baja en ácidos y alta en azúcares si se le compara con la pulpa que está vecina a las semillas. En particular durante la maduración la composición del fruto una vez que está turgente es: alta en azúcares y baja en acidez, hecho que se ha verificado al medir los componentes del jugo que se obtiene al efectuar el prensado. En el transcurso de la maduración se presenta un constante incremento en el porcentaje de azúcares, pero no ocurre a la misma velocidad; la glucosa es el azúcar predominante en el fruto inmaduro mientras que la fructosa lo es en el fruto ya maduro.

Los precursores en la obtención del alcohol son los azúcares, por lo que es deseable un alto contenido de ellos, principalmente de glucosa y fructosa. Inclusive se llegan a encontrar estos azúcares en los sarmientos de las uvas.⁸

A continuación se describen las cuatro variedades de uva analizadas en este trabajo.

Chenin blanc

Produce excelentes vinos, las uvas pueden madurar hasta los 25°Bx, el sabor y el aroma se pueden desarrollar después de la vendimia, es la variedad de uvas que más se encuentra en Borgoña, principalmente en la región de Chablis, el vino que produce esta variedad es ácido, la acidez total sobrepasa los 8 g/l, el pH está en el intervalo de 3.1 a 3.3 y su contenido alcohólico es de 11° GL.⁹ Es notable la acidez de esta variedad, esta característica proporciona larga vida a los vinos.

Riesling

Esta variedad produce vinos blancos con aroma afrutado, que para conservarse los mostos deben fermentarse a temperaturas bajas. Los vinos franceses de Alsacia se elaboran con mezclas de esta variedad y con Gewrztraminer. En Alemania predomina la siembra de esta variedad ocupando un 78% del cultivo total. Sin embargo se

producen vinos ácidos o frescos a los que la legislación local permite la adición de azúcar para la obtención del grado alcohólico.

La variedad Riesling provee vinos con una acidez alta y tendencia al oscurecimiento, por lo que requiere de gran atención el proceso de vinificación.⁹

Cabernet Sauvignon

Uva de gran aceptación, proviene de la cruce de las variedades Cabernet Franc (tinta) y la Sauvignon Blanc (blanca), se caracteriza por su buen sabor, aromaticidad y riqueza en taninos. Constituye el principal componente para el Médoc y el San Emilion en Francia. También produce los mejores tintos de California, México, Australia, América del Sur y Europa Oriental. Da un vino de bouquet especiado, pronunciado, buena acidez, buen color y un excelente balance, que requiere de envejecimiento y mezclas con otros caldos.

Las uvas son pequeñas, muy semilosas, casi esféricas y negras. La piel es correosa, de sabor pronunciado y característico.

Esta variedad está mejor adaptada a regiones frías del tipo I y II de la clasificación de Winkler, en donde desarrollan su máxima calidad. En cuanto a su producción, ésta puede ser hasta de 11 toneladas por hectárea. En México se producen vinos de esta variedad en Baja California, Querétaro y algunas mezclas en Zacatecas y Aguascalientes.⁹

Ruby Cabernet

Es un híbrido de Carignane y Cabernet Sauvignon, presenta mucho el aroma de la variedad Cabernet, pero adolece de la falta del sabor característico de ésta. Ruby Cabernet se produce bien en regiones del tipo II y III, en donde es utilizada para mejorar la calidad general de los vinos estándar. En México, el estado de Zacatecas es un buen ejemplo de esto.

Las uvas van de pequeñas a medianas, redondas con un sabor distintivo con tonos herbáceos.⁹

Se llama **vinificación** al proceso que conduce a la transformación de la uva en **vino**. Existen dos tipos de vinificación, la de los vinos de mesa (blanco, tinto y rosado) y las vinificaciones especiales (vinos generosos, espumosos, etc.). El proceso que se describe a continuación corresponde a los vinos de mesa.^{9,10,11}

VENDIMIA

El tiempo apropiado para realizar la cosecha varía dependiendo de los siguientes factores: variedad de la uva, región, estación del año, volumen de producción y posible uso de la vendimia.

Para fijar la fecha exacta del corte de la uva, es necesario determinar la madurez del fruto en el viñedo, utilizando los índices de madurez.

Se llaman *índices de maduración* a las relaciones propuestas para conocer el momento oportuno para efectuar la cosecha. Dentro de estas fórmulas las más empleadas son: la relación azúcar / acidez, propuesta en Italia por De Cellis, en donde los valores para variedades de uvas locales van de 3 a 5; y la de glucosa / fructosa, en donde ésta debe ser cercana a la unidad, para indicar que el fruto está listo para ser recolectado. Hasta el momento ninguno de los índices de maduración propuestos responde plenamente a su fin.

La uva destinada a la vinificación debe estar en buen estado físico y sanitario; sin golpes, sin ataque de insectos y/o de microorganismos. Se debe de evitar el calentamiento de la uva recolectada por su exposición al sol y de preferencia se debe procesar lo más rápidamente posible.

El transporte de la uva a la planta se efectúa en contenedores o tolvas.¹⁰

2. VINIFICACIÓN

La uva al llegar al lugar donde será procesada se someterá a dos procesos distintos en función del producto que se desee obtener: **Vinificación en tinto** o bien **vinificación en blanco**.

RECEPCIÓN

Es la primera operación en la elaboración del vino. Durante la recepción se llevan a cabo las siguientes actividades: Control de la variedad de las uvas y de su estado de sanidad, la entrada de las uvas entregadas y la descarga y el transporte de las uvas hacia las tolvas de dosificación para la extracción del mosto o jugo.¹¹

DESPALILLADO Y ESTRUJADO

Ambas operaciones se efectúan con el mismo equipo. El despallado permite la eliminación parcial o total del sarmiento y el estrujado consiste en reventar las bayas de la uva para permitir la salida del jugo que está contenido en las pequeñas vacuolas intercelulares, favoreciendo los fenómenos de difusión y disolución de los pigmentos que caracterizan al vino tinto. Estos compuestos se encuentran en la parte interna del hollejo y el estrujado facilita su salida debido a que la uva está lo suficientemente molida y, por lo tanto, se aumenta la superficie de contacto entre el mosto y los hollejos.¹¹

ELIMINACIÓN DEL ESCOBAJO

El sarmiento tiene la propiedad de absorber la materia colorante y el etanol en el mosto. Un exceso de éste tiende a provocar un aumento en la astringencia del vino.¹¹

ENCUBADO

Esta operación consiste en introducir el mosto en los recipientes o cubas en donde se van a llevar a cabo los procesos de sulfitado, de maceración-fermentación de bazuqueo, etc.¹²

SULFITADO

Consiste en la adición de anhídrido sulfuroso al vino en cualquiera de las siguientes formas: anhídrido sulfuroso gaseoso (SO_2), metabisulfito de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) o metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), este agente antiséptico inhibe el crecimiento bacteriano y permite la selección de las levaduras. Otra característica importante del anhídrido sulfuroso es su acción solubilizante y acidificante del mosto, ya que produce rápidamente la muerte de las células del hollejo y, por lo tanto, facilita los fenómenos de difusión y disolución en el proceso de maceración.^{12,13}

INÓCULO

En vinos tintos con maceración tradicional generalmente no es necesario el uso de un inóculo en particular.

La adición del inóculo se efectúa junto con el llenado de las tinas de fermentación para favorecer la dispersión de los microorganismos en el mosto, la cantidad que comúnmente se utiliza va del 3 al 5% en volumen de mosto a fermentar, siendo la concentración no menor de 10^6 microorganismos / mL.^{11,12}

FERMENTACIÓN-MACERACIÓN PARA VINOS TINTOS

La maceración consiste en la permanencia más o menos prolongada del mosto, en determinadas condiciones, en contacto con las partes sólidas del grano de la uva.

Durante la maceración las partes sólidas de la uva (hollejos, semillas y parte de la pulpa) ceden parcialmente al mosto sus constituyentes; es un proceso de extracción fraccionada que requiere atención, ya que las sustancias útiles como antocianinas, taninos y compuestos aromáticos, que imparten aromas y sabores agradables, emigran del hollejo antes que las indeseables (sustancias que imparten sabores amargos, herbáceos y acres). La maceración aporta al vino tinto sus cuatro características específicas: color, taninos, componentes del extracto y aroma.^{11,12,13}

DESCUBE

Es la operación que se realiza para separar el mosto fermentado de los orujos, el líquido se transporta por mangueras de 70 mm de diámetro al mosto separador; en

cuanto a los orujos, éstos son llevados a la prensa con el objeto de extraer el mosto que contengan.^{13,14}

AGOTAMIENTO DE ORUJOS

Se efectúa con prensas hidráulicas, a una presión de 3 a 4 kg / cm². El vino así extraído se caracteriza por su riqueza tánica. Este *vino de prensa* se puede juntar con el vino de yema o también terminarlo por separado.

FERMENTACIÓN

Después del descube se pasan los mostos de yema o de prensa a vasijas de fermentación cerradas, y de mayor capacidad que las de fermentación tumultosa; la cuba se llena hasta casi el borde, solamente se deja un pequeño espacio para evitar derramamientos del vino por efecto de la dilatación del líquido, debida al aumento de la temperatura y se tapa con un embudo de cierre hidráulico.

En esta etapa se da el acabado al vino, se agotan los azúcares residuales hasta dejar el vino seco, si así se desea; y cuando los hidratos de carbono llegan a 1.8 g / L la cuba se tapa y se cierra herméticamente.^{11,12}

ESTABILIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL VINO

Los vinos en general pueden sufrir alteraciones en su limpidez y/o composición, debido a problemas microbiológicos y a cambios de temperatura y aereación.

CLARIFICACIÓN

Es el proceso mediante el cual se eliminan del vino los compuestos que le impiden tener limpidez. La limpidez es una de las condiciones que los consumidores exigen de todo buen vino; la falta de ella es interpretada como señal de alteración y les previene contra el vino, por más que las cualidades gustativas permanezcan intactas.

Clarificación inducida o artificial:

Esta clarificación consiste en la incorporación al vino de determinadas sustancias de naturaleza coloidal, las que, floculando, se depositan lentamente arrastrando consigo

por adsorción y en parte por acción mecánica las partículas dispersas y suspendidas en el líquido, por lo que éste resulta límpido.^{9,10,11}

FILTRACIÓN

La filtración es la separación pura y simple de las sustancias sólidas en suspensión, obtenida al pasar el líquido a través de placas o tabiques de porosidad apropiada.

El proceso de filtración no debe de alterar el vino, éste debe conservar íntegros el color, aroma, *bouquet* y frescura.

AÑEJAMIENTO

Los vinos comunes necesitan un tiempo limitado, tan solo unos meses, para poder madurar; en cambio, los vinos finos deben sufrir un conjunto de procesos más o menos complejos, cuya evolución se prolonga en el tiempo y se identifica como periodo de añejamiento. Es importante resaltar que no todos los vinos pueden ser añejados, solamente aquellos de constitución química buena y equilibrada.

EMBOTELLADO

Al igual que para el añejamiento en madera, no todos los vinos son apropiados para una larga crianza en botella, pero eso sí, al término de su producción, el vino tiene que pasar a ésta ya que sólo en ella puede alcanzar su plena madurez. Así pues el vino termina su crianza en botella.^{9,10,11}

3. VINIFICACIÓN EN BLANCO

Si la uva se destina para la producción de vino blanco, el proceso de obtención es básicamente el mismo, salvo que presenta algunas variantes: Se le separa lo más pronto posible al jugo de los hollejos, los racimos son prensados y escurridos de inmediato dejando fluir el jugo para que se separe del escobajo; los hollejos y los escobajos pasan a la prensa para extraerles por completo el jugo, mismo que se deposita en las cubas de fermentación.⁵

4. PRODUCCIÓN DE VINO EN MÉXICO

La práctica de la vitivinicultura en México abarca actualmente más de 60 mil hectáreas con una producción de 160 mil hectolitros de vino al año. Las condiciones excepcionales para el cultivo de la vid han convertido a determinadas regiones de nuestro país en zonas importantes en cuanto a la producción y transformación de ésta. La viticultura en México se concentra en siete estados y en la capital de la república: Aguascalientes, Baja California Norte, Coahuila, Chihuahua, México D.F., Querétaro, Sonora y Zacatecas.

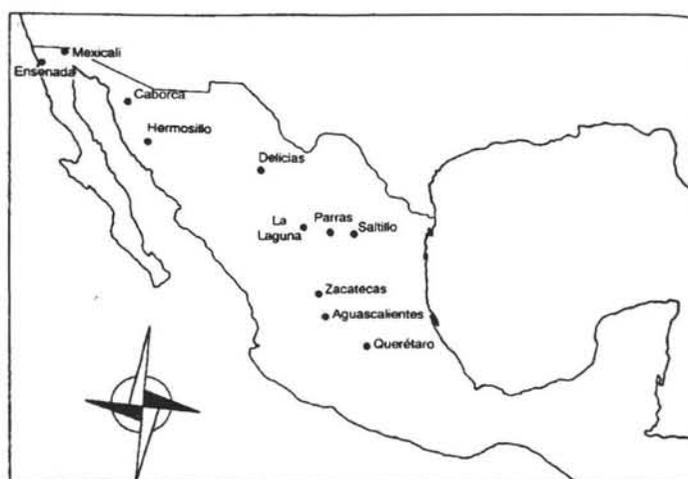


Figura 2. Zonas vitícolas de México

Baja California Norte

La región de Baja California es la mayor productora de vinos en el país, ocupando la parte más septentrional, formando una larga península internándose unos 1200 km en dirección Sureste, dividiendo el Océano Pacífico del Golfo de California o Mar de Cortés. Estos viñedos están localizados en la costa Oeste de Baja California en cinco valles: Santo Tomás, Rancho Viejo (ambos cerca de Ensenada), Guadalupe (a 80 kilómetros al sur de la frontera), Valle Redondo y el de Tañama en Tecate.¹⁰

La lluvia en esta zona es muy escasa, por lo que el cultivo de la vid es limitado; por la distribución del agua de los pozos la superficie de los viñedos es tan sólo de 4 500 hectáreas. El clima es semidesértico, pero los valles son enfriados por la brisa marina que proviene del océano Pacífico, mejorando el clima de la región. La elevada latitud que ocupan los viñedos y sus condiciones geográficas así como ambientales hacen que *Vitis vinifera* pueda prosperar en condiciones climáticas óptimas para su desarrollo y calidad.

Las variedades predominantes son en cuanto a tintas: Misión, Zinfandel, Garnacha, Barbera, Rosa del Perú, Cabernet Sauvignon, Pinot Noir. Blancas: Johannisberg Riesling, Semillon, Chenin Blanc, Palomino, Chardonnay y Málaga.

Los viñedos se encuentran divididos geográficamente en valles, dentro de los más importantes se incluye:

✓ *Guadalupe*

En el corazón del valle de Guadalupe se encuentra Calafia, donde la Casa Pedro Domecq®, compañía vitivinícola de gran reputación en España y la más importante vinícola en alta capacitación y tecnificación en México, produce vinos tinto, blanco y rosado. La ubicación geográfica constituye una franja de tierra de costas pródigas, donde se encuentran excepcionales condiciones para la agricultura.

Los viñedos del valle de Guadalupe se extienden hasta las puertas de las bodegas de Domecq®, donde se encuentran cepas Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Chardonnay, Gewurztraminer, Sauvignon Blanc, Grenache y Zinfandel. El contenido de alcohol es de 10.5 a 13°^{11,12}

En los viñedos del Valle de Guadalupe no sólo se localiza la casa Pedro Domecq® sino también las vinícolas L.A. Cetto y Monte Xanic que así mismo producen vinos de calidad.

En México se producen vinos tintos de mesa varietales, en donde se utiliza una sola variedad de uva en su elaboración; entre los de mayor consumo se encuentran:

Blancos: Chardonnay, Chenin Blanc, Merlot, Riesling, Palomino, Tempranillo; tintos: Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Ruby Cabernet, Zinfandel, Merlot; aunque la mayoría de los vinos de marca son mezclas de diferentes variedades de uva, en ocasiones se mezclan variedades de Merlot y Cabernet Sauvignon, en proporciones muy estudiadas, con lo que se logra un vino de complejo perfume. Su color es rojo intenso con algunos tonos púrpura^{10,11}

Es necesario hacer énfasis que el clima, la variedad de la uva, y el método de vinificación determinan el tipo y la calidad del vino a obtener.^{11,12}

5. PRODUCCIÓN DE VINO A NIVEL MUNDIAL

La industria vitivinícola contribuye de manera importante a la economía mundial. Destacan los países cuyo consumo es notable ya que se ha arraigado el vino y culturalmente es una práctica común su consumo, por la misma razón se ha incrementado en esas regiones su producción.

México aporta el 0.54% de la producción de vino a nivel mundial, resulta poco cuantiosa la cifra, pero es significativa en lo referente a la calidad, se considera una industria exitosa por su producción de excelente calidad.

Las tablas que a continuación se muestran consideran a los países más relevantes, y se incluye el caso de México, se muestra la producción de uva y vino anualmente.

**Tabla 1. Producción mundial de uvas en el año 2001
(miles de qs)**

Países	Miles de qs
Francia	73 129
Italia	89 884
España	50 376
Estados Unidos	59 588
Argentina	24 599
China	36 797
Australia	15 460
Alemania	11 585
Portugal	9 526
Sudáfrica	31 849
Chile	17 850
Hungría	8 590
Rumania	11 217
Grecia	12 880
Rusia*	2 349
Brasil	10 586
Austria	2 531
Bulgaria	4 280
Yugoslavia*	3 808
Croacia*	3 590
México	4 357
Total mundial	612 655

qs: Quintales métricos, peso de 100 kg

(*) Promedio 92-95

Cifras en itálicas : estimación O.I.V.

Fuente : Office International de la Vigne et du Vin (O.I.V.)¹⁵

Oficina Internacional de la viña y del vino (O.I.V.)

Tabla 2. Producción de vino en el 2001 (miles de hL)

Países	Miles de hL
Francia	53 389
Italia	50 093
España	30 500
Estados Unidos	19 200
Argentina	15 835
China	10 800
Australia	10 163
Alemania	8 891
Portugal	7 789
Sudáfrica	31 849
Chile	5 658
Hungría	5 406
Rumanía	5 090
Grecia	3 477
Rusia*(Ex)	9 115
Brasil	2 968
Austria	2 531
Bulgaria	2 260
Yugoslavia*	2 100
Croacia*	1 950
México	1 411
Total mundial	264 730

(*) Promedio 92-95

Cifras en itálicas : estimación O.I.V.

Fuente : Office International de la Vigne et du Vin (O.I.V.)¹⁵

Oficina Internacional de la viña y del vino (O.I.V.)

6. INDUSTRIA VITIVINÍCOLA COMO GENERADORA DE RESIDUOS

La industria vitivinícola genera tres tipos de residuos: los orujos de uva o agroresiduo, el sedimento obtenido en la operación de clarificación y las células de las levaduras sedimentadas.

Los tres corresponden a la clasificación de los residuos industriales obtenidos al procesar una sola materia prima, la uva.¹⁶ En este trabajo se enfoca únicamente la atención al residuo correspondiente a los orujos y por lo tanto se le denominará agroresiduo o residuo de vid para evitar confusión con los otros dos residuos que genera el proceso de vinificación.

Es necesario realizar un manejo adecuado de los subproductos que esta industria genera. Una característica que hace difícil el manejo de estos residuos es su alto contenido de humedad sin embargo, su empleo resulta atractivo debido a su disponibilidad en grandes cantidades, esta característica le confiere rentabilidad al aprovechamiento del residuo.

El principal componente del agroresiduo es la materia orgánica biodegradable, que en ocasiones genera serios problemas ambientales, actualmente existen diversas alternativas mediante las cuales pueden explotarse sus cualidades tales como: Fuente de nutrimentos para los animales, fuente para la extracción de un determinado producto como: el ácido tartárico o los pigmentos a partir de los hollejos o bien, el aceite a partir de la semilla. La conversión de este residuo en la fuente de obtención de estos bioproductos es atractiva debido a que se encuentran en cantidades considerables que hacen factible y rentable el proceso.

El orujo procedente de la vinificación es, consiguientemente el conjunto de sólidos formados por hollejos, sarmientos, y semillas que resultan del estrujado de la uva, al realizar un prensado suave, que es el que se emplea más comúnmente; de este se obtiene un orujo y una semilla que no son dañados. Además, debido al proceso del cual proviene el residuo, está garantizada su inocuidad ya que se encuentra libre de patógenos y ausente de contaminantes.

El residuo está constituido en su conjunto de un 60 a 70% de agua y de un 30 a 40% de sólidos. Una vez prensado, el orujo presenta una composición media del 45 al 55% de agua al igual que la parte sólida oscila entre el 45 y 55%.

Si bien puede considerarse que el conjunto del orujo representa en promedio el 17% del peso de la uva, mismo que se reparte de la siguiente manera: hollejo 8%, semillas 5% y sarmientos 4%.¹⁷

La composición proximal de cada uno de los componentes de los orujos es la siguiente:

Tabla 3. Composición de los hollejos de uva g/100 g de hollejo¹⁷

Componente	g /100 g de hollejo
Agua	64 – 78
Semillas	0.15 - 4.23
Ácidos libres	1.0 - 1.3
Minerales	1.0 - 2.0
Materia leñosa	20-32
Proteína	0.15 – 4.23
Bitartrato potásico	0.0 – 1.0

Tabla 4. Composición de las semillas de uva g/100 g de semilla¹⁷

Componente	g /100 g de semilla
Agua	27 - 39
Grasa	4 - 10
Tanino	0.30 - 6.8
Ácido libres	0.25 - 1.2
Minerales	1.3 - 2
Materia leñosa	45 - 48
Ácidos volátiles	0.5 - 1.0
Materia resinosa	1.3 - 6.6
Minerales	1.3 - 2.0

Tabla 5. Composición de los sarmientos de uva g/100 g de sarmientos¹⁷

Componente	g /100 g de sarmientos
Agua	40 - 80
Tanino	1.0 - 3.0
Ácidos libres	0.25 - 1.2
Minerales	1.0 - 4.0
Ácido tartárico	0.4 - 1.25
Materia leñosa	15 - 20
Cremor tártaro	0.40 - 1.25

Las distintas posibilidades de utilización de los residuos de uva dependerán de las composiciones aquí señaladas.

La mayoría de las utilizaciones son complementarias entre sí de manera que sería rentable dedicar una planta no sólo a una de las aquí consideradas pues gran parte de la maquinaria e instalaciones necesarias son comunes y obviamente la materia prima. Algunos ejemplos son:¹⁷

Utilización de los sarmientos

Se emplean generalmente como combustible en calderas, hornos, etc, no deben despreciarse como obtención de celulosa y todo lo que ésta conlleva. Obtención de papel, bioalcohol, biogas, etc.

Obtención del aceite de la semilla de la uva

El ácido linoléico se encuentra en una proporción elevada con respecto a los ácidos grasos presentes en las semillas, este aceite se caracteriza por su bajo contenido de ácidos saturados, su carácter de esencial lo hace poseedor de buenas propiedades dietéticas muy apreciadas en la alimentación humana.

Obtención de alcohol a partir de los orujos

Constituye una de las aplicaciones de mayor antigüedad, además de seguir vigente ya que es actualmente una práctica común. El rendimiento de los orujos en alcohol es redituable dada la facilidad del proceso a seguir y facilidad de venta del producto final.

Obtención de enocianina a partir de los hollejos

Este producto representa un interés y un mercado creciente, en la industria de las conservas, en la cosmética y en la farmacéutica al emplear las antocianinas como colorante inocuo. Incluso se emplea en la industria licorera.

Utilización de las proteínas contenidas en la semilla y en el hollejo de la uva

Se ha determinado el coeficiente de digestibilidad de las proteínas tanto de la semilla como del hollejo de la uva concluyendo que son perfectamente aptas para la alimentación humana, incluso actualmente se emplean con este fin, lo cual permite ampliar el uso de las proteínas de origen vegetal y no sólo restringirla al uso de la soya que es la que primordialmente se emplea.

Obtención de azúcares y fibra de la semilla de la uva y del hollejo

Se han estudiado los componentes de la semilla de la uva y del hollejo llegando a la conclusión de que presentan una cantidad elevada en azúcares y fibra. Ante la carencia de fibra vegetal en la alimentación humana actual han aumentado las enfermedades digestivas y metabólicas, he aquí una fuente alterna de obtención de azúcares y fibra.

Obtención de ácido tartárico

Aunque el ácido tartárico puede fabricarse de forma sintética por diversos métodos, es aún más económico el procedente de los residuos de la vinificación.

Obtención de furfural de los orujos

El furfural completa el ciclo del aprovechamiento de los residuos de la vinificación.

Utilización de los orujos de uva como abonos orgánicos

Esta es otra alternativa, que al parecer es menos rentable que las anteriores, de emplearse, hay que combatir la acidez del residuo empleando sustancias alcalinas.

Utilización para la fabricación de piensos para el ganado

Es una de las alternativas más atractivas ya que hasta el momento se está sometiendo a prueba y promete lograr un producto final que pueda posicionarse en el mercado al

contribuir a la disminución de los problemas nutrimentales y económicos en beneficio de la producción animal.

Después de aprovechar el producto principal de la uva, queda en la industria la totalidad de la planta como desecho, sin reportar ningún beneficio. Este subproducto se viene desechando, en algunas ocasiones es incinerado y en otras se emplea como abono orgánico en lugar de servir como complemento a la alimentación animal, esto se debe a la falta de técnicas o conocimiento para este fin.

7. IMPACTO DE LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN LA HUMANA

La alimentación humana a lo largo de la historia se ha beneficiado de la contribución que los animales hacen al transformar productos de bajo valor nutritivo para generar productos muy nutritivos para el hombre.

Los subproductos o residuos agroindustriales pueden ser fuentes potenciales en la alimentación animal, si se hace un manejo adecuado de ellos, en el aquí propuesto se explotará el potencial que ofrece y además traerá consigo el beneficio de combatir el problema de contaminación; las ventajas que ofrece se reflejarán en la reducción de costos tanto en la alimentación animal como en el manejo de los residuos.

El crecimiento demográfico a nivel mundial exige un empleo más eficiente de las tierras de siembra y las destinadas a la producción animal, para satisfacer la demanda de la población a alimentar.

En la industria animal es una práctica común suministrar alimentos que también son consumidos por el ser humano, si estos alimentos se sustituyen por subproductos o residuos agroindustriales aprovechables por los animales, se contribuye a mejorar el rendimiento de la industria animal y simultáneamente se hace una administración más eficiente de los alimentos destinados al consumo humano, al poder disponer de una mayor cantidad de ellos.

La alimentación humana se beneficiará de manera directa al generarse incrementos en la productividad de la industria animal y de manera indirecta se beneficiará al obtener un incremento en el uso de alimentos convencionales para el humano.¹⁸

8. LOS ALIMENTOS COMO FUENTE DE NUTRIMENTOS

La producción animal requiere una alimentación balanceada que permita el adecuado manejo de las especies, ello se refleja en el mantenimiento de sus funciones vitales, el crecimiento y la generación de productos de calidad como leche, huevos, lana, que en conjunto permiten la explotación animal.

A lo largo de la historia, el hombre ha empleado en la alimentación animal productos de origen vegetal y algunos subproductos de origen animal.

Los animales transforman alimentos de bajo valor energético mediante la utilización de hidratos de carbono, grasa, fibra, proteína, vitaminas y minerales logrando una bioconversión eficiente.

9. EL RESIDUO COMO UNA FUENTE VIABLE DE NUTRIMENTOS

La composición del residuo está determinada por el fruto prensado, la semillas, los pedúnculos y los sarmientos, a lo cual se le ha denominado orujos. Se origina de las paredes celulares de tejidos vegetales comestibles de la dieta humana tradicional y posee una estructura botánica intacta. Al tratarse de un producto vegetal, contiene proteína, grasa, minerales, hidratos de carbono y fibra.

El nutrimento que se encuentra en mayor cantidad y por lo cual se considera una buena fuente del mismo es la fibra.

PROTEINAS

Las proteínas contenidas en la planta se clasifican en dos grupos: las contenidas en las hojas, fruto, tallos, zarcillos y sarmientos y las proteínas de reserva contenidas en la

semilla. Las que presentan mejor calidad son las primeras. Al tratarse de una planta dicotiledónea, contiene globulinas y albúminas de gran solubilidad. Dentro de las proteínas que pudiese contener la semilla se encuentran: albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas en diversas proporciones. Es posible que a partir de ellas se cubran las necesidades animales, al ajustar el contenido de proteína en la dieta del animal de un 8 a un 16%.¹⁹

GRASA

El total de lípidos utilizables por los animales son los mismos que cubren las necesidades de la planta, pueden agruparse de la siguiente manera compuestos de reserva y almacenaje contenidos en la semilla (principalmente triglicéridos), lípidos contenidos en hojas (galactolípidos) y un grupo diverso el cual se conforma de ceras, carotenoides, clorofila y aceites esenciales. Los ácidos grasos asociados a los galactolípidos y muchos de los triglicéridos contenidos en la semilla son insaturados y contienen valores altos de ácido linoléico y ácido linolénico.

El total de los lípidos utilizables por los animales lo conforman los galactolípidos y triglicéridos. Su concentración declina con la edad de la planta.¹⁹

MINERALES

Los minerales más importantes para las plantas son, fósforo y potasio. Los minerales se pueden clasificar en dos grupos, uno en el que el aporte mínimo proveniente de la planta es inadecuado para las funciones animales y el otro en el que el aporte es generalmente adecuado.

En el primer grupo se engloban a: el sodio, fósforo, magnesio, cobre, zinc y quizá calcio para el caso de los animales en lactancia. En el segundo grupo se encuentran los minerales cobalto como vitamina B₁₂, cromo y selenio.

Generalmente los minerales de importancia nutrimental disminuyen su concentración a lo largo de la madurez. El calcio se mantiene prácticamente constante a lo largo de la maduración de la uva mientras que por el contrario la concentración de potasio y

sodio se incrementan.²⁰ La disponibilidad de los minerales en las plantas es multifactorial varía a lo largo de las estaciones del año, la presencia de los minerales en el suelo y la capacidad de las raíces para absorberlos, se ven afectados por factores climáticos. Estos cambios en el contenido de los minerales llegan a producir situaciones en las que se cubren los requerimientos de los herbívoros, pero en ocasiones aparecen carencias que permanecen.²⁰

FIBRA

Definición de la fibra dietética

La definición dada por Trowell en 1972 poseía amplia aceptación ya que involucraba aspectos botánicos, fisiológicos y químicos, pero pronto se hizo necesaria una definición de trabajo en un contexto analítico.

Posteriormente y debido a diversas investigaciones se generaron nuevas definiciones proporcionadas por varios autores, sin embargo aún no hay un consenso en el ámbito internacional de lo que es la fibra dietética. Entre las definiciones que se aceptan son las siguientes:

- ⌘ Trowell (1976) redefinió el concepto, siendo el siguiente: la fibra dietética consiste de los componentes endógenos de la planta en la dieta, los cuales son resistentes a la digestión por humanos.
- ⌘ Cumming & Englyst (1987) son derivados de la pared de las células vegetales, que contienen polisacáridos no incluyendo la lignina, que no son hidrolizados por las enzimas digestivas humanas, que sirven de sustrato a la flora bacteriana en el intestino grueso del hombre.
- ⌘ Bello (2003) Diversos carbohidratos vegetales, incluyendo las pectinas que resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas del hombre pero que al menos pueden ser parcialmente hidrolizadas por las enzimas de la microflora intestinal

del hombre con la producción de hidrógeno, metano, dióxido de carbono y algunos ácidos grasos de cadena corta.²¹

- ⌘ AACC (2003) La fibra dietética la parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del hombre con una fermentación parcial en el intestino grueso. Esta incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas.²²

EFFECTO DE LA FIBRA SOBRE LA ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS

La fibra dietética tiene influencia sobre la disponibilidad de los nutrimentos:²³

Biodisponibilidad de la proteína

La fibra dietética disminuye la digestibilidad de las proteínas, aunque esta disminución no afecta a la secreción de enzimas proteolíticas. La posible explicación a este fenómeno es que la fibra dietética se encuentra formando una barrera física a la difusión de estas enzimas.

La solubilidad y la viscosidad también son consideradas como factores para explicar el aumento de la secreción de proteínas.

Biodisponibilidad de los minerales

Debido a una interacción en la absorción intestinal, la fibra dietética puede disminuir la utilización nutritiva de los minerales, en especial los metales divalentes.

Los mecanismos responsables de dicha interacción son los siguientes:

- Disminución del tiempo de tránsito intestinal, lo que ocasiona una disminución tanto en la absorción de minerales así como en la reabsorción de los minerales endógenos.
- Dilución del contenido intestinal y aumento del volumen fecal.

- Formación de quelatos entre los componentes de la fibra y los minerales.
- Alteración del transporte pasivo y activo de minerales a través de la pared intestinal.
- Intercambio iónico.

La fibra dietética contiene minerales y algunos de ellos parece que son disponibles. Se ha detectado que algunos tipos de fibra son depresores en la utilización nutritiva de algunos minerales, sin embargo la intervención de diversos factores como el estado nutritivo del individuo, cantidad y calidad de fibra y minerales ingeridos, etc condicionan los efectos reales que puedan observarse.

Biodisponibilidad de los hidratos de carbono

La fibra dietética produce efectos beneficiosos en la tolerancia a la glucosa, además de modificar la secreción de insulina y glucagon. El efecto que produce la fibra dietética en sobre el aprovechamiento de los carbohidratos se denomina índice glicémico. La fibra provoca una reducción sobre el índice glicémico, esto se debe principalmente a la fracción soluble.

Biodisponibilidad de las grasas

La fibra dietética se une a la grasa en el lumen favoreciendo su excreción fecal. Algunas de las causas relacionadas con este mecanismo son propuestas por Ikeda et al (1989).

- Retraso del vaciado gástrico y aceleración del tiempo de tránsito intestinal.
- Adsorción de sales biliares e inhibición de la solubilidad micelar de colesterol y de las enzimas lipolíticas.
- Reducción de la accesibilidad de las micelas a la superficie de las células de la mucosa intestinal, sobre todo por las fibras viscosas.

HIDRATOS DE CARBONO

Químicamente están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno, con dos átomos de hidrógeno por cada uno de oxígeno. El grupo comprende los azúcares (mono, di y trisacáridos) así como almidones y celulosas que son polisacáridos. Las plantas y frutos inmaduros son los únicos que forman almidón. Durante la digestión en el animal, este hidroliza a glucosa.²⁴

Otro tipo de hidratos de carbono corresponde a la celulosa; compuesta por enlaces glucosídicos del tipo beta que sólo es asimilable por rumiantes, bovinos y ovinos, por lo que éstos pueden utilizarla como fuente de energía gracias a las enzima producidas por microorganismos propios del rumen.²⁵

La celulosa está combinada en varias proporciones con lignina y con hidratos de carbono no celulósicos, con certeza la mayor parte de la celulosa constituye la pared celular. La composición de los hidratos de carbono de reserva es característica de cada planta y en ocasiones de cada parte de la planta.

LIGNINA

La lignina es un polímero fenilpropanoide que brinda soporte y resistencia estructural a la pared celular. No se considera hidrato de carbono. Sus características intrínsecas varían en función de la especie de planta y del grado de madurez.

La lignina es el principal factor que limita la digestibilidad en plantas comúnmente empleadas en la alimentación animal.¹⁹

Interacciones existentes entre los hidratos de carbono y la lignina

La disponibilidad de la celulosa está asociada en gran medida al grado de lignificación.

Existen dos tipos de celulosa, la asociada a la lignina denominada celulosa protegida y la celulosa libre; que en efecto se encuentra libre de los efectos de la lignina. En términos generales la celulosa asociada a la lignina presenta una velocidad de digestión menor a aquella celulosa que se encuentra libre. Aunque no ocurre así en

todos los casos, por ello se piensa que las características intrínsecas de la celulosa intervienen en mayor medida a la velocidad de digestión.¹⁹

La digestibilidad de la hemicelulosa es muy cercana a la de la celulosa y también se ve afectada de manera adversa por la lignificación. Las enzimas hemicelulolíticas están presentes en el líquido ruminal y tienen la habilidad de romper los enlaces 1,4- β - glucano de la cadena principal de la hemicelulosa y de los enlaces presentes en las ramificaciones.

La proporción de hemicelulosa digerida es diferente entre diversas especies, la digestión de hemicelulosa digerida por rumiantes es distinta de la digerida por no rumiantes. Los no rumiantes digieren una mayor proporción de hemicelulosa que de celulosa, por otro lado, los rumiantes digieren proporciones muy similares de ambos hidratos de carbono.

En los rumiantes la mayor parte de la celulosa es digerida en el rumen, mientras que una porción importante de hemicelulosa escapa del rumen para ser fermentada en el tracto bajo.

Las alternativas en el empleo de la celulosa se ven limitadas por la presencia de la lignina, sin embargo, la lignina puede ser removida haciendo más digerible la fracción carente de ésta. En el proceso de deslignificación, algunos hidratos de carbono son removidos y es inevitable su pérdida ya que se encuentran asociados a la lignina. Al administrarles pulpas ricas en celulosa deslignificada a los rumiantes se presenta la desventaja de que la palatabilidad se ve disminuida debido a la remoción de los hidratos de carbono.¹⁹

10. VIAS DE EMPLEO DEL RESIDUO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

La factibilidad del empleo del residuo en la alimentación destinada a la producción animal en nuestro país está sujeta al tiempo de adaptación de los animales a la dieta y a evitar efectos adversos que incidan en la salud del animal.

Se requiere conocer el valor nutricional que aportará la fuente de nutrimentos empleada como base en la dieta animal.

Las especies a las que se les propone destinar el residuo agroindustrial son:

RUMIANTES

Los rumiantes principalmente se alimentan de plantas forrajeras, plantas arbustivas y herbáceas y subproductos agrícolas.

Los factores a considerar en la obtención de energía a partir de un forraje, debido a su consumo a voluntad son la ingestibilidad, que es la cantidad de forraje ingerido, expresada en kg de materia seca, y la digestibilidad, se refiere a la porción de materia orgánica absorbida en el tubo digestivo.

Ambos factores se ven modificados con el avance en la maduración de las plantas, el aumento en la lignificación de tallos y tejidos trae como consecuencia una disminución de éstos.²⁰

El animal rumiante se caracteriza por utilizar una proporción mayor de glúcidos fibrosos debido a que los herbívoros dependen de la digestión microbiana. Los rumiantes carecen de incisivos superiores y dientes caninos, dependen de una almohadilla dental superior y de los incisivos inferiores para presionar a los alimentos. La saliva sirve como fuente de nitrógeno, fósforo y sodio para los microorganismos del rumen.

Se han clasificado como consumidores de forrajes a los rumiantes, ya que su estómago se divide en cuatro compartimentos: retículo, rumen, omaso y abomaso los cuales les permite degradar aquellos forrajes con un alto contenido de fibra.

El **retículo** moviliza al alimento digerido hacia el rumen o hacia el omaso en la regurgitación del bolo alimenticio durante la rumia. El rumen no se encuentran del todo aislado del retículo pero si posee funcionalidad distinta, el recipiente de fermentación lo constituye el **rumen**. Mientras que el **omaso** interviene en la reducción del tamaño de partícula del alimento digerido y en el paso del bolo digestivo hacia el tubo digestivo inferior. Por último, el **abomaso** presenta función similar a la del estómago en las especies monogástricas.

Para evitar que la leche que ingiere el animal de crianza sea fermentada, los rumiantes presentan un canal esofágico o reticular que impide el paso de la leche al omaso.

MONOGÁSTRICOS

El aparato digestivo de las especies mamíferas que tienen un estómago simple está formado por la boca con sus estructuras y glándulas afines, el esófago, el estómago intestinos delgado y grueso, páncreas e hígado. Esta clase de aparato digestivo se denomina monogástrico.

En las especies monogástricas la boca y estructuras afines: lengua, labios y dientes se usan para obtener y masticar los alimentos. Las especies omnívoras emplean los dientes incisivos para morder los trozos de comida y los dientes molares se han adaptado para la masticación de alimentos no fibrosos.

Durante la masticación se vierte saliva proveniente de tres pares de glándulas bilaterales: las submaxilares, las sublinguales y las parótidas. La saliva ayuda a convertir la comida en un bolo que se deglute fácilmente y suministra una fuente de enzimas para iniciar los procesos enzimáticos digestivos.

Cerdos

La alimentación completa de los cerdos en crecimiento con una dieta alta en energía (1500 kcal ED/lb), donde ED corresponde a la energía, disponible produce un índice máximo de ganancia y de eficiencia en la utilización del alimento. La alimentación limitada puede producir canales magras, pero la tasa de crecimiento más lenta, disminuye la eficiencia energética debido a la proporción mayor del consumo de energía que se necesita para el mantenimiento.

Aves

En términos generales a las aves se les alimenta mediante maíz y soya, como fuente de energía y complemento proteínico respectivamente. En conjunto permiten una conversión alimentaria eficiente, reflejada en un crecimiento rápido y una elevada producción de huevo y carne. No obstante las raciones maíz-soya son deficientes en algunos nutrimentos.

Las aves jóvenes debido a su acelerado crecimiento presentan requerimientos nutricionales mayores con respecto a las aves adultas, es necesario cubrir los aminoácidos indispensables, en especial lisina y metionina, prestar atención a la calidad de la proteína sin llegar a alterar la digestibilidad y la absorción.²⁵

En las especies aviarias el aparato digestivo es diferente en su anatomía con respecto a los monogástricos comunes pero su función global es muy similar. El pico y las garras los emplea para reducir el tamaño de partícula del alimento a deglutir. Una vez digerida la comida pasa directo al buche donde se lleva a cabo la fermentación.

Las aves producen sus jugos gástricos en la región denominada proventrículo, la molleja ejerce la función de los dientes en las especies mamíferas al reducir físicamente el tamaño de partícula de la comida. El pH del intestino delgado es ligeramente ácido. La digestión de las proteínas se lleva a cabo mediante una combinación de enzimas proteolíticas comunes. La absorción es semejante a la de los mamíferos.²⁶

Nutrición de las diferentes especies

Los cambios en los requerimientos nutrimentales se presentan a medida que el animal madura, se relacionan con los cambios en la tasa de crecimiento y la composición corporal, así como la etapa en que se ubica en el ciclo de vida y el propósito al que se le destine. Es decir, si se trata de animales destinados para únicamente la producción de carne, animales para explotar un producto o bien si es el caso de doble propósito en los cuales se pretende obtener leche y carne; así mismo la edad, peso y sexo son criterios a considerar. En la formulación de los alimentos, la proteína es un factor

fundamental, ya que en base al contenido de ella se adecuará que el alimento cubra con los requerimientos propios de cada organismo.

En la tabla 6 se muestran los requerimientos nutrimentales para las diferentes especies en etapa de desarrollo.

Tabla 6. Requerimientos nutricionales para animales en la etapa de desarrollo g/ 100g de ración ²⁷

Requerimiento	Rumiantes	Aves	Cerdos
Proteína total	10-12	14-18	15
Proteína digerible	7.5	*	*
Calcio	0.20-0.25	3.2	0.6
Fósforo	0.20-0.21	0.56	0.5

* Valores no reportados para la especie
Los valores se modifican de acuerdo a la fase del desarrollo del animal, así como al propósito al que se destine.

En la tabla 7 se muestran los aminoácidos considerados indispensables para aves y cerdos, por el contrario en el caso de los rumiantes debido a su compleja digestión, aún no se sabe con exactitud los aminoácidos indispensables para estas especies.

Tabla 7. Requerimientos de aminoácidos indispensables en la producción animal g/ 100g de ración^{27,28}

Aminoácidos	Aves en crecimiento ^a	Cerdo en crecimiento ^a
Arginina	1.03	0.20
Histidina	0.39	0.18
Isoleucina	0.78	0.50
Leucina	1.38	0.60
Lisina	0.98	0.70
Metionina y cistina	0.75	0.45
Fenilalanina y tirosina	1.31	0.70
Treonina	0.59	0.45
Triptofano	0.19	0.12
Valina	0.86	0.50

^a Valores que fluctúan en función del estadio de desarrollo del animal así como el propósito al que se le destina.

HIPÓTESIS

Si las variedades de uva generadoras del residuo presentan un alto valor de grasa (semillas), fibra cruda (hollejo y sarmiento) así como hidratos de carbono se espera que el residuo sea una buena fuente de los mismos nutrimentos y si además las variedades de uva presentan una digestibilidad adecuada, entonces la alternativa de emplear el residuo en la alimentación animal es factible, siendo alta la probabilidad de su utilización.

METODOLOGÍA

1. INFORMACIÓN ACERCA DE LA MUESTRA

La muestra fue proporcionada por la casa Pedro Domecq® procedente del Valle de Guadalupe B.C. México y es generada en la producción de vinos y bebidas alcohólicas a partir de *Vitis vinifera* variedades:

Chenin Blanc }
Riesling } Variedades blancas

Cabernet Sauvignon }
Ruby Cabernet } Variedades tintas

2. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL

Para cumplir con los objetivos y comprobar la hipótesis propuesta se presenta el siguiente diagrama general de trabajo de las metodologías empleadas y corresponde a la figura 3.

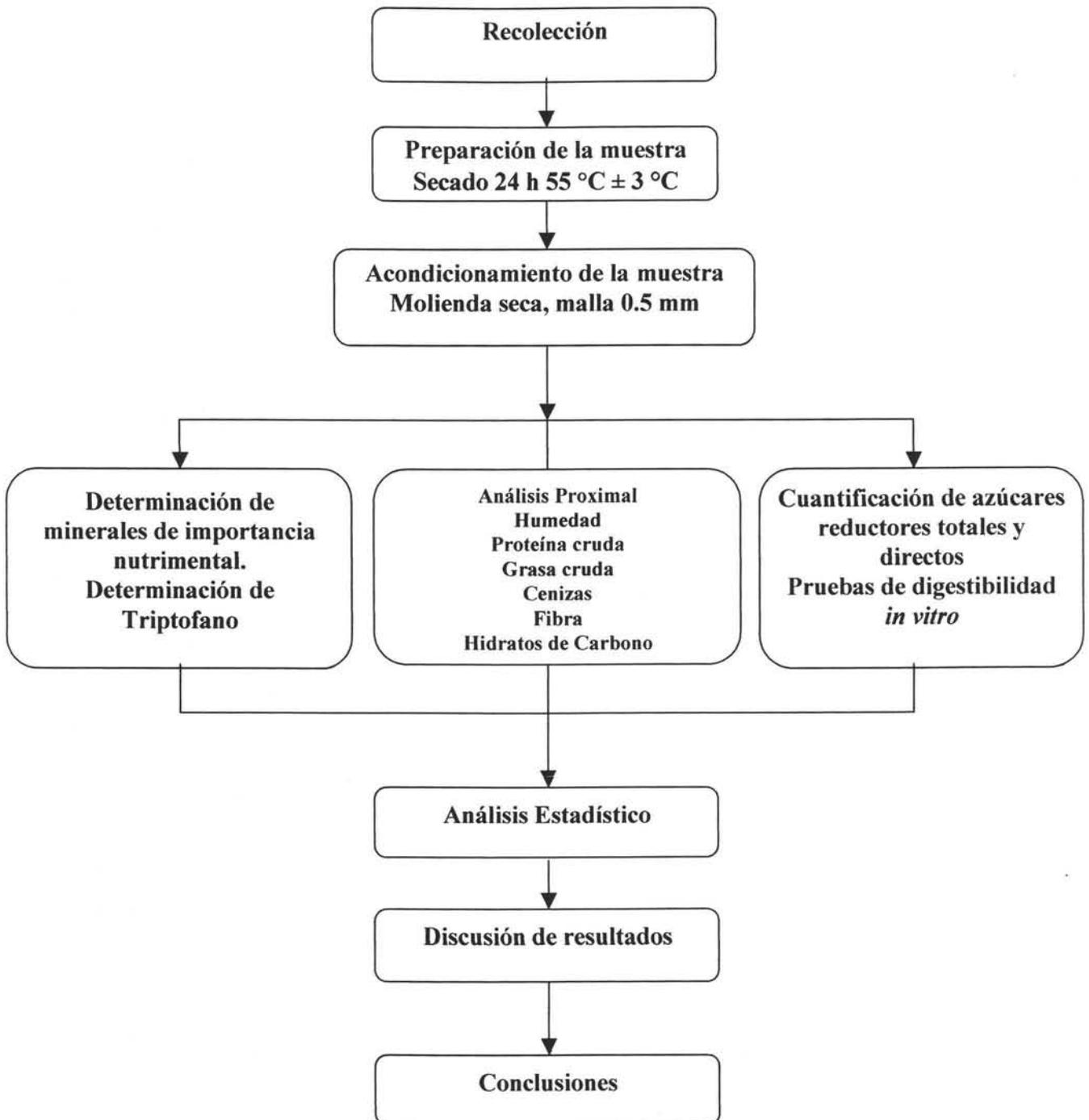


Figura 3. Diagrama general de trabajo.

Preparación de las muestras (Acondicionamiento)

Las muestras se recibieron húmedas y para su estudio químico se sometieron a secado por un período de 24 horas a $55 \pm 3C$ en una estufa de corriente de aire (Lab-Line Imperial III, Radiant Heat Oven Modelo 293 A). Al término de éste la muestra se almacenó en recipientes de plástico en ausencia de luz y humedad evitando así cualquier tipo de contaminación.

Reducción del tamaño de partícula (Molienda)

La muestra seca empleada en las determinaciones del análisis proximal se molió sucesivamente en un molino Tomas Wiley Laboratorio Hill Mod 4 iniciando la molienda con la malla de 6 mm de diámetro (Nº6), hasta obtener una muestra homogénea que pasara por la malla de 0.5 mm.

En la tabla 8 se muestran los valores de las cantidades finales de muestra molida, la finalidad de la molienda es obtener una muestra homogénea y representativa.

Tabla 8. Cantidad de cada variedad a analizar.

Variedad	Peso (kg)
Chenin Blanc	4.15 kg
Riesling	3.67kg
Cabernet Sauvignon	5.57 kg
Ruby Cabernet	3.68 kg

3. ANALISIS PROXIMAL

Se realizaron las determinaciones de Humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda e hidratos de carbono asimilables, estos últimos calculados por diferencia de acuerdo con los métodos descritos en el AOAC²⁹.

Determinación de humedad

Método por secado (Método AOAC 930.04-1990)²⁹.

Fundamento

Es un método gravimétrico que involucra la determinación de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua en el punto de ebullición o temperaturas cercanas a él. La pérdida de agua guarda una relación directamente proporcional con la temperatura, es por ello que sólo serán comparables los resultados obtenidos bajo las mismas condiciones de secado. La pérdida de peso es multifactorial ya que intervienen: el tamaño de la partícula, el peso de la muestra, las variaciones de temperatura así como el material del recipiente que contenga a la muestra.

Se requiere conocer la humedad para otorgarle un valor real a la cantidad de los otros componentes presentes en la muestra, así mismo la humedad refleja el manejo y la edad que tiene la muestra.

Determinación de cenizas

Método de cenizas totales (Método AOAC- 940.26-1990)²⁹.

Fundamento

La determinación de cenizas se basa en la destrucción de la materia orgánica contenida en una matriz alimentaria, considerándose a las cenizas como el residuo inorgánico que queda después de incinerar dicha materia orgánica en una mufla. Debido a que las cenizas incluyen los compuestos inorgánicos fijos de la muestra tanto los originales como los de contaminación, al incinerarse una muestra se logra la

destrucción de la materia orgánica, obteniéndolas así como residuos, podrán cuantificarse.

Determinación de grasa cruda

Método de extracción continua Goldfish (Método AOAC- 7.063-1989)²⁹.

Fundamento

El contenido de grasa es aquel que puede ser extraído por disolventes menos polares como lo son el éter de petróleo y éter etílico. La determinación se basa en la extracción con una fracción ligera de éter de petróleo o éter etílico del material seco y molido en un aparato de extracción continua en el cual las gotas condensadas del disolvente caen sobre la muestra contenida en un recipiente poroso o dedal alrededor del cual pasan los vapores calientes del disolvente.

La solubilidad de las grasas ocurre en compuestos no polares. Cuando estos disolventes alcanzan la temperatura en la que se volatilizan, la solubilidad de las grasas es la máxima. Si el disolvente caliente entra en contacto con el refrigerante, se enfría inmediatamente debido al contacto con la superficie fría y en ese momento ocurre la condensación del disolvente, de tal manera que logra pasar a través de la muestra, arrastrando consigo las sustancias solubles. En la extracción continua éste proceso ocurre de manera sucesiva.

Determinación de fibra cruda

Método de Weende (Método AOAC-962.09-1990)²⁹.

Fundamento

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra desengrasada en las condiciones siguientes: hidrólisis ácida con ácido sulfúrico, seguido de una hidrólisis alcalina, lavado con alcohol, con una posterior incineración del material insoluble de manera tal que por diferencia es posible obtener el contenido de hidratos de carbono no degradables. Dicho

tratamiento proporciona la fibra cruda, que se compone principalmente de celulosa y cierta proporción de hemicelulosa y lignina de la muestra original.

Determinación de proteína cruda

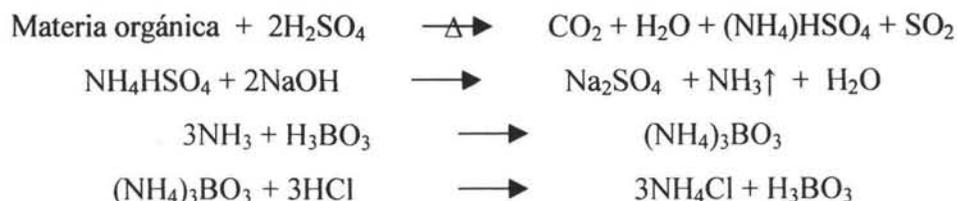
Método de Kjeldahl (Método AOAC-976.05-1990)²⁹.

Fundamento

Se empleó el método Kjeldahl, que en realidad determina el nitrógeno total contenido en una matriz alimenticia, este método se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta nitrógeno inorgánico en forma de amoníaco, el cual queda en solución como sulfato ácido de amonio. El objetivo de modificar la mezcla digestiva y utilizar peróxido de hidrógeno fue lograr la completa oxidación de la materia orgánica y reducir la pérdida de nitrógeno por formación de aminas o nitrógeno libre, favoreciendo la formación de sulfato ácido de amonio. El digerido una vez alcalinizado con hidróxido de sodio se destila directamente por arrastre con vapor para desprender el amoníaco el cual es atrapado en una solución de ácido bórico y posteriormente titulado²⁰.

El contenido de proteína es 6.25 veces el contenido de nitrógeno pues, por lo general las proteínas tienen 16% de nitrógeno.

Las reacciones que intervienen son:



Hidratos de carbono calculados por diferencia

(Método AOAC- 925.05-1990)²⁹.

Fundamento

Son los carbohidratos no fibrosos como los almidones y los azúcares. Si se suman los porcentajes de humedad, cenizas, proteína, grasa cruda y fibra cruda y el total se resta de 100, se puede suponer que esta diferencia son hidratos de carbono los asimilables.

4. DETERMINACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO (REDUCTORES TOTALES Y DIRECTOS)³⁰

Fundamento

El método se basa en la extracción de la matriz alimentaria con etanol a reflujo en donde los vapores arrastran los hidratos de carbono solubles, los cuales pueden ser cuantificados por un método colorimétrico en este caso se empleará el método DNS (ácido dinitrosalíclico). Dicho método hace uso de las propiedades reductoras de los hidratos de carbono, donde los grupos nitro del DNS son reducidos a grupos amino por los hidratos de carbono reductores, apreciándose una coloración anaranjada, la cual permite construir una curva patrón en la cual la coloración está en función de la concentración. Existe una relación directamente proporcional entre concentración y coloración.

En cuanto a la determinación de hidratos de carbono como reductores totales se requiere efectuar la hidrólisis ácida la cual permite (debido a la suma de hidratos de carbono reductores e hidratos de carbono obtenidos posterior a la hidrólisis) conocer el contenido de hidratos de carbono totales presentes en la matriz. Mediante la hidrólisis son liberados los hidratos de carbono por escindir el enlace glucosídico exponiendo los grupos carbonilo, los cuales presentan propiedades reductoras al ser cuantificados²¹.

Procedimiento para la extracción de hidratos de carbono

(Método AOAC- 925.05-1990)²⁹.

Procedimiento

En los matraces de bola se colocaron aproximadamente 2 g del residuo seco, desengrasado y molido, se le adicionaron 100 mL de la solución de etanol al 80% (v/v) se colocó el refrigerante y se sometió a reflujo por 2 horas y media. Al concluir este tiempo, se dejó enfriar y se filtró a través del papel Whatman #40.

Se concentró el residuo eliminando el etanol del extracto al colocarlo en el rotavapor a una temperatura de 70 °C, sin llevar el residuo a sequedad. El extracto concentrado se aforó a 100 mL y a partir de este se realizó la cuantificación de hidratos de carbono como reductores totales y directos por el método DNS.

Se realizaron 3 extractos por cada muestra.

Procedimiento para la cuantificación de hidratos de carbono (reductores directos) por el método DNS

(Método Miller 1959)³⁰.

Reactivos

- Solución de NaOH al 1.4%
- Reactivo DNS (disolver 10g de 3,5-ácido dinitrosalicílico con 16g de NaOH y 300g tartrato doble de sodio y potasio en un litro de agua desionizada, este reactivo se prepara con dos días de anticipación a su uso).
- Solución estándar de glucosa 2 mg/ mL (0.2g de glucosa anhidra se aforaron a 100 mL con agua destilada) este estándar debe emplearse inmediatamente después de su preparación o bien adicionar 1 mL de tolueno y almacenar en refrigeración para su conservación.

Procedimiento

Se tomó 1 mL del extracto preparado para el residuo de la vid y se colocó en un tubo de ensaye, se adicionó 1 mL de DNS y se colocó en baño de agua hirviendo por 5 minutos exactos. Transcurrido este tiempo se sacan los tubos y se dejan enfriar para finalmente diluir con 10 mL de agua destilada, se hizo un blanco en el cual se sustituyó 1 mL de extracto por 1 mL de agua destilada. Con dicho blanco se ajustó el espectrofotómetro y se registró la absorbancia de la muestra a una longitud de onda de 540 nm.

Se realizó una curva de calibración (ver anexo figura 7) la que permitió cuantificar posteriormente el contenido de azúcares reductores directos en el residuo; se adicionaron 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 mL de la solución estándar de glucosa, 2 mg/mL y se completó hasta un volumen final de 1 mL con agua destilada cada tubo y se prosiguió de la misma manera en que se trató la muestra.

Se construyó una curva patrón de absorbancia en función de la concentración, el resultado obtenido se consideró como la cantidad de reductores directos obtenidos en el extracto.

De cada extracto se desarrolló color por triplicado.

Procedimiento para la determinación de hidratos de carbono totales (después de la hidrólisis)

(Método AOAC 923.09-1990)²⁹.

Reactivos

- HCl concentrado (densidad 1.18 a 20° C y pureza 37.3%)
- Hidróxido de sodio 1 N
- Solución de azúcar invertido al 1% (m/v) (se pesaron 9.5 g de sacarosa pura y se adicionaron 5 mL de HCl concentrado con 100mL de agua destilada, se almacenó por 3 días a temperatura ambiente (20- 25° C) al término de éste tiempo se diluyó con agua destilada hasta 1 L)

- Solución estándar de azúcar invertido 2 mg/ mL (se neutralizó una alícuota de la solución de azúcar invertido al 1% con NaOH 1N y se diluyó hasta alcanzar la concentración deseada en el estándar de azúcar invertido)

Procedimiento

Se tomó una alícuota de 50 mL del extracto del residuo de la vid y se agregaron 5 mL de HCl concentrado, se almacenó durante 3 días a temperatura ambiente (20 - 25° C).

Al haberse completado la hidrólisis se neutralizó el extracto hidrolizado con NaOH 1 N y se llevó a un volumen final de 100 mL a partir del cual se determinaron los hidratos de carbono de la misma manera en que se describió el procedimiento para determinar reductores directos por el método DNS. La curva patrón (ver anexo figura 7) se preparó empleando el estándar de azúcar invertido 2 mg/mL ya antes descrito.

Los extractos se hicieron por triplicado

Cálculos

▪ Reductores directos

El valor de absorbancia obtenido, se transformó a concentración con la ayuda de la curva patrón realizada, se multiplica por el factor de dilución y se divide por la cantidad de muestra empleada.

▪ Reductores después de la hidrólisis

Se obtuvo el valor de hidratos de carbono de la misma manera que en el caso de los reductores directos y se siguió la ecuación:

% de reductores después de la hidrólisis

$$= (\text{reductores}_{\text{totales después de la hidrólisis}} - \text{reductores}_{\text{directos antes de la hidrólisis}}) 0.95$$

El factor 0.95 proviene de dividir el peso molecular de la sacarosa entre el peso molecular de la sumatoria de los monómeros que se obtienen al hidrolizarla, es decir de la suma del peso molecular de la glucosa más el peso molecular de la fructosa.

- **Reductores totales**

Reductores totales = Reductores directos + **Reductores** después de la hidrólisis

5. DETERMINACIÓN DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO PARA RUMIANTES.

(Método Tejada-1985)³¹.

Fundamento

Se basa en la simulación de la digestión de los rumiantes; al poner en contacto una muestra con líquido ruminal, desarrollar una digestión bacteriana y posteriormente con pepsina en medio ácido, que permite una digestión enzimática.

Finalmente hay una posterior determinación gravimétrica de los constituyentes no digeridos de las paredes celulares para obtener finalmente la digestibilidad de la materia en estudio, considerándose el peso final de los mismos.

Material y reactivos

- Baño de agua con agitación (Lab-Line/Dubnoff incu-Shaker Mod. 357)
- Matraces Erlenmeyer de 25 mL
- Tapones de hule acondicionados con una aguja hipodérmica simulando una válvula de Bunsen
- Papel filtro Whatman # 4 (filtración rápida)
- Solución amortiguadora de McDougall [(Solución 1: se pesaron 3.7g de Na_2HPO_4 ,

9.8g de NaHCO_3 y se llevaron a un volumen final de 1 L con agua desionizada a 40°C) (Solución 2: se pesaron 4.7g de NaCl, 5.7g de KCl, 0.4g de CaCl_2 y 0.6 g de MgCl_2 y se llevaron a un volumen final de 100mL), la solución amortiguadora se preparó adicionando 10 mL de la solución 2 a 1 L de solución 1 y se agitó durante 15 minutos, ésta solución se preparó el mismo día que inicia la determinación)]

- Solución de HCl 6N
- Solución de MgCl_2 al 4% (m/v)
- Solución de HCl 3 N
- Solución de pepsina ácida (pepsina con actividad 1:10 000) (se pesaron 0.2g de pepsina y se disolvieron en 1 mL de HCl 6 N. Ésta relación es por matraz)

- Líquido ruminal proporcionado por la Universidad Autónoma de Chapingo extraído de un animal fistulado.



Figura 4. Extracción de líquido ruminal proveniente de un animal fistulado.



Figura 5. Acercamiento de la fistula del rumiante.



Figura 6. Al término de la extracción del líquido ruminal.

Procedimiento

▪ Preparación de la solución amortiguadora-líquido ruminal

El líquido ruminal obtenido se transportó en un recipiente hermético, condición que permitió preservar su actividad.

Posteriormente se filtró a través de gasa y se mantuvo a 38°C conservando así las condiciones del rumen.

Se ajustó la solución amortiguadora de McDougall a pH=7 y se adicionó 1 mL de MgCl₂ al 4% por cada litro de solución amortiguadora McDougall utilizada. Posteriormente se tomaron 5 mL de ésta solución y se mezclaron con 15 mL de líquido ruminal (esta relación fue por matraz).

La solución amortiguadora con líquido ruminal se introdujo en un baño de agua a 38 °C y se le burbujeó CO₂ (proveniente de reaccionar CaCO₃ y H₂SO₄ concentrado por un tiempo de 8 minutos).

Determinación de digestibilidad

PASO 1

Se pesaron 0.25g de residuo molido y seco, y se colocaron en un matraz Erlenmeyer, a cada matraz se le adicionaron 20 mL de la solución amortiguadora de líquido ruminal, posteriormente se taparon los matraces con el tapón de hule acondicionado con una aguja hipodérmica para eliminar el CO₂ y se introdujeron en el baño de agua a una temperatura de 38 °C, el baño se cubrió de tal modo que se mantuvieron las condiciones de oscuridad prevalentes en el rumen, se mantuvo la agitación por 48 horas.

PASO 2

Al término de éste tiempo se sacaron los matraces del baño y se adicionaron 5 gotas de HCl 3 N para detener la digestión bacteriana, enseguida se adicionaron a cada

matraz 1 mL de la solución de pepsina ácida y se agitó suavemente; los matraces volvieron a colocarse a las mismas condiciones de digestión bacteriana por 48 horas.

PASO 3

Transcurrido el tiempo, se sacaron los tubos del baño y se filtraron por gravedad con papel filtro Whatman (previamente a peso constante) de filtración rápida, el residuo se lavó con agua destilada y se dejó filtrar por aproximadamente 12 horas. Posteriormente el papel con el residuo digerido se secó en la estufa de vacío hasta que registró peso constante.

De manera simultánea se realizó un blanco, el cual solamente contenía la solución amortiguadora-líquido ruminal.

De la muestra y el blanco se realizó por triplicado la determinación.

Cálculos

$$\text{Muestra digerida} = (\text{Peso}_{\text{muestra digerida}} + \text{Peso}_{\text{papel}}) - \text{Peso}_{\text{papel}}$$

$$\% \text{digestibilidad} = \frac{[\text{peso}_{\text{muestra}} - (\text{peso}_{\text{muestra digerida}} - \text{peso}_{\text{blanco digerido}})] \times 100}{\text{peso}_{\text{muestra}}}$$

6. DETERMINACIÓN DE MINERALES DE IMPORTANCIA NUTRIMENTAL POR ABSORCIÓN ATÓMICA: CALCIO, COBRE, MAGNESIO, MANGANESO, CROMO, POTASIO, SODIO Y ZINC.

Técnica propuesta basada en la descrita en EPA's Sampling and Analysis Method³².

Fundamento

La espectroscopia molecular ordinaria mide la absorbancia de una muestra que se coloca en el haz de luz. Alternativamente la muestra se radia y su luminiscencia se mide en dirección perpendicular al haz incidente.

El método de absorción atómica se basa en la excitación que se produce en los átomos de un determinado elemento contenido en una muestra líquida al someterla a la aspiración de una flama o llama con temperatura de 2000 a 3000 K. La muestra se atomiza, es decir se separa en átomos en la flama, la cual corresponde a la celda de la espectrofotometría ordinaria. El trayecto óptico de la flama suele ser de 10 cm. En la absorción atómica los átomos absorben parte de la luz de la fuente, y la luz no absorbida llega al detector. Para medir la absorbancia de la luz producida por los átomos de un determinado elemento en la llama, en la fuente de radiación; se utiliza un cátodo hecho del mismo elemento que se pretende medir. Esta fuente emite luz con las frecuencias características de los átomos del elemento a cuantificar. Cada elemento tiene sus perfiles propios de absorción y de emisión. El gasto de la muestra, combustible y oxidante así como el nivel al cual se observa la flama, pueden optimizarse para cada elemento.

La diferencia de emplear flama u horno radica en que para el caso de los hornos precalentados eléctricamente presentan mayor sensibilidad de la que es posible obtener en los métodos a la flama y requieren un menor volumen de muestra.

Un horno de grafito tiene mayor sensibilidad porque la muestra completa se confina en el paso de la luz por unos cuantos segundos. En la espectroscopia de flama, la muestra está muy diluida después de la nebulización y permanece sólo una fracción

de segundo en el paso de la luz mientras va ascendiendo por la flama. Las flamas requieren así mismo de un volumen mucho mayor de muestra debido a que ésta fluye constantemente en la flama. Mientras que para el análisis a la flama se requieren 1 o 2 mL para un horno es adecuado 1 μL ³³.

Material y equipo

- Espectro Varian AA220 para Ca, Na, K y Mg
- Espectro Varian AA220 con horno de grafito acoplado GTA 110 para Cu, Cr, Mn y Zn
- Digestor (Tecator 20-40)
- 13 tubos de digestión de 75 mL Tecator
- Peróxido de hidrógeno al 30%
- Ácido nítrico concentrado
- Solución de extran al 5%
- Solución de ácido nítrico al 5%

Procedimiento

Se lavó el material a emplear con extran (detergente) con la finalidad de eliminar los iones que pudiesen estar presentes en el material y evitar así que interfirieran en la determinación. El material se remojó en extran al 5% durante 24 horas, posteriormente se enjuagó con agua destilada. Enseguida el material se sometió a un remojo en solución de ácido nítrico al 5% por 24 horas, se enjuagó con agua de grifo y después con agua destilada. Finalmente se dejó secar.

De la muestra molida y seca se pesaron de 200 a 300 mg en los tubos de digestión Tecator y se adicionaron 5 mL de ácido nítrico concentrado se colocaron inmediatamente los tubos en el digestor (Tecator 40-20). Para oxidar por completo la materia orgánica se mantuvieron las siguientes condiciones iniciales: temperatura 150 °C y tiempo 30 minutos.

Se agitó el tubo para que la oxidación fuera homogénea en la muestra y se dejó digerir por 17 minutos más. A continuación se adicionaron 2.3 mL de peróxido de hidrógeno al 30% y se colocaron de nuevo los tubos en el digestor por espacio de 40 minutos. Se agregó 1 mL más de peróxido de hidrógeno al 30% y se digirió por un periodo de 4 horas y 15 minutos.

Los tiempos y los volúmenes de los reactivos empleados en la digestión se determinaron en digestiones previas hasta que se llegó a los óptimos, que son los que únicamente se mencionan.

Cuando la digestión se terminó se obtuvo una solución translúcida y de ligero color paja. Cuantitativamente se transfirió la muestra ya digerida a los matraces aforados de 10 mL con ayuda de los embudos pequeños y se llevó a la marca de aforo con agua desionizada.

Así mismo se corrió un blanco en donde se omitió adicionar la muestra.

Las muestras se digirieron en el laboratorio y se enviaron a analizar en los espectros de la USAI, Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación de la Facultad de Química. Se emplearon los métodos de flama y horno de grafito a los cuales se les adicionó un supresor de ionización adicionando una concentración específica a blanco, curva estándar y muestras.

En la tabla 9 se enlistan los parámetros instrumentales empleados y en todos los casos el método de análisis fue la curva calibración.

Tabla 9. Parámetros instrumentales de la determinación de minerales por absorción atómica.

Mineral	Calcio	Cobre	Magnesio	Manganeso	Cromo	Potasio	Sodio	Zinc
Longitud de onda	422.7 nm	324.8 nm	285.2 nm	279.5 nm	357.9 nm	799.5 nm	589 nm	213.9 nm
Slit ancho de ventana nm	0.5 nm	0.5 nm	0.5 nm	0.2 nm	0.5 nm	1.0 nm	0.5 nm	1.0 nm
Flama	Óxido Nitroso-Acetileno	Horno de grafito	Aire-Acetileno Supresor de Ionización: Óxido de lantano	Horno de grafito	Horno de grafito	Aire-Acetileno Supresor de Ionización: Cloruro de Cesio	Horno de grafito	Horno de grafito

7. DETERMINACIÓN DE HIERRO

Método colorimétrico (Método AOAC 937.03-1990)²⁹.

Fundamento

Se basa en la extracción de los minerales de interés mediante el empleo de una técnica selectiva, seguida de una redisolución del mineral a cuantificar^{29,32}.

En el caso del hierro, se emplearon como agentes oxidantes la hidroquinona y la ortofenantrolina, de manera tal que se cuantificó el hierro disponible al reducir todo el hierro 3+ (férrico) a hierro 2+ (ferroso)³⁴. La ortofenantrolina reacciona con el hierro 2+ para dar un complejo colorido muy estable³⁵ cuya absorbancia es proporcional a la concentración del hierro presente en la muestra.

Determinación de hierro (soluciones)

- Ácido acético 2 M (120 mL de ácido acético se disolvieron en agua desionizada, finalmente se aforó a 1L)
- Acetato de sodio 2 M (se pesaron 272 g de acetato de sodio trihidratado y se aforaron a 1 L con agua desionizada)
- Azul de bromofenol 0.04% (0.1g de azul de bromofenol se disolvieron en 3 mL de NaOH 0.05N, finalmente se diluyó a 250 mL con agua desionizada)
- Buffer de acetato pH 3.5 (se disolvieron 6.4 mL de acetato de sodio 2 M en 93.6 mL de ácido acético 2 M, se verificó el pH y se aforó a 1 L con agua desionizada)
- Buffer de acetatos pH 4.5 (se disolvieron 43 mL de acetato de sodio 2 M en 57 mL de ácido acético 2 mL, se verificó el pH y se aforó a 1L con agua desionizada)
- Hidroquinona (se disolvió 1 g de hidroquinona en 100 mL de buffer de fosfatos pH 4.5) este reactivo se refrigeró y se descartó su uso cuando presentó aparición de coloración.
- O-fenantrolina (1 g de o-fenantrolina se disolvió y aforó a 400 mL con agua desionizada)

Procedimiento

De las metodologías descritas en el AOAC²⁹ para hierro y fósforo, se hizo un análisis comparativo que permitió efectuar una sola extracción para ambas determinaciones colorimétricas misma que a continuación se describe.

- **Extracción**

Se emplearon crisoles de porcelana, en sustitución de los crisoles de platino y se colocaron en la mufla a una temperatura de 550 °C hasta alcanzar peso constante. Los crisoles se introdujeron a la mufla y se realizaron pesadas sucesivas, se retiraban y se enfriaban paulatinamente al ser colocados en una rejilla de porcelana, inmediatamente después se les introducía en un desecador donde permanecían hasta equilibrarse con la temperatura ambiente, finalmente cada crisol se pesaba en la balanza analítica hasta que alcanzaba peso constante, es decir que dos pesadas sucesivas no variaban en la última cifra. Se consideraron cuatro cifras significativas para registrar el peso.

En cada crisol a peso constante se pesaron 5 g del residuo seco y molido, se agregaron 5 mL de HCl 0.1N y se calentaron durante 15 minutos a baño maría para disolver el hierro e hidrolizar los pirofosfatos presentes en la muestra. Enseguida se filtró en matraces volumétricos de 100 mL, se empleó papel Whatman 52 resistente a las condiciones de acidez, para agilizar este paso se emplearon embudos Hirsch.

Así mismo se transfirió el residuo insoluble del filtrado y se lavó 5 veces, cada una de ellas con 3 mL de HCl caliente 0.01 N. Posteriormente se lavó con agua desionizada para la eliminación de los cloruros. Se verificó constantemente la presencia de cloruros en las aguas de lavado, para ello, se colectaban fracciones de los lavados y se les adicionaron gotas de nitrato de plata. Si se observaba el precipitado característico del cloruro de plata, producto de la reacción del nitrato de plata con el cloruro presente en las aguas de lavado, indicaba aún la presencia de cloruros. La completa eliminación de los cloruros ocurrió al no observarse precipitado en el agua de lavado.

A continuación se llevaron a ignición, en el mismo crisol de origen de la extracción, el residuo y el papel filtro de cada muestra, con la finalidad de evitar remanentes de materia orgánica.

Después se dejó enfriar el crisol y se le adicionaron 2 gotas de H_2SO_4 y 1 mL de HF, y se hizo un calentamiento ligero en la parrilla de calentamiento, esto se hizo para eliminar el ácido sulfuroso (H_2SO_3) en forma de vapor.

En los crisoles ya fríos se adicionaron unas pocas gotas de HCl concentrado, esto se filtró y de nuevo se recibió en el matraz aforado de 100 mL, donde se encontraba el filtrado previo. Se lavó como anteriormente ya se mencionó y se colectaron los filtrados en el matraz volumétrico de 100 mL; se llevó a la marca del aforo con agua desionizada.

El mismo tratamiento se hizo para el blanco, de cada muestra se realizaron tres extractos.

Cuantificación de hierro

- **Tratamiento del extracto previo a su cuantificación**

Se tomaron alícuotas de 1 mL de cada una de las muestras en matraces aforados de 25 mL y se les adicionó a cada uno de ellos 5 gotas de azul de bromofenol como indicador.

Se les ajustó el pH a 3.5 con acetato de sodio 0.2 M, se empleó como referencia el color que presentó una alícuota de buffer de ácido acético/acetato de sodio cuyo pH era de 3.5. con 5 gotas del mismo indicador. Para cerciorar que el pH correspondiera al valor deseado, a algunas de las muestras ya ajustadas se les confirmó el pH con el potenciómetro y se encontró que el uso de este indicador es muy preciso.

- **Procedimiento**

Una vez ajustado el pH a cada muestra se adicionaron en el siguiente orden 1 mL de hidroquinona y 2 mL de ortofenantrolina. Se diluyó el volumen (100 mL), se mezcló

y se desarrolló color por completo cuando transcurrió una hora de haber adicionado la ortofenantrolina.

- **Preparación de la curva**

Se preparó una solución estándar de hierro de concentración de 28 $\mu\text{g Fe / mL}$, se pesaron 0.028 g de sulfato de sodio amoniacal y se disolvieron en 1 L de agua desionizada.

Se leyó la curva (ver anexo figura 9) relacionando A contra μg de hierro en 25 mL.

De cada extracto se desarrolló color por triplicado.

8. DETERMINACIÓN DE FÓSFORO

Método colorimétrico (Método AOAC 970.39-1990)²⁹.

Fundamento

Se basa en la extracción de los minerales de interés mediante el empleo de una técnica selectiva, seguida de una redisolución del mineral a cuantificar³². El fósforo se cuantificó mediante la formación del complejo colorido molibdofosfovanadato que se generó al hacer reaccionar el molibdovanadato de amonio y el fósforo presente en la muestra³⁴. Este complejo es estable³⁵, su concentración es proporcional a la absorbancia registrada a una longitud de onda determinada.

Procedimiento

Como ya se mencionó con anterioridad, de las metodologías descritas en el AOAC²⁰ para hierro y fósforo, se hizo un análisis comparativo que permitió efectuar una sola extracción para ambas determinaciones colorimétricas. La extracción se detalla en la determinación de hierro.

Determinación de fósforo (soluciones)

- Molibdovanadato de amonio (Se pesaron 60 g de molibdovanadato y se disolvieron en 900 mL de agua desionizada caliente, se enfrió y diluyó a 1 L).
- Metavanadato de amonio (Se pesaron 1.5 g de metavanadato de amonio y se disolvieron en 690 mL de agua desionizada caliente, se adicionaron 300 mL de HNO₃, se enfrió y se diluyó a 1L).
- Molibdometavanadato de amonio: Gradualmente se adicionó la solución de molibdometavanadato de amonio a la solución de metavanadato de amonio con agitación. Se guardó en envase de polietileno ya que es estable indefinidamente en este material, se evitó la exposición a la luz y se descartó su uso en caso de presentar presencia de precipitado.

Cuantificación de fósforo

- **Preparación de la curva**

Se preparó una solución estándar de fósforo de concentración 0.22 mg/mL, se pesaron 0.0545 g de KH_2PO_4 y se disolvieron en agua desionizada. Se refiere la concentración de fósforo como mg de óxido de fósforo V (P_2O_5) ya que así se reporta la concentración de fósforo en el AOAC²⁹.

Se prepararon soluciones de trabajo para obtener las concentraciones de 0.00, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 0.25 y 0.35 mg de P_2O_5 /10 mL respectivamente. (Ver anexo figura 10).

Se tomaron alícuotas de 10 mL de cada solución de trabajo en matraces de 25 mL.

Se adicionaron 5 mL de reactivo de molibdometavanadato en cada matraz, se agitó y se dejaron reposar 10 minutos para el desarrollo de color y se leyó con margen de una hora para el completo desarrollo de color. Se ajustó el espectrofotómetro a 400 nm, empleando un blanco de reactivos. Finalmente se construyó la curva patrón de absorbancia en función de la concentración. El mismo procedimiento se siguió para las muestras.

De cada extracto se desarrolló color por triplicado.

9. DETERMINACIÓN DE TRIPTOFANO

Método colorimétrico (Método Rao -1974)³⁶.

Fundamento

La cuantificación del triptofano se realizó mediante hidrólisis enzimática, evitando así la desnaturalización del aminoácido por hidrólisis ácida.

La hidrólisis enzimática se inició con la pepsina durante tres horas, seguida de la pancreatina durante 24 horas, el hidrolizado se hizo reaccionar con p-dimetilaminobenzaldehído (DMAB) y nitrito de sodio, se generó la formación de un compuesto colorido, el cual permitió cuantificar espectrofotométricamente la cantidad de triptofano presente en la muestra a 590 nm de longitud de onda por tratarse de un aminoácido aromático indispensable.

Reactivos

- Buffer de fosfatos pH 8 (Solución A se pesaron 2.78 g de NaH_2PO_4 y se aforaron a 100 mL). Solución B se pesaron 26.82 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ y se aforaron a 500 mL. Se tomaron 5.3 mL de la solución A y 94.7 mL de la solución B y se llevaron a 200 mL con agua destilada. Se ajustó el pH a un valor de 8.
- Solución de pepsina 0.3 % (p/v) (se pesaron 600 mg de pepsina Merck-7190 Poder digestivo seg. N.F. XII 1: 10 000 y se aforaron a 200 mL con solución de HCl 0.1N)
- Solución de pancreatina 0.4% (p/v) (se pesaron 400 mg de pancreatina Sigma P1500 Fuente: Páncreas bovino y se aforaron a 100 mL con buffer de fosfatos)
- Solución de p-DMAB 0.5% (p/v) (se pesaron 0.5 g de p-DMAB se disolvieron en HCl concentrado y se aforaron a 100 mL con el mismo disolvente.
- Solución de nitrito de sodio 0.2% p/v (se pesaron 200 mg de nitrito de sodio y se aforaron a 100 mL con agua desionizada)
- Solución estándar de triptofano (0.05 mg/mL) (se pesaron 10 mg exactos de triptofano y se aforaron a 200 mL con agua desionizada)

Procedimiento

- **Preparación del hidrolizado**

Se pesó 1 g del residuo seco y molido y se colocó en un matraz aforado de 50 mL, posteriormente se agregaron 10 mL de la solución de pepsina, se mantuvo a temperatura ambiente durante tres horas con agitación ocasional. Transcurrido este tiempo se añadieron 10 mL de la solución de pancreatina y se incubó por un periodo de 24 horas con agitación esporádica.

El hidrolizado se aforó a 50 mL con agua desionizada y se filtró. Del filtrado se tomó una alícuota de 2 mL y se colocó dentro de un tubo de ensayo, a este se le agregaron 3.8 mL de p-DMAB y se agitó dejando en reposo durante 15 minutos en la oscuridad. Al término de este tiempo se agregaron 0.25 mL de nitrito de sodio y se dejó en reposo por 15 minutos más. Posteriormente se tomó lectura de la absorbancia a 590 nm.

Simultáneamente se realizó un blanco de la muestra en el cual se tomó 1 mL de extracto y se sustituyeron los 3.8 mL de p-DMAB por 3.8 mL de HCl concentrado. Se realizaron tres hidrolizados por cada muestra y de cada una de ellas se hizo un blanco.

- **Preparación de la curva patrón**

Se tomaron alícuotas de 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 de la solución estándar de triptofano y se depositaron en tubos de ensayo, cada tubo de ensayo se llevó a un volumen final de 1 mL con agua y se adicionaron 3.8 mL de p-DMAB, se agitaron y se dejaron en la oscuridad por 15 minutos, posteriormente se agregaron 0.25 mL de nitrito de sodio, se agitaron y se dejaron en reposo durante 15 minutos más, transcurrido este tiempo se tomó la lectura de absorbancia a 590 nm. Finalmente se construyó la curva patrón que relacionara los mg de triptofano con la absorbancia. (Ver anexo figura 11).

Cada punto de la curva se hizo por triplicado.

Cálculos

Al valor de absorbancia de la muestra se le restó el valor de absorbancia del blanco y posteriormente se convirtió a g de triptofano con la curva patrón realizada.

$$\text{Trp g/16gN} = (\text{g trp/1 ml hidrolizado} * 50 \text{ mL de aforo}) (\text{1 /g de muestra}) (\text{1/g proteína en el residuo}) * 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. COMPOSICIÓN PROXIMAL

En la tabla 10 se presentan los valores del análisis proximal en base húmeda, el porcentaje de humedad corresponde a la residual presente en las muestras, ya que fueron secadas en el lugar de origen.

Tabla 10. Análisis proximal de las muestras estudiadas en base húmeda g/100 g de muestra^a

Determinación	Variedades blancas		Variedades Tintas	
	Chenin Blanc	Riesling	Cabernet Sauvignon	Ruby Cabernet
Humedad	5.28±0.35	5.84±0.10	5.88±0.25	11.49±0.13
Proteína cruda	7.14±0.04	11.97±0.09	11.6±0.10	5.72±0.24
Grasa cruda	1.53±0.09	2.55±0.12	3.15±0.04	5.35±0.21
Cenizas	7.11±0.17	6.68±0.03	7.45±0.12	5.72±0.24
Fibra cruda	22.09±0.17	16.52±0.46	18.59±0.20	19.54±0.65
Hidratos de carbono^b	56.85	56.44	53.32	50.58

^a Promedio de triplicado ± DE; CV < 10%.

^b Calculados por diferencia.

En la tabla 11 se presentan las muestras estudiadas en base seca.

Tabla 11. Análisis proximal de las muestras estudiadas en base seca g/100 g de muestra^a

Determinación	Variedades blancas		Variedades Tintas	
	Chenin Blanc	Riesling	Cabernet Sauvignon	Ruby Cabernet
Proteína cruda	7.53±0.04	12.71±0.09	12.32±0.10	12.38±0.24
Grasa cruda	1.61±0.09	2.71±0.12	3.35±0.04	5.77±0.21
Cenizas	7.50±0.17	7.09±0.03	7.91±0.12	6.17±0.24
Fibra cruda	23.32±0.17	17.54±0.46	19.75±0.20	21.08±0.65
Hidratos de carbono ^b	60.64	59.95	56.67	54.60

^a Promedio de triplicado ± DE; CV < 10%

^b Calculados por diferencia.

Aún cuando la cantidad de humedad es muy similar en las muestras, y considerando que no se tiene la humedad original, se analizan los resultados en base seca, de acuerdo con los datos expresados en la tabla 11, es posible afirmar que entre sí las variedades son similares, el contenido de cenizas es cercano al 7% en todas las variedades. La cantidad de proteína presente es muy similar en las variedades Riesling, Cabernet Sauvignon y Ruby Cabernet, resalta la baja cantidad de este nutrimento en la variedad blanca Chenin Blanc que es un 40% menor con respecto al valor de proteína presente en las demás muestras.

Es importante mencionar que la cantidad de proteína encontrada en el residuo, es mayor a la de algunos alimentos empleados en la alimentación animal, como es el caso de la paja y algunos granos como la cebada que tienen entre 8 y 9% de este nutrimento, inclusive el valor de proteína encontrado en el residuo de vid es mayor con respecto al sorgo que contiene 10%, en México es común emplear el sorgo en la

alimentación animal^{27,28}, debido al contenido de proteína del residuo puede emplearse como complemento del sorgo.

Es evidente que la especie de uva incide en el contenido de proteína en las variedades blancas, mientras que en el caso de las muestras tintas existe gran similitud en la cantidad de dicho nutrimento. Ésta característica se atribuye a la naturaleza propia de cada variedad. Es importante tener presente que genéticamente son muy cercanas las variedades tintas. Ambas son hibridaciones provenientes de la cruce de dos variedades. La Cabernet Sauvignon proviene del cruce entre la Cabernet Franc (variedad tinta) y la Sauvignon Blanc (variedad blanca) y la Ruby Cabernet consta del entrecruzamiento existente entre dos variedades tintas: la Cabernet Sauvignon y la Cariñeña. Es en el aporte de proteína donde se aprecia la mayor afinidad existente entre los híbridos en estudio.

Como se observa en la tabla 11 cada variedad presenta un valor de grasa característico, se tiene pues, una regular fuente de grasa a partir del residuo. La tendencia es que las variedades rojas presentan mayor contenido de este nutrimento. El contenido de grasa como extracto etéreo se atribuye principalmente a la semilla, siendo el valor mayor para la variedad roja Ruby Cabernet 5.77%, la cual contiene mayor cantidad de semillas al igual que Cabernet Sauvignon. Los ácidos grasos asociados a los galactolípidos y muchos de los triglicéridos contenidos en la semilla son insaturados y contienen valores altos de ácido linoléico y linolénico¹⁹. Lo cual representa una ventaja en el uso del residuo al considerarse como una fuente de ácidos grasos insaturados esenciales para toda especie animal.

Se encontró un alto contenido de fibra cruda (17-23%), este dato se obtuvo a partir del método oficial de la AOAC²⁹ presenta la desventaja de no proporcionar una determinación exacta de las fibras en la dieta, incurriendo en errores de cuantificación debido a que se pierden todas las fracciones solubles junto con una cantidad variable de fibras insolubles. Subestimándose así la cantidad total de fibra presente el residuo.

Cabe aclarar que debido a que la hidrólisis ácida y básica de los alimentos vegetales es mucho más enérgica que la acción de las enzimas digestivas, se calcula que los valores de fibra dietética son de tres a cinco veces mayores que los de fibra cruda²¹.

El alto contenido de fibra cruda determinado, permite inferir que la fibra dietética se encuentra en proporciones mayores. La fibra se considera un índice de calidad negativo, al ser la porción del alimento que es indisponible para las enzimas digestivas animales. No obstante esta característica permite destinar el residuo a la alimentación animal, al enfocar su uso principalmente a los rumiantes, dado que a partir de ella les es posible obtener energía por contar con un número elevado de microorganismos capaces de digerirla. No se descarta su uso en animales monogástricos bajo condiciones adecuadas de proporciones o complementos.

Si se hace un manejo adecuado de la fibra como una combinación con un cereal, se disminuye el efecto negativo que impide el aprovechamiento de los demás nutrimentos²³; para el caso específico de los monogástricos y para los rumiantes el beneficio es en la prevención de procesos inflamatorios en el aparato digestivo³⁷ así como hemorragias.

El porcentaje de hidratos de carbono es en promedio de 60, siendo más alto en las variedades blancas. En este grupo se engloban sustancias como la celulosa y hemicelulosa, se considera al residuo un sustrato a hidrolizar por las enzimas producidas por los microorganismos del rumen³⁸ estos hidratos de carbono son fermentados por largos periodos.

2. CONTENIDO DE AZÚCARES (REDUCTORES DIRECTOS Y TOTALES)

En la tabla 12 se muestra el contenido de azúcares expresados como reductores directos y reductores obtenidos después de la hidrólisis ácida, en el residuo de la vid.

Tabla 12. Contenido de azúcares presentes en los residuos de vid en base húmeda g/100g ^a

Determinación	Variedades blancas		Variedades tintas	
	Chenin Blanc	Riesling	Cabernet Sauvignon	Ruby Cabernet
Azúcares reductores directos^a	13.66±0.41	4.88±0.03	1.88±0.12	1.74±0.005
Azúcares reductores obtenidos después de la hidrólisis^b	9.67	3.07	1.05	1.10
(Expresados como sacarosa)				
Azúcares reductores totales^c	22.64	7.71	2.84	2.75

^a Promedio de triplicado ± DE; CV < 5% a excepción de Cabernet Sauvignon CV = 6.72%.

^b Se obtiene al restar el valor del contenido de azúcares reductores totales (después de la hidrólisis); [menos los reductores directos (antes de la hidrólisis) multiplicados por un factor 0.95] (AOAC)²⁹.

^c Es considerado la suma de los valores que corresponden a azúcares reductores directos y azúcares reductores obtenidos después de la hidrólisis.

Se efectuó la medición de los azúcares reductores directos, posteriormente se hidrolizó la muestra y se midieron de nuevo los azúcares reductores, a estos últimos se les denominó azúcares reductores totales ya que se obtienen de la sumatoria de dos componentes: **a)** los azúcares reductores que desde un inicio se encontraban en la

muestra y **b)** los azúcares reductores que se obtuvieron tras efectuar la hidrólisis química.

El factor 0.95 proviene del cociente de dividir el peso molecular de la sacarosa entre el peso molecular de la sumatoria de la glucosa y la fructosa como monómeros. La sacarosa se compone de los monómeros glucosa y fructosa que al unirse por un enlace glucosídico se pierde una molécula de agua. Así, si se divide $340\text{g} / 360\text{g}$ se obtiene el factor 0.95.

Analizando los datos de la tabla 12, se tiene que las variedades rojas presentan un menor contenido de azúcares reductores comparados con las variedades blancas, destaca la variedad blanca Chenin Blanc con el mayor porcentaje de estos azúcares.

La finalidad en la vinificación es extraer azúcares³⁹, por lo se que explica el bajo contenido de éstos en el residuo. La cantidad de azúcares reductores presentes en las variedades tintas es menor con respecto a las variedades blancas, esto se atribuye a la diferencia en el proceso de obtención del vino tinto. En la producción de vino tinto se involucran componentes de hollejo, pulpa y semilla que permanecen en contacto con el mosto. Al permitir este contacto, se logran extraer de manera eficiente además de azúcares, pigmentos y taninos característicos del vino tinto. Se esperaba una baja concentración de azúcares, ya que en el proceso de vinificación se han extraído para fermentarse posteriormente^{9,13}.

La situación opuesta ocurre en el caso del vino blanco, en el proceso de obtención de este vino, los orujos son retirados una vez que se ha extraído el jugo, evitándose una extracción prolongada y por ende eficiente de los azúcares y otros componentes. Esto explica que estén presentes, en lo referente a la cantidad se aprecia que es considerablemente mayor en la variedad Chenin Blanc con respecto a la variedad Riesling. Durante la maduración la glucosa se acumula antes que la fructosa, pero cuando el grano está maduro la proporción es en general 1:1 aunque puede variar desde 0.7 hasta 1.4. En uvas muy maduras la concentración de fructosa excede a la de glucosa. La uva empleada en el proceso de vinificación debido a su avanzado grado de maduración posee un alto contenido de estos azúcares. La uva Chenin Blanc

presentó el valor más alto de azúcares reductores directos obteniéndose el valor de 13.66%, con lo cual, se esperaba también que presentara los valores más altos de azúcares reductores obtenidos después de la hidrólisis (expresados como sacarosa) 9.67% y por consiguiente el valor más alto de azúcares reductores totales 22.64%. Se confirmó que la uva Chenin Blanc es un ejemplo de variedades con alto contenido de azúcares reductores, por otro lado la uva Riesling ofrece una gama de sabores muy amplia en función de los azúcares que contenga según su origen y su edad. La tendencia es que los azúcares prevalecen en las variedades blancas.

Los agroresiduos provenientes de las variedades blancas presentan un contenido alto en azúcares reductores. El proceso de tecnificación del vino es la variable que describe el contenido de azúcares reductores presente en los residuos de la vinificación.

Puede considerarse a la variedad Chenin Blanc una fuente de azúcares reductores, ya que se encuentran en un porcentaje notable de 22.64%, este valor correlaciona con lo ya descrito por López G⁷ que afirma que las variedades con elevado contenido de glucosa son Chenin Blanc y Zinfandel. Al tratarse de azúcares sencillos, presentan una fácil asimilación por los monogástricos o bien pueden ser empleados por los microorganismos de la rumia para obtener energía necesaria durante la digestión.

Si se contemplan a los microorganismos del rumen, se tienen consumidores idóneos de estos azúcares, la flora ruminal obtienen su energía de la fermentación de los azúcares (así como de esqueletos carbonados de otros compuestos). Esta utilización se inicia con los azúcares contenidos en los alimentos, prosigue con los resultantes de la hidrólisis del almidón y finaliza con los provenientes de la hidrólisis de la celulosa y los restantes polisacáridos de las paredes celulares¹⁹.

El contenido de hidratos de carbono presentes en el residuo intervienen de manera positiva en la palatabilidad, es decir, que presenta mayor agrado al paladar de la especie a la que se proporcione. Este atributo reside en su composición, en su

mayoría está constituido por: pulpa prensada, hollejos, semillas y presenta en menor proporción sarmientos y raíces que resultan poco agradables a la ingesta animal y demeritan el valor nutritivo como consecuencia de su elevado contenido de lignina.

Si se pretende destinar el residuo a la alimentación animal, el efecto de los hidratos de carbono en la palatabilidad representa una ventaja, haciéndolo apetecible para todo ganado.

3. PRUEBA DE DIGESTIBILIDAD

En la tabla 13 se presentan los resultados de la prueba de digestibilidad con líquido ruminal.

Tabla 13. Digestibilidad del residuo de vid con líquido ruminal g/100g de muestra en base húmeda

Tipo de muestra	Variedades blancas		Variedades tintas		Planta forrajera
	Chenin Blanc	Riesling	Cabernet Sauvignon	Ruby Cabernet	Alfalfa ^b
% Digestibilidad ^a	51.08±1.45	37.31±1.32	42.78±0.96	32.84±0.78	73.72±0.46

a Promedio de triplicado ± DE; CV < 5%

b Patrón de comparación

Puede apreciarse que la muestra que presenta una mayor digestibilidad es la variedad blanca Chenin Blanc, las demás muestras presentan una digestibilidad baja. Al compararse las muestras analizadas con la digestibilidad de la *Medicago sativa* (Alfalfa), que es una planta forrajera comúnmente empleada en la alimentación animal propia de los rumiantes, se tiene que son bajos los valores encontrados para cada muestra. Los valores de digestibilidad inferiores al 40% pueden atribuirse al grado de lignificación, siendo ya considerable en la uva madura, en el cual la celulosa no está del todo disponible.

La digestibilidad de la celulosa varía del 50 al 80% y está inversamente relacionada con la cantidad de lignina presente. Una digestibilidad baja de los principios nutritivos de los alimentos está asociado al contenido de lignina⁴⁰. Hay que recordar que la celulosa como nutrimento se encuentra asociada a la lignina.

La ventaja de la técnica *in vitro* es reflejar el fenómeno biológico, se caracteriza por ofrecer mayor precisión con respecto a los métodos que emplean enzimas y microorganismos que suelen ser más sensibles a factores que pudiesen afectar la velocidad y duración de la digestión. En la técnica para la medición de la digestibilidad ruminal se empleó líquido ruminal obtenido de un animal fistulado, lo cual permite una reproducibilidad óptima con respecto al líquido ruminal obtenido por sonda.

Es factible considerar el uso del residuo en la alimentación animal actualmente es una práctica común emplear alfalfa, pasto tropical y paja cuyos valores de digestibilidad se encuentran del 40 al 60%.

En este caso la alfalfa empleada fue una planta de corte temprano, con ello se aseguró que la lignificación no estuviese tan avanzada como para abatir su aporte nutrimental. Este aspecto se refleja en el valor de digestibilidad obtenido para la *Medicago sativa* (Alfalfa) es de 73.72% cuando en promedio en la alfalfa comúnmente empleada se obtienen valores del 40 al 60%¹⁹.

Desafortunadamente algunas de las plantas cuyo contenido de lignina es alto, y cuyos valores de digestibilidad son cercanos al 42% son suministradas en la alimentación animal. El empleo del agros residuo, en específico la variedad Chenin Blanc permite mantener de manera constante la proporción lignina/celulosa preservando así las cualidades nutrimentales de la celulosa, este dato se refleja en la disponibilidad de los carbohidratos, es preciso recordar que la uva Chenin Blanc es la que presenta el mayor contenido de carbohidratos digeribles presentes como azúcares reductores totales. Como consecuencia del elevado contenido de carbohidratos se tiene el valor más alto de digestibilidad de esta variedad blanca por parte de los rumiantes.

La característica fundamental en el empleo de forrajes y otros alimentos ricos en fibra son el alto contenido de una porción de celulosa y hemicelulosa que contribuyen al total de la digestibilidad^{38,41}.

Se ha demostrado que el grado de lignificación existente en los alimentos y la baja en la disponibilidad de los nutrientes que presentan, se rige por una relación inversa³⁵. La disponibilidad de la celulosa está asociada en gran medida al grado de lignificación; la celulosa mientras más asociada se encuentra a la lignina se encuentra menos disponible para la digestión y esto se refleja en una velocidad de digestión menor.

Los animales rumiantes tienen la ventaja de retener y rumiar el alimento, si se les tritura, de manera moderada, es decir que permita la rumia, se incrementa el consumo del alimento y su digestibilidad, al disminuir el tamaño de partícula se aumenta la superficie de contacto con el líquido ruminal, permitiendo una mejor digestibilidad. La prueba de digestibilidad se hizo utilizando un tamaño de partícula de 0.5mm el cual permitió emplear al residuo como fuente en la obtención de energía a los hidratos de carbono contenidos en la fibra.

4. CONTENIDO DE MINERALES DE IMPORTANCIA NUTRIMENTAL

En las tablas 14 y 15 se presentan los resultados del contenido de algunos minerales importantes en la nutrición animal. En la tabla 14 se presentan los resultados obtenidos por absorción atómica, hierro y fósforo fueron obtenidos por métodos colorimétricos y se encuentran en la tabla 15.

Tabla 14. Contenido de los minerales de importancia nutrimental en las muestras de residuo de vid mg/100g de muestra estudiada en base húmeda

Elemento	Variedades blancas		Variedades tintas	
	Chenin Blanc	Riesling	Cabernet Sauvignon	Ruby Cabernet
Ca	522	600	483	450
Cu	7	23	10	6
Mg	340	351	300	340
Mn	9	8	5	25
Cr	1	1	ND	ND
K	1 474	1 660	1 507	1 920
Na	29	46	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND

^a Determinaciones realizadas por duplicado.

ND No detectado

Tabla 15. Contenido de Hierro y Fósforo en las muestras de residuo de vid mg/100 g de muestra en base húmeda^a

Elemento	Variedades Blancas		Variedades tintas	
	Chenin Blanc	Riesling	Cabernet Sauvignon	Ruby Cabernet
Fe	52.67±2.95	37.80±0.73	59.21±0.69	92.83±1.64
P ₂ O ₅	262.71±8.7	172.48±6.34	248.17±8.4	231.29±1.59

^a Promedio de triplicado ± DE; CV < 5%

Una de las ventajas que ofrece el empleo del residuo con respecto a una planta forrajera como lo es la alfalfa es que se evita la disminución del valor nutritivo debida al transcurso de la maduración, ya que el contenido de proteína, calcio, fósforo y magnesio disminuyen, mientras que el contenido de lignina aumenta. Este constituyente además de ser casi totalmente indigesto, disminuye el valor nutritivo por indisponer nutrimentos²³ que de otra manera serían digeribles, así mismo reduce el consumo del forraje y la rapidez de su paso por el rumen.

La disminución del valor nutritivo del recurso alimenticio debida al transcurso del tiempo, se atribuye principalmente a una menor proporción de hojas y un aumento en la proporción de tallos menos nutritivos para el caso de las plantas forrajeras. Los minerales presentan el mismo patrón de disponibilidad que la digestibilidad, con el transcurso del tiempo se ve disminuida, es decir, declinan con la madurez del forraje. En contraste, el calcio se mantiene prácticamente constante a lo largo de la maduración de la uva mientras que la concentración de potasio y sodio se incrementan^{8,39}. Esto representa una ventaja para el agroresiduo ya que se requerirá una complementación en menor proporción de estos minerales.

Si se pretende destinar el agros residuo a la alimentación de los animales monogástricos incluyéndose como cerdos y aves, se requiere complementar los minerales calcio y fósforo para cubrir con los requerimientos de estos animales³. La complementación es en menor proporción para el caso de los cerdos ya que en las aves son mayores las necesidades de calcio y fósforo como minerales primordiales en la formación del cascarón de los huevos⁴².

La cantidad de calcio precisa en un individuo depende fundamentalmente de la edad, en un animal joven las necesidades son mayores debido a la formación del esqueleto, por el contrario para un adulto con huesos ya constituidos sólo se requiere un pequeño aporte para la regeneración de éstos. La proporción calcio-fósforo es primordial en la absorción de ambos minerales. Si existe un predominio notable de calcio sobre el fósforo, se presentan a largo plazo lesiones típicas de raquitismo, que desaparecen al administrar fosfatos. Un nivel alto de calcio frente a un aporte normal de fósforo conduce a una disminución en la utilización del segundo. Si el predominio corresponde al fósforo, se inhibe la absorción de calcio. Existe una relación óptima entre las cantidades de calcio y fósforo que es 2:1 a 5:1 en animales jóvenes, como se aprecia en las tablas 14 y 15 las concentraciones de calcio y el fósforo cumplen la relación 2:1 por lo que se considera ideal el aporte de estos minerales en el residuo.

El residuo cubre adecuadamente las necesidades en calcio y fósforo en etapa de desarrollo, es de resaltar que los requerimientos de estos minerales varían en función de la especie, la edad y el estado fisiológico, de manera general los mamíferos cubren sus requerimientos en calcio y fósforo cuando en relación a la materia seca de la ración figure en el 0.4% en fósforo y 0.85% en calcio. Las necesidades de fósforo aumentan si se aleja de la relación óptima Ca: P^{3,37}.

El sodio se encuentra por debajo del límite de detección en el caso de las variedades tintas mientras que en las variedades blancas se presenta en baja concentración. Este mineral es requerido para un crecimiento y funciones corporales normales. El sodio interviene en el metabolismo de agua en la sensación de sed, su carencia disminuye la

asimilación de la proteína y dificulta la reproducción. La mayoría de los alimentos son pobres en sodio. Los requerimientos de este mineral pueden ser cubiertos suplementando la dieta con un 0.25% de sal para monogástricos y rumiantes^{28,37,43}.

En lo referente a los minerales magnesio y potasio así como el resto de los minerales analizados se encuentran en cantidad suficiente por lo que no es necesario complementarse. El magnesio actúa como catalizador en el metabolismo de glúcidos, activador de las fosfatasas e interviene en el crecimiento mientras que el potasio interviene en los movimientos intestinales^{26,28}.

Con respecto al zinc, el cual no fue detectado en la muestra, se atribuye a que el método empleado no es el más adecuado ya que se sabe que se encuentra en cantidades muy pequeñas, sí es necesario complementar este mineral, ya que interviene directamente en la velocidad de crecimiento^{19,39,43}.

La concentración de hierro cuantificada en el residuo es apropiada para desarrollar las funciones de este mineral que son: transportar oxígeno y como catalizador de los fenómenos de óxido-reducción.

Los requerimientos de hierro se ven cubiertos de manera adecuada, la cantidad requerida para monogástricos y rumiantes es de 50-60 mg/kg de alimento; en el caso de las aves 40 ppm, por ser de origen vegetal esta fuente de hierro, su absorción estaría limitada por factores antinutricionales presentes en el residuo tales como taninos, ácido fítico y fibra presentes en el residuo. Dado que el aporte es adecuado, no se presentará anemia nutricia por deficiencia en este mineral⁴⁴.

El cobre al igual que el manganeso son microelementos esenciales en la nutrición animal, forman parte importante en la actividad de las enzimas, un aporte adecuado de cobre se tiene con 5 ppm para todas las especies, en el caso del manganeso las necesidades son: Aves 40-50 ppm, cerdos 12 ppm y bovinos 10 ppm. El residuo cubre apropiadamente con los requerimientos de estos minerales en la alimentación animal. A partir del residuo se tiene una buena fuente de minerales divalentes.

Las necesidades de los elementos minerales de las diferentes especies animales son totalmente distintas; incluso, hay algunos que no son necesarios para determinada especie, pero sí para otras; la edad, el peso, la actividad funcional, su producción, así como la forma de explotación son factores a considerar en la formulación del alimento destinado a la producción animal⁴⁰.

5. CONTENIDO DE TRIPTOFANO

En la tabla 16 se muestra el contenido de triptofano presente en cada una de las cuatro variedades de uva obtenido por método enzimático.

Tabla 16. Contenido de triptofano presente en el residuo de vid^a

Triptofano	Variedades blancas		Variedades tintas	
	Chenin Blanc	Riesling	Cabernet Sauvignon	Ruby Cabernet
Trp mg/ 100g proteína	538.74±2.72	66.50±2.58	181.81±2.99	169.28±1.44

^a Promedio de triplicado ± DE; CV < 5%

Puede apreciarse que el contenido de este aminoácido es muy similar entre las variedades rojas, no así en las variedades blancas en las que la variedad Riesling presenta el menor contenido de dicho aminoácido, se aprecia que está muy por debajo del valor encontrado para la variedad blanca Chenin Blanc, esto puede atribuirse al contenido de proteína, pese a que la variedad Riesling presenta un mayor contenido de este nutrimento (11.97 g / 100g de muestra) contra (7.53 g / 100g de muestra) que presenta la variedad Chenin Blanc, la cantidad del aminoácido en la proteína es mayor, ya que se encuentra un porcentaje mayor del aminoácido triptofano en una menor cantidad de proteína. Este dato podría reflejar la calidad de la proteína, pero, sería necesario hacer un perfil de aminoácidos para poder aseverarlo.

Como se observa el contenido de proteína encontrado en el residuo en las cuatro variedades es muy semejante al de un cereal, lo cual permitiría efectuar combinaciones entre ellos para elaborar un alimento destinado a la producción animal. Si se emplea una gramínea como complemento del residuo como lo es el sorgo, entonces un menor volumen del cereal maíz se distraerá de la alimentación del

hombre¹⁸. Los componentes de la dieta en turno repercuten en el consumo de la misma y a su vez está definida por la disponibilidad del alimento y la respuesta del animal ante él, la naturaleza de la dieta llega a ser determinante en la fermentación en el rumen, caracterizándola⁴⁵.

Al destinar este residuo a la alimentación de rumiantes en función del alto contenido de fibra encontrado en este, es posible ajustarlo al 10% de proteína y así se logra cumplir los requerimientos de este nutrimento.

Para el caso de los rumiantes ningún aminoácido resulta esencial, lo cual representa una ventaja para destinar este residuo a su alimentación, esta población cuenta con la rumia como proceso esencial en la fermentación extractiva para la obtención de energía contenida en la fibra. En cambio, para el caso de los monogástricos se requiere complementar los aminoácidos azufrados, metionina y cistina, ya que se ha encontrado bajo contenido de estos aminoácidos en el residuo⁴⁶.

CONCLUSIONES

- ✓ La variedad de uva incide en el contenido de proteína en las variedades blancas.
- ✓ El aporte de proteína de las variedades rojas es muy similar debido a que ambas uvas son híbridas provenientes de la cruce donde está presente una especie relacionada con Sauvignon.
- ✓ El porcentaje de proteína y de grasa encontrados en el residuo son semejantes al de un cereal, siendo este último mayor en las variedades rojas por su mayor contenido de semillas donde principalmente se concentra la grasa.
- ✓ El proceso de tecnificación del vino es la variable que describe el contenido de azúcares reductores presentes en los residuos generados en la producción de vino, presentándose los valores más altos para las variedades blancas.
- ✓ El residuo ofrece palatabilidad al ganado al que se le destine, primordialmente a los rumiantes.
- ✓ La digestibilidad que presenta la variedad blanca Chenin Blanc se atribuye al elevado contenido de hidratos de carbono digeribles y permite emplearse en la alimentación animal principalmente a los rumiantes ya que es la población que puede aprovechar más eficientemente la fibra.
- ✓ Los residuos de las variedades Riesling, Cabernet Sauvignon y Rubi Cabernet presentan una baja digestibilidad comparadas con la alfalfa de corte temprano.
- ✓ La utilización del residuo en la producción animal es perfectamente posible, al triturarlo se incrementa su consumo y su digestibilidad

- ✓ Existe una relación óptima entre las cantidades de calcio y fósforo. El contenido de calcio, fósforo y hierro en el residuo se encuentra en valores adecuados de acuerdo a los requerimientos de cerdos y rumiantes. Es factible emplear el residuo en animales monogástricos bajo proporciones adecuadas en la formulación del alimento que se les destine.
- ✓ El contenido de triptofano es muy similar en las variedades rojas. La uva Chenin Blanc posee una mayor cantidad del aminoácido triptofano en un menor contenido de proteína al compararla con la uva Riesling.
- ✓ La utilización del residuo con alto contenido de celulosa y moderada lignificación así como un elevado contenido de azúcares digeribles constituye el principal nicho de domesticación en rumiantes de los cuales se deriva la alimentación humana.
- ✓ Es factible emplear el agroresiduo de vid para la alimentación animal en especial en períodos de sequía cuando la escasez de forraje es inminente.
- ✓ El planteamiento del aprovechamiento del orujo resulta una solución ante la indisponibilidad de pastos y forrajes.
- ✓ La utilización de los subproductos de la vinificación es una medida que permitirá reducir costos en la alimentación animal.
- ✓ El empleo del orujo de uva contribuye a disminuir los problemas nutricionales y económicos de la producción animal.
- ✓ La aplicación del residuo resulta atractiva y rentable debido a su disponibilidad en grandes cantidades.

- ✓ Al ocupar el subproducto de la vinificación se reducen costos en el manejo de los residuos de esta industria.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Torres J.L., and Bobet R., **New flavanol derivates from grape (*Vitis vinifera*) byproducts. Antioxidant aminoethylthio-flavan 3-ol conjugates from a polymeric waste fraction used as source of flavanols.** Journal of Agriculture and Food Chemistry 49, 4627-4634 (2001).
- 2) Kjallstrand, J., Ramna O. and Petersson G., **Gas chromatographic and mass spectrum analysis of 36 lignin-related methoxyphenols from uncontrolled combustion of Wood.** Journal of Chromatography 824, 205-210 (1998).
- 3) Motta F., Fraga M., and Carabaño R., **Inclusion of grape pomace in substitution for alfalfa hay in diets for growing rabbits.** Animal Science 63, 167- 174 (1996).
- 4) Reyes E. **Elaboración de los vinos de mesa. Enología Vol. I.** Libros de Texto y manuales de práctica. UAM Iztapalapa. México (1992).
- 5) Vogt E., **El Vino. Obtención, elaboración y análisis.** Ed. Acribia. 9ª edic.. Zaragoza España, pp 95-101, (1986).
- 6) Pérez C. **La uva de mesa.** Ed. Mundi-Prensa. Madrid España, pp 42-45 (1981).
- 7) López G., **Enología Fundamentos Científicos y Tecnológicos.** Ed Mundi-Prensa España pp 25-38, (2000).
- 8) Vedprakash, K., Patill, V., Chakrawar, P., Narwadkar, and Shinde G., **Grape In: Handbook of fruit science and technology production, composition storage and processing.** Marcel Dekker Inc., N.Y. pp 28, (1995).
- 9) Troost G. **Tecnología del vino.** Ed. Omega. Barcelona pp 25-32, (1985).
- 10) Reynoso J., **Viticultura. Enología y algo más.** Ed. Mc-GrawHill. México pp 3, 18-20,35-43, (1996).
- 11) Aleixandre B., **Enología 67.** Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de alimentos. Valencia pp 16-22, 40-45, (1996).

- 12) Carbonell R., **Tratado de viticultura**. Ed. Aedos-Barcelona. Barcelona España 9, 19, 36-41, (1970)
- 13) Soroa J., **Compendio de enología**. 2ª edic. Ed. Dossat Madrid pp 19-25, 48-62, (1969).
- 14) Núñez M.. **El vino de Jerez**. Excelentísima diputación provincial de Cádiz. Comisión de información y publicaciones. Cádiz pp 28-33, 35-43, (1981)
- 15) OFFICE INTERNATIONAL DE LA VIGNE ET DU VIN Dutruc-R. **Situation et Statistiques du secteur vitivinicole mondial en 2001** Supplément au «Bulletin de l'O.I.V.» 18, rue d'Aguesseau – F 75008 Paris, France (2002).
- 16) Russ W. and Meyer-Pittroff R., **Utilizing waste products from the production and processing food industries** Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 44,57-62 (2004).
- 17) López J., **La utilización de los residuos de la industria vitivinícola en Castilla y León**. Salamanca, Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones España (1994).
- 18) Eckhard, E. and Filer J., **Present knowledge in nutrition** ILSI Press. 7ª edic. Washindton D.C. pp 58-95, (1996).
- 19) Van Soest., **Nutritional Ecology of the Ruminant. Ruminant Metabolism, Nutritional strategies, The cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers** O & B Books Inc, USA. pp108-111., (1983).
- 20) Hughes M., Health M., and Metcalfe D., **Forages, The Science of grassland agriculture**, The Iowa State University Press, 2ª edic. Iowa pp 95-117,152-177, (1996).
- 21) García O, y Kellogg de México, S.A. de C.V. **Enciclopedia de la fibra** Ed Kellogg® México, pp 10-11, (2002).
- 22) AACCC En: Memorias del Curso Internacional “**Almidón y Fibra dietética: Química, tecnología y biodisponibilidad**”. Bello L., Ed. Orgo Yautepec, México. pp 102, (2003).

- 23) Ruíz-Roso B., Pérez O y García C. "Influencia de la fibra dietaria en la biodisponibilidad de los nutrientes". En: **Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud**. Lajolo F., Saura-Calixto F., Penna E. Y Menezes E. Ed Varela Sao Paulo Brasil pp 350-361, (2001).
- 24) Fenemma O., **Química de Alimentos**, 2ª edic. Ed Acribia. Zaragoza , pp 65-71,100-101, (1993).
- 25) Fisher P., **Valor nutritivo de los alimentos**. Limusa, México D. F., pp 138-140, (2000)
- 26) Church D., **Basic animal nutrition and feeding**. John Willey and Sons Inc., 2ª edic. Portland 15,31-45, 279-294, (1987).
- 27) Fraga F., Fernández C. y Alegre J., **Alimentación de los animales monogástricos: cerdo, conejos y aves**. Ed. Mundi-Prensa, Madrid pp 24-28, 37- 50, 67-84, 103-122, (1985).
- 28) Church D., **Alimentos y alimentación del Ganado**. Ed. Mundi-Prensa, Barcelona, pp 35-39, (1974).
- 29) Williams S. (**Official Methods of Analysis of the Associations of Analytical Chemists AOAC**), Washington D.C., Métodos 7.063-(1989), 930.04, 940,26 926.09, 976.05. 925.05, 923.09 973.03 970.39 -(1990).
- 30) Miller G., **Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar**. Analytical Chemistry 31,426-429 (1959).
- 31) Tejada L., **Manual de Laboratorio para análisis de Ingredientes utilizados en la alimentación animal SARH** Patronato de apoyo a la investigación y explotación pecuaria en México. A. C., México D.F. pp 271-281, (1985).
- 32) Mueller W & Smith L, **Compilation of EPA's sampling and analysis method** Ed. by Lawrence H. Keith CRC, pp 670-671, (1991).
- 33) Harris D., **Análisis Químico Cuantitativo** Grupo Editorial Iberoamérica México pp 580-584,(1992).
- 34) Charlot G., **Dosages colorimetriques des elements mineraux: Principes et methodes** Paris (1961).

- 35) Vogel A, **Vogel's Quantitative chemical analysis, textbook of quantitative chemical analysis** 5^a edic. Longman Group UK Limited pp 702-703, (1989).
- 36) Rao R., Tara M. and Chandra K., **Colorimetric estimation of tryptophan content of pulses** Journal of Food Science Technology 11, pp 213-216 (1974).
- 37) González, C., **Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos**. Ed.Mundi Prensa. Madrid, pp.29-42, (1990).
- 38) Maynard L., **Animal Nutrition** McGraw Hill 7^a edic., New York pp. 4-5, 19, 286, (1990).
- 39) Amerine M., **The technology of wine making**, Avi publishing, 4^a edic. N.Y.; pp 77-145, (1980).
- 40) Westendorf, M., **Food Waste to Animal Feed** Iowa State University Press /Ames USA pp 39-41 55, 72, (2000).
- 41) Valiente C., Arrigoni E., and Amado R., **Grape pomace as a potential food fiber** Journal of Food Science 60, (4), 818-820 (1995).
- 42) Weimer P., Mackney, J., Jachim G. and Hattfield R., **Fermentations of a bacterial cellulose/xylan composite by mixed ruminal microflora: Implications for the role of polysaccharide matrix interactions in plant cell wall biodegradability**, Journal of Agriculture and Food Chemistry 48, 1727-1733 (2000).
- 43) Flores M., **Bromatología animal** 3^a edic. Ed. Limusa Noriega Editores México pp 571-573, (1989).
- 44) Church D., **Digestive Physiology and Nutrition** Vol.3 Practical Nutrition., O & B Books, 2^a edic. Portland O, pp 35-39, (1974).
- 45) Torres J.L., and Bobet R., **New flavanol derivatives from grape (*Vitis vinifera*) byproducts. Antioxidant aminoethylthio-flavan 3-ol conjugates from a polymeric waste fraction used as source of flavanols** Journal of Agriculture and Food Chemistry 49, 4627-4634 (2001).
- 46) **FAO Amino-acid Content of foods and biological data on proteins**, Organization of the United Nations, Roma pp 38-3942-43, (1970).

ANEXO

Se presentan las curvas patrón que se emplearon en las diferentes determinaciones aplicadas al residuo de vid.

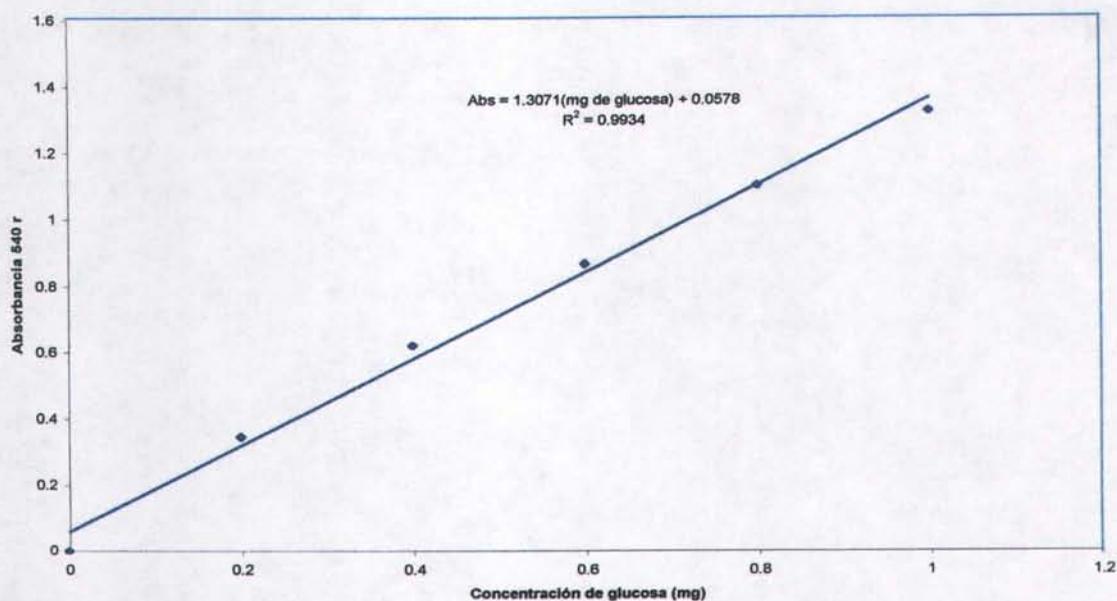


Figura 7. Curva patrón de glucosa y ecuación de regresión para la determinación de hidratos de carbono (reductores directos)

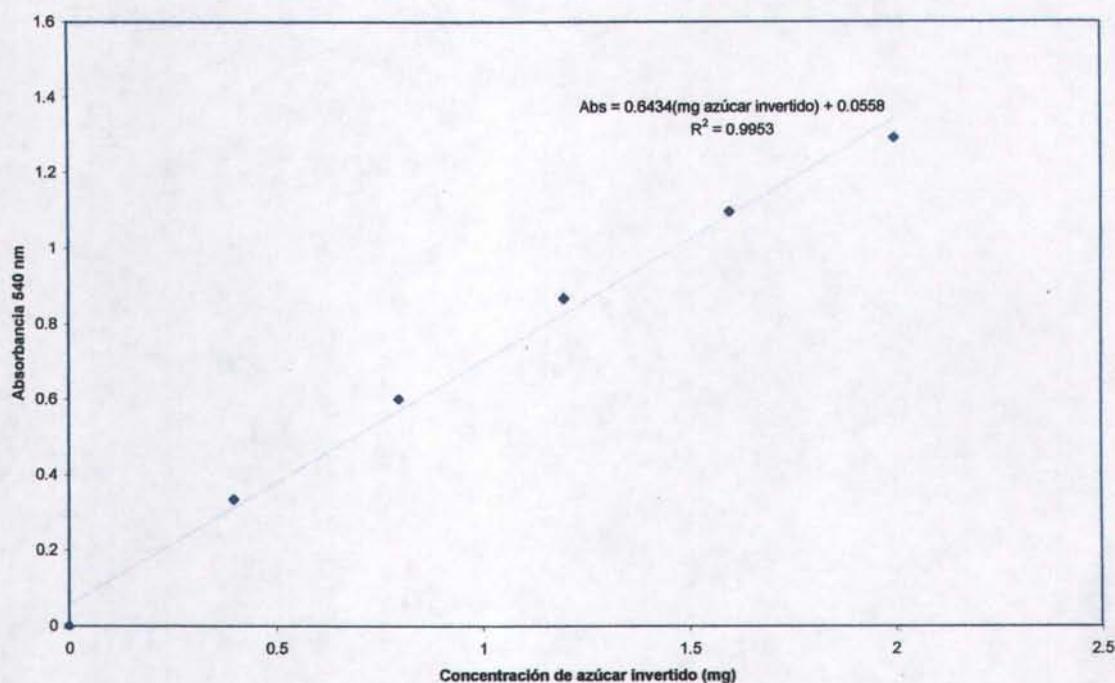


Figura 8. Curva patrón de azúcar invertido y ecuación de regresión para la determinación del contenido de hidratos de carbono después de la inversión.

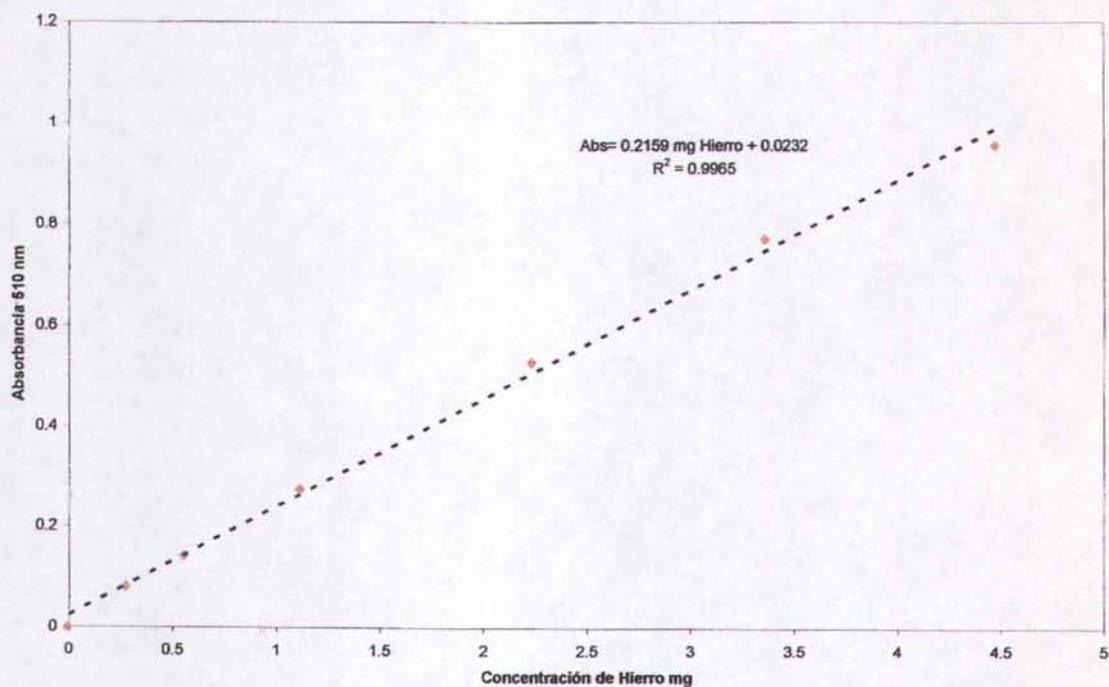


Figura 9. Curva patrón y ecuación de regresión para la determinación de hierro en el residuo de vid.

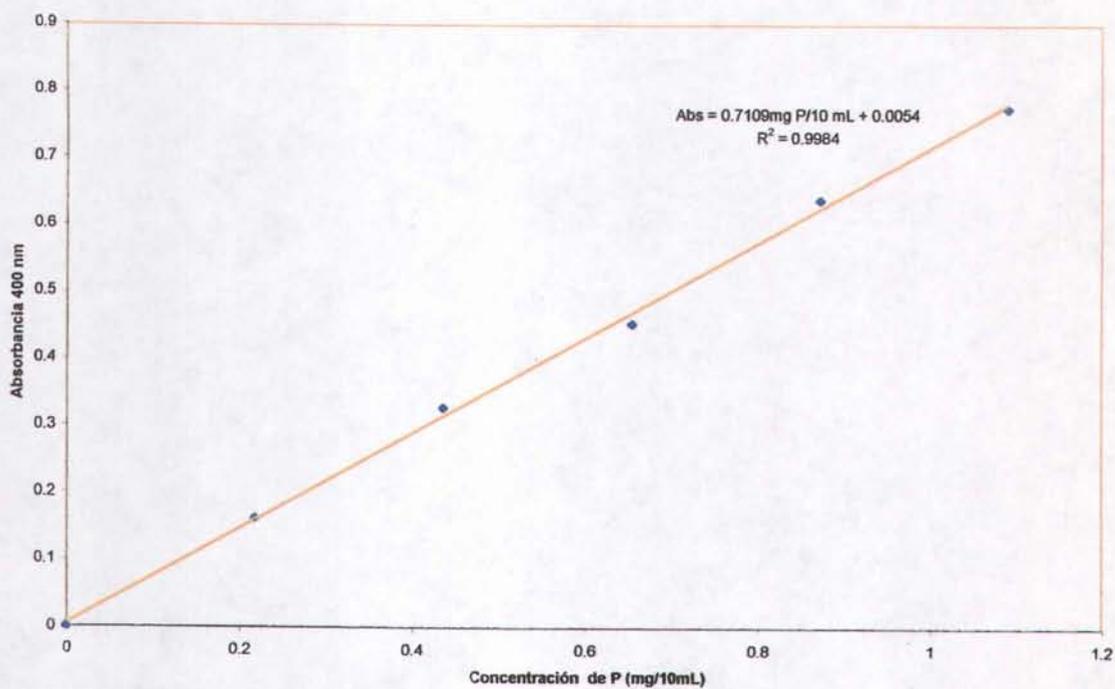


Figura 10. Curva patrón y ecuación de regresión para la determinación de fósforo en el residuo de vid

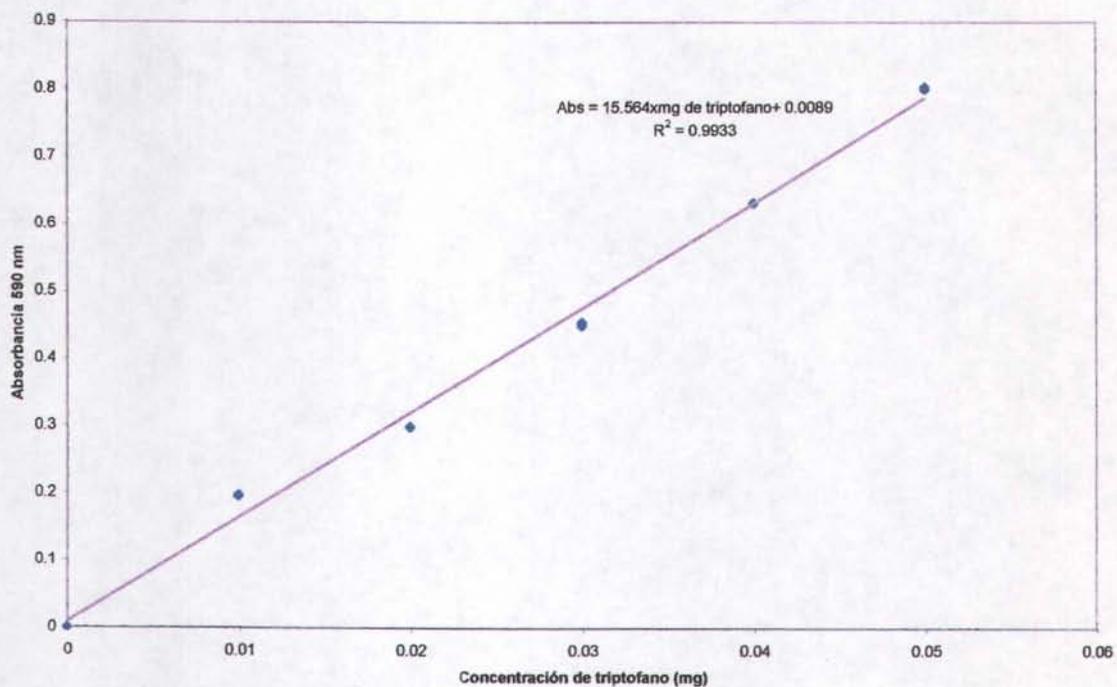


Figura 11. Curva patrón y ecuación de regresión para la determinación de triptofano en el residuo de vid