



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**



FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

**“EVALUACIÓN DE SIDRAS ESPUMOSAS ELABORADAS
CON MEZCLAS DE DISTINTAS VARIEDADES DE
MANZANA PRODUCIDAS EN LA SIERRA DE QUERÉTARO”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA

ADRIANA HERNÁNDEZ LIÉVANOS

ASESOR

Dr. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE

MORELIA, MICHOACAN, FEBRERO DE 2011.

DEDICATORIAS

A mi ejemplo a seguir, mis padres J. Bernabé Hernández y M. Esperanza Liévanos, por darme una carrera para mi futuro, por ser mi inspiración, por brindarme los recursos necesarios, por sus palabras de motivación, de amor, por creer en mí, por apoyarme en mi objetivo. Los amo.

A mis hermanitas Alejandra y Lupita. Las adoro mis niñas.

A mi segunda madre, mi abuelita Consuelo, por sus cuidados, sus preocupaciones, por todas sus palabras de apoyo. Te extraño.

Al amor de mi vida, por su paciencia, su apoyo, comprensión y amor, por hacerme sentir que puedo lograr todo lo que me proponga, te amo Memo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Ramón Alvar Martínez Peniche, por aceptarme en su grupo de trabajo, por su paciencia, comprensión, por todo su apoyo, por su amistad y confianza. Le agradezco infinitamente.

A la Maestra Berenice Yahuaca, por confiar en mí, sin su confianza no habría hecho este trabajo posible.

Aurorita, gracias, por tu tiempo, por ayudarme siempre de buena manera, en verdad muchas gracias por todo tu apoyo.

A los chavos del servicio, por su ayuda y su tiempo.

Áfrika, te agradezco por todo el cariño que me diste, por recibirme siempre con tanta alegría, por darme el cariño que necesitaba cuando llegaba a casa.

RESUMEN

La manzana producida en la sierra de Querétaro presenta una calidad inferior a la de otras regiones, no respondiendo a las exigencias del mercado nacional. Además, las variedades mayoritariamente ahí establecidas, 'Golden Delicious' y 'Red Delicious', maduran en la época de mayor oferta en el mercado, obteniéndose precios muy bajos por su fruto. La elaboración de sidra puede ser una alternativa para lograr un mayor beneficio del producto. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad física, química y sensorial de sidras espumosas elaboradas con mezclas de distintas variedades de manzana producidas en la sierra de Querétaro. La variedad 436 tuvo fermentó en sólo seis días. 'Golden Delicious' obtuvo el mayor grado alcohólico (5.7 °GL). Los resultados de la prueba hedónica y la de Kramer mostraron que el consumidor prefirió la sidra tranquila elaborada con la variedad 'Rayada', mientras los cultivares comerciales resultaron mediocres. Por lo que respecta a las sidras espumosas, la mezcla de 'Golden Delicious' 'Red Delicious' resultó superior en efervescencia, aspecto visual y olfativo, no habiendo diferencias entre las sidras univarietales y mezclas en el aspecto gustativo, mientras que en la prueba de Kramer no se observaron diferencias entre las sidras en la aceptabilidad general.

Palabras clave: Sidra, manzana, método *champenoise*

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1 Antecedentes e importancia del cultivo del manzano	3
2.1.1 Origen	3
2.1.2 Distribución	3
2.1.2.1 Mundial	4
2.1.2.2 Nacional	4
2.1.2.3 Regional	5
2.2 Botánica del manzano	6
2.2.1 Taxonomía	6
2.2.2 Clasificación de variedades	7
2.2.3 Anatomía	8
2.2.4 Fisiología	10
2.2.4.1 Ciclo vegetativo	10
2.2.4.2 Ciclo reproductivo	10
2.2.4.3 Desarrollo del fruto	12
2.2.4.4 Fisiología de poscochecha	13
2.2.5 Requerimientos climatológicos y edáficos	13
2.2.6 Portainjertos	14
	15

2.3 Composición y propiedades	
2.3.1 Contenido	15
2.3.2 Propiedades terapéuticas	16
2.4 La sidra	18
2.4.1 Origen	19
2.4.2 Importancia	19
2.4.3 Tipos de Sidra	20
2.4.4 Fermentación del mosto	21
2.4.4.1 Fermentación alcohólica	21
2.4.4.2 Fermentación maloláctica	24
2.4.4.3 Fermentación acética	25
2.4.5 Operaciones que se realizan en las fermentaciones	25
2.4.5.1 Obtención del mosto	25
2.4.5.2 Sulfitado	25
2.4.5.3 Desfangado	26
2.4.5.4 Inoculación	26
2.4.5.5 Trasiegos	27
2.4.5.6 Clarificación	27
2.4.6 Métodos de elaboración de sidra	27
2.4.6.1 Método clásico o tradicional “champenoise”	28
2.4.6.2 Método “rural”	34
2.4.6.3 Método de transferencia, cuba cerrada, “charmat” o “chaussepied”	34
2.4.6.4 Método de transferencia o <i>transfer</i>	34
2.4.6.5 Método de carbonatación	35

2.5 Calidad de la sidra espumosa	35
2.5.1 Características visuales	36
2.5.2 Características gustativas	36
2.5.3 Características olfativas	36
2.6 Análisis Sensorial	37
2.6.1 Pruebas Objetivas	37
2.6.2 Pruebas Afectivas o Hedónicas	38
2.6.3 Tipos de jueces	39
2.6.4 Elementos estructurales de la evaluación sensorial	40
2.6.5 Preparación de las muestras	40
2.6.6 Codificación y orden de presentación	40
2.6.7 Importancia y/o aplicación del análisis sensorial	41
2.6.7.1 Importancia	41
2.6.7.2 Aplicaciones	41
III HIPÓTESIS	42
IV OBJETIVOS	43
4.1 Objetivo general	43
4.2 Objetivos específicos	43
V MATERIALES Y MÉTODOS	44
5.1 Localización del sitio experimental	44
5.2 Material biológico	44
5.3 Metodología general	46
5.3.1 Diagrama general	46
5.3.2 Caracterización de las manzanas utilizadas	48
5.3.3 Primera fermentación	49

5.3.4 Conservación de la sidra base	50
5.3.5 Segunda Fermentación	50
5.4 Análisis físicos y químicos	53
5.4.1 Densidad	53
5.4.2 Sólidos solubles totales (°Brix)	54
5.4.3 Grado alcohólico	54
5.4.4 Acidez total titulable	54
5.4.5 Determinación de Anhídrido Sulfuroso Libre y Total	54
5.4.6 Acidez volátil	55
5.4.7 Azúcares reductores totales	55
5.5 Análisis sensorial	55
5.6 Diseño del experimento	56
5.6.1 Unidad experimental	57
5.6.2 Variables evaluadas	57
5.6.3 Análisis de los datos	57
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
6.1 Caracterización física y química de las manzanas	58
6.1.1 Peso, diámetro ecuatorial, polar	58
6.2 Rendimiento del jugo	59
6.3 Primera fermentación	61
6.3.1 Seguimiento de la fermentación	61
6.3.2 Análisis sensorial	66
6.4 Evolución de la segunda fermentación	68
6.4.1 Características físicas y químicas de las sidras obtenidas	68
6.4.2 Análisis sensorial	70

VII CONCLUSIONES	73
VIII BIBLIOGRAFÍA CITADA	75
ANEXOS	81

INDICE DE TABLAS

No.	Título	Página
1	Principales países productores de manzana en 2008	4
2	Principales estados productores de manzana en México	5
3	Clasificación taxonómica del manzano	7
4	Contenido nutricional en la manzana	16
5	Tipos de manzana y sus características	19
6	Tipos de vinos espumosos	33
7	Principales características de las variedades utilizadas	45
8	Diámetro y clasificación de variedades por categorías	59
9	Rendimiento de jugo de las distintas variedades de manzana utilizadas en este estudio	60
10	Sólidos solubles totales y acidez total titulable del jugo obtenido de las manzanas de las distintas variedades al momento de la cosecha	60
11	Prueba de medias valores de “F” y significancia estadística para la prueba de preferencia	67
12	Prueba de Kramer, aceptación general para sidras tranquilas obtenidas con distintas variedades de manzana	68
13	Datos obtenidos para las distintas sidras espumosas	69
14	Resultados de la prueba hedónica sensorial practicados sobre sidras espumosas univarietales y mezclas	72
15	Prueba de Kramer en la sidra espumosa	72

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Título	Página
1	Localización de los principales municipios productores de manzana en el estado de Querétaro	6
2	Flor de manzano	9
3	Fruto del manzano	10
4	Estadios típicos del desarrollo del fruto del manzano	11
5	Pasos para la elaboración de un vino espumoso, mediante el método “champenoise”.	29
6	Puesta en pupitre	31
7	Pasos del Removido	31
8	Ubicación del huerto semicomercial donde se obtuvo el material biológico para este trabajo	44
9	Metodología General empleada en este estudio	47
10	Medición del diámetro de las manzanas. a) diámetro polar, b) diámetro ecuatorial.	48
11	Clasificación de las manzanas	49
12	Preparación y adición del pie de cuba. a) Activación de la levadura, b) Inoculación.	50
13	Segunda fermentación en botellas. a) Botella con válvula b) Botellas sin válvula	51
14	a) Botellas en removido b) Botellas terminado el removido	52
15	Congelación de la punta de la botella en nitrógeno líquido para realizar el degüelle.	53
16	Tapón de hielo eliminado en el degüelle.	53
17	Evaluación de las sidras por consumidores	56

18	Evolución de la Densidad del mosto de manzana en la primera fermentación	62
19	Evolución de SST del mosto de manzana en la primera fermentación	63
20	Evolución de las poblaciones de levaduras en la primera fermentación del mosto de manzana en función de la variedad	64
21	Sedimento que presento la variedad ' <i>Rayada</i> '	65
22	Grado alcohólico de la sidra tranquila	66

I. INTRODUCCIÓN

El manzano es un frutal de clima templado que se cultiva en diferentes regiones del mundo. La producción mundial de manzana es de alrededor de 60 millones de toneladas por año en 5.6 millones de hectáreas establecidas, siendo China el principal productor, seguido de EE.UU.; estos países aportan 45% de la producción mundial, mientras que México produce 460,000 toneladas al año, ocupando el 22° lugar en producción, aportando cerca de 1% de la producción mundial (USDA, 2009). El manzano ocupa en México el 6° lugar en producción dentro del sector frutícola, siendo el consumo *per capita* de manzana de 6.5 kilogramos al año, lo que la hace una de las frutas más consumidas. El manzano se cultiva en 23 estados de la república, siendo los principales: Chihuahua, Durango, Coahuila, Puebla y Nuevo León (SAGARPA, 2005).

Particularmente en el estado de Querétaro se cuenta con zonas climáticas adecuadas para el cultivo del manzano en condiciones de temporal habiendo 739 ha establecidas; los principales municipios productores son: San Joaquín, Cadereyta, Pinal de Amoles y Amealco (SAGARPA 2009), destacando las variedades 'Golden Delicious' y 'Red Delicious'. Además, algunas instituciones como el INIFAP y la UAQ han introducido en la región por medio de injerto diversos materiales genéticos. Éstos han sido evaluados sensorialmente y se han determinado algunas de sus características físicas y químicas al momento de la cosecha (Mendoza, 2008). Algunos de ellos no reúnen las características de calidad para que su fruta sea comercializada en fresco, pero pudieran servir para ser industrializados.

Por otro lado, los productores de manzana de la región se enfrentan a problemas de diversa índole, entre los que destacan su mala organización, la falta de recursos económicos, la presencia de accidentes climáticos (heladas, granizo, sequías, vientos violentos), plagas y enfermedades, etc., que propician que la manzana producida sea de mala calidad, mal aceptada en el mercado y que se comercialice deficientemente.

Dentro de las alternativas para lograr un mejor aprovechamiento del producto se encuentra la elaboración de derivados que no demanden fuertes inversiones por parte de los productores, cuyo proceso sea de fácil adaptación en la región y que sean factibles de comercializarse en cualquier época del año. Uno de los productos que mejor se adecúa a estas necesidades es la sidra, bebida de bajo contenido alcohólico, que se obtiene como resultado de la fermentación alcohólica del mosto de la manzana (Coudray *et al.*, 2003).

Estudios previos muestran la factibilidad de producir en la región productora de manzana en Querétaro sidra tranquila y espumosa de calidad de manera artesanal. En éstos estudios se evaluó el tipo de variedad de manzana utilizada para la obtención de sidra tranquila, el efecto del tipo de levadura sobre la primera fermentación y el nivel de azúcar sobre el incremento de la presión y el aspecto visual (Ramírez *et al.*, 2005). En otro estudio se evaluó el efecto de la clarificación y la concentración de azúcar para la segunda fermentación sobre la calidad de efervescencia a partir de análisis de imágenes en sidra artesanal tipo Champaña (Soto *et al.*, 2008). Sin embargo, hasta el momento se desconoce el potencial sidrero de las variedades criollas y de los híbridos introducidos en la Sierra de Querétaro, solas o en combinación con las variedades comerciales.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad de sidras obtenidas a partir de mezclas de diferentes variedades de manzana establecidas en la Sierra de Querétaro.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes e importancia del cultivo del manzano

2.1.1. Origen

El origen del manzano (*Malus* spp.) se ubica en el Suroeste de Asia, al sur de las montañas del Cáucaso entre el Mar Negro y el Mar Caspio (Inlandfruit, 2003), donde una mezcla de especies nativas del género *Malus*, pudo dar un fruto de tamaño y calidad atractivos para el hombre. Los primeros vestigios de esta especie datan de la edad de piedra, tal como lo evidencian hallazgos de árboles empotrados en piedra localizados en Suiza y Austria, que demuestran su presencia en Europa desde hace más de 20,000 años (Delahaye y Vin, 1997).

A principios del Siglo XVII el manzano fue traído por primera vez a América desde Europa por colonizadores, siendo los españoles quienes lo introdujeron a México y los misioneros los encargados de diseminarlo por todo el país (Ramírez y Cepeda, 1993) y, a principios del Siglo XX, en Norteamérica se desarrollaron los cultivares 'Baldwin' y 'Ben David'. Actualmente las variedades más populares en el mundo son 'Red Delicious', y 'Golden Delicious' y se sigue trabajando en el mejoramiento e introducción de nuevos cultivares (Ramírez y Cepeda, 1993).

2.1.2. Distribución

El manzano es una de las especies frutales de mayor difusión a escala mundial, debido fundamentalmente a su facilidad de adaptación a diferentes climas y suelos, a su valor alimenticio y terapéutico, y gran parte de su importancia radica en virtud a la demanda que tiene su fruto en el mercado, a la diversidad de productos obtenidos industrialmente y al gran volumen de mano de obra que ocupa; todo lo anterior genera empleos y divisas (Mendoza, 2006).

2.1.2.1. Mundial

Debido a la gran capacidad de adaptación de sus variedades a diferentes ecosistemas, el manzano se cultiva en un gran número de países, alcanzando una producción mundial de 60 millones de toneladas en una superficie de 5.6 millones

de hectáreas en el 2008. Aproximadamente 53% de esta producción está concentrada en cuatro países: China, Estados Unidos, Italia y Turquía. México aportó cerca de 0.8% del total mundial (USDA, 2009) (Tabla 1).

Tabla 1. Principales países productores de manzana en 2008

<i>País</i>	<i>Producción (Ton)</i>	<i>Porcentaje Mundial</i>
1. China	21, 000 000	35 %
2. Estados Unidos	5, 255 400	8.3 %
3. Italia	2, 858 200	4.7 %
4. Turquía	2, 443 300	4.0 %
22. México	460,000	0.8 %

Fuente: (USDA, 2009)

A nivel mundial, el principal destino de la producción de la manzana es para su consumo en fresco (manzana de mesa); estas manzanas son reconocidas por sus características físicas, químicas y sensoriales. No obstante, el resto de la manzana es destinada para ser procesada en la industria dulcera para la preparación de mermeladas, ates, gelatinas, para la elaboración de jugos y néctares, en la industria licorera para la fabricación de sidra y aguardientes (calvados) y en medicina por sus notables propiedades desinfectantes y curativas en general (Bianchini y Corbetta, 1973).

2.1.2.2. Nacional

Para diciembre de 2008 México tuvo una producción de aproximadamente 550 mil toneladas, aportando Chihuahua 67.5% del total, seguido de Durango (7.93%), Puebla (9.36%), Coahuila (6.63%), quienes juntos sumaron 91.4% de la producción nacional, de la cual una parte se exportó a EE.UU. (SAGARPA, 2010) (Tabla 2). Las tendencias nacionales son estables en superficie pero inestables en cuanto a producción, debido a factores climáticos como las heladas tardías y el granizo, entre otros.

Tabla 2 Principales estados productores de manzana en México

<i>Estado</i>	<i>Porcentaje Mundial</i>
Chihuahua	67.5 %
Coahuila	6.63 %
Durango	7.93 %
Puebla	9.36 %

Fuente: (SAGARPA, 2009)

2.1.2.3. Regional

En el centro de la república Mexicana el manzano se cultiva en las zonas altas, generalmente pronunciadas y bajo temporal. El manzano se considera uno de los principales cultivos perennes del estado de Querétaro, el cual cuenta actualmente con 740 ha establecidas, habiendo obtenido en 2007 una producción de 1,242 toneladas, siendo los principales municipios productores: San Joaquín (58%), Cadereyta (25%) y Pinal de Amoles (16%) (SAGARPA, 2009). En la Figura 1 se señala la ubicación de los municipios arriba mencionados en el estado de Querétaro.



Figura 1. Localización de los principales municipios productores de manzana en el estado de Querétaro

Los principales cultivares allí establecidos son: 'Golden Delicious' y 'Red Delicious', además de un gran número de tipos criollos y otros genotipos que no han sido claramente identificados (González *et al.*, 2005). Entre los factores que afectan el desarrollo del cultivo en la región, podemos citar a los accidentes climatológicos tales como las heladas, el granizo, o bien las sequías. Además, existe una deficiencia en la aplicación de las técnicas de cultivo, como es la falta de fertilización, aclareo, poda y saneamiento del huerto, todo lo cual trae como consecuencia una notable disminución en la calidad del fruto (Mendoza *et al.*, 2008; Soto, 2009).

2.2. Botánica del manzano

2.2.1. Taxonomía

El manzano (*Malus domestica* Borkh) es un híbrido complejo compuesto por diversas especies, pertenece a la familia *Rosaceae* y al género *Malus*. La especie

predominante es *M. sieversii*, pero otras especies que probablemente han contribuido son: *M. orientalis* Uglitzk (originaria del Cáucaso), *M. 7 sylvestris* (originaria de Europa), *M. baccata* (originaria de Silberia) y *M. prunifolia* (originaria de China) (Sánchez, 2001). La clasificación taxonómica de la manzana se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3 Clasificación taxonómica del manzano

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Tracheohyta</i>
Subdivisión	<i>Pteropsidae</i>
Clase	<i>Angiospermae</i>
Subclase	<i>Dicotyledoneae</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Pomoidea</i>
Género	<i>Malus</i>
Especie	<i>Malus domestica</i> Borkh

Fuente: (Ramírez y Cepeda, 1993)

2.2.2 Clasificación de las variedades

Las variedades de manzano (*Malus* spp.) suelen clasificarse como manzanas de consumo en fresco o de mesa y de cocina (*M. comunis*), manzanas de sidra (*M. pumila* y *M. domestica*) y manzanas silvestres (*M. pumila*, *M. sylvestris*, *M. mitis*, *M. baccata* y *M. manchurica*) (Drouin, 2001). Otra clasificación está dada por el sabor de las manzanas: ácidas, amargas y dulces. En general, las manzanas de sidra son ácidas o amargas, las manzanas silvestres son amargas y las manzanas de consumo y de cocina son dulces. Existen unas 250 y 300 variedades de manzana, dentro de las cuales las de sidra componen la mayor parte (Drouin, 2001).

Las variedades de mesa deben ser atractivas, libres de daños por plagas y enfermedades, deben poseer un tamaño de medio a grande, de forma simétrica,

crujientes, jugosas, de buen aroma y sabor. Entre las más importantes, tenemos a: 'Golden Delicious', 'Jonathan', 'Red Delicious' y sus mutaciones, 'Reinette' de Canadá, 'Rome Beauty', 'Stayman', 'Granny Smith' (Álvarez Requejo, 1983).

Las manzanas sidreras, por su parte, deben tener como características una producción elevada, resistencia a enfermedades del manzano y características de acidez o amargor (secante) de los mostos. Entre las principales, tenemos a: 'Taylor's', 'Davinett', 'Petite' 'Jaune', 'Colunga' (Álvarez, 1983).

2.2.3. Anatomía

El manzano alcanza como máximo 10 m. de altura, de tronco recto o semirecto, normalmente alcanza de 2 a 2,5 m. de altura, presenta una corteza cubierta de lenticetas, lisa, adherida, de color cenizo verdoso sobre los ramos y escamosa y gris parda sobre las paredes viejas del árbol. La planta tiene una vida útil de 60 a 80 años. Las ramas se insertan en ángulo abierto sobre el tallo, son de color verde oscuro, a veces tendiendo a negruzco o violáceo. Los brotes jóvenes terminan con frecuencia en una espina (Ramírez y Cepeda, 1993). Es un árbol caducifolio (ya que se defolia durante el invierno), posee raíces típicas, si las plantas provienen de semilla, ramificadas, poco profundas, con desviaciones secundarias extendidas, que alcanzan una profundidad de 1.5 a 2 m (Martínez, 1993). Las hojas son ovaladas, cortamente acuminadas, aserradas, con dientes obtusos, blandas, con el haz verde claro, de doble longitud que el pecíolo, con cuatro a ocho nervios alternados y bien desarrollados. Las flores son relativamente grandes, casi sentadas o cortamente pedunculadas, blancas, rosas o carmín, el receptáculo cóncavo o en forma de copa, agrupadas en racimos apretados con pedicelos cortos, presentan cinco sépalos y cinco pétalos, son hermafroditas, y miden de 3 a 5 cm de diámetro y brotan unos días antes que las hojas (Ramírez y Cepeda, 1993) (Westwood, 1993) (Figura 2).



Figura 2. Flor de manzano

El fruto se considera botánicamente un pomo, que corresponde a un fruto carnoso, formado por cinco carpelos y cuya parte comestible corresponde al receptáculo floral; con pedúnculo corto, en particular el fruto del manzano está compuesto por el tubo floral y el tejido carpelar; la región del tubo floral consta de parénquima con un anillo de haces vasculares (cinco haces correspondientes a pétalos y cinco haces a sépalos que alternan entre sí) y con abundantes espacios intercelulares. La región ovárica (corazón) consta de cinco carpelos, cada carpelo contiene dos óvulos (que al fecundarse generarán las semillas); en la pared del ovario se diferencia un exocarpio parenquimático carnoso y un endocarpio cartilaginoso. La epidermis del túbulo floral presenta estomas que, al avanzar el desarrollo del fruto, son sustituidos por lenticelas, también se observa una cutícula con gran cantidad de cera (Corrales, 1990) (Figura 3).

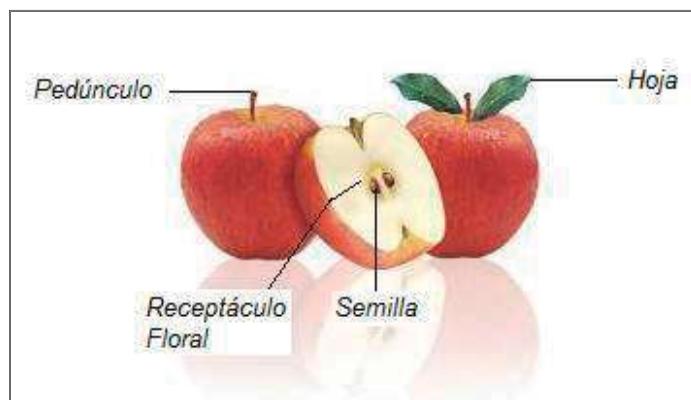


Figura 3. Fruto del manzano

2.2.4. Fisiología

El manzano, por ser un frutal de hoja caduca, propio de regiones frías y templadas, presenta un ciclo anual de desarrollo determinado por un ciclo vegetativo y uno reproductivo (Álvarez, 1888).

2.2.4.1. Ciclo vegetativo

Se considera que el reposo comienza en los árboles desde el momento en que se detiene el crecimiento vegetativo anual, este periodo en el hemisferio Norte se inicia con la caída de las hojas desde mediados de octubre hasta mediados de noviembre seguida del reposo invernal del árbol, cuando las temperaturas mínimas del día son menores a 6 ó 7 °C; en este estado permanece durante todo el invierno. Es durante el reposo que el árbol acumula frío, lo que permitirá la brotación de las yemas florales y vegetativas (Ramírez *et al.*, 2002).

2.2.4.2. Ciclo Reproductivo

Floración y fecundación: El manzano presenta dos tipos de yemas: vegetativas y florales. La apertura de las yemas florales precede algunos días a la foliación, tiene lugar en abril, mayo o junio, según la variedad. Algunos de los factores que influyen en el inicio de la floración son la acumulación de carbohidratos y la presencia de hojas sanas expuestas a la luz. El manzano se considera un frutal autoincompatible, por lo cual generalmente requiere polen de otra variedad (cruzada) para ser polinizado (Keulemans y Eyssen, 1996). Cuando

el estigma alcanza su pleno desarrollo, se forma sobre éste una secreción mucilaginosa que retiene los granos del polen y favorece su germinación, de esta forma, se propicia la formación del tubo polínico y se efectúa la fecundación, desarrollándose la semilla, el crecimiento del ovario y receptáculo floral, es decir la formación del fruto (Westwood, 1993). Posteriormente se unen las células reproductoras y, como resultado de esta fusión, el núcleo se empieza a dividir para crear el endospermo, que constituye una fuente rica de sustancias de crecimiento cuya función inicial es atraer rápidamente metabolitos, para que el embrión pueda prosperar. Por último, este proceso finaliza con la caída de los pétalos de la flor (Calderón, 1987; Ramírez *et al.*, 2002). En la Figura 4 se muestran los estadios típicos del desarrollo del fruto del manzano.



Figura 4. Estadíos típicos del desarrollo del fruto del manzano

2.2.4.3. Desarrollo del fruto

Cuando la polinización se ha completado y se ha efectuado la fertilización del óvulo, el estímulo hormonal del embrión en desarrollo previene que haya abscisión del fruto y provoca que el ovario y los tejidos adyacentes crezcan, debido a una intensa división celular (fase de multiplicación celular) durante la cual cada célula se divide en dos en forma progresiva para formar el fruto. Esta etapa dura de cuatro a ocho semanas (Westwood, 1993). A continuación pasa a una segunda etapa, generalmente más prolongada (cinco a diez semanas), la cual es de gran crecimiento del fruto (fase de elongación celular), en esta etapa las células ya existentes de la fase anterior ya no se dividen, solo aumentan de tamaño hasta adquirir grandes proporciones (Calderón, 1987). Dentro de las etapas que involucran el proceso de maduración del fruto, encontramos el desarrollo final del fruto, que es el periodo que procede a la senescencia. El proceso de maduración involucra múltiples cambios bioquímicos y fisiológicos, así como cambios físicos y visuales que incluyen la alteración de la textura, decremento en el contenido de clorofila de la piel, así como un incremento de carotenoides, xantofilas y antocianos. Dentro de los cambios químicos, tenemos un aumento en el contenido de sólidos solubles totales y un decremento en la acidez y la actividad respiratoria antes del climaterio (Westwood, 1993).

La manzana es considerada un fruto climatérico. Este periodo de respiración climatérica, es una fase de transición entre la maduración y la senescencia (Wills *et al.*, 1989). La producción de etileno incrementa, produciéndose en el fruto una serie de cambios bioquímicos que lleva al ablandamiento de la pulpa, cambios de color, formación de películas cerosas, síntesis de compuestos aromáticos y a cambios en el sabor (Seymour *et al.*, 1993). Por tal motivo la manzana generalmente es cosechada antes de que llegue a la madurez de consumo, para poder ser madurada durante su comercialización, preservando así, sus características de calidad para el consumidor final. (Wills *et al.*, 1989).

2.2.4.4 Fisiología de poscosecha

Todos los frutos respiran, tanto cuando están en la planta, como cuando son cosechados. Al separarse de ella, la fruta u hortaliza debe mantenerse en condiciones adecuadas, de no ser así pierde sus propiedades y perece antes de lo esperado. Así, la recolección puede provocar estrés que da lugar a modificaciones en el metabolismo, produciéndose cambios químicos y fisiológicos que repercuten en la calidad del producto (Watkins *et al.*, 2004).

Después de la cosecha, las frutas y hortalizas continúan desarrollando su metabolismo para lo cual requieren energía, por lo que en presencia de O₂ siguen respirando y desencadenando una degradación oxidativa de compuestos, tales como azúcares y ácidos orgánicos que dan lugar a moléculas de CO₂ y H₂O (Ackermann *et al.*, 1992).

Los frutos climatéricos, como la manzana, producen etileno de manera natural, este es una fitohormona que incrementa la tasa respiratoria del fruto y, por consiguiente, es un factor importante desencadenante del proceso de maduración. La producción de etileno puede estar favorecida cuando los frutos sufren daños o son atacados por hongos causantes de pudrición lo cual puede desencadenar la maduración prematura del fruto (Hans *et al.*, 2004).

2.2.5. Requerimientos climatológicos y edáficos

Los climas ideales para el desarrollo del manzano son los templados subhúmedos, ya que requiere de períodos variables de frío y estado latente para fructificar. La temperatura umbral para el crecimiento de este frutal se estima en 9 °C, aunque en invierno llega a soportar hasta -40 °C en estado de letargo. La cantidad de frío que precisa un árbol para su brotación es de alrededor 1,000 horas a menos de 7 °C, aunque esto depende de la variedad (Álvarez, 1988).

El manzano prospera en regiones con topografía ondulada y montañosa de gran altitud, debido a que la luminosidad es intensa y las temperaturas no son muy elevadas; requiere que la humedad relativa sea constante, puesto que las regiones secas son poco favorables (Fábregas, 1969).

La mayoría de los manzanos se cultivan en áreas con temperaturas diurnas de verano relativamente altas, pero cuando lo son excesivamente, la falta de humedad en el suelo puede resultar perjudicial para el fruto. La luz solar contribuye a fines de verano y a principios de otoño a que madure la fruta y adquiera color, y a la maduración de la madera (Wallace, 1965).

Los vientos fríos de primavera y otoño pueden constituir un grave inconveniente. Los primeros a menudo interfieren seriamente las operaciones de pulverización (de fertilizante o de insecticida) y los segundos pueden causar pérdidas considerables de fruta, ya en maduración (Wallace, 1965).

Algunas variedades no pueden cultivarse en climas templados por necesitar un largo período de reposo invernal que estos climas no pueden ofrecerles. Variedades como la 'Red Delicious' y 'Golden Delicious', aceptan climas intermedios relativamente fríos o templados (Juscafresa, 1986).

En el cultivo de la manzana, que se caracteriza por suelos castaños, originados por un proceso de intemperismo en climas templados, semi-secos con inviernos fríos y veranos calientes, con deficiencias de humedad y vegetación poco desarrollada. Los suelos que requiere el manzano deben ser suelos de textura media (francos) a ligera (arenosos), con un pH ligeramente ácido a neutro, con un perfil de por lo menos 60 centímetros de suelo bien drenado debido a que sus raíces solamente respiran en un suelo permeable al aire y no demasiado húmedo (González *et al.*, 2005) (Delahaye y Vin, 1997). Los manzanos crecen mal en suelos en donde el cobre es un elemento escaso (De Beaulieu y Ronné, 2000).

2.2.6. Portainjertos

El manzano se reproduce en forma natural por semilla. A nivel comercial se reproduce vegetativamente por medio de injerto sobre un patrón o portainjerto determinado. El portainjerto es la parte del árbol que proporciona el sistema radical con el cual la planta se ancla al suelo y se abastece de agua y elementos minerales, mientras que la variedad o cultivar es la parte del árbol que proporciona el sistema aéreo en el cual se produce la fruta en cantidad y calidad adecuada. En

el manzano, existen dos tipos de portainjertos; los portainjertos francos y los clonales o vegetativos. (Martínez, 1993).

2.3. Composición y propiedades

2.3.1. Contenido

El fruto del manzano es muy apreciado a nivel mundial por su contenido nutrimental, la manzana es una de las frutas más enriquecedoras en la dieta. Cada 100 g de pulpa de manzana se encuentran compuestos de 84 % de agua, por lo que resulta refrescante e hidratante; 56 % de calorías; 0.2 g de proteína; 0.6 de lípidos; 14.1 g de carbohidratos. Los azúcares, la mayor parte fructosa (azúcar de la fruta) y en menor proporción sacarosa y glucosa (esta última aumenta con el grado de madurez de la fruta) son los nutrientes más abundantes después del agua, razón por la cual la manzana se considera altamente energética. También es fuente discreta de vitamina E o tocoferol, y aporta una escasa cantidad de vitamina C. Es rica en fibra, y entre su contenido mineral sobresale el potasio y también contiene fósforo y sodio (Fábregas, 1969; Wasserman *et al.*, 1998). En la Tabla 4 se muestra el contenido de nutrientes por cada 100 g de fruta.

La manzana también contiene ácidos orgánicos como: ácido málico, láctico, ésteres amílicos, ácido fórmico, acético, cítrico, acetaldehído, alcoholes superiores, geraniol, taninos (en la piel y semillas), quercitina principalmente en la piel, y trazas de otras sustancias y minerales como Silicio, Bromo, Aluminio, Cobalto, Arsénico y Selenio (Wasserman *et al.*, 1990).

Tabla 4. Contenido nutricional en la manzana

Componente	Cantidad por cada 100g
Calorías	56 Kcal
Agua	84 g
Proteínas	0.2 g
Grasas	0.6 g
Carbohidratos	14.1 g
Vitamina A	90 UI
Vitamina B1	0.03
Niacina	0.1
Vitamina C	7 mg
Calcio	7 mg
Fósforo	10mg
Fierro	0.3 mg
Sodio	1 mg
Potasio	110 mg

Fuente: (Ramirez y Cepeda, 1993)

2.3.2. Propiedades terapéuticas

En la manzana se encuentran numerosos compuestos y elementos que ayudan al mantenimiento de la salud, tal es el caso de calcio, magnesio y fósforo, principales constituyentes de la estructura ósea, facilita la eliminación del ácido úrico, por ello es conocida como antiúrica. El Zinc es detonante en la determinación del sexo en el desarrollo de un embrión e interviene en la actividad de los glóbulos blancos; el hierro, por su parte, es indispensable para el transporte de oxígeno a los tejidos, se encuentra en los citocromos y enzimas que intervienen en la respiración celular. La manzana, contiene también vitaminas como la B, la cual al comportarse como coenzima, junto con deshidrogenasas, asegura la neutralización del alcohol y otras sustancias tóxicas al organismo. El ácido láctico, por su parte, tiene una acción reguladora del pH y antimicrobiana (waserman *et*

al., 1998). El ácido málico contenido en la manzana es un diurético poderoso que activa la función de los riñones y evita la acumulación de ácido úrico, razón por la cual los consumidores de sidra están menos expuestos a dolencias como la gota y los cálculos. También, la manzana tiene propiedades antidiarréicas cuando está madura, debido al contenido de vitaminas, ácido málico, taninos, pectina y fibra, la cual absorbe las sustancias nocivas contenidas en el intestino, contiene vitamina E, la cual actúa como antioxidante, interviene en la estabilidad de las células sanguíneas como los glóbulos rojos y fertilidad. También se le atribuyen beneficios a personas que padecen artritis, debido a que las sales que contiene neutralizan los productos ácidos resultantes del metabolismo de la albúmina (Fábregas, 1969).

Las propiedades antioxidantes de la manzana se deben a los elementos fitoquímicos que contiene, más abundantes en la piel, en concreto, polifenoles (quercitina, flavonoides). Los antioxidantes neutralizan los radicales libres, reduciendo o incluso evitando parte de los daños que estos provocan en el organismo (aumentan las peligrosas acciones del colesterol LDL, que puede dar lugar a la formación de aterosclerosis, al acumularse en los vasos sanguíneos; pueden producir una alteración genética y dañar proteínas y grasas corporales, reduciendo la funcionalidad de las células y contribuyendo a aumentar el riesgo de cáncer). Por tanto, dada su composición en sustancias antioxidantes, las manzanas están especialmente recomendadas en dietas de prevención de riesgo cardiovascular, enfermedades degenerativas y cáncer (Fundación Eroski, 2011).

Como contrapunto tenemos que el ácido oxálico que contiene la manzana puede formar sales con ciertos minerales como el calcio y originar oxalato cálcico, por lo que su consumo se ha de tener en cuenta si se padecen este tipo de cálculos renales, ya que se podría agravar la situación. No obstante, gran parte de dicho ácido se pierde mediante el cocinado de la manzana.

Toxicidad: La manzana carece de toxicidad, si exceptuamos la ingestión de sus semillas que, como en todas las rosáceas contienen ácidos que combinados

con los jugos gástricos producen cianuro, aunque la ingesta de estas tendría que ser muy grande y voluntaria (Alimentación sana, 2011).

2.4. La sidra

La sidra es la bebida resultante de la fermentación, total o parcial, del mosto de manzana, ligeramente alcohólica (de 4 a 8 °GL), de color ámbar, sabor agridulce, de acuerdo a su contenido de espuma, la sidra puede dividirse en tranquila y espumosa (Fábregas, 1969).

La sidra se puede clasificar según su contenido de azúcar en: seca (densidad menor a 1.015), semiseca (densidad igual a 1.015) y dulce (densidad 1.015 - 1.035) y, según su contenido de espuma, en tranquila y espumosa. (Chandon, 2003).

La sidra tranquila es obtenida de la fermentación del mosto de manzanas, su contenido alcohólico es 4 °GL de un mínimo (porcentaje en volumen de alcohol) (Picinelli, 2000), contiene poco gas carbónico, el cual es exclusivamente endógeno. Por el contrario, la sidra espumosa, se puede elaborar mediante inyección de gas carbónico en la botella o mediante la inducción de una segunda fermentación, también en botella, obteniéndose una sidra tipo champaña (Chandon, 2003).

En general, una buena sidra se produce a partir de una mezcla equilibrada de manzanas sidreras. Éstas deberán presentar diversas cualidades para ser transformadas, como poseer un alto contenido de azúcar y adecuado contenido de materias azufradas, no contener excesiva acidez y presentar sabor y perfume agradables. En la Tabla 5, se aprecia el contenidos de taninos y acidez según el tipo de manzana que se utilice (Coudray *et al.*, 2003; Chandon, 2003).

Se considera que los atributos de sabor predominantes en la manzana son acidez y dulzura. El sabor dulce en la manzana se debe a tres azúcares: fructosa, que representa más de 50 % de los azúcares que contiene, glucosa y sacarosa; su principal ácido es el ácido málico, y cítrico en algunos cultivares (Ramirez, 2005).

Tabla 5. Tipos de manzana y sus características

Tipo de manzana	Taninos	Acidez
	(g/L de jugo)	(g. de ác. málico / L de jugo)
Amargas	2.5 a 5	2 a 4
Dulces-amargas	1.5 a 2.5	2 a 3
Dulces	1 a 1.5	2 a 3
Aciduladas	1 a 2	3 a 6

Fuente: (Coudray *et al.*, 2003; Chandon, 2003)

2.4.1. Origen

El Origen de la palabra sidra, viene de griego **sikera**. Al latín pasa como **sicera** y en asturiano se empezará a pronunciar **sizra** y luego finalmente **sidra**. El uso del mosto de manzana debe remontarse a la antigüedad prehistórica.

Algunos autores aseguran que la sidra ya era conocida por los hebreos, los egipcios y los griegos, aunque en realidad no se puede probar documentalmente esta circunstancia (CRDO 2009).

Las tribus vascas de Iberia producían un brebaje de manzana llamado 'phitarra'. Esta bebida se obtenía haciendo ebulir trozos de manzana en agua con miel. Durante los siglos III y IV los Galo-Romanos utilizaban una técnica modificada para producir fermentado de manzana mediante la cual reemplazaron el uso de mallas compactas para exprimir el jugo de manzanas, por el uso de una pesa o de una prensa (Coudray *et al.*, 2003).

En el siglo XVIII el consumo de sidra se disparó considerablemente. En el siglo XIX se comenzaron a elaborar otros productos como vinagre y/o coñac y la famosa sidra achampañada. En el siglo XX el consumo de sidra se consolidó. (CRDO 2009).

2.4.2. Importancia

La mayor producción de sidra se sitúa en ciertas regiones de los países de la vertiente Atlántida europea, España, Francia, Gran Bretaña e Irlanda, principalmente es conocida en Europa, de donde es originaria, Francia es el

primer productor de manzana de sidra en el mundo, el Reino Unido es el principal consumidor de sidra. (Coudray *et al.*, 2003)

En Francia, Normandía y Bretaña son las regiones con más tradición, y normalmente su consumo está unido a la cultura gastronómica. Italia, Piamonte, Valle de Aosta y Lombardía son los principales productores de sidra (López, 2007).

La sidra mexicana se produce principalmente en el Estado de Puebla en las regiones de Calpan, Cholula, San Martín Texmelucan, Iztacuixtla, Zacatlán y Huejotzingo, siendo este último el principal municipio productor (CRDO, 2009;). También se elabora en los Estados de Tlaxcala, Aguascalientes y Toluca. En el estado de Querétaro, en la región de San Joaquín, se produce a nivel experimental, sidra tranquila artesanal (Ramírez-Mora y col., 2005).

2.4.3. Tipos de sidra

La manzana de sidra o sidrera se caracteriza por poseer una alta concentración de compuestos fenólicos que le confieren el amargor característico. Existen muchas variedades de manzana y, por ello, la composición del mosto puede diferir ampliamente de acuerdo con la variedad empleada. Estas diferencias afectan principalmente en la acidez, sobre todo en la concentración de ácido málico, a los azúcares y a la fracción fenólica.

Debido a que existen muchas variedades de manzanas, la composición de las sidras de cada región presenta ciertas variaciones según la variedad o mezcla de variedades empleadas para obtener el mosto.

La sidra se clasifica en tres categorías dependiendo de la concentración de azúcar que contenga por litro, en (CRDO, 2009):

- Seca: Contiene menos de 30 g/L de azúcar, con una densidad menor a 1.015
- Semiseca: Su contenido de azúcar es entre 30 g/L y 50 g/L, con una densidad de 1.015
- Dulce: Contiene más de 50 g/L de azúcar hasta su límite máximo de 80 g/L, con una densidad 1.05 – 1.035.

La sidra también se clasifica según su contenido de gas carbónico en (Chandon, 2003):

- Tranquila: Contiene bajo CO₂ y es puramente endógeno.
- Espumosa: Puede ser elaborada mediante inyección de gas carbónico en la botella o mediante la inducción de una segunda fermentación, también en botella, obteniéndose una sidra tipo champaña.

Entre otras clasificaciones que se dan a la sidra, se distinguen tres clases de acuerdo al grado alcohólico que ésta presente y son las siguientes (Fábregas, 1969):

- De duración: Sidra pura que contiene de 5% a 8% de alcohol, esta sidra generalmente es empleada para exportación.
- Consumo diario: Su contenido alcohólico se encuentra entre 4% y 5 %.
- Ligeras: Esta se elabora con el sedimento de la primera fermentación y se le adiciona agua. Contiene sólo 2% a 3% de alcohol.

2.4.4. Fermentación del mosto

Las levaduras junto con otros microorganismos como bacterias lácticas, acéticas y hongos fitopatógenos se encuentran distribuidas en la superficie de la manzana. Entre los géneros de levaduras que comúnmente se encuentran en la epidermis de la manzana son: *Sacharomyces*, *Pichia*, *Torulopsis*, *Hansenula* y *Kloeckera* (Laplace *et al.*, 2001).

Durante el proceso de elaboración de la sidra, se llevan a cabo, al menos, tres distintos mecanismos de fermentaciones: fermentación alcohólica, fermentación maloláctica y fermentación ácido acética (Ribereau- Gayon *et al.*, 1961).

2.4.4.1. Fermentación alcohólica

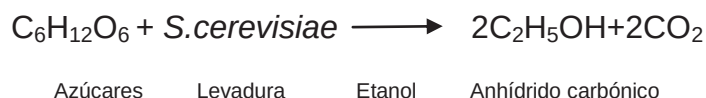
Es el proceso en el cual los azúcares presentes en el mosto se transforman en alcohol etílico y pequeñas cantidades de acetaldehído en medio anaerobio.

Para llevar a cabo este proceso es necesaria la presencia de levaduras, las especies de *Saccharomyces* de importancia enológica son: *S. cerevisiae* y *S. bayanus*.

El género *Saccharomyces* son las principales responsables de la fermentación alcohólica de los mostos, tienen un elevado poder fermentativo, son vigorosas y resistentes al etanol y dióxido de azufre. Las células tienen formas variadas, ovaladas, redondas y alargadas. Se multiplican por germinación múltiple, y forman esporas redondeadas u ovaladas. Son capaces de fermentar casi todos los azúcares, excepto los de cinco átomos de carbono, produciendo la enzima invertasa, capaz de desdoblar la sacarosa en glucosa y fructosa aproximadamente en partes iguales, y no asimilan los nitratos. Una levadura de este género como es *S. cerevisiae* desarrolla la mayor parte de la fermentación alcohólica (Hidalgo, 2002).

La fermentación alcohólica es la base de la vinificación, sin embargo, su importancia no radica únicamente en la obtención de etanol a partir de los azúcares, sino que además durante el proceso fermentativo se van a formar una gran cantidad de productos secundarios que influyen en la calidad y tipicidad del vino, como es el anhídrido carbónico, lo que provoca un aroma característico de una cuba de mosto en fermentación, provocando también el burbujeo (Zamora, 2006).

A continuación se muestra la reacción de la fermentación:



El oxígeno es el desencadenante inicial de la fermentación, ya que las levaduras lo necesitan en su fase de crecimiento. Sin embargo al final de la fermentación conviene que la presencia de oxígeno sea la mínima para evitar la pérdida de etanol y la aparición en su lugar de ácido acético (Laplace *et al.*, 2001).

En un principio, antes del inicio de la fermentación, el mosto contiene una gran cantidad y variedad de microorganismos como hongos, bacterias, levaduras

e incluso protozoos. Al inicio de la fermentación, las levaduras y las bacterias empiezan a multiplicarse, ya que inicialmente el caldo supone un medio adecuado, que poco a poco se va haciendo más inhóspito, debido a la formación de alcohol, la disminución de azúcares necesarios para su catabolismo y la reducción de los nutrientes necesarios para su anabolismo. Una vez superado un periodo inicial de adaptación, las poblaciones de levaduras y bacterias se incrementan rápidamente, pero estas últimas pierden la batalla de la supervivencia, permaneciendo durante gran parte del proceso fermentativo en un estado de latencia. La velocidad del proceso fermentativo ésta ligada a la densidad de población de levaduras fermentativas. Primero sucede una etapa de adaptación, seguida de una segunda etapa de crecimiento exponencial, que va siendo cada vez menor hasta llegar a una etapa de crecimiento nulo, donde el número de nacimientos es igual al número de defunciones. Tras esta etapa la mortalidad comienza a ser mayor a la multiplicación, lo que corresponde a las últimas fases de la fermentación. Puesto que la fermentación alcohólica es un proceso exotérmico, es decir, se desprende energía en forma de calor. Es necesario controlar el aumento de temperatura, no debe exceder de 25°C, de lo contrario, las levaduras comenzaran a morir deteniendo el proceso de fermentación.

A lo largo de todo el proceso de fermentación, y en función de las condiciones (cantidad de azúcar disponible, temperatura, oxígeno, etc.) cambia el tipo de levadura que predomina distinguiéndose varias fases en la fermentación:

1ª fase (primeras 24 horas), predominan levaduras no esporogéneas como *Kloeckera apiculata*, la cual tiene un poder alcohógeno de entre 4 y 5, tiene un rendimiento azúcar/alcohol de 21 a 22 g/grado de alcohol (Navarre, 1998).

2ª fase (2º-4º día), predomina *Sacharomyces cerevisiae*, la cual tiene un poder alcohógeno de 14º a 17º de alcohol y su rendimiento azúcar/alcohol es de 16 a 18 g, dependiendo la cepa seleccionada. En esta fase es cuando se da la máxima capacidad fermentativa (Navarre, 1998).

3ª fase, sigue actuando *Sacharomyces cerevisiae* junto a *Sacharomyces oviformis*. También pueden existir otros microorganismos procedentes principalmente de las bodegas y de los utensilios, suelen ser hongos entre los que

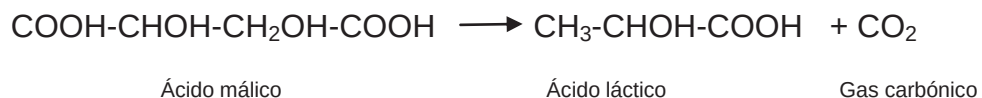
destacan *Penicillium*, *Aspergillus*, *Oidium*. Otras sustancias generadas durante la fermentación son: Ácido acético, ácido láctico, ácido pirúvico y acetaldehído, ácido succínico, acetoina, diacetilo y 2-3 butanodiol (butilenglicol), alcoholes superiores, ésteres y acetatos, vinil-fenoles y etil-fenoles. El proceso fermentativo termina cuando ya se han desdoblado prácticamente todos los azúcares y cesa la ebullición (Cabranes y Mangas, 1996).

La adición de levadura permite controlar el arranque de la fermentación alcohólica. De esta forma se reduce el periodo de latencia, periodo durante el cual la flora salvaje puede dar lugar a la aparición de malos gustos y de acidez volátil. Las cualidades que se desean en una cepa de levadura destinada a esta función son las siguientes: desarrollo rápido, buena actividad de fermentación, buen rendimiento azúcar/alcohol, débil producción de acidez volátil, ausencia de malos sabores, etc. (Flanzy, 2003).

2.4.4.2. Fermentación maloláctica

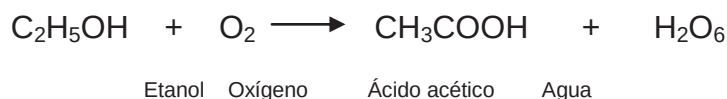
Es una segunda fermentación, consistente en la transformación del ácido málico en ácido láctico, ocurre espontáneamente después de la fermentación alcohólica si las condiciones son favorables para ellos (García *et al.*, 2004). Esta fermentación reduce la acidez total del vino al perderse parte de la acidez fija: una parte de la acidez del vino se transforma en gas carbónico, el cual se desprende y desaparece. (Dueñas *et al.*, 1997). Los microorganismos responsables de la fermentación maloláctica son bacterias lácticas homo y heterofermentativas pertenecientes a los géneros *Leuconostoc*, *Lactobacillus* y *Pediococcus*. (García Garibay *et al.*, 2004).

La reacción química es la siguiente:



2.4.4.3. Fermentación acética

Es la conversión del etanol, producido en la etapa previa, en ácido acético y agua. Se lleva a cabo en presencia de oxígeno. La reacción que ocurre es la siguiente:



Las bacterias que producen esta fermentación son las del género *Acetobacter*, también conocidas como bacterias acéticas, por su alta capacidad de producción de este metabolito. Las bacterias que se han detectado en mayor proporción son *Acetobacter aceti*, *Acetobacter rancens* y *Acetobacter oxydans*.

La temperatura y el pH óptimo de crecimiento de las bacterias acéticas son, respectivamente, 30 °C y entre 5.4 y 6.3, aunque pueden crecer en un intervalo de temperatura entre los 5 y los 42 °C (Hernández, 2003).

2.4.5. Operaciones que se realizan en las fermentaciones

Durante el proceso de las bebidas fermentadas, se llevan a cabo diversos métodos para la obtención de un producto de mejor calidad, el cual sea más estable durante su conservación; a continuación se describen tales métodos

2.4.5.1. Obtención del mosto

El fruto lavado se tritura hasta obtener una pulpa de la que se extrae el zumo, este consiste en obtener el jugo de las células de la pulpa. Este estrujado se realiza por prensas, las cuales pueden ser mecánicas, neumáticas o hidráulicas y de eje horizontal o vertical (Ramírez, 2005).

2.4.5.2. Sulfitado

Desde su obtención, el mosto recibe una adición de dióxido de azufre (SO₂). Es la operación de sulfitado, que se realiza con múltiples fines: evitar fermentaciones colaterales inconvenientes, evitar la acción enzimática de enzimas

oxidantes que pueden perjudicar la calidad de la sidra, seleccionar el medio fermentativo eliminando los microorganismos indígenas presentes de forma natural en el mosto, y preparar la clarificación estática del mosto cuando se someta a esta operación. Es importante la adición de una dosis suficiente, esto conserva una concentración eficaz de SO_2 libre, forma que posee el poder antioxidante, se efectúa generalmente una adición del orden de 4g de SO_2 total por hl (Flanzy., 2003). Es importante también la adición de una dosis suficiente, puesto que en grandes cantidades produce un mal gusto, puede ser tóxico para el hombre, asimismo, por reducción de SO_2 , puede formarse ácido sulfuroso el cual presenta un olor a huevos podridos, que en combinación con etanol forma mercaptanos ($\text{C}_2\text{H}_5\text{HS}$), con olor a bota de agua sucia, o sudor (Ramírez, 2005).

2.4.5.3. Desfangado

La operación de limpieza de los mostos por eliminación de los sólidos (restos sólidos de pulpa, semillas y partículas de tierra, levaduras, bacterias y coloides más o menos floculados) perjudiciales presentes se conoce como desfangado. Separar del mosto de esos sólidos perjudiciales se puede realizar por gravedad, utilizando la refrigeración o el anhídrido sulfuroso (SO_2), para evitar que se inicie la fermentación, este es el método más utilizado, o por medios mecánicos, filtrando más o menos energéticamente. También, pueden separarse los sólidos por centrifugación.

2.4.5.4. Inoculación

La inoculación de cepas de levaduras seleccionadas impide el desarrollo de cepas autóctonas que puedan tener un efecto negativo sobre la calidad de la fermentación, antes de la fermentación se añade una población de levaduras secas activas, esto permite disponer de una importante población de levaduras, lo que produce un rápido arranque y desarrollo de la fermentación (Hidalgo, 2002).

2.4.5.5. Trasiegos

Tienen por objetivo la separación del vino limpio de las heces que se van depositando en el fondo de los tanques, se realiza mediante el transvasado. Después se seleccionan las bebidas según las calidades (O.I.V., 1963).

2.4.5.6. Clarificación

Se realiza para eliminar partículas pequeñas presentes en la bebida fermentada. Éstas consisten principalmente de polímeros de carbohidratos, proteínas y polifenoles oxidados y condensados. Todas estas partículas se encuentran eléctricamente cargadas en solución (los vinos generalmente tienen carga negativa). El proceso consiste en la adición de partículas de carga opuesta, para neutralizar la carga, y formar complejos que finalmente floculan o coagulan en la solución, permitiendo de esta manera, ser removidas. Algunos de los compuestos que se agregan son grenetina, sílica, bentonita, caseína, albúmina, entre otros. La clarificación también puede realizarse de manera mecánica por filtración y centrifugación (Navarre, 1998).

2.4.6. Métodos de elaboración de sidra

Para la elaboración de sidra, se utilizan algunos métodos también empleados para la elaboración de vinos espumosos, los vinos espumosos obtienen su sobrepresión de CO₂ a partir de la fermentación parcial de azúcares naturales de la uva, pero generalmente proceden de la refermentación (segunda fermentación) de sacarosa añadida a un vino seco previamente elaborado (vino de base). Dentro de los métodos utilizados para la elaboración de vinos espumosos, se encuentran el método de transferencia o transfer, el método *Charmat* y uno de los métodos más conocido, el cual se toma de referencia para la elaboración de vinos espumosos y sidra espumosa es el método clásico o tradicional “champenoise” (Suárez, 2004).

2.4.6.1. Método clásico o tradicional “champenoise”

La elaboración de los vinos espumosos por el “método tradicional” se realiza en dos fermentaciones, la primera en cubas y la segunda dentro de las botellas como único envase; desarrollándose sucesivamente en las siguientes fases: tiraje, rima, pupitre, y degüello y vestido de las botellas. Este tipo de elaboración responde a un sistema artesanal desarrollado en Francia, hacia finales del siglo XVII en la región de la Champagne, donde el monje Don Perignon (1638-1715) en la Abadía Benedictina de Haut Villiers cerca de Épernay en el valle del Marne, logró elaborar por primera vez este tipo de vino (Hidalgo, 2002). En la Figura 5 se ilustra este método. El método es llevado a cabo de la siguiente manera:

a) Primera fermentación

Después del prensado del mosto, se sulfita con metabisulfito de potasio para la conservación, ya que evita la oxidación y la acetificación, después del sulfitado es llevado a cabo un desfangado y se adiciona la inoculación con la levadura seleccionada, después de esto, el mosto se deja fermentar entre 15 °C y 18 °C hasta la disminución de grados Brix y de la densidad. Finalizada la primera fermentación se llevan a cabo los trasiegos: el primero un mes después de la fermentación maloláctica, el segundo antes de la clarificación natural y el tercero después de la clarificación del vino, después del último trasiego, se realizan las mezclas, esta operación es crítica y delicada en la elaboración de los vinos espumosos. Mediante esta mezcla el elaborador puede mantener el estilo de sus vinos. El arte que pone en juego el jefe de bodega para mezclar diferentes caldos, diferentes cepas, diferentes cubas, diferentes vinos, permite encontrar cada año la misma finura y el mismo equilibrio en sus mezclas.

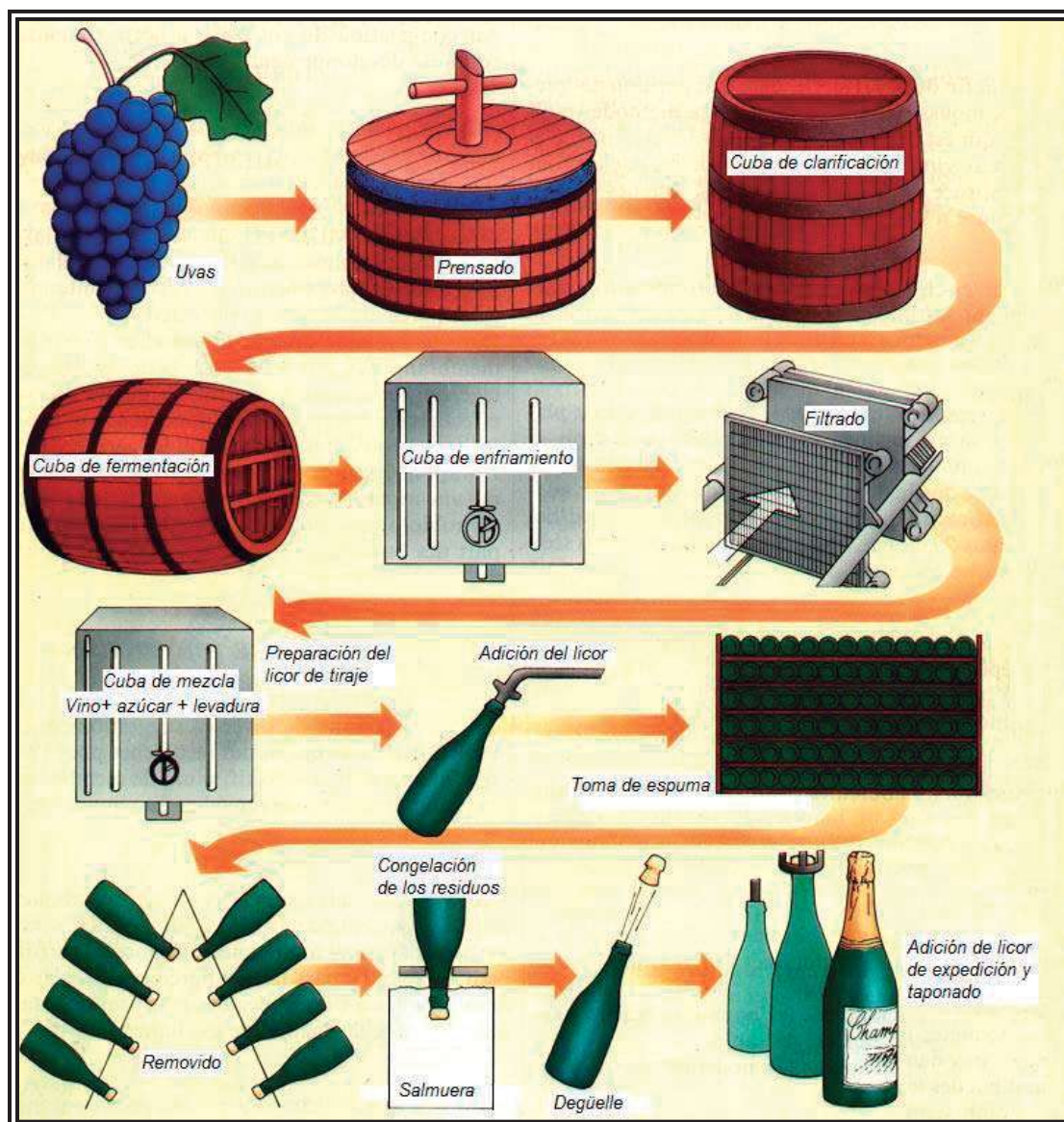


Figura 5. Pasos para la elaboración de un vino espumoso, mediante el método “champenoise”

b) Segunda fermentación

Durante esta fermentación se lleva a cabo la operación llamada “licor de tiraje”, que consiste en una mezcla de azúcar disuelto en una pequeña porción de vino base, junto al cultivo de levaduras, este jarabe se mezcla con el total del vino. Las levaduras que consumen el azúcar durante la segunda fermentación se van a multiplicar formando un depósito y van a liberar el gas carbónico que creará la presión en la botella. Es importante considerar que entre 4.2 y 4.4 g de azúcar se

produce 1 atmósfera de CO₂. Las botellas empleadas deben ser resistentes, capaces de soportar presiones de hasta seis atmósferas. Se tapan con un tapón corona (tapón provisional) que tiene un disco de corcho o polietileno, en donde la mayor parte de los residuos son depositados cuando la botella está en “punta” (posición vertical invertida). Las condiciones óptimas durante el almacenamiento son las siguientes (Flanzy, 2003).

- Temperatura: preferentemente regulada entre 10 y 15 °C, y estable en este intervalo.
- Ausencia de corrientes de aire: que puedan ser provocadas por las puertas, el acondicionamiento del aire o el paso de carretillas elevadoras.
- Ausencia de olores extraños: olores susceptibles de contaminar el vino.
- Protección frente a la luz: protección particularmente necesaria frente a los rayos ultravioleta, que puedan ser nocivos por efectos acumulativos.
- Humedad: es preferible mantener una humedad relativa bastante baja con el fin de conseguir un exterior de las botellas seco, se evitará de esta manera el desarrollo de mohos, en particular sobre el cuello de la botella, así como la corrosión de los *palets* metálicos y de las cápsulas de tiraje.

➤ **Clarificación**

Se realiza con el objetivo de obtener un producto limpio, libre de partículas que afecten la calidad visual del mismo. Se realiza básicamente por gravedad una vez terminada la segunda fermentación y maduración, esta etapa incluye los siguientes mecanismos de eliminación de los residuos del producto (Flanzy, 2003):

➤ **Removido**

Consiste en reunir el depósito de levadura en el cuello de la botella de manera que se pueda eliminar a continuación, no es posible reunir este depósito colocando simplemente la botella verticalmente y cabeza abajo. En efecto, incluso aunque el vino esté claro al cabo de algunos días, una parte del depósito forma un sedimento sobre los hombros de la botella; este

sedimento tiende a adherirse sobre el cuello cuando no está sobre el conjunto de la botella.

Las botellas son colocadas sobre soportes de madera (los pupitres inclinados y llenos de agujeros) “puesta en pupitre” que permiten poner las botellas cabeza abajo en posición casi horizontal (25 a 20 grados) al principio del removido, como se muestra en la figura 6. Progresivamente, la botella es girada y levantada para acabar en posición casi vertical (60 a 75 grados). En la figura 7 se muestran los pasos del removido.



Figura 6. Puesta en pupitre



Figura 7. Pasos del removido.

➤ **Degüelle**

Es la eliminación de las heces acumuladas en el gollete, es decir las heces depositadas contra la pared interna de tapón conservada en punta, puede ser realizada de dos maneras (Hidalgo, 2002):

1. Manualmente, de forma tradicional “al vuelo”, donde el tapón se abre con la ayuda de una pinza de “pata de langosta”, acompañada de un movimiento brusco hacia la vertical para eliminar totalmente los restos de levaduras.

2. En la actualidad “al hielo”, el cuello de a la botella se sumerge solo 4-5 cm en una solución de agua y un anticongelante a una temperatura de 20° a 25° C bajo cero, formándose un tapón de de hielo que engloba las heces; pudiendo entonces ponerse la botella en posición vertical, y abrir la botella de forma automática o manual, donde debido a la presión de la fermentación, las levaduras congeladas junto con algo de vino son expulsadas fuera de la botella.

El degüelle por congelación permite respecto al degüelle al vuelo: simplicidad de mano de obra, un aumento del rendimiento, menor pérdida de líquido (reducido a los 10-15 ml), menores pérdidas de presión, notable reducción del tiempo de permanencia en el pupitre, en cuanto que la última parte de la cola de las heces puede ser englobada en el bloque de hielo.

c) Licor de expedición

Al momento de la expulsión de las heces, se produce una merma que debe ser rellenada con vino espumoso de la misma partida, pudiendo introducirse previamente un “licor de expedición” azucarado, con el objeto de lograr los siguientes tipos de vinos espumosos (Tabla 6):

Tabla 6. Tipos de vinos espumosos

Tipo	Azúcares (g/litro)
Extra brut	Hasta 6
Brut	Hasta 15
Extra seco	Entre 12 y 20
Seco	Entre 17 y 35
Semi-seco	Entre 33 y 50
Dulce	Más de 50

Fuente: (Hidalgo, 2002)

d) Cierre de botellas

Se realiza de forma obligada con un tapón de corcho construido de aglomerado y dos o tres arandelas de corcho virgen en la parte en contacto con el vino, introduciéndose parcialmente en el cuello de la botella para facilitar su posterior apertura, sujetándolo a su exterior por medio de un bozal o morrión de alambre, o también al estilo tradicional por una grapa o agrafe metálico. En el tapón deberán colocarse de forma visible dos inscripciones: una, de la razón social del elaborador, y otra, el tipo de producto que se trata, mediante un símbolo con dimensiones mínimas de 4 X 2 mm una vez colocado el tapón (Hidalgo, 2002). Las botellas tapadas y bozaladas deben permanecer un tiempo en locales adecuados (15 días mínimo) a una temperatura de 10 °C. Temperaturas mayores llevan a un decaimiento organoléptico, debido a la caducidad de diversos compuestos olorosos en función de la temperatura. Durante este tiempo se consigue una total homogeneización del licor de expedición y se controlan las posibles pérdidas de líquido en alguna botella mal tapada. (Infroagro, 2010). Después de lavar y secar

exteriormente las botellas, se procede a su vestido y encajado con destino al mercado para su consumo (Hidalgo, 2002).

2.4.6.2. Método “rural”

Este método data del Siglo XVII, y ha sido conservado hasta la actualidad en algunos vinos efervescentes. Consiste en una fermentación, en donde una parte de los azúcares del jugo son transformados en alcohol, luego la fermentación se detiene por efecto del frío, retrasando la actividad de las levaduras. Posteriormente el vino es embotellado y la fermentación se reanuda por acción de la temperatura ya sea por calentamiento intencionado o por la llegada de la primavera. (Soto, 2007).

2.4.6.3. Método de transferencia, cuba cerrada, “charmat” o “chaussepied”.

Sistema desarrollado por el enólogo francés Ing. Eugene Charmat en 1907. Este método lleva una doble fermentación, la segunda fermentación es efectuada en cubas metálicas de varias decenas de hectólitros; resistentes a la presión, verticales u horizontales, manteniendo a 20 °C durante 12 a 16 horas. Seguidamente, se pasan a otro tanque, estas cubas están provistas muy a menudo de agitadores que permiten poner en suspensión las levaduras, se añade azúcar y la levadura y se deja fermentar de 10 a 15 días. El vino se traslada a otro tanque, donde se clarifica a 2 °C, se filtra a contrapresión y se embotella. Los vinos así obtenidos, una vez servidos en la copa pierden rápidamente la espuma y no son tan valorados como los tradicionales (Flanzy, 2003; Daban, 2005).

2.4.6.4. Método de transferencia o *transfer*

Este método permite suprimir las operaciones de removido y de degüelle en cada botella, pero conserva la segunda fermentación en botella. La fermentación del vino base es efectuada en botella normal de 0,75 L, o más a menudo, en botella de mayor capacidad, generalmente en *magnums* (de 1.50 L). Una vez que se ha acabado la segunda fermentación en botella (toma de espuma), las botellas son refrigeradas bajando la temperatura del local, o bien pasando las botellas a

una sala fría ventilada, o pasando un líquido refrigerado sobre las botellas. Después, el vino es transferido de las botellas a una cuba a contrapresión con la ayuda de nitrógeno o gas carbónico. A veces se le añade licor de expedición, en una primera cuba, y después el vino es pasado por un filtro esterilizante y enviado a una segunda cuba. El vino entonces es embotellado. Es de señalar que algunos productos prefieren añadir el licor de expedición después de la filtración y de haber pasado a la segunda cuba (Flanzy, 2003).

2.4.6.5. Método de carbonatación

Consiste en la adquisición de efervescencia por medio de la adición de gas carbónico bajo presión al vino, ya sea en cubas cerradas o en botellas (CIDVC, 2005). Los vinos que se elaboran con este método son los vinos carbónicos semi-espumosos o vinos de aguja, con presiones de 1 a 2,5 bares a 20 °C, y vinos espumosos o carbónicos con presiones superiores a 3 bar a 20 °C. El vino base se elabora llevando a cabo una primera fermentación en cuba, posteriormente se añade CO₂ al vino, disolviéndose de forma instantánea. El vino es embotellado inmediatamente a contrapresión. La adición de gas carbónico a un vino tranquilo genera un producto de baja calidad, debido a que el gas desaparece rápidamente porque no se integra dentro del vino (Soto, 2007)

2.5. Calidad de Sidra espumosa

Esta etapa es crítica para la calidad de la sidra a producir: la mezcla de variedades, su nivel de madurez, la sanidad de cada unidad, definirán la estabilidad y control microbiológico del proceso, disponer de suficiente cantidad de azúcares como para generar por fermentación un buen nivel de alcohol, combinar ese dulzor con una buena acidez (que después se modifica) en el proceso y con taninos astringentes, secantes, ásperos, típicos de la fruta de pepita, que contribuirán al cuerpo, la fuerza y el color del jugo fermentado resultante. No hay una definición clara respecto a qué variedades son más adecuadas para producir sidras, y precisamente la selección y sus mezclas son uno de los detalles que diferencian los tipos y marcas comerciales (Fruticultura & Diversificación, 2008).

2.5.1. Características visuales

Es el primer aspecto a evaluar ya que, a través de la vista se aprecian cualidades como el aspecto exterior del producto, su brillantez, la presencia de cuerpos extraños, y por supuesto, su color. Asimismo se evalúa el desprendimiento de burbujas desde el seno del líquido hacia la superficie (efervescencia), y la presencia de la “corona” es decir el depósito de un anillo de espuma en la superficie del líquido (Ramírez, 2005).

2.5.2. Características gustativas

Se basa en las sensaciones percibidas en las papilas gustativas situadas en diferentes partes de la lengua al momento de degustar la bebida. La evaluación gustativa de la sidra generalmente se realiza a través del análisis sensorial. Los sabores elementales detectados en la degustación de sidra son, dulce (es el primero que se percibe), éste procede del azúcar residual y del alcohol, seguidamente se detectan el gusto ácido, el cual es consecuencia de la presencia de ácido málico y acético, y finalmente el gusto a margo, generado por los taninos de la manzana (Soto, 2007).

2.5.3. Características olfativas

Los aromas pueden ser percibidos por vía nasal directa (inspiración por la nariz a temperatura ambiente) y por vía retronasal (de la cavidad bucal a las fosas nasales, a temperatura del cuerpo humano, 37 °C). En la sidra se pueden percibir una serie de aromas, tales como, florales, frutales, a madera, a levadura, entre otros. Estos aromas se ven influenciados por la variedad de la manzana, el proceso de fermentación (tiempo y temperatura) y el tipo de levadura utilizada para la fermentación (Soto, 2007).

2.6. Análisis Sensorial

La evaluación sensorial ha sido definida como un método científico usado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a aquellos alimentos tal como los percibe los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto. (Lawless y Heymann, 1998).

El análisis sensorial de los alimentos puede realizarse a través de diferentes pruebas, según la finalidad para la que estén diseñados. A grandes rasgos, pueden definirse dos grupos (Agromensajes, 2006).

- Pruebas objetivas que se subdividen en discriminativas y descriptivas
- Pruebas no objetivas también denominadas hedónicas.

2.6.1 Pruebas Objetivas

Una de las principales metas perseguidas por el análisis sensorial de alimentos es el desarrollo de una metodología, idealmente objetiva, para la determinación de parámetros organolépticos en los alimentos. Hasta la fecha, y pese a numerosos intentos, el hombre no ha conseguido crear un instrumento que sustituya al análisis sensorial. Dicho instrumento debería englobar todos los métodos analíticos encaminados a evaluar el aspecto exterior, el sabor y el aroma de nuestros alimentos.

De entre las metodologías instrumentales consideradas objetivas el color es la única propiedad sensorial que puede ser medida, de forma instrumental, más efectivamente que visual. Otros aparatos como los texturómetros universales y la gran variedad de test encaminados a determinar parámetros reológicos como la dureza, fibrosidad, harinosidad, adhesividad, jugosidad. En última instancia son las personas las que deben valorar la calidad de un alimento, expresar la compleja apreciación sensorial y valorar su grado de satisfacción al ser degustado.

Se puede decir que hoy en día no existe ninguna técnica capaz de simular las sensaciones que un catador experimenta, por lo que es necesaria una valoración sensorial de los alimentos por un equipo de personas.

Los análisis objetivos se dividen en dos grandes grupos: pruebas discriminativas y descriptivas.

a) Pruebas discriminativas: tienen como objeto detectar la presencia o ausencia de diferencias de atributos sensoriales entre dos o más productos. (Agromensajes, 2006). Las pruebas discriminativas consisten de pruebas de diferencia y de sensibilidad (Dadzie y Orchard, 1997):

- Las pruebas de diferencia, como por ejemplo: comparación emparejada, duo-trio, triángulo, prueba de rangos; estas miden simplemente si las muestras son diferentes.
- La prueba de sensibilidad mide la habilidad de los individuos para detectar características organolépticas.

b) Pruebas descriptivas: Por su parte, las pruebas descriptivas constituyen una de las metodologías más importantes y sofisticadas de análisis sensorial. En general, el objetivo primordial de dicho análisis es encontrar un mínimo número de descriptores que contengan un máximo de información sobre las características sensoriales del producto. Este análisis se basa en la detección y la descripción de los aspectos sensoriales cualitativos y cuantitativos del vino, por grupos de catadores que han sido entrenados previamente. (Owens, 2010).

2.6.2 Pruebas Afectivas o Hedónicas

Tienen como finalidad determinar el grado de aceptación o preferencia que el consumidor tiene por un conjunto de productos, por un concepto o una característica específica (ACE, 2010).

Se emplea una escala no estructurada (llamada hedónica), en la cual se puntualiza la característica de agrado; debe contar con un indicador del punto medio, a fin de facilitar al juez consumidor la localización de un punto de indiferencia a la muestra. Se ha comprobado que estas escalas causan confusión más que orientación en el consumidor (de cinco y nueve puntos), por lo que la escala no estructurada resulta ser mas entendible para el usuario (Mendoza, 2007).

2.6.3 Tipos de jueces

Se llama juez al individuo que está dispuesto a participar en una prueba para evaluar un producto valiéndose de la capacidad perceptiva de uno o varios de sus sentidos. Se distinguen varios tipos de jueces (Mendoza, 2007):

a) Juez experto. Es una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para percibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento.

b) Juez entrenado. Es una persona que posee bastante habilidad para detección de alguna propiedad sensorial o algún sabor o textura en particular, que ha recibido ciertas enseñanzas teóricas y practica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que se desea medir en una prueba. Además, suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad.

c) Juez semientrenado. Se trata de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y posee suficiente habilidad, pero que generalmente sólo participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren la definición muy precisa de términos de escala.

d) Juez consumidor. Se trata de personas que no tienen que ver con las pruebas ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. Los jueces de este tipo deben emplearse solamente para pruebas afectivas y nunca para descriptivas.

2.6.4. Elementos estructurales de la evaluación sensorial

Se requiere de un área especial, donde se eviten distracciones y se puedan controlar las condiciones deseadas. Área de preparación y área de prueba, separadas la una de la otra. Los panelistas no deben entrar al área de preparación para evitar influencias en la evaluación.

Lo más común es el uso de celdas o cabinas a lo largo de la pared, comunicadas por una ventanilla con el área de preparación, permitiendo el paso de las muestras del área de preparación a la de prueba. Se exige al panelista no fumar, evitar perfumes y cosméticos con olores, porque influyen en la prueba. Entre prueba y prueba, el panelista debe hacerse un enjuague bucal. La luz del área de prueba debe ser uniforme, con el fin de que no influya la apariencia del producto.

2.6.5. Preparación de las muestras

Horarios para las pruebas: Se recomienda últimas horas de la mañana (entre las 11 a 12 am) y el comienzo o mitad de la tarde (4 a 5 pm) para la realización de las pruebas, de preferencia fuera del área de comida.

Muestra. Las muestras que se presentan al panelista deben ser típicas del producto, idénticas hasta donde sea posible, excepto en la características por la que se juzga, o sea, que tenga igual forma (redonda o picada o en puré o molida), en recipientes de igual forma, tamaño, color y tener presente que el material donde se sirve la muestra no transmita olores.

A veces se utilizan algunos acarreadores de muestras como galletas para las mermeladas y salchichas para la salsa de tomate; Las muestras deben servirse a la temperatura a la cual se consumen normalmente.

2.6.6. Codificación y orden de presentación

Las muestras deben llevar un código que no permita al panelista información alguna de la identificación de la muestra, ni introducir sesgos a la evaluación. (Wikilibros, 2010).

2.6.7. Importancia y/o aplicación del análisis sensorial

2.6.7.1 Importancia

Cualquier importancia manufacturera requiere de evaluaciones de la aceptación del consumidor sobre sus productos elaborados. Básicamente, los consumidores evalúan productos no solo en el aspecto funcional, sino también sobre aspectos sensoriales (Mendoza, 2007).

2.6.7.2 Aplicaciones

La evaluación de la calidad sensorial de los alimentos cada día cobra más importancia en la industria alimentaria dadas las exigencias del mercado competitivo actual y su repercusión en el desarrollo de cualquier empresa o entidad productora. (Mendoza, 2007).

- Caracterización hedónica de productos realizando estudios de consumidores y obteniendo el grado de aceptación de los mismos.
- Comparación con los alimentos competidores del mercado para abarcar las preferencias del consumidor
- Establecimiento de criterios de calidad: Desarrollo de un perfil sensorial
- Control del proceso de fabricación (modificación de algún ingrediente o materia prima) o en cambios en las condiciones de procesamiento: modificación del tiempo de cocción, incremento o descenso de la temperatura ambiente, introducción de nuevos equipos instrumentales, etc.
- Verificación del desarrollo del producto
- Vigilancia del producto integrado aspectos como la evaluación de su homogeneidad, su vida útil y la posibilidad de exportarlo fuera del lugar de origen, conservando integra sus cualidades sensoriales.
- Medición de la influencia del almacenamiento

III. HIPÓTESIS

Las sidras elaboradas a partir de mezclas de variedades de manzana establecidas en la Sierra de Querétaro presentaran una calidad química y sensorial superior a las sidras univarietales.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Determinar la calidad de sidras espumosas obtenidas a partir de mezclas de diferentes variedades de manzana establecidas en la Sierra de Querétaro.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento en jugo y la velocidad de fermentación de distintas variedades de manzana establecidas en el centro de Querétaro
- Establecer las características de las sidras tranquilas y espumosas obtenidas
- Determinar la calidad física y química de las sidras tranquilas y espumosas obtenidas
- Determinar las cualidades sensoriales de las sidras tranquilas y espumosas obtenidas

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Bioquímica y Fisiología de Poscosecha en el estado de Querétaro. El material biológico fue obtenido en un huerto semicomercial localizado en la comunidad de “El suspiro”, en el municipio de Cadereyta de Montes, en el estado de Querétaro (Figura 8). El municipio de Cadereyta de Montes se localiza en los 20° 34' a 21° 03' de latitud Norte y entre los 99° 23' y 99° 53' de longitud Oeste. Con una temperatura media anual de 12°C a 18°C.

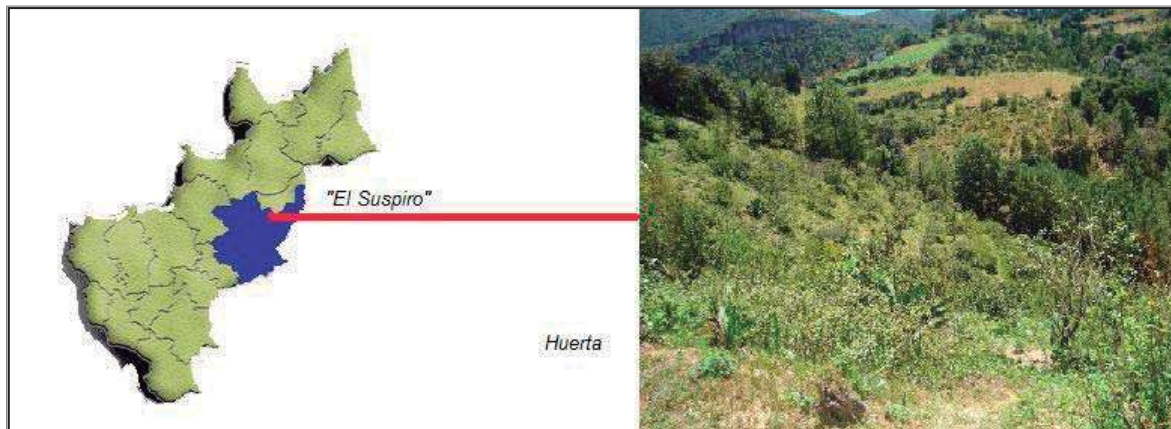
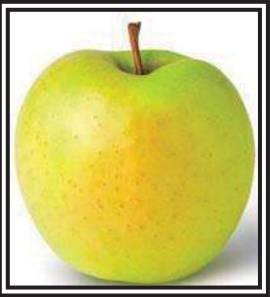


Figura 8. Ubicación del huerto semicomercial donde se obtuvo el material biológico para este trabajo

5.2. Material biológico

Se utilizaron cinco variedades de manzana: ‘Red Delicious’ ‘Golden Delicious’, ‘Rayada’, ‘442’ y ‘436’, las últimas dos son híbridos establecidos localmente a nivel experimental y corresponden a materiales desarrollados por el Ing. Aroldo Rumayor en Saltillo, Coahuila, México. Las principales características de las variedades utilizadas se detallan en la Tabla 7.

Tabla 7 Principales características de las variedades utilizadas

Variedad	Origen	Descripción
'Golden Delicious' 	EE.UU. (Virginia del Oeste), la fecha a Fin del siglo XIX (1880)	Piel, de color verde claro, se torna de un color amarillo intenso cuando está madura, con matices rosados, sin rugosidades. (Mendoza, 2007). La textura de la pulpa, con la carne blanca amarillenta, firme, crujiente, jugosa. El Sabor es de buena calidad gustativa, azucarada, acidulada, equilibrada y perfumada. Comestible desde la cosecha.
'Red Delicious' 	EE.UU. (Iowa), la fecha, 1879.	Fruto de buen tamaño, color rojo más o menos intenso, con un apunteado amarillo, carne azucarada, jugosa, ligeramente acidulada y muy aromática. Pulpa tierna, tendencia a volverse harinosa, pastosa en el transcurso de la conservación, con una pérdida sensible de firmeza (Trillot <i>et al.</i>, 1993; Drouin; 2001).
'Rayada' 	Desconocido	Color, Rojo claro, estriado, fondo verde-amarillo. Lenticelas visibles. Calibre del fruto, chico a grande, tiene una textura de pulpa firme blanca, tendencia a volverse harinosa, pastosa en el transcurso de la conservación, con una pérdida sensible de firmeza. Su sabor es crujiente y jugosa, y de óptimas características gustativas (Mendoza <i>et al.</i>, 2006).
442 	Desconocido	Color amarillo-verde chapeado, calibre del fruto chico a grande, buena firmeza, sabor crujiente, buena jugosidad.
436 (Anna x Gala) 	Desconocido	Color, rojo rayado se torna de un color chapeado estriado intenso cuando está madura, calibre del fruto grande, su sabor es crujiente, buena firmeza y tamaño, y de óptimas características gustativas. Fecha de maduración intermedia (agosto) (Mendoza <i>et al.</i>, 2006).

5.3. Metodología general

5.3.1. Diagrama general

La metodología general empleada en el presente trabajo de investigación se resume en la Figura 9.

La manzana fue cosechada, transportada y almacenada a 3 °C, hasta su utilización. Se le midió diámetro ecuatorial y polar, se pesó, se lavó, se descorazonó y se extrajo el jugo de cada variedad y se le tomó acidez total, sólidos solubles totales, densidad y pH. Se inoculó el jugo de cada variedad, se monitoreo la fermentación y al término de la primera fermentación se realizó una degustación, se prosiguió a hacer las mezclas de las sidras, se embotelló para proseguir con la segunda fermentación, se aplicó el licor de tiraje, se tomó la presión de las botellas una vez por semana, al terminar la segunda fermentación, se realizó el degüelle de las botellas, se tomaron los azúcares reductores totales, el grado alcohólico, la acidez volátil y la determinación de anhídrido sulfuroso, se tomó también, la acidez total. Se realizó la degustación de la sidra espumosa.

- La primera determinación consistió en la evaluación de cada variedad individualmente sobre la primera fermentación.
- La segunda determinación consistió en la evaluación de la mezcla de variedades de manzana sobre la segunda fermentación.

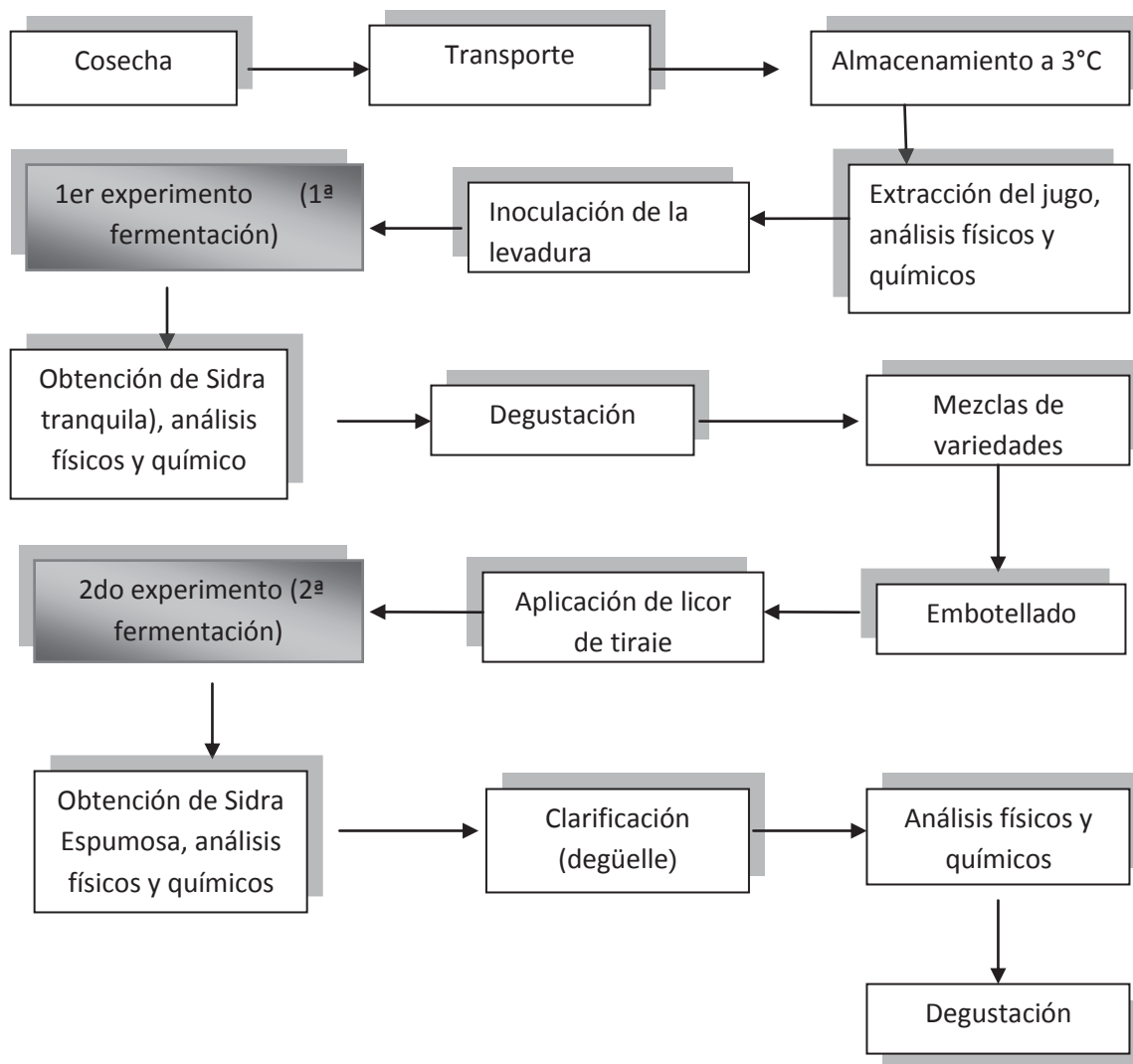


Figura 9. Metodología General empleada en este estudio

5.3.2. Caracterización de las manzanas utilizadas

La variedad 'Rayada' fue cosechada en el mes de Julio, las variedades 442, 436, 'Golden Delicious', 'Red Delicious', fueron cosechadas en el mes de agosto; se tomó una cantidad representativa de cada variedad y se tomó el diámetro ecuatorial y polar (Figura 10), se clasificaron en calidad de: extra, primera, segunda, tercera y canica; para evitar alguna alteración en la manzana, como se muestra en la figura 11.



Figura 10. Medición del diámetro de las manzanas. a) Diámetro polar, b) Diámetro ecuatorial.

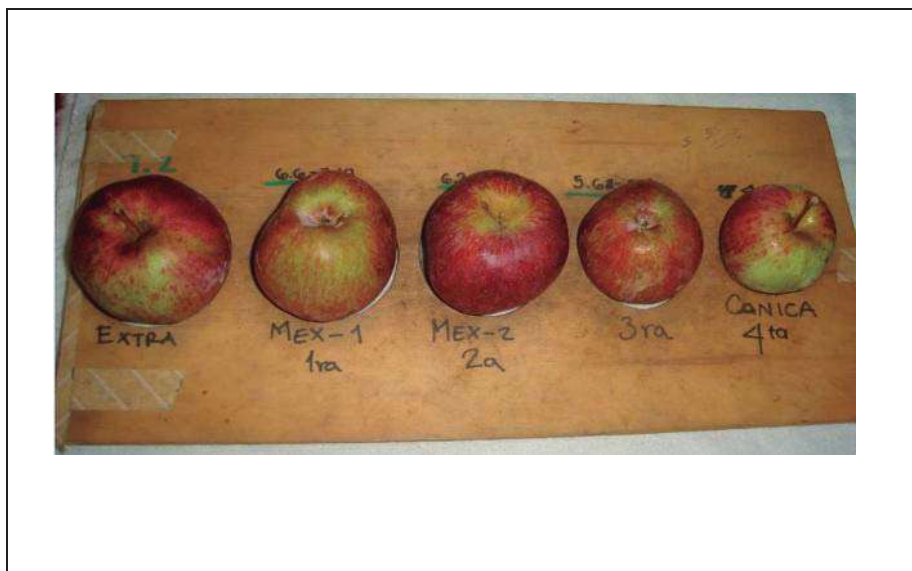


Figura 11. Clasificación de las manzanas

5.3.3. Primera fermentación

Una vez caracterizada, la manzana fue seleccionada eliminando los frutos dañados, se lavó y se descorazonó, se extrajo el jugo de cada variedad mediante un extractor marca *Turmix* modelo estándar. Al jugo obtenido de cada variedad se le tomó acidez total titulable, sólidos solubles totales y pH, después se filtró con una manta limpia, se vació en vitroleros de vidrio, se sulfitó adicionando metabisulfito de potasio a razón de 3 g/HL y se desfangó por 24 hrs colocándolo en refrigeración a 3 °C.

Antes del sulfitado se realizó la activación de la levadura en una porción de mosto, para lo cual previamente se hicieron pruebas para ver la cantidad de levadura adecuada la cual resultó ser de 2.4 g de levadura seca activa por cada litro de mosto de manzana, la cepa de levadura utilizada para la primera y segunda fermentación fue *Saccharomyces cerevisiae*, levadura comercial “Tradi-Pan”; se diluyó en 100 mL de mosto a 38 ± 2 °C hasta la formación de espuma (aprox. 5 min), como se muestra en la Figura 11, este inóculo se adicionó al resto del mosto que previamente se había sulfitado (figura 12).



Figura 12. Preparación y adición del pie de cuba. a) Activación de la levadura, b) Inoculación

La fermentación se llevó a cabo a 19 ± 1 °C. Se monitorearon diariamente los sólidos solubles totales (SST), densidad y se estimaron las poblaciones de las levaduras mediante la cámara de Neubauer, con la finalidad de asegurar el desarrollo de la fermentación. Al final de la primera fermentación se tomó el grado alcohólico de cada variedad.

5.3.4. Conservación de la sidra base

La sidra tranquila obtenida se trasegó con el fin de separar los sedimentos, se realizaron ensayos previos para determinar la dosis de albúmina que se tenía que agregar para la clarificación, la dosis correcta fue de 8.1 microlitros para diez ml de jugo. Se dejó reposar 15 días a 3 °C, se trasegó de nuevo para separar los sedimentos restantes, se mezclaron las repeticiones de cada variedad y se prosiguió a hacer las mezclas.

5.3.5. Segunda fermentación

a) Aplicación del licor de tiraje y toma de espuma

Se agregaron 2.4 g de levadura seca activa por cada litro de mosto de manzana y 15 g/L de azúcar a la sidra tranquila de cada mezcla de las variedades.

A continuación se realizó otro trasiego a botellas de polietilentereftalato (PET) de 230 mL de capacidad (previamente desinfectadas con solución de cloro a 0.1%). La sidra embotellada se dejó fermentar a 16 ± 1 °C durante 28 días. La evolución de la presión interna se evaluó mediante manometría, utilizando un manómetro de presión digital para neumáticos marca “MIKEL’S”, con un rango de medición de 0 a 100 psi (libras por pulgada cuadrada) y 90% de precisión. El manómetro se posicionó horizontalmente en la válvula de calibración de llanta de bicicleta adaptado a las botellas, para la toma de la presión. La medición se efectuó una vez por semana. La elaboración de la sidra espumosa se llevó a cabo por el método “champenoise”. En la Figura 13, se muestran las botellas en la segunda fermentación.



Figura 13. Segunda fermentación en botellas: a) Botellas con válvula y b) Botellas sin válvula

b) Clarificación

Una vez terminada la segunda fermentación, se sometieron las botellas a 25 días a removido, siguiendo el procedimiento descrito por Flanzky (1998) y Navarre (1998). Para el removido, se fabricó una base de madera para colocar las botellas por el cuello en orificios de 2cm de diámetro. En la Figura 14, se muestra la posición de las botellas.



Figura 14. a) Botellas en removido b) Botellas terminado el removido

c) Degüelle

Terminado el removido, se llevó a cabo el degüelle, congelando la punta del cuello de las botellas, introduciendo 1.5 cm en nitrógeno líquido durante 1 minuto. (Figura 15) Después de ser retiradas del nitrógeno líquido, se destaparon, eliminando el tapón de hielo (Figura 16), enseguida se colocó el licor de tiraje (40g/L de azúcar) para hacerlas semisecas, se cerraron de inmediato las botellas.



Figura 15. Congelación de la punta de la botella en nitrógeno líquido para realizar el degüelle.



Figura 16. Tapon de hielo eliminado en el degüelle.

5.4. Análisis físicos y químicos

5.4.1. Densidad

La densidad del mosto o vino expresa la suma de todas las sustancias disueltas en el agua del mismo.

Se realizó diariamente la medición de la densidad en la sidra tranquila a lo largo de la fermentación, con el objetivo de evaluar el avance de la degradación del azúcar en el alcohol. Se evaluó por medio de picnometría.

5.4.2. Sólidos solubles totales (°Brix)

Las mediciones se realizaron diariamente con un refractómetro manual (Atago, N-1E, con escala de °Brix de 0 a 32), a partir de tres gotas de jugo extraído en cada una de las variedades.

5.4.3. Grado alcohólico

Se produce a partir de la fermentación de los azúcares presentes en el jugo. Se utilizó el método de destilación directa y medición del grado alcohólico de la muestra hidroalcohólica obtenida mediante picnometría (CEE, 1990).

5.4.4. Acidez total titulable

La acidez total es la suma de todas las acideces valorables que contiene el mosto. Se determinó por titulación. Se midieron 5 ml de cada muestra, se añadieron tres gotas de indicador de azul de bromotimol y se agitó, se tituló con NaOH 0.1 N hasta que el color de la muestra viró, se determinó el volumen gastado de NaOH, obteniendo la acidez total de la muestra con la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez total (g/l)} = ((V)(N)(F)(1000))/V_m$$

5.4.5. Determinación de Anhídrido Sulfuroso Libre y Total

Se llevo a cabo por el método Ripper Doble. Valoración yodométrica en medio ácido, de las formas libres del anhídrido sulfuroso, la interpretación de los resultados se llevó a cabo de la siguiente forma:

SO₂ Libre

“n”= ml de I₂ consumidos

“n”(10)= mg/l de SO₂ libre

SO₂ Combinado

“n”= ml de I₂ consumidos

“n”(10)= mg/l de SO₂ combinado

SO₂ Total

$\text{SO}_2 \text{ Total} = \text{SO}_2 \text{ Libre} + \text{SO}_2 \text{ Combinado}$

5.4.6. Acidez volátil

Está constituida por la parte de ácidos grasos pertenecientes a la serie acética. Se determina mediante la separación de los ácidos volátiles por arrastre con vapor de agua y posterior valoración con NaOH.

5.4.7 Azúcares reductores totales

Se llevó a cabo por el método de Rebelein. La sacarosa es hidrolizada durante la fermentación alcohólica, generando una molécula de glucosa y otra de fructosa. Por lo tanto la presencia de sacarosa en el vino puede ser debido a la adición de la misma en los procesos de edulcoración de los vinos espumosos.

Esta técnica se basa en las propiedades reductoras de la glucosa y la fructosa sobre una solución cupro-alcalina.

Cálculo y expresión de los resultados.

El azúcar total se expresa en g/l y se calculó según la fórmula siguiente:

$\text{Azúcares totales (g/l)} = (V - V') \cdot f$

5.5. Análisis sensorial

Para evaluar la aceptación de las sidras tranquila elaboradas con manzanas univarietales y las espumosas elaboradas con mezclas de distintas variedades de manzana, se realizó una prueba de degustación dirigida a consumidores, la escala utilizada para la prueba fue una escala hedónica lineal, con valor de diez puntos no estructurada, con tres acotaciones, neutral en el centro y en los extremos “me gusta mucho” y “me disgusta mucho” (ver Anexo 1). Se aplicó también una prueba de agrado, llamada, prueba de Kramer, donde se le pide al consumidor que clasifique las muestras por orden de preferencia decreciente (ver Anexo 2). Se tomó una botella de cada muestra y se evaluaron al azar con un código de letras, las botellas se abrieron en presencia de los panelistas y se vertió la sidra en copas tipo flauta para que los panelistas pudieran apreciar la efervescencia en el caso de la sidra espumosa, se le entregó a cada juez un juego de cada muestra a evaluar.

El nivel de agrado general y de los atributos de las muestras en la sidra tranquila fue evaluada por 19 consumidores y en la sidra espumosa por 10 consumidores, calificando en la sidra tranquila, los aspectos, visual, olfativo y gustativo; en el caso de la sidra espumosa, los aspectos a evaluar fueron, efervescencia, visual, olfativo y gustativo (Figura 17). Antes de la evaluación se dieron las indicaciones a los consumidores sobre los atributos a evaluar. La evaluación de la sidra tranquila como la espumosa, se realizó a media mañana.



Figura 17. Evaluación de las sidras por consumidores

5.6. Diseño del experimento

El diseño de tratamientos fue un unifactorial, siendo el factor de estudio las variedades o algunas de sus mezclas en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- a) Univarietales
 - 1. 442
 - 2. 436
 - 3. *Golden Deliciosos*
 - 4. *Red Delicious*
 - 5. *Rayada*

- b) Mezclas de manzanas
1. 50% 442 + 50% *Golden Delicious*
 2. 50% 442 + 50% *Red Delicious*
 3. 50% *Golden Delicious* + 50% *Red Delicious*.

5.6.1. Unidad experimental

Cinco manzanas

10L de jugo de manzana por cada variedad.

5.6.2. Variables evaluadas

1. Densidad
2. Sólidos solubles totales (SST)
3. Acidez total (AT)
4. Acidez volátil (AV)
5. Azúcares residuales (AR)
6. Sulfuroso libre (SO₂L)
7. Sulfuroso combinado (SO₂)
8. Sulfuroso total (SO₂T)

5.6.3. Análisis de los datos

Los datos de las variables obtenidas fueron analizados mediante el análisis de varianza de Fisher y la prueba de medias de Tukey.

VI. Resultados y Discusión

6.1. Caracterización física y química de las manzanas

6.1.1. Peso, diámetro ecuatorial, polar.

En la Tabla 8 se consignan las medias obtenidas de las variables de tamaño consideradas. Las variedades que destacan en diámetro ecuatorial son '*Red Delicious*' (6.2 cm) y '*Rayada*' (6.2 cm), estudios realizados por Mendoza *et al.* (2008) obtiene en diámetro ecuatorial '*Red Delicious*' (6.8) y '*Rayada*' (6.9 cm). La variedad que presenta mayor porcentaje de manzanas "Extra", es 442 (36.8%); sin embargo, opuesto a estas se encuentran la variedad '*Golden Delicious*' sin obtener manzanas "Extra" y la variedad '*Rayada*' con la mayor cantidad de manzanas tipo "canica" (28.3%). Comparando con estudios realizados por Mendoza *et al.* (2008), obtienen para '*Golden Delicious*' en manzana tipo "Extra" (0.5%) y para '*Rayada*' en manzana tipo canica (25.6%), los resultados son similares a los obtenidos en este estudio.

Los diámetros obtenidos resultaron inferiores a los reportados por Mendoza *et al.* (2008) en la misma región. Sin embargo, los diámetros obtenidos resultan superiores a los reportados por Mejía (2006) para las variedades 442 y '*Rayada*'.

En la relación diámetro polar/ecuatorial, un valor de 1.00 indica una forma esférica de la manzana, valores menores a 1 indican que este tipo de manzanas son de forma alargada, como las variedades estudiadas aquí, valores superiores a 1 indican manzanas con diámetro ecuatorial mayor que el polar y corresponden a manzanas aplastadas; los valores obtenidos por Mejía (2006) resultan similares en cuanto a la variedad '*Red Delicious*', en caso contrario los resultados obtenidos por Mejía (2006) resultan mayores con respecto a las variedades '*Golden Delicious*', '*Rayada*', 442 y 436; respecto a estudios realizados por Mendoza (2006) los resultados son similares para todas las variedades excepto 442 el cual Mendoza no estudio.

Tabla 8. Diámetro y clasificación de variedades por categorías

Variedad	Diámetro	Diámetro	Relación polar/ecuatorial	Categorías (%)*				
	Equatorial (cm)	Polar (cm)		Extra	1ra	2da	3ra	Canica
<i>Golden Delicious</i>	5.9	5.2	0.88	0	20.7	46.9	18.1	14.3
<i>Red Delicious</i>	6.2	5.5	0.89	21.4	50.1	9.0	14.3	5.2
<i>Rayada</i>	6.2	4.9	0.79	16.1	13.7	12.7	29.2	28.3
442	6.1	5.3	0.86	36.8	28.7	18.9	6.9	8.7
436	5.7	4.9	0.86	33	11.7	26.3	10	19

*Porcentaje en peso por cada categoría

6.2. Rendimiento del jugo

En la Tabla 9 se encuentran los valores obtenidos del rendimiento en jugo de los distintos cultivares estudiados después de la extracción mediante el *Túrmix* modelo estándar. Es importante mencionar que existen manzanas masosas o no jugosas y otras muy jugosas, para una sidra lo que se busca es una manzana jugosa, ya que al tener que utilizar muchas manzanas para obtener el jugo no sería productivo o rentable para el productor de sidra.

Se aprecia que las variedades '*Red Delicious*' y '*Golden Delicious*' son las más eficientes ya que fueron en las que se requirió menos cantidad de manzanas para la obtención de jugo, es decir son más jugosas que el resto, '*Red Delicious*' (19.79 Kg para 10.5 L) y '*Golden Delicious*' (20.55 Kg para 10.5 L), mientras que la variedad 436 fue la más deficiente utilizando 31.98 Kg de manzana para 10.5 L, al necesitarse mayor cantidad de manzanas para la obtención del jugo.

Estudios realizados por Drouin (2001) obtuvo resultados similares, Drouin necesito menos de kg de manzana para obtener el jugo en las variedades '*Golden Delicious*' (18.04 kg para 10.5 L) '*Rayada*' (24 Kg para 10.5 L) y '*Red Delicious*' (27.02 Kg para 15.5 L), Drouin (2001) no utilizo las variedades 436 y 442.

Tabla 9. Rendimiento de jugo de las distintas variedades de manzana utilizadas en este estudio

Variedad	Proporción (Kg) en 10.5 L
'Golden Delicious'	20.55
'Red Delicios'	19.79
'Rayada'	25.63
442	26.25
436	31.98

Las características obtenidas para el jugo inicial de las variedades se muestran en la tabla 10, observamos que la variedad que obtuvo mayor cantidad de SST fue 'Golden Delicious' (15.8 °Bx), mientras que la variedad que obtuvo menos cantidad de SST fue la 442 (14 °Bx), los datos aquí obtenidos para todas las variedades, superan los límites establecidos por la Norma Mexicana NMX-FF-061-SCFI-2003; Valores obtenidos por Mendoza (2006) para la variedad 436 superan a los obtenidos en este estudio, mientras que para las variedades 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' en el estudio realizado por Mendoza (2007) se obtienen valores menores.

Tabla 10. Sólidos solubles totales y acidez total titulable del jugo obtenido de las manzanas de las distintas variedades al momento de la cosecha

Variedad	SST (°Bx)	Acidez Total Titulable (g ac. málico/L)	pH
'Golden Delicious'	15.8	4.42	4.5
'Red Delicios'	15.2	3.35	4
'Rayada'	15.4	6.37	3
442	14	5.43	3
436	15.4	3.02	4

6.3. Primera fermentación

6.3.1. Seguimiento de la fermentación

Cabe recordar que el seguimiento de la fermentación del mosto de manzana se llevó a cabo mediante la medición de la densidad (Figura 18), los sólidos solubles totales (°Bx) (Figura 19) y el recuento de levaduras utilizando la cámara de Neubauer (Figura 20). La fermentación del mosto de manzana en todas las variedades duró alrededor de 10 días, después de los cuales ya no se registró disminución ni en la densidad ni en los °Bx.

a) Densidad

En la figura 18 se aprecia la evolución de la densidad de cada variedad durante el seguimiento de la fermentación, pasando de alrededor de 1.05 g/ml a 0.997 g/ml, indicando que la fermentación había terminado, las variedades 436, termino de fermentar más rápido, en el día 6 (0.997g/ml), las variedades '*Rayada*' y '*Golden Delicious*' terminaron de fermentar completamente en el día 9 (0.998g/ml), esto puede ser debido a la cantidad de SST que tenía el jugo inicialmente, estas variedades eran las que tenían más cantidad de SST; mientras que las variedades '*Red Delicious*' y 442 terminaron de fermentar en el día 8 (0.999g/ml), la disminución de la densidad se debe a que las levaduras degradan los azúcares presentes en el mosto, produciendo alcohol y CO₂, la masa volumétrica del alcohol es inferior a la de los azúcares disueltos, el aumento de la proporción de alcohol y la disminución de la proporción de azúcares disueltos conlleva a la disminución de la densidad. Drouin (2001) realizó estudios con sidra tranquila con '*Golden Delicious*' y '*Red Delicious*', en sus estudios la sidra tranquila con '*Red Delicious*' fermentó más rápidamente que la de '*Golden Delicious*'.

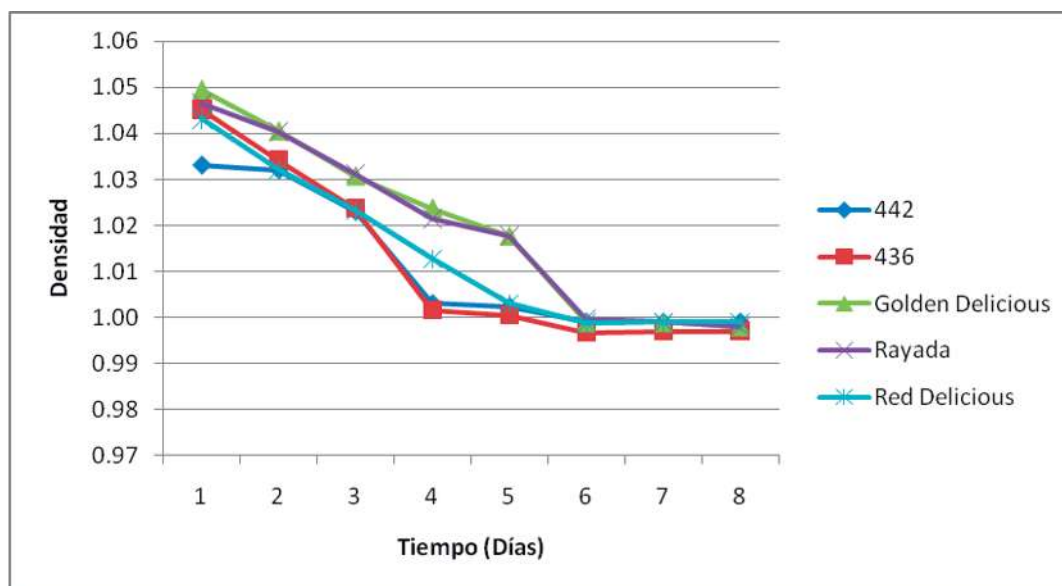


Figura 18 Evolución de la Densidad del mosto de manzana en la primera fermentación

b) Sólidos Solubles Totales (°BX)

En la figura 19, se muestra la disminución de los °Brix a lo largo de la fermentación, estos inician de alrededor de 13.3, finalizando en 5, se observa que la variedad que terminó más rápido los SST °Bx fue la 436, terminando en el día 6, en los datos obtenidos se observa que hay una relación de las variedades con la densidad, es decir, mientras van disminuyendo los SST, la densidad disminuye también. Los °Bx, van disminuyendo porque son transformados los azúcares en alcohol, por acción de las levaduras.

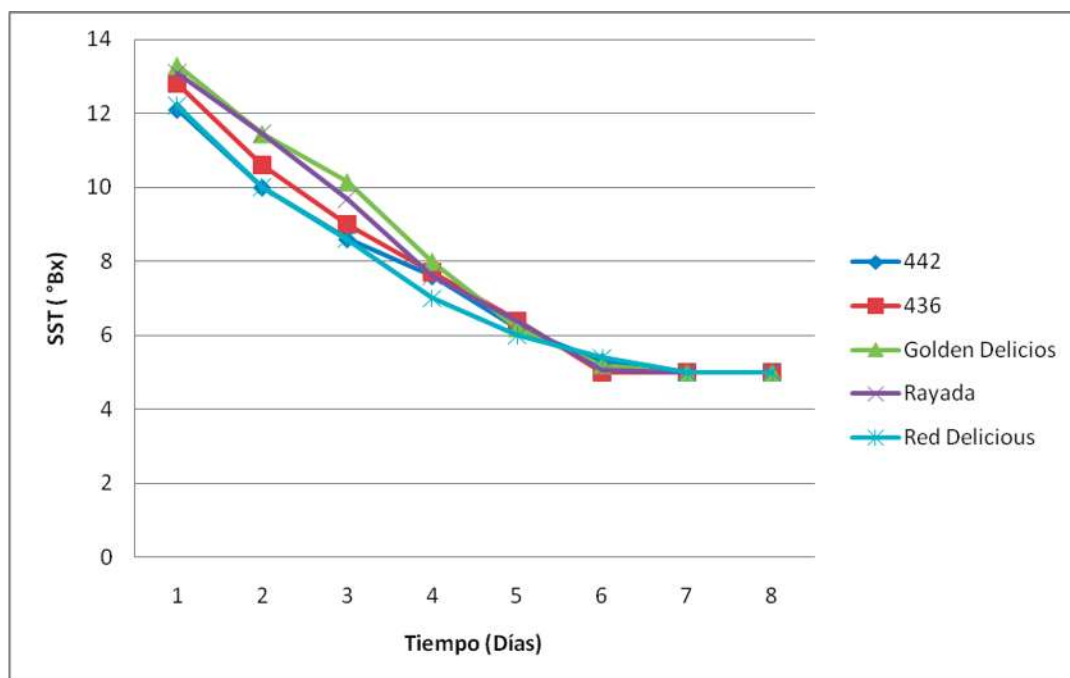


Figura 19 Evolución de los SST del mosto de manzana en la primera fermentación

c) Cinética de levaduras

La Figura 20, se aprecia que en el segundo día de la fermentación se logró la mayor población microbiana para las variedades 436 (1.43×10^8), 442 (1.28×10^8), 'Rayada' (1.08×10^8), 'Golden Delicious' (8.96×10^7) y el tercer día para 'Red Delicious' (7.27×10^7); al final de la fermentación tenían una población microbiana de 436 (2.56×10^7), 442 (2.72×10^7), 'Rayada' (1.85×10^7), 'Golden Delicious' (2.75×10^7) y 'Red Delicious' (2.23×10^7). La curva para la cinética de levaduras no es parecida a la reducción de azúcares y a la densidad, a pesar de que a todas las variedades se les colocó la misma cantidad de levadura, la diferencia de conteo de levaduras puede deberse a que cada variedad tiene su levadura nativa, tal vez por esto se presentan resultados diferentes para cada variedad.

Estudios realizados por Ramírez (2005) muestran que para la levadura comercial que utilizó, en este caso podría ser la equivalente a la utilizada en este estudio, ella obtuvo que en el día 3 obtuvo la mayor cantidad de población ($6.2 \log \text{ UFC/mL}$), terminando la fermentación en ocho días, estos estudios son similares a los obtenidos en este estudio, ya que en el día 2 todas las variedades presentaron la mayor cantidad de población de levaduras.

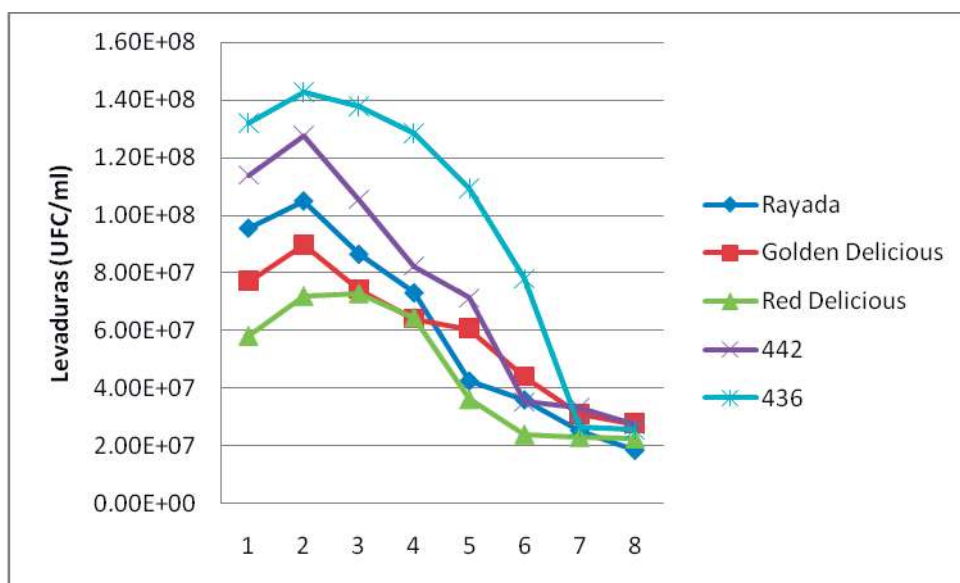


Figura 20 Evolución de las poblaciones de levaduras en la primera fermentación del mosto de manzana en función de la variedad

La variedad 'Rayada', al momento de dejarse en reposo para la clarificación presentó un sedimento muy significativo, como se muestra en la figura 21, tenía una consistencia gelatinosa, por lo que se descartó esta variedad para la elaboración ulterior de las mezclas.



Figura 21. Sedimento que presento la variedad '*Rayada*'

La variedad 436 no se incluyó en la mezcla de variedades ya que al momento de extraer el jugo se utilizó mucha manzana 31.98 Kg en 10.5 L, es decir .32Kg para 1L de jugo.

d) Grado alcohólico

En la Figura 22 podemos observar que la variedad que obtuvo más grado alcohólico fue '*Golden Delicious*' (5.7 °GL) , esto puede deberse a que esta variedad tenía más SST en el jugo de manzana (15.8 °Bx) , obteniendo mayor grado de alcohol al terminar la primera fermentación. Cabe señalar que el grado alcohólico potencial se relaciona con la cantidad de azúcares presentes en el mosto, y éste a su vez con los sólidos solubles totales. En efecto, 15.8 °Bx corresponden a un contenido de azúcares totales de 144.8 g/L, lo que a su vez corresponde a un grado alcohólico teórico potencial de 8.6.

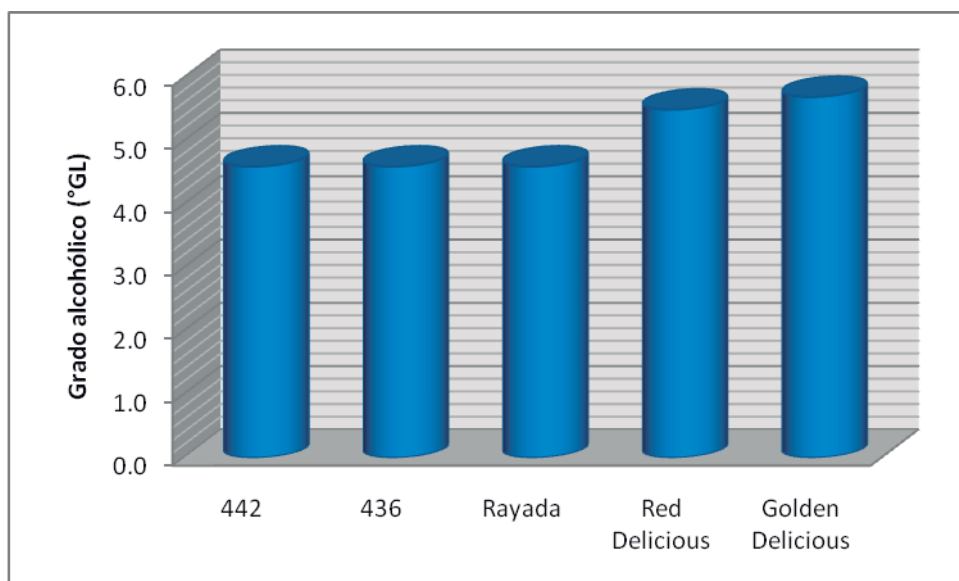


Figura 22. Grado alcohólico de la sidra tranquila

6.3.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial se dividió en dos etapas: en la primera se realizó una prueba con base en una escala hedónica que consistió en evaluar las sidras tranquilas; los aspectos que se evaluaron fueron: visual, olfativo y gustativo; donde los jueces calificaban en una escala donde la máxima calificación era 10 (me gusta mucho) y la mínima fue 0 (me disgusta mucho) anexo 1. En la segunda etapa se llevó a cabo una prueba de preferencia de rangos o de Kramer, que consintió en que el consumidor debía clasificar a las sidras tranquilas en orden decreciente (de mayor preferencia a menor) anexo 2.

a) Prueba hedónica

En la tabla 11 se muestra el análisis de varianza, la prueba de medias para las variedades de sidra tranquila evaluadas, en donde el valor más alto significa la sidra mejor evaluada.

Para el aspecto visual en el análisis de varianza tuvo un efecto muy significativo, para la prueba de medias, los valores obtenidos nos indican que variedades que no tienen la misma letra son significativamente diferentes, entre las variedades 442, 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' no se encontró diferencia

alguna visualmente de acuerdo a la observación de los jueces. Es decir, solo hubo diferencia significativa en las variedades 'Rayada' y 436. Obteniendo un mayor valor la sidra 'Rayada', en escala del 0 al 10 obtuvo un 7.36.

Para el aspecto olfativo en el análisis de varianza tuvo un aspecto muy significativo para las variedades; en la prueba de medias se observa que las variedades 'Rayada' y 'Red Delicious' son significativamente diferentes en aspecto olfativo de las variedades 'Golden Delicious' y 436; mientras que la variedad 442 no se le encontró diferencia significativa entre las demás variedades. La variedad 'Rayada' obtuvo mayor calificación en escala del 0 a 10, obtuvo un 5.67 de acuerdo al olfato de los jueces.

Para el aspecto gustativo en el análisis de varianza no tuvo diferencias significativas entre ninguna de las variedades; para la prueba de medias observamos que no hay diferencia significativa, es decir, el aspecto gustativo no afecta a las variables de acuerdo al gusto de los jueces.

Tabla 11. Prueba de medias valores de "F" y significancia estadística para la prueba de preferencia

Variedad	Visual	Olfativo	Gustativo
'Rayada'	7.36 A	5.67 A	3.36 A
442	4.76 B	4.16 A B	2.32 A
'Red Delicios'	4.72 B	5.44 A	3.32 A
'Golden Delicious'	4.34 B	3.74 B	2.28 A
436	2.20 C	3.59 B	2.97 A
F _c	17.3*	5.5*	0.86 ^{NS}

Diferencia significativa a $P \leq 0.05$ (*), NS: No significativo. Prueba de Tukey

b) Prueba de Kramer

La Tabla 12 muestra que con base en la prueba de Kramer, de acuerdo a estos resultados, un consumidor común prefiere la sidra hecha con jugo de manzana 'Rayada', mientras que las demás sidras tranquilas, 'Red Delicios', 'Golden Delicios' y 442 según la prueba de Kramer para los consumidores son

indiferentes, para los consumidores la sidra que menos prefirieron fue la variedad 436. Estudios realizados por Drouin (2001) para la prueba de Kramer en variedades ‘Golden Delicious’ , ‘Red Delicious’ y mezcla de estas ‘Golden Delicious-Red Delicious’, obtienen que los consumidores preferían la sidra tranquila elaborada con ‘Golden Delicious’, en este estudio la sidra tranquila elaborada con ‘Golden Delicious’ fue considerada como mediocre o indiferente.

Tabla 12. Prueba de Kramer, aceptación general para sidras tranquilas obtenidas con distintas variedades de manzana

<	47 – 67	>
<i>‘Rayada’</i>	<i>‘Red Delicious’</i> <i>‘Golden Delicious’</i> 442	436

6.4. Evolución de la segunda fermentación

Al descartar la variedad *‘Rayada’* y 436 para realizar las mezclas, se contaba con *‘Golden Delicious’*, *‘Red Delicious’* y 442 para proceder a hacer las mezclas, así que se realizaron entre estas, quedando de tal forma: *‘Golden Delicious’*-*‘Red Delicious’*, *‘Golden Delicious’*-442 y *‘Red Delicious’* – 442.

Al momento de tomar las presiones no se detectaba presión significativa en las botellas con válvulas, mientras que al presionar las botellas sin válvulas estas se sentían con presión interna, esto puede ser debido a que las válvulas no fueron bien adaptadas a las tapaderas de las botellas, dejando escapar la presión de estas, por lo cual no se reportan datos de la presión.

6.4.1. Características físicas y químicas de las sidras obtenidas

Para la acidez volátil un valor superior a 1g/L de ácido acético ya es perceptible al gusto y al olor (Herrero, 1999), ninguna de las variedades sobre pasa dicho valor, lo que indica que no hubo elevado desarrollo de bacterias acéticas que permitieran el avinagramiento de la sidra, debido a las concentraciones crecientes de CO₂ que impiden su desarrollo. Estudios realizados

por Drouin (2001) muestran valores mayores que los obtenidos en este estudio Soto (2007) por su parte obtiene resultados ligeramente más elevados.

Tabla 13. Datos obtenidos para las distintas sidras espumosas

Variedad	Azúcares reductores (g/l)	Grado alcohólico (°GL)	Acidez Total Titulable (g ac. málico/L)	pH	Anhídrido Sulfuroso Libre (mg/l de SO ₂ L)	Anhídrido Sulfuroso Combinado (mg/l de SO ₂ C)	Anhídrido Sulfuroso Total (SO ₂ T)	Acidez volátil (g ácido acético/L)
<i>Golden Delicious-Red Delicious</i>	.4	9.8	6.07	3.9	5	9	14	0.072
<i>RedDelicios-442</i>	.4	8.2	6.9	3.9	4	9	13	0.18
<i>442-Golden Delicious</i>	.4	9.6	7.65	3.8	13	31	44	0.144
<i>Red Delicious</i>	.4	9.3	6	4	3	3	6	0.144
<i>Rayada</i>	.4	8	8.77	3.8	7	5	12	0.144
<i>442</i>	.4	9.7	7.3	3.8	5	6	11	
<i>436</i>	1.1	8	6.075	4	3	7	10	0.18

En lo que respecta a SO₂L estudios realizados por Ramírez (2005) muestran valores más elevados que los obtenidos en este estudio, esto puede deberse a la diferencia de levaduras y manzanas utilizadas, sin embargo los valores obtenidos no sobrepasan los macados por la norma NMX-V-011-NORMEX-2002 marca (150mg SO₂/L de sulfuroso total).

Para los azúcares reductores en el licor de tiraje se agregaron 40g/L de azúcar para obtener sidras semisecas, los resultados obtenidos para todas las mezclas y univarietales no eran esperados, ya que se obtuvieron azúcares reductores bajos, como para una sidra seca, esto indica que hubo una degradación completa de los azúcares, lo que puede deberse a que en el momento de realizar el degüelle, no se eliminaron completamente las heces de las

levaduras, pudiendo ir allí, levaduras que degradaron completamente los azúcares que se agregaron.

Para la Acidez Total Titulable (ATT), los valores obtenidos en este estudio, fueron mayores a los obtenidos por Ramirez (2005) y Soto (2007), esto puede deberse a la diferencia de manzana utilizada y levadura, así como a la fecha de cosecha de la manzana, estos resultados también fueron mayores a los obtenidos por Drouin (2001) a pesar de que el utilizó mezcla de 'Golden Delicious-Red Delicious' (4.19) y 'Red Delicious' (2.85), al igual que en el presente estudio, esto puede deberse a que Drouin realizó sidra tranquila utilizando diferente levadura.

En el pH Drouin (2001) obtiene resultados menores, *Golden Delicious-Red Delicious*' (3.6) y *'Red Delicious'* (3.9), lo que puede deberse a que en este estudio se realizó sidra espumosa y se utilizó diferente levadura además de mas variedades y Drouin (2001) trabajó con sidra tranquila y diferente tipo de levadura.

En lo que respecta al grado alcohólico, los resultados obtenidos no fueron los esperados, se obtuvieron valores elevados, sin embargo estudios realizados por Drouin en sidra tranquila con la mezcla '*Golden Delicious-Red Delicious*' (8.36) y '*Red Delicious*' (8.94) son ligeramente más bajos. Estos valores pudieron deberse al momento de realizar el degüelle, donde posiblemente no se eliminaron completamente las heces de las levaduras, pudiendo ir allí, levaduras que fermentaron completamente los azúcares que se agregaron, produciendo mas alcohol.

6.4.2. Análisis sensorial

Al igual que en análisis sensorial de la sidra tranquila, el análisis sensorial para la sidra espumosa se dividió en dos etapas: en la primera se realizó una prueba con base en una escala hedónica que consistió en evaluar las sidras espumosas; los aspectos que se evaluaron fueron: efervescencia, visual, olfativo y gustativo; donde los jueces calificaban en una escala donde la máxima calificación era 10 (me gusta mucho) y la mínima fue 0 (me disgusta mucho). En la segunda etapa se llevó a cabo una prueba de preferencia de rangos o de Kramer, que

consintió en que el consumidor debía clasificar a las sidras espumosas en orden decreciente (de mayor preferencia a menor).

a) Prueba hedónica

En la Tabla 14 se muestra el análisis de varianza para las mezclas y univarietales de sidra espumosa evaluadas, para el aspecto de efervescencia en el análisis de varianza tuvo un aspecto significativo, en la prueba de medias los valores obtenidos, nos indican que las variedades que no tienen la misma letra son significativamente diferentes, es decir '*Golden Delicios*' – '*Red Delicious*' es significativamente diferente a 442 y '*Golden Delicious*'. Entre las variedades 442- '*Golden Delicious*', '*Red Delicious*'-442 y 436 no se encontró diferencia alguna para la observación de los jueces. Obteniendo un mayor valor la mezcla de '*Golden Delicious*'- '*Red Delicious*' en escala del 0 al 10 obtuvo un 6.12

Para el aspecto visual en el análisis de varianza tuvo un aspecto muy significativo. Para la prueba de medias se observa que la mezcla de '*Golden Delicious*'- '*Red Delicious*' y la univarietal de '*Red Delicious*' son significativamente diferentes.

Para el aspecto olfativo en el análisis de varianza no tuvo diferencias significativas entre ninguna de las sidras espumosas. En la prueba de medias se puede ver que las mezclas de '*Golden Delicious*'- '*Red Delicious*' y 442- '*Red Delicious*' son significativamente diferentes.

El aspecto gustativo para el análisis de varianza no tuvo diferencias significativas entre ninguna de las sidras espumosas. En la prueba de medias se observa que no hay diferencia significativa, es decir, el aspecto gustativo no afecta a las variables de acuerdo al gusto de los jueces.

Tabla 14. Resultados de la prueba hedónica sensorial practicados sobre sidras espumosas univarietales y mezclas

Variedad	Efervescencia	Visual	Olfativo	Gustativo
*Golden Delicious-Red Delicious	6.12 A	8.09 A	6.47 A	5.07 A
*442-Golden Delicious	5.07 A B	7.71 A B	4.93 A B	4.07 A
*Red Delicios-442	4.5 A B	5.26 B C	3.85 B	5.4 A
*436	4.08 A B	6.99 A B	5.32 A B	5.69 A
*442	3.88 B	6.07 A B C	5.89 A B	5.55 A
*Red Delicious	3.55 B	3.58 C	5.72 A B	5.74 A
F _c	3.12*	7.53*	2.15 ^{NS}	0.91 ^{NS}

Diferencia significativa a $P \leq 0.05$ (*), NS: No significativo.

b) Prueba de Kramer

En la Tabla 15, se observa que según la prueba de Kramer, los consumidores, la sidra espumosa para todas las mezclas y univarietales se encuentran en el rango de indiferentes, es decir, no hubo alguna sidra de su preferencia ni alguna que les disgustara.

Tabla 15 Prueba de Kramer en la sidra espumosa.

<	26 – 44	>
	<i>'Red Delicious'-'Red Delicious'</i> <i>'Red Delicious'-442</i> <i>'Golden Delicious'-442</i> <i>'Red Delicious'</i> 442 436	

VII. CONCLUSIONES

a) Sidra tranquila

Las variedades de manzana 'Rayada' y 436 no son recomendables para la elaboración de sidra, ya que el rendimiento en jugo que se obtiene con ellas después de la molienda es extremadamente bajo, por ello, al tener sus frutos ciertas cualidades físicas y químicas, podría buscárseles otro destino comercial, como es el del consumo en fresco.

'Golden Deliciosos' obtuvo el mayor grado alcohólico potencial entre las variedades estudiadas, en cambio, las variedades que obtuvieron menos grado alcohólico fueron 'Rayada' 436 y 442.

La fermentación más rápida para la obtención de la sidra de base fue la obtenida con la variedad 436.

La sidra obtenida con la variedad 'Rayada' resultó la de mejor aspecto visual, mientras en el aspecto olfativo las mejores sidras tranquilas fueron las obtenidas con 'Rayada' y 'Red Delicious'. En el aspecto gustativo los jueces no encontraron preferencia por ninguna de las sidras evaluadas.

Respecto a la aceptabilidad general, los jueces prefirieron la sidra obtenida con la variedad 'Rayada', mientras la menos apreciada fue la 436, encontrando a las demás sidras tranquilas ('Red Delicios' 'Golden Delicious' y 442) indiferentes para su gusto.

b) Sidra espumosa

Ninguna de las variedades sobrepasó el valor superior a 1g/L de ácido acético, lo que indica que ninguna de las sidras presentó avinagramiento.

Respecto al anhídrido sulfuroso libre (SO_2L) todas las sidras están dentro del rango macado por la norma NMX-V-011-NORMEX-2002 (menos de 150 mg SO_2L de sulfuroso total).

Los valores obtenidos para los azúcares reductores en todas las sidras espumosas fueron menores a 30 g/L de azúcar en todas las sidras, indican que se obtuvieron unas sidras secas.

La sidra obtenida con la mezcla 'Red Delicious'-'Golden Delicious' fue la que obtuvo el mayor grado de alcohol.

Las mezclas 'Golden Delicious'-442 y 'Red Delicious' – 442' presentaron en su seno una gran turbidez, lo que las hace inutilizables comercialmente.

La sidra que presentó la mejor efervescencia de acuerdo con los jueces fue la obtenida con la mezcla de 'Golden Delicious-Red Delicious'. Esta mezcla destacó igualmente por su aspecto visual y olfativo mientras que, en el aspecto gustativo, todas las sidras espumosas resultaron indiferentes.

De las sidras evaluadas, no hubo una que destacara en aceptabilidad general por parte de los jueces.

Se recomienda en futuros trabajos de investigación trabajar con una mayor cantidad de variedades de manzana.

Asimismo, se recomienda trabajar con otro tipo de levadura, fundamentalmente con cepas seleccionadas.

Tomando en cuenta que este producto se comercializaría en México, se recomienda hacer trabajos con sidras secas semisecas y dulces, para saber cual tipo de sidra acepta más el público, ya que hasta el momento solo se ha trabajado con sidras secas.

VIII BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agromensajes 2006. Revista agromensajes. Cátedra de Horticultura Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina. Fecha de consulta: 3 de Mayo 2010.
- Alimentación Sana, 2011. La manzana propiedades y características. Internet. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/manzana.htm> Fecha de consulta: Enero 2011.
- Álvarez Requejo, S. 1988. El manzano. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 5ª Ed. AEDOS, S. A. Barcelona. España. 431 p
- Bianchini, F. y Corbetta, F. 1973. Frutos de la tierra, atlas de plantas alimenticias. 1ra ed. Aedos, Barcelona, España. pp: 126-127
- Calderón A. E. 1987. Fruticultura General: El esfuerzo del hombre. 3ª Ed. Limusa. DF. México, pp. 312-328.
- Cabranes, C. and Mangas, J.J. 1996. Controlled production of cider by induction of alcoholic fermentation and malolactic conversion. J. Inst. Brew. 102: 103-109.
- Chandon, J. A. 2003. Faites votre cidre. Ed. D'utovie. Bats, París Francia. Pp: 40.
- CIDVC, 2005. Comité Interprofesional du vin de champagne Francia. 2005. http://www.champagne.fr/fr_introduction.html. Fecha de consulta : Abril 2010
- Corrales, J. 1990. Relación funcional de la morfología, anatomía y composición química de frutas y hortalizas. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. p. 20.
- COUDRAY, M., TEURTRIER, J., VICQ, J. 2003. Le cidre. Ed. Jean- Paul Gisserot. Francia. 32 p.
- CRDO. 2009. Consejo Regulador De Nominación De origen. Internet. http://www.sidradeasturias.es/sidra_y_lagares.php?id=159. Fecha de consulta: 22 de Abril 2010.
- Daban, M. 2005. Los espumosos del mundo: factor variedad y fermentación. Dossier de ACE, Revista de Enología Vol. 57. p:4.
- Dadzie B.K. et Orchard J.E. 1997. Evaluación rutinaria poscosecha de híbridos de bananas y plátanos: criterios y métodos. Internet

- http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/Instrumentos_del_an%C3%A1lisis_sensoria. Fecha de consulta: 3 de Mayo de 2010
- De Beaulieu, F. et Ronné H. 2000. Les cidres et leurs eaux-de-vie. Éd. Ouest-France. Rennes. France. 63 p.
- Delahaye, T. et Vin, P. 1997. Le pommier. Ed. Actes Sud. Bats, France. 40 p.
- Drouin G. 2001. Obtención artesanal de sidra, evaluación de mezclas de manzanas producidas en la sierra de Querétaro y de cepas de levadura sobre la calidad del producto. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 71 p.
- Fábregas, R. J. 1969. Cultivo del manzano. 1ra. Ed. Sintés, Barcelona, España. pp: 5-7, 180-191.
- Flanzy, C. 2003. Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos. 2ª ed. Mundi-prensa Madrid España pp: 458-459.
- Flanzy, C. 1998. Fondements scientifiques et technologiques. Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires, Ed. Technique et documentation. Paris, Francia. pp: 811-843.
- Fruticultura&Diversificación, 2008. Internet. http://www.alfa-editores.com/web/index.php?option=com_content&task=view&id=2385&Itemid=66. Fecha de consulta : Febrero 2010
- Fundación Grupo Eroski, 2011. Internet. <http://www.adinte.net/castelseras/Recetas/alimento/manzana.htm>. Fecha de consulta: Enero 2011
- García, G., Quintero R. y López M. 2004. Biotecnología alimentaria. 5ª Ed. Limusa D.F. México, 296 p.
- González, H. A., Fernández, M. R., Aroldo, R. F., Castaño, T. E. y Martínez, P. R. 2005. Diversidad genética en poblaciones de manzano en Querétaro, México. Revelada por marcadores RAPD. Rev. Fitotec. Mex. 28(2): 83-91.
- Hans, P. J., Woltering, E. J. and Peppelenbons, W. H. 2004. Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pear fruit by different mechanisms. J. Exp. Bot. 50 (35): 837-844.

- Hernández P. A., Alfaro, A. I. y Arrieta, C. R. 2003., Microbiología industrial. Ed. EUNED San José, Costa rica. 266 p.
- Hidalgo, T. I. 2002. Tratado de Enología Tomo 2. Ed. Mudi-Prensa. Madrid España. 285 p.
- Infoagro. Internet: <http://www.infoagro.com/viticultura/cava2.htm>. Fecha de consulta 27 de Abril 2010
- Inlandfruit, 2003. Internet. <http://www.inlandfruit.com>. Fecha de consulta: 8 Marzo del 2010.
- Juscafresa, B. 1986. Árboles frutales cultivo y explotación comercial. 4ª. Ed. Aedos. Barcelona, España. p: 5
- Keulemans, J. and Eyssen, R. 1996. Fruit weight in apple as influenced by seed number and pollinated. Act Hortic. 423:114-124.
- Laplace, J. M.; Jacquet, A.; Travers, I.; Simon, J. P. and Auffray, Y. 2001. Incidence of land and physicochemical composition of apples on qualitative and quantitative development of microbial flora during cider fermentations. J. Ins. Brew. 107 (4): 227-234.
- Lawless and Heymann, 1998. Sensory Evaluation of food, Principles and practices. Ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, New York p. 2
- Lemonnier, J. et Duteurtre, B. 1989. Un progrès important pour le champagne et les vins de méthode traditionnelle. Rev. d'Enol. 4:15-26.
- López I. 2007. Gijón, escaparate mundial de la sidra. Internet. <http://canales.elcomerciodigital.com/gastronomia/articulos/070503.htm>. Fecha de consulta 24 de Abril 2010
- Martínez, R. O. 1993. Algunas características de los portainjertos de manzano. 1ª Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp: 15-17.
- Mendoza G.S. 2007. Evaluación de la época de floración, maduración, calidad y potencial de almacenamiento de genotipos de manzana establecidos en cadereyta, Qro. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México, 138 p.
- Mejía Gallardo Valeria Tesis de Licenciatura "Aceptación sensorial de distintos genotipos de manzana introducidos en la Sierra de Querétaro. Tesis de

- licenciatura en Química de los alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro.
- Mendoza, G, S.; Martínez, P, A.; Fernández, M, R.; Rumayor, F, A. y Castillo, C, E. 2008. Época de maduración y calidad del fruto de genotipos de manzana en Cadereyta, Qro. Rev. Chap. Serie Hort. 14(1): 71-78.
- Mendoza, L. A, Kushad, M., Zavala, I. y Martínez, P. R. 2007. Efecto del número de frutos por racimo y fecha de corte en la calidad de manzana „Rayada“ . Rev. Fitotec. Mex. 29 (Núm. Especial 2): 45-50.
- Navarre, J.P 1998. Manuel d'œnologie. 4ta Ed. J.B. Bailliere, París, Francia. 354 p.
- O.I.V. Office International de la Vigne et du Vin. 1963. Lexique de la vigne et du vin. París, Francia. 670 p.
- Owens, C. 2010. Aplicaciones del análisis sensorial en la industria vitivinícola. Dossier de ACE, Associació Catalana d'Enòlegs. Revista de enología científica y profesional. Ciencia y Tecnología. Vol. 122.
- Picinelli, A., Suárez, B., Moreno, J., Rodríguez, R., Caso-García L. and Mangas J. J. 2000. Chemical Characterization of Asturian Cider. J. Agric. Food Chem. 48: 3997-4002.
- Ramirez, M.E. 2005. Efecto del sulfitado, la cepa de levadura y la concentración de azúcar en la calidad de sidra tipo champaña obtenida artesanalmente. Tesis de maestria en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. 130 p.
- Ramírez, R. H., Abbott, D. y Benavides, A. M. 2002. Fisiología y manejo del manzano. 1ª Ed. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. pp: 44-45.
- Ramirez, R.H. y Cepeda, S. M. 1993. El manzano. 2da Ed. Trillas, D.F. México, pp: 11-15, 35.
- Ribereau-Gayon, J. Peynaud, E., Sudrad, P. et Ribéreau-Gayon P. 1961. La composition chimique des vins. Tomo I. Librairie Polytechnique Ch. Beranger, Paris. Francia. 513 p.

- Ramírez-Mora, E., Martínez, P. R., y Fernández-Montes, M.R. 2005. Efecto de la concentración de azúcar y la cepa de levadura en la calidad de sidra espumosa. *Braz. J. Food Technol.*, 5 SIPAL : 89-95.
- Ramírez Mora E. 2005. Efecto del sulfitado y la levadura sobre las Características Químicas de Sidra Tranquila. *Brazilian journal of food technology* pp: 126.
- SAGARPA, 2010. Anuario Estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. Fecha de consulta. 8 de Marzo del 2010.
- Sánchez, V. S. 2001. Evaluación de la calidad y la evolución en almacenamiento de variedades de manzana (*Malus* spp) establecidas en Cadereyta, Qro. Tesis de Licenciatura en: Quimicofarmacobiología Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. pp: 47-56.
- Soto, H.J. 2007. Efecto de la clarificación y la concentración de azúcar sobre la calidad de las burbujas de sidra tipo champaña analizada mediante segmentación de imágenes. Tesis de licenciatura en Químico en Alimentos. Universidad autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 102p.
- Soto Herrera, J., Castillo Castañeda, E. y Martínez Peniche, R. A. 2008. Efecto del nivel de azúcar en la calidad de la efervescencia en sidra espumosa mediante análisis de imágenes. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* Vol. 6(1) pp: 33-40
- Soto, M. L. 2009. Efecto de levaduras antagónicas en combinación con bicarbonato de sodio sobre el control de la pudrición azul (*Penicillium expansum* Link) en variedades de manzana producidas en Cadereyta, Qro. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 115 p.
- Suárez L. J. A. e Íñido L. B. 2004. Microbiología enológica Fundamentos de vinificación. 3ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 634 p.
- USDA, 2009. United States Department of Agriculture. www.nass.usda.gov Fecha de consulta. 8 de Marzo del 2010.
- Wallace, T. 1965. Producción comercial de manzanas y peras. Ed ACRIBIA. Madrid España 268 p.

- Wasserman, H., Pastoureau, M., Préaud, M., Ky, T. et Drouard, F. 1998. Valeurs diététiques & medicinal. *In*: Buren, R. y Lachenal, L. (Eds.). La pomme. Histoire symbolique & cuisine Ed. Sang de la Terre. París. Francia. pp: 466-471.
- Westwood, M. N. 1993. Temperate zone pomology, physiology and cultura. 3th Ed. Timber Press. Portlands, EE.UU. pp: 65-425
- Watkins, C. B., Kupferman, E. and Rosenberger, A. D. 2004. Manzana. <http://www.hort.cornell.edu/mcp>. Fecha de consulta: 22 Abril del 2010.
- Wills, R., Lee, T., McGlason, W., Hall, E. y Graham, D. 1989. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Ed. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp: 25-100.
- Wikilibros, 2010
http://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos/Instrumentos_del_an%C3%A1lisis_sensorial. Análisis Sensorial de Alimentos/Instrumentos del análisis sensorial.
- Zamora, Q. A. 2006. Caracterización fenotípica de levaduras presentes durante el proceso de elaboración del bacanora. Tesis de Licenciatura en Químico-Biólogo. Universidad de Sonora. Sonora, Hermosillo, México. 85 p.

ANEXOS

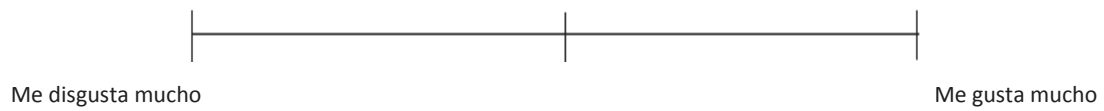
Anexo 1. Formato de encuesta aplicado en la evaluación sensorial de la Sidra tranquila

ANALISIS SENSORIAL PARA LA ACEPTABILIDAD DE SIDRA ESPUMOSA

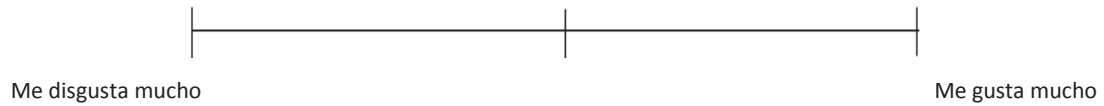
INSTRUCCIONES. Sobre la línea que se encuentra debajo de cada aspecto señala con una cruz el nivel de aceptabilidad, respetando el orden que se indica en cada una de las muestras.

MUESTRA _____

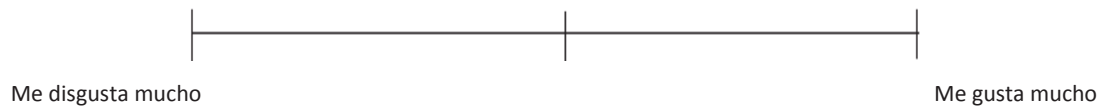
Visual



Olfativo



Gustativo



Anexo 2 Formato de encuesta aplicado para la prueba de Preferencia en la sidra tranquila

PRUEBA DE PREFERENCIA

Instrucciones. Observe, sienta y prueba las muestras las veces que sea necesario y, con la ayuda de las tarjetas, clasifique las muestras por orden decreciente (de mayor preferencia a menor). Anote sus resultados en el recuadro apropiado.

--	--	--	--	--

Comentarios (opcional):