

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**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

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Presenta

Gwendal DROUIN

SANTIAGO DE QUERÉTARO, 2001.

No Adq. A64754
No. Título _____
Clas. _____

RESUMEN

La sidra es la bebida alcohólica que se produce a partir del jugo de la manzana. En la región de Cadereyta y San Joaquín en Querétaro existe cierto desperdicio de manzanas debido a razones diversas (falta de bodegas, frigoríficos, medios de transporte, etc). La obtención de sidra a partir de manzanas maltratadas y / o de las variedades criollas, que tienen una menor aceptación en el mercado, puede ser una alternativa interesante para transformar estos desperdicios en un producto de cierto valor económico.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue obtener sidra a partir de las manzanas producidas en Querétaro con dos proporciones de variedades de manzana, y con o sin adición de una cepa selecta de *Saccharomyces cerevisiae*. En el transcurso de la fermentación, se determinó la densidad, los grados Brix y el pH. Al final de la fermentación, se valoró la eficacia de ésta a través de la determinación de los azúcares residuales, de los grado alcohólico, de la acidez total y de la acidez volátil. Al finalizar estos análisis, se procedió a una evaluación sensorial para determinar la preferencia del consumidor entre las diferentes sidras obtenidas.

Los principales resultados obtenidos en este trabajo fueron:

La *Golden delicious* fermenta menos bien (fermentación más lenta, menos alcohol producido, más azúcares residuales y una picadura acética probables) que *Red delicious*, no habiendo muchas diferencias entre las mezclas.

La sidra obtenida a partir de levadura inoculada fermentaron más rápidamente que aquella obtenida con levadura nativa.

La medición de los grados Brix es una buena alternativa a la de la densidad para determinar el avance de la fermentación.

Contrariamente a lo esperado, el consumidor prefirió la sidra obtenida a partir de *Golden delicious* a la obtenida a partir de *Red delicious*, siendo las mezclas intermedias.

ÍNDICE

Resumen.....	I
Índice.....	II
1. Introducción.....	01
2. Revisión bibliográfica.....	04
2.1. Etimología del manzano.....	04
2.2. Antecedentes del cultivo de la manzana y de la producción de sidra.....	05
2.2.1. Antecedentes mundiales.....	05
2.2.2. Antecedentes en Francia.....	07
2.2.3. Antecedentes en México.....	08
2.2.4. Antecedentes en Querétaro.....	09
2.3. Destino de la producción.....	09
2.4. Importancia del cultivo.....	11
2.5. Problemática.....	11
2.6. Botánica del manzano.....	12
2.6.1. Taxonomía.....	12
2.6.2. Clasificación de las variedades.....	13
2.6.3. Anatomía del manzano.....	13
2.6.4. Fenología.....	16
2.6.5. Requerimientos climáticos.....	19
2.6.6. Requerimientos edáficos.....	21
2.6.7. Portainjertos.....	24
2.7. La sidra.....	25
2.7.1. Definición.....	25
2.7.2. La fermentación del jugo.....	25
2.7.3. Clasificación de las sidras.....	26
2.7.4. Métodos de elaboración.....	27
2.7.5. Usos de la sidra.....	28
3. Objetivos.....	30
3.1. Objetivo general.....	30
3.2. Metas.....	30

4. Materiales y métodos.....	31
4.1. localización del sitio experimental.....	31
4.2. Material biológico utilizado.....	31
4.2.1. Características de <i>Golden delicious</i>	32
4.2.2. Características de <i>Red delicious</i>	32
4.2.3. Características de la "rayada".....	33
4.2.4 Características de la cepa de levadura.....	33
4.3. Conducción del experimento.....	34
4.4. Diseño del experimento.....	39
4.5. Variables evaluadas.....	39
4.5.1. Determinación del porcentaje de humedad.....	39
4.5.2. El pH real.....	40
4.5.3. Densidad.....	40
4.5.4. Grado Brix.....	41
4.5.5. Grados de alcohol (% vol.).....	41
4:5.6. Azúcares reductores residuales totales.....	41
4.5.7. Acidez total.....	44
4.5.8. Acidez volátil.....	44
4.5.9. Análisis sensorial.....	45
4.6. Análisis de los datos.....	46
5. Resultados y discusión.....	46
5.1. Análisis físicos y químicos.....	46
5.1.1. Seguimiento de la fermentación.....	47
5.1.1.1. El pH.....	47
5.1.1.2. La densidad.....	48
5.1.1.3. Los °Brix.....	49
5.1.2. Sidra terminada.....	51
5.1.2.1. la acidez total, la acidez volátil y el pH.....	51
5.1.2.2. los grados de alcohol y los azúcares residuales.....	54
5.2. Análisis sensorial.....	57
6. Conclusiones.....	58

7. Anexos.....	60
8. Bibliografía.....	67

1. INTRODUCCIÓN

Cinco Siglos antes de Cristo, el manzano ya era cultivado en Palestina, probablemente traído por los Hebreos. En el delta del Nilo, numerosos especímenes de *Malus* (género del manzano) se encontraban como plantas de ornato en los jardines de Ramsés III. Sin embargo, la aparición del manzano es muy anterior (Delahaye y Vin, 1997).

Los vestigios más antiguos del manzano (*Malus spp.*) datan de la edad de piedra. El *Malus sylvestris* crece silvestremente en la mayoría de los bosques de Europa desde el fin de la era terciaria, lo que lo hace contemporáneo de los primeros hombres. El origen del manzano es entonces incontestablemente de Europa, como de Asia. En Grecia, Safo se refiere en el siglo VI a.C. a la planta de manzano (De Ravel y D'Esclapon, 1970). Por ello, era familiar para los griegos y Homero le calificaba de "árbol del bello fruto" (Delahaye y Vin, 1997).

Siguiendo el flujo del colonialismo, el manzano fue exportado por los conquistadores a América del Norte en los inicios del Siglo XVII y poco después a África Septentrional y a Australia (De Ravel D'Esclapon, 1970).

En 1999, se produjeron a nivel mundial más de 60 millones de toneladas de manzanas. China fue el mayor productor con más de 22 millones de toneladas. Otros países importantes en la producción de manzana fueron, en orden de importancia: los Estados Unidos de América, Francia, Italia, Alemania, Irán, Polonia, Rusia, India, Chile y Argentina (FAO, 1999).

Se considera como un cultivo importante en el mundo debido al volumen de mano de obra que ocupa y a los ingresos que de él se generan. El mayor productor de sidra en el mundo es Francia (Larousse, 1993). "L'Ile-et-Vilaine", un departamento del Noroeste de Francia fue, durante mucho tiempo, la primera región productora de sidra en Francia. La producción tenía un mercado local importante porque en la primera mitad del siglo XIX, el consumo *per capita* era de 300 a 350 litros por año (Hubert, 1999).

La producción industrial de sidra se desarrolló fuertemente en Francia después de la segunda guerra mundial (Larousse, 1993). A pesar de ello, la producción artesanal sigue siendo de importancia en nuestros días.

Francia es el tercer productor Mundial de manzana con más de 2.6 millones de toneladas en 1999 (FAO, 1999). En Francia, la producción de sidra es estimada a 128 millones de litros al año (De Beaulieu y Ronné, 2000).

La introducción del manzano en América, específicamente en México, data de la época de la conquista de la Nueva España por los españoles (CONAFRUT, 1972). La propagación de esta especie durante esta época fue por semilla, dada su facilidad de transporte (González *et al.*, 1999). Los padres misioneros introdujeron las primeras variedades de manzano que, como la Blanca de Asturias, se adaptaron bien a determinadas regiones de este país, cuyas mutaciones aún se cultivan dada su buena adaptación en determinadas áreas por su rusticidad, la calidad de sus frutos y cualidades polinizadoras. Posteriormente, se fueron introduciendo otras variedades selectas, especialmente norteamericanas (CONAFRUT, 1972).

México cuenta con zonas aptas para el cultivo del manzano, principalmente en el norte de la república y en las zonas altas (Martínez Peniche y Pérez-Molina, 1997). En México, la manzana es uno de los frutos de mayor importancia; en los años recientes, la producción nacional ha ido aumentando notablemente debido a la demanda que tiene este producto, ocupando el 5° lugar en el consumo de frutas. Esta gran demanda interna no ha podido cubrirse con la producción nacional y ha empezado a satisfacerse con producto procedente del extranjero (González *et al.*, 1999).

En 1987 se cultivaban en México alrededor de 60,000 ha, siendo los principales estados productores Chihuahua, Durango, Zacatecas y Sonora. Otros estados productores del centro de la república son: Puebla, México, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y Tlaxcala (Martínez-Peniche y Pérez-Molina, 1997). En 1999 se produjeron más de 440,000 ton. de manzana en México (FAO, 1999). Las manzanas de mayor importancia en el país por su peso en la producción nacional son: Red delicious, Golden delicious, Dorsett golden y Rome beauty (González *et al.*, 1999).

En el estado de Querétaro existen algunas zonas que cuentan con un clima apropiado para el cultivo del manzano, éstas se encuentran generalmente en laderas con pendientes importantes, en alturas superiores a 2,000 m.s.n.m., temperaturas medias anuales alrededor de 15° C y precipitaciones que varían de 600 a 1,000 mm anuales. Entre

los municipios productores, sobresalen San Joaquín, Cadereyta, Pinal de Amoles y Amealco (Martínez Peniche y Pérez Molina, 1997).

La superficie destinadas al cultivo de manzanos en 1970 en ese estado era de 500 hectáreas, teniéndose una producción de 5,000 Ton. Los principales municipios productores eran: Pinal de Amoles, Amealco y San Joaquín. (CONAFRUT, 1972). En 1991, se produjo más de 579 toneladas de manzana en Querétaro.

Una dieta basada en la manzana es frecuentemente recomendada para combatir la obesidad. Algunos médicos aconsejan tomar un kilo de manzana pelada por día para mantenerse joven más tiempo. Las manzanas son un medio eficaz, a título preventivo o curativo para luchar contra la hipertensión arterial. La manzana es útil contra los accidentes cardiovasculares, ya que la pectina que contiene hace bajar las dosis de colesterol en la sangre. Además, se recomienda contra el reumatismo, la gota, la obesidad, las enfermedades dentales y como prevención del infarto al miocardio. Es probablemente por esas razones que existe el dicho inglés “*One apple a day keeps the doctor away*” traduciéndose como “Una manzana al día aleja al médico” (Álvarez Requejo, 1983) (Delahaye y Vin, 1997).

Tanto los productores ya establecidos como los que desean iniciarse enfrentan una serie de problemas, los cuales pueden ser debidos a la falta de comunicación y organización entre los productores, la falta de recursos para la inversión, los factores climáticos, plagas y enfermedades entre otros (González *et al.*, 1999).

La fruta fina, para consumo en fresco, representa solamente el 35 % de la producida (CONAFRUT, 1972). Esto implica la necesidad real de creación de industria para absorber las manzanas que no se consumen en fresco (González, 1978)

La falta de bodegas y de frigoríficos en las zonas de producción de Querétaro origina pérdidas de frutos y encarecimiento en los servicios de transporte. La falta de organización de los productores impide el acceso a asesoramiento técnico, la obtención de créditos, la creación de empresas y al poder obtener buenos precios para sus productos (CONAFRUT, 1972). Otro problema que ha limitado el cultivo de manzano en la zona está dado por la anarquía en el establecimiento de las plantaciones, en lo que se refiere a la selección de las variedades y de los portainjertos utilizados (Martínez-Peniche y Pérez-Molina, 1997).

Estos problemas y otros, como el granizo que daña regularmente a las manzanas y disminuye su valor comercial, vuelve necesario la búsqueda de una forma de consumo alternativa al consumo en fresco.

El hecho de que se puedan utilizar manzanas maltratadas, sobremaduras y criollas para producir sidra nos lleva a pensar que la sidra es un producto potencialmente interesante para la recuperación de estos frutos cuyo valor comercial es muy reducida o hasta nulo. Pero se debe tener en cuenta que el establecimiento de una industria requiere de un gran aporte de capital y corre el riesgo de quebrar si no es sostenido por un fuerte mercado interno.

Los métodos artesanales representan una opción interesante por la simple razón que no requieren de una fuerte inversión y permiten, sin demasiado riesgo determinar la aceptación por el público de esta sidra e ir escalando paulatinamente el grado de industrialización hasta llegar al punto en donde el mercado está satisfecho.

Por estas razones, se propone adaptar el método de obtención de sidra artesanal a las condiciones locales. Para determinar un método eficaz, se trabaja con equipo sencillo y fácil de conseguir. Naturalmente, para que se pueda enseñar cuáles son las condiciones adecuadas para la obtención de sidra, se necesita probar diferentes condiciones, tanto en cuanto a las mezclas de manzana, como a las levaduras empleadas. Para poder determinar la evolución de la sidra, se realizarán análisis físico-químicos (densidad, grados Brix, pH, acidez total, acidez volátil, azúcares residuales y grados de alcohol). Pero esto no sería completo si no se tendría una idea de qué es lo que prefiere el consumidor; por esta razón, al final, se llevará a cabo una evaluación sensorial para determinar el gusto del consumidor común y corriente, el que podría estar interesado en comprar la sidra artesanal.

2. ANTECEDENTES

2.1. Etimología del manzano

La raíz Indo-Europea *abol* se encuentra en el inglés *apple-tree*, el alemán *apfelbaum*, el neerlandés *appel*. En español y portugués, el nombre de la manzana (respectivamente *manzana* y *maça*) provendría de una variedad romana, la *matianum*. El italiano *mela* y el griego *melón* derivan de la raíz caucásica *mèlon*. En el latino clásico,

malus y *malum* (también homónimos de *mal*), provienen también de la raíz *mèlon*. *Pomus* y *pomum* reemplazaron en el latín el uso de *malus* y *malum*. *Pomus* designaba indiferentemente a todos los árboles frutales mientras *pomum* a todos los frutos redondos y carnosos como las manzanas, peras, membrillo, durazno, granada, etc. De estas dos palabras provienen “pommier” (manzano) y “pomme” (manzana) en francés (Delahaye y Vin, 1997).

2.2. Antecedentes del cultivo de la manzana y de la producción de sidra

2.2.1. Antecedentes mundiales

El cántico de los cánticos es el primer texto en evocar el manzano, cinco siglos antes de Cristo (Delahaye y Vin, 1997):

*Como un manzano en medio de los árboles del bosque,
tal es mi querido entre los chicos.*

A su sombra, según mi deseo, me siento;

Y su fruta es dulce a mi paladar.

(Traducción ecuménica, Cap. II, verso 3.)

En ese entonces, el manzano era cultivado en Palestina, probablemente traído por los Hebreos. En el delta del Nilo, numerosos tipos de *Malus* (género del manzano) se encontraban de ornato en los jardines de Ramsés III. Pero la aparición del manzano es muy anterior (Delahaye y Vin, 1997).

Los vestigios más antiguos del manzano (*Malus spp.*) datan de la edad de piedra, tal como lo evidencian hallazgos de árboles de manzano empotrado en piedras localizados en Suiza y Austria por el suizo Alphonse de Candolle en 1883, lo cual le hizo deducir de la presencia del manzano en Europa hace más de 20,000 años (Delahaye y Vin, 1997) (De Ravel D’Esclapon, 1970). Canderolle también observó un bosque de manzanos silvestres en Turquía, lo que le hizo considerar al Cáucaso y al litoral del mar Caspio como el origen posible de la especie. En realidad, existen varias especies de manzano, cuyos orígenes difieren. El *Malus sylvestris* crece de manera silvestre en la mayoría de los bosques de Europa desde el fin de la era terciaria, lo que lo hace contemporáneo de los primeros hombres. El *Malus dasycphylla* es originario de Armenia y su cultivo se extendió desde la

antigüedad por la Mediterránea, proveyendo variedades de manzana de cidra en España. El origen del manzano es entonces incontestablemente, tanto de Europa, como de Asia. En Grecia, Safo se refiere en el siglo VI a.C. a la planta de manzano (De Ravel D'Esclapon, 1970). Por ello, era familiar para los griegos y Homero le calificaba de "árbol del bello fruto" (Delahaye y Vin, 1997).

Las cruces entre manzanos europeos y asiáticos produjeron distintas variedades que Teofrasto en 287 A.C. distinguía en seis tipos: las *agrestes* o silvestres, las *urbanas* o cultivadas, las *primaveras* o precoces, las *serotinas* o tardías, las *melimelas* o dulces y las *epiroticas* provenientes de "Epiria" (la actual Albania). Teócrito evoca algunos años más tarde a las *dionisianas* en referencia a las dionisias, fiestas en honor del dios *Bacchus* al cual los Ateneos ofrecían manzanas. Los romanos también cultivaban el manzano y practicaban la talla y el injerto. Caton en *De agricultura* en 178 a. C. aconsejaba el cultivo de la *musteum*, la manzana-miel. Varron, un siglo más tarde habla de las *orbiculata* o redondas y de las *bifera* o manzana de dos veces el año. Columelle en *De re rustica* en 42 agrega seis variedades: La *scandianum*, la *matianum* y la *sextianum* que recuerdan el nombre del que la obtuvo; la *pelusianum* provenía de Egipto, la *amrinum* de Spoeta (Italia) y la *syricum* de Siria. Lineo, en su "Historia natural", describe 24 variedades de manzana. Los celtas cultivaban los manzanos silvestres en razón de su carácter sagrado; se dice que Merlín enseñaba debajo de un manzano. El cultivo del manzano en huertas se extendió en la época galo-romana en la actual Francia, pero la cosecha de frutos en el bosque siguió mucho tiempo; en el siglo XI, los ciervos pagaba todavía un impuesto sobre sus cosechas silvestres. Carlomagno hizo plantar manzanos en las huertas imperiales (Delahaye y Vin, 1997).

Siguiendo el flujo del colonialismo, el manzano fue exportado por los conquistadores a América del Norte en los inicios del Siglo XVII, y poco después, a África Septentrional y a Australia (De Ravel D'Esclapon, 1970).

En 1999 se produjeron, a nivel mundial, más de 60 millones de toneladas de manzanas. China fue el mayor productor con más de 22 millones de toneladas. Otros países importantes fueron, en orden de importancia: Estados Unidos de América, Francia, Italia, Alemania, Irán, Polonia, Rusia, India, Chile y Argentina (FAO, 1999).

2.2.2. Antecedentes en Francia

La tradición del pino como árbol de Navidad en Francia es reciente. Apareció en la “cour des Tuileries” en 1837, importado por una princesa alemana. La costumbre se volvió realmente popular después de 1871. El ancestro del árbol de Navidad es el “árbol de manzana”: una rama de un árbol siempre verde al cual se le colgaban manzanas rojas (Delahaye y Vin, 1997).

El mayor productor de sidra en el mundo es Francia (Larousse, 1993), aún si algunos autores consideran que lo es Inglaterra (De Beaulieu y Ronné, 2000); esto último es poco factible, ya que la producción de manzana en Inglaterra es reducida (FAO, 1999). Es interesante notar que en los EEUU y en Canadá, se denomina comúnmente como sidra al jugo fresco sin fermentar, lo que puede conllevar a algunas confusiones, dentro de las cuales, cabe posiblemente la citada anteriormente (Desrosier, 1977). “L’Ile-et-Vilaine”, un departamento del Noroeste de Francia fue, durante mucho tiempo, la primera región productora de sidra en Francia. La producción tenía un mercado local importante porque en la primera mitad del siglo XIX, el consumo *per capita* era de 300 a 350 litros por año (Hubert, 1999).

A pesar de algunos intentos de industrialización, al final del siglo XIX, la producción de sidra se realizó principalmente de manera artesanal. Durante la segunda guerra mundial, la producción de sidra constituía la actividad más rentable para los agricultores, sobre todo si se encontraban a proximidad de una ciudad (Hubert, 1999). La producción industrial de sidra se desarrolló fuertemente en Francia después de la segunda guerra mundial (Larousse, 1993). A pesar de ello, la producción artesanal sigue siendo de importancia en nuestros días. Después de la segunda guerra mundial, buena parte de la sidra era destilada y el alcohol era comprado por el estado, que lo utilizaba en la producción de explosivos militares. Así, entre 1951 y 1960, más de la mitad de la producción comercial en el oeste de Francia era destilada para el estado (Hubert, 1999) (De Beaulieu y Ronné, 2000). El reemplazo progresivo del alcohol destilado por alcohol sintetizado hizo decaer las necesidades nacionales del primero. Para compensar este giro, el estado indemnizó el arranque de huertos de manzano por los agricultores.

En 1960, la llegada abrupta del monocultivo generalizado se acompaña de una disminución considerable de la producción de sidra. Este sistema necesita de grandes

espacios y se toma principalmente en consideración al rendimiento. El monocultivo basado también sobre la mecanización propicia que el medio rural ya no se beneficie de una mano de obra tan abundante para coleccionar las manzanas en la estación correspondiente (Hubert, 1999).

Francia es el tercer productor Mundial de manzana con más de 2.6 millones de toneladas en 1999 (FAO, 1999). En Francia, la producción de sidra, la más importante del mundo, se estima en 128 millones de litros al año (De Beaulieu y Ronné, 2000).

2.2.3. Antecedentes en México

La introducción del manzano en América, específicamente en México, data de la época de la conquista de la Nueva España por los españoles (CONAFRUT, 1972). La propagación de esta especie durante esta época fue por semilla, dada su facilidad de transporte (González *et al.*, 1999). Los padres misioneros introdujeron las primeras variedades de manzano que, como la Blanca de Asturias, se adaptaron bien a determinadas regiones de este país, cuyas mutaciones conocidas con distintos nombres, entre otros, los de perón, perón cristalino y perón de Canatlán, aún se cultivan dada su buena adaptación en determinadas áreas por su rusticidad, la calidad de sus frutos y cualidades polinizadoras. Posteriormente, se fueron introduciendo otras variedades selectas, especialmente norteamericanas (CONAFRUT, 1972).

En 1987 se cultivaban en México alrededor de 60,000 ha, siendo los principales estados productores Chihuahua, Durango, Zacatecas y Sonora. Otros estados productores del centro de la república son: Puebla, México, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y Tlaxcala (Martínez Peniche y Pérez-Molina, 1997).

En efecto, México cuenta con zonas aptas para el cultivo del manzano, principalmente en el norte de la república y en las zonas altas, ya que, aunque las variedades de manzano tienen requerimientos que van desde 300 hasta 1500 horas frío, las variedades consideradas finas requieren arriba de 800 horas frío (Martínez Peniche y Pérez Molina, 1997).

En 1970 el consumo nacional aparente de manzanas en México, resultado de sumar la producción del país a las importaciones y de restar las exportaciones, significó un total de 147 millones de kilogramos, de los cuales, el mercado nacional absorbió el 90 % como

fruta fresca y el 10 % restante en la industria. El consumo *per capita* en ese año se calculó en 3.4 Kg. (CONAFRUT, 1972).

En 1999 se produjeron más de 440,000 Ton. de manzana en México (FAO, 1999). Las manzanas de mayor importancia en el país por su peso en la producción nacional son: *Red Delicious*, *Golden Delicious*, *Dorsett golden* y *Rome beauty* (González *et al.*, 1999).

2.2.4. Antecedentes en Querétaro

En 1970 la superficie destinadas al cultivo de manzanos en Querétaro era de 500 ha, teniéndose una producción de 5,000 Ton. Los principales municipios productores del estado eran Pinal de Amoles, Amealco y San Joaquín. Con las variedades que paulatinamente se fueron introduciendo a México, a través del tiempo se establecieron anárquicamente huertas comerciales de manzanos, o simplemente pequeñas plantaciones. Esto sin que obedeciera a una buena localización ecológica, sino más bien a los deseos de sus propietarios y a la cercanía de los principales centros de población. Estos centros significaban mercados potenciales para el comercio de la fruta. (CONAFRUT, 1972).

En el estado de Querétaro existen algunas zonas que cuentan con un clima apropiado para el cultivo del manzano, éstas se encuentran generalmente en laderas con pendientes importantes, en alturas superiores a 2,000 m.s.n.m., temperaturas medias anuales alrededor de 15° C y precipitaciones que varían de 600 a 1,000 mm anuales. Entre los municipios productores, sobresalen San Joaquín, Cadereyta, Pinal de Amoles y Amealco (Martínez Peniche y Pérez Molina, 1997).

En 1991, se produjeron más de 579 toneladas de manzana en Querétaro (INEGI, 1998).

2.3. Destino de la producción

La manzana puede ser consumida en fresco o destinarse a productos elaborados. Algunos de estos productos se enumeran a continuación (González López, 1978) (CONAFRUT, 1972).

Pulpas: Se preparan agregándoles pectina, producida por la misma fruta, a efecto de estabilizarlas físicamente.

Jugos: Pueden procesarse inmediatamente después de extraerlos. De aquí, pueden obtenerse jugos claros; jugos turbios (preferidos por el consumidor), a los cuales se les adiciona pulpa y un pequeño porcentaje de pectina para estabilizar la suspensión; jugos compuestos, a los que se les adiciona 2 a 8 % de jugo de cítrico, piña o guanábana para mejorar el sabor neutro del jugo de manzana; jugos gaseosos que es gasificado para dar un refresco; jugos concentrados en forma de jarabes o mieles utilizados respectivamente en la industria farmacéutica y en la fabricación de dulces y mermeladas, y jugos deshidratados cuyo transporte es facilitado y se pueden regenerar agregándoles agua.

Jaleas: Se usa el jugo obtenido de las manzanas que se cuece con azúcar. Se puede utilizar ácido cítrico para acidificarla

Mermeladas: Se obtiene a partir de la pulpa de la manzana. Esta es cocida y, al final, se le agrega azúcar para que se conserve. Se continúa cociendo, mezclando continuamente hasta que esté al punto. También puede agregársele ácido cítrico para darle sabor.

Pastas: Su elaboración es parecida a la de la mermelada, pero luego se deseca. Puede emplearse como tal o para pastelería.

Purés: Se preparan como las mermeladas, pero sin adición de azúcar. Pueden contaminarse fácilmente, por lo que hay que prepararlos y almacenarlos en un medio aséptico.

Orejones secos: Las manzanas se parten en rebanadas finas (unos 4 mm de espesor), luego se sumergen en agua salada (30 g de sal por litro) a la cual puede agregársele ácido cítrico. Luego estas rebanadas se desecan. Se consumen tal cual.

Manzanas en almíbar: La manzana se cuece en una solución de azúcar y se almacena en recipientes dentro de la solución. Pueden utilizarse en repostería.

Sidras: Los jugos pueden utilizarse para la elaboración de sidras, pero se necesita utilizar jugo de manzana ácida en proporción de aproximadamente 20 %.

Calvados: Son aguardientes añejados producidos por destilación de la sidra. Muy famosos y apreciados.

Bagazos: De ellos pueden extraerse pectinas para estabilizar los jugos turbios y las pulpas o para hacer pastas y jaleas. Además, la cáscara es muy rica en aromas que pueden

reincorporarse a los productos elaborados. Después de tales procesos, pueden deshidratarse para utilizarlos como base celulósica de alimento para el ganado.

2.4. Importancia del cultivo

A nivel mundial, la manzana se considera como un cultivo importante debido al volumen de mano de obra que ocupa y a los ingresos que de él se generan. En México, la manzana es uno de los frutos de mayor importancia. En los años recientes, la producción nacional ha ido aumentando notablemente debido a la demanda que tiene este producto, ocupando el 5° lugar en el consumo de frutas. Esta gran demanda interna no ha podido cubrirse con la producción nacional y ha empezado a satisfacerse con producto procedente del extranjero (González *et al.*, 1999).

Una dieta basada en la manzana es frecuentemente recomendada para combatir la obesidad. Algunos médicos aconsejan tomar un kilo de manzana pelada por día para mantenerse joven más tiempo. Las manzanas son un medio eficaz, a título preventivo o curativo para luchar contra la hipertensión arterial. Se aconseja comer una manzana con su piel cada mañana en ayunas. La manzana es útil contra los accidentes cardiovasculares, ya que la pectina que contiene hace bajar las dosis de colesterol en la sangre. Además, se recomienda contra el reumatismo, la gota, la obesidad, las enfermedades dentales y como prevención del infarto al miocardio. Es probablemente por esas razones que existe el dicho inglés “One apple a day keeps the doctor away” traducándose como “Una manzana al día aleja al médico” (Álvarez Requejo, 1983) (Delahaye y Vin, 1997).

2.5. Problemática

Tanto los productores ya establecidos, como los que desean iniciarse, enfrentan una serie de problemas, los cuales pueden ser debidos a la falta de comunicación y organización entre los productores, la falta de recursos para la inversión, los factores climáticos, plagas, el desconocimiento de la fruticultura y enfermedades, entre otros (González *et al.*, 1999).

La fruta fina, para consumo en fresco, representa solamente el 35 % de la producida (CONAFRUT, 1972). Esto implica la necesidad real de creación de industria para absorber las manzanas que no se consumen en fresco (González, 1978).

La falta de bodegas y de frigoríficos en las zonas de producción de Querétaro origina pérdidas de frutos y encarecimiento en los servicios de transporte. La falta de organización de los productores impide el acceso a asesoramiento técnico, la obtención de créditos, la creación de empresas y al poder obtener buenos precios para sus productos (CONAFRUT, 1972). Otro problema que ha limitado el cultivo de manzano en la zona está dado por la anarquía en el establecimiento de las plantaciones, en lo que se refiere a la selección de las variedades y de los portainjertos utilizados (Martínez Peniche y Pérez-Molina, 1997).

En México, las cosechas de manzanas presentan tres periodos que se indican a continuación: Cosecha máxima: Agosto y septiembre; Cosecha media: Julio y octubre; Cosecha mínima: Junio (CONAFRUT, 1972).

2.6. Botánica del manzano

2.6.1. Taxonomía

La clasificación botánica del manzano se sintetiza en la Tabla siguiente (González *et al.*, 1999) (De Ravel D'Esclapon, 1970) (Heywood, 1985) (Killen *et al.*, 1993) (Bauchard, 1994):

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Fanerogama</i>
División	<i>Espermatophytae</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotiledoneae</i>
Subclase	<i>Arquillamidea o Rosoidea</i>
Serie	<i>Dialipétala</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Pomoideae o Maloideae</i>
Género	<i>Malus</i>
Especies	<i>M. comunis, M. pumila, M. domestica, M. sylvestris, M. mitis, M. floribunda, M. coronata, M. spectabilis, M. proutii, M. prunifolia, M. astracanicactuan, M. baccata</i> y <i>M. manchurica</i> (alrededor de 25 especies)

2.6.2. 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*) (Bauchard, 1994). 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 (Hubert, 1999).

Las variedades de mesa deben ser atractivas, libres de daños por plagas y enfermedades, de un buen tamaño 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, la resistencia a enfermedades del manzano y las características de acidez o amargor (secante) de los mostos. Entre las principales, tenemos a: *Taylor's*, *Davinett*, *Petite Jaune*, *Colunga* (Álvarez Requejo, 1983).

2.6.3. Anatomía del manzano:

Raíz

Las raíces del manzano son extendidas y superficiales y de una consistencia fibrosa. La parte central del sistema de raíces produce ramificaciones sucesivas. Las raíces más finas, los pelos absorbentes, son los que absorben el agua junto con las sales minerales y los oligo-elementos disueltos en ella y esta sabia bruta sube por el tronco hacia las hojas. La sabia elaborada que proviene de las hojas puede almacenarse en las raíces, por lo cual, éstas se consideran un órgano de reserva (González Alejandro *et al.*, 1999) (Delahaye y Vin, 1997).

Tallo

Es un árbol grande que llega a medir nueve metros de altura en la edad adulta, de tronco leñoso erecto o semi-erecto, de color gris verdoso, que se exfolia en largas y delgadas escamas. La sabia bruta sube por el floema o madera de las raíces hacia las hojas. La sabia elaborada baja a través del Xilema de las hojas hacia las raíces. El cambium vascular, que se encuentra entre la corteza y el tronco, permite al multiplicarse el engrosamiento del tronco y la fabricación de la corteza (INEGI, 1998) (González Alejandro *et al.*, 1999) (Delahaye y Vin, 1997).

Yemas

La yema puede definirse como un renuevo en el tallo en forma de botón escamoso que puede producir hojas o flores. Se forma por una combinación de divisiones anticlinales y periclinales de las capas superficiales y profundas del tejido meristemático, ocasionando la formación de una protuberancia bajo la superficie del tallo, que continúa desarrollándose hasta que se forma por completo la yema. Las yemas de una planta pueden ser vegetativas o florales. A partir de las yemas florales, se producirán las flores y de estas los frutos. En los manzanos, se presentan ciertas formaciones llamadas ramos, los cuales contienen a las yemas (De la Torre, 1982).

Se distinguen varios tipos de ramos: *Ramo mixto*: Rama de longitud variable, algunas de sus yemas laterales son florales. *Chiforma*: Rama débil y poco desarrollada, su yema terminal es vegetativa y todas las laterales son florales. *Brindilla coronada*: Rama delgada de menos de 40 cm de longitud cuya yema terminal es floral. *Ramo de mayo*: es como una chiforma acortada, la yema terminal es vegetativa y todas las laterales son florales. *Dardo coronado*: Ramo muy corto (0.5 cm) donde la yema terminal se ha convertida en floral. *Lamburda*: es un ramo pequeño (5 a 10 cm) en vegetación por dos o más años. La yema terminal se transforma en floral al final de este periodo vegetativo. En general, los manzanos adultos fructifican sobre ramos cortos como lamburdas y brindillas (De la Torre, 1982).

Las yemas se han clasificado por su posición en la planta y por su evolución. Por su posición en el ramo, las yemas pueden ser: terminales cuando ocupan el extremo de un brote o ramo; axilares cuando ocupan la axila de una hoja; estipulares o de reemplazo

cuando están situadas a los lados de la yema axilar y sirven de sustituyo de ésta en caso de axidente o anomalía en su desarrollo; basilares que son axilares situadas en la base del brote o ramo; laterales cuando se encuentran en las ramas laterales de los ramos. Por su evolución, las yemas pueden ser: yemas en crecimiento o fisiológicamente activas; yemas latentes o en reposo cuando están inhibidas en su crecimiento por factores del medio o por condiciones endógenas, permaneciendo englobadas en sus escamas durante años a veces (De la Torre, 1982).

La yema floral del manzano es una estructura de 21 formaciones foliares insertadas en el tallo en una secuencia espiral. Estas formaciones constan de 9 escamas, 3 hojas de transición, 6 hojas verdaderas y 3 brácteas. La yema termina en un primordio de flor y en las axilas de las 3 brácteas y de las 3 hojas distales se encuentran los primordios de las flores laterales (De la Torre, 1982).

Hoja

La copa del manzano es globosa, siendo las ramas largas las que fructifican mejor (Álvarez, 1983). Las hojas son de color verde oscuro, alternas, simples y ovaladas, elípticas, redondas o subcordadas en la base, con el envés persistentemente pubescente de color gris (al igual que los brotes o yemas), con estipulas. Miden entre 5 y 10 centímetros de largo. Debido a que el manzano es un árbol caducifolio, pierde sus hojas en el invierno. Las hojas son la parte del árbol en donde se enriquece la sabia bruta gracias al proceso de fotosíntesis. Esta sabia transita hacia todas las otras partes del árbol (INEGI, 1998) (González Alejandro *et al.*, 1999).

Flor

Las flores son regulares, perfectas, con el receptáculo cóncavo o en forma de copa, agrupadas en racimos apretados con pedicelos cortos; cinco sépalos y cinco pétalos, veinte estambres libres y un pistilo compuesto de un ovario ínfero de cinco celdas, con los carpelos apergaminados, cinco estilos parcialmente unidos y un estigma. Las flores miden de 3 a 5 centímetros de diámetro y son blancas o rosa brillante. El polen es demasiado pesado y pegajoso para ser transportado con la sola ayuda del viento, por lo que se requiere

de polinizadores, comúnmente abejas (INEGI, 1998) (González *et al.*, 1999) (Delahaye y Vin, 1997).

Fruto:

El fruto de la manzana se clasifica botánicamente como un "Pomo", lo que corresponde a un fruto carnoso formado por cinco carpelos y un ovario ínfero. La parte comestible del fruto corresponde al receptáculo floral. (Heywood, 1985). El fruto es de sabor dulce y carnoso, varía en tamaño, forma y color. Los frutos pueden ser globulares, oblatos, cónicos, con sus extremos de arriba y abajo hundidos en la parte central. Su superficie es lisa, roja o amarilla según su variedad. En su interior tiene cuatro o cinco semillas protegidas por cámaras cartilaginosas provenientes de los cinco carpelos del pistilo floral (INEGI, 1998) (González Alejandro *et al.*, 1999) (Delahaye y Vin, 1997).

En 100 gramos de manzana, encontramos: Agua: 78 %; Fibra: 1.5 %; Almidón: 0.3 %; Azúcar: 11 %; Cenizas: 0.3 %; Grasas: 0.4 %; Proteína: 0.3 %; Pectina: 0.3 %; 56 kcal; Vitamina A: 90 u; Vitamina B1: 36 gamas; Vitamina B2: 50 gamas; Niacina: 0.1 a 0.7 mg.; Ácido ascórbico: 6.0 mg.; Antocianinas variables; Calcio: 6 mg.; Fósforo: 12 mg.; Hierro: 0.3 a 0.9 mg. (González *et al.*, 1999).

En 100 gramos de manzana, encontramos: agua: 84 g.; Cenizas: 0.30 g.; Azúcares reductores: 8 g.; Sacarosa: 4 g.; Celulosa: 0.80 g.; Pentosanas: 0.50 g.; Lignina: 0.40 g.; Ácidos libres (málico): 0.6 g.; Ácidos combinados: 0.20 g.; Pectinas: 0.40 g.; Lípidos: 0.30 g.; Proteínas: 0.10 g. (De Ravel D'Esclapon, 1970).

2.6.4. Fenología

El manzano es una especie perenne y caducifolia; por ello, durante el invierno, permanece en reposo profundo, después de lo cual, lleva a cabo un ciclo anual de desarrollo. Puede vivir hasta los 250 años (González *et al.*, 1999) (Delahaye y Vin, 1997).

Reposo

La planta entra en vegetación cuando las temperaturas mínimas del día son menores a 6 o 7 °C. Permanece en reposo durante todo el invierno. Es durante este periodo que el árbol procede a la acumulación de frío. Esta acumulación de frío es la que va a permitir a

las yemas florales y vegetativas. La acumulación de frío se da por debajo de cierta temperatura siempre y cuando la temperatura no sea demasiado baja (Álvarez Requejo, 1983).

Este reposo es un mecanismo de resistencia al invierno. Durante este periodo, los renuevos se rodean de escamas, formando las yemas. Westwood definió varias clases de latencia: la quiescencia o latencia impuesta o latencia forzada cuando las yemas están en estado de latencia como consecuencia de condiciones exteriores desfavorables para el crecimiento; la inhibición correlativa o latencia de verano o latencia prelateral, cuando el crecimiento de la yema está impedido por influencias inhibitorias de otra parte de la misma planta, como la latencia de las yemas laterales provocada por la yema apical; el reposo o latencia innata, latencia espontánea, latencia verdadera o latencia de invierno cuando la yema está en latencia por impedimento fisiológico interno que obstaculizan el crecimiento aún bajo condiciones externas ideales para el crecimiento, este reposo sólo puede romperse por efecto de las bajas temperaturas (De la Torre, 1982).

Brotación

Las hojas aparecen en la primavera. La asimilación clorofílica empieza a proveer sabia elaborada al manzano que vivía sobre las reservas almacenadas en las raíces durante el otoño. La aparición de nuevas hojas se prolonga durante la primavera, el verano y posiblemente hasta el otoño (Delahaye y Vin, 1997).

Floración

La apertura de las yemas florales, en la primavera, es la culminación de un proceso que se inicia con un año de antelación (González *et al.*, 1999). De hecho, las yemas florales comienzan a diferenciarse en verano; al aproximarse el otoño, entran en estado de quiescencia, más tarde, comienza el reposo progresivamente más profundo hasta que la transición quiescencia a reposo se completa, generalmente a fines de otoño. Durante todo el invierno, las yemas permanecen en estado de reposo. En este periodo, se presenta el enfriamiento necesario para romper la latencia y así las yemas reanudan su crecimiento en la primavera (De la Torre, 1982).

La floración precede generalmente algunos días a la foliación y es cuando el árbol es muy vulnerable a los parásitos y a las intemperies. La época de floración cambia con la variedad, pero rara vez sufre con las heladas, a excepción de las variedades con requerimiento de fríos moderados y establecidas en regiones muy frías. La mayoría de las variedades cultivadas de manzano presentan el fenómeno denominado “incompatibilidad de polen y estigma”, por lo cual, generalmente, requieren de polinizadores. El origen del polen no tiene influencia sobre la naturaleza y las cualidades del fruto producido (Álvarez Requejo, 1983) (Delahaye y Vin, 1997).

Desarrollo del fruto

Cuando el estigma alcanza su pleno desarrollo, se forma sobre éste una secreción viscosa y mucilaginosa. Esta secreción retiene los granos de polen y favorece su germinación. En este momento, los granos de polen emiten una prolongación llamada “tubo polínico” que se introduce a través del estilo y alcanza el ovario para efectuar la verdadera fecundación. Ésta posibilita que las semillas se desarrollen y provoquen el crecimiento del ovario y del receptáculo floral, o sea, la formación del fruto (De Ravel D’Esclapon, 1970).

Maduración del fruto

A partir de julio- Agosto para las variedades precoces y hasta diciembre para las variedades tardías, las manzanas son listas para ser cosechadas. El rendimiento varía de un año al otro, la producción siendo alta cada dos años. Esta alternancia se debe a sustancias elaboradas por las semillas de los frutos jóvenes que inhiben el desarrollo de los botones florales. En cuanto se han perdido los frutos, el árbol reconstituye las reservas que le permitirán esperar hasta la primavera siguiente (Delahaye y Vin, 1997).

Maduración de las ramas

La primera indicación para la formación de una yema (que puede ser vegetativa o floral, es decir que van a dar origen respectivamente a ramas o flores) es la abscisión de la lámina y pecíolo de la octava hoja primordio del meristemo apical, la base de la hoja se convierte en la escama exterior (primera escama) de la yema. Similarmente, la lámina y el pecíolo del primordio del séptimo nudo comienza a adelgazarse formando la segunda

escama. La lámina y las estipulas de los subsecuentes primordios más pequeños mueren y las bases de las hojas se convierten en escamas típicas, con sólo vestigios de las otras estructuras foliares en sus puntas: Este periodo abortivo de la lámina dura siete semanas, aunque 5 de las 9 escamas se forman en las primeras 3 semanas (De la Torre, 1982).

Caída de las hojas

Con la caída de las hojas, el árbol entra en reposo o latencia: su actividad vegetativa se tranquiliza y se vuelve más resistente a las enfermedades; se le puede entonces transportar o tallar sin hacerle mayor daño (Delahaye y Vin, 1997).

2.6.5. Requerimientos climáticos

El manzano es un frutal de regiones templadas, ya que requiere de periodos variables de frío y estado latente para fructificar. Puede cultivarse en las áreas de mayor altitud de las regiones tropicales, siempre y cuando se satisfagan sus requerimientos de frío. Se ha determinado que la mayoría de las variedades de manzano requieren para su maduración de 1,000 horas a menos de 7 °C. Esto puede modificarse por el tiempo nublado, la poda o usando patrones de poco desarrollo. Debe presentarse una temperatura inferior a una media máxima de 18 °C durante cuatro meses, junto con una precipitación baja. Los meses calientes deben tener una media mínima de 10 °C o mayor y una media máxima de 21 °C o mayor (INEGI, 1998).

El requerimiento de horas-frío por las diferentes variedades permite clasificar los manzanos como sigue: Requerimiento mínimo: de 500 a 600 horas-frío; Requerimiento regular: de 600 a 700 horas-frío; Requerimiento largo: de 700 o más horas-frío (CONAFRUT, 1972).

Cuando las lluvias frecuentes conservan mojadas las hojas durante largos periodos de tiempo, es difícil mantener los árboles sanos. Es éste el principal factor determinante de la máxima pluviosidad anual compatible con la producción comercial de manzanas. Una pluviosidad anual media superior a los 900 mm limita notablemente la producción de manzanas de buena calidad y en zonas con media de 1000 mm, las probabilidades de éxito adquieren carácter especulativo (Wallace, 1965).

Las temperaturas invernales pueden dañar los frutales, especialmente cuando son muy bajas y consecutivas a un periodo de tiempo suave. Las temperaturas nocturnas muy bajas seguidas de temperaturas relativamente altas al sol pueden motivar la rotura de la corteza y heridas de escaldadura por el sol en las partes del tronco y ramas que dan al sur, siendo particularmente propenso a ellas el manzano *Cox's Orange Pippin*, los *Beurré Hardy* y *Conference*. El manzano *Bramley's Seedling* es también muy propenso a padecer lesiones de carácter invernal, muriendo a veces cuando el tiempo es extremadamente frío (Wallace, 1965).

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 perjudicable para el fruto. La luz solar contribuye a fines de verano y a principios de otoño a que madure la fruta y adquiere color, y a la maduración de la madera (Wallace, 1965).

Los vientos fríos de primavera y otoño pueden constituir un grave inconveniente. Los primeros interfieren a menudo seriamente las operaciones de pulverización y los segundos pueden causar pérdidas considerables de fruta, ya en maduración. El daño del viento es probablemente mayor en el oeste que en el este, en las tierras altas o las colinas que en los valles, y cerca de la costa que en el interior. Las plantaciones de las zonas costeras expuestas al mar pueden sufrir daños de la sal arrastrada por el viento (Wallace, 1965).

El problema de mayor importancia en relación con el clima que el futuro productor ha de considerar, es la probabilidad que la plantación sufra los rigores de las heladas. El grado de reducción que éstas han de motivar en las cosechas depende de diversos factores entre los que pueden mencionarse la variedad del árbol, el viento asociado, el estafo de desarrollo, la temperatura de los botones florales y el tiempo durante el que actúe la helada. En general, se ha visto que pueden producirse daños graves a partir del estadio de desarrollo de racimo verde si la temperatura a 1.20 metros de altura sobre el suelo desciende por debajo de 2.2 °C. Los efectos de la helada son relativamente ligeros por encima de esta temperatura, pero aumentan rápidamente cuando desciende por debajo. En general, la susceptibilidad frente a las heladas aumenta a medida que avanza el estadio de

desarrollo floral. Es decir, que una temperatura inocua para el botón puede perjudicar la flor abierta y la fruta cuando es pequeña (Wallace, 1965).

Existe dos tipos de heladas: las debidas al viento y las debidas a la irradiación. La heladas debidas al viento son motivadas por éste cuando la temperatura del aire, en todas las capas sobre el nivel del suelo, es inferior a la de congelación. Las heladas por irradiación se producen en noches de cielo claro cuando todos los objetos, incluida la vegetación, pierden más calor por irradiación de la que reciben. Las superficies de tales objetos y el aire en contacto con ellos experimentan un descenso de temperatura como efecto de tal irradiación y pueden llegar hasta el punto de congelación. Si el viento es escaso, este aire que permanece cerca del suelo aumenta durante la noche y, en terrenos inclinados, fluye lentamente hacia niveles inferiores. Las áreas bajas que recogen el aire frío en bolsas de aire frío son las más propensas a padecer de este tipo de heladas. También se pueden formar estas bolsas artificialmente si el flujo de aire descendiente es interrumpido por edificios, paredes o setos (Wallace, 1965).

En los lugares expuestos al viento, es preciso a veces establecer barreras contra el mismo para proteger los insectos polinizadores en la época de floración y para reducir al mínimo la caída del fruto durante los días ventosos de otoño. En general, la reducción del viento en la zona que queda al abrigo del mismo motiva a su vez una reducción de la transpiración, contribuyendo así a que el suelo conserve su humedad. No es preciso que las barreras sean densas. Las barreras de densidad moderadas son eficaces para reducir la velocidad del viento en una distancia superior a 15 veces su altura, con tal que el terreno sea moderadamente llano. La reducción máxima alcanza una distancia normalmente igual a 4-8 veces la altura de la barrera. Tratándose de barreras densas, las áreas más protegidas están más próximas a ellas. Debe estudiarse cuidadosamente la dirección que conviene proteger y, para ello, estudiarse también la topografía local para colocar la barrera (Wallace, 1965).

2.6.6. Requerimientos edáficos

La formación de los suelos empieza con la fragmentación de las rocas: de aquí que tengan muchos puntos de semejanza con aquellas de que proceden. Estas rocas de origen del suelo se llaman rocas madres. Pueden éstas estar compuestas de piedras arenosas,

margas, arcillas, pizarras, calizas, etc. El proceso de erosión de las rocas consiste al principio principalmente en su fragmentación por acción de las heladas, lluvias y cambios de temperatura, unida a su disolución química en el agua cargada de anhídrido carbónico. La fragmentación y disolución originan abundantes partículas minerales en las que se establecen las plantas, permitiendo así la acumulación de materia orgánica. A partir de este punto, el proceso se acelera apareciendo el suelo virgen cuyas propiedades naturales dependen de tres factores: de la naturaleza de las rocas madres; del clima y en especial de la pluviosidad y temperatura, y de la vegetación natural (Wallace, 1965).

Los suelos son cuerpos complejos que muestran gran variación en sus propiedades por ser distintas de las rocas madres y diferentes las condiciones de formación y trato subsiguiente. No obstante, todos los suelos están integrados por cinco componentes principales: sustancia mineral, sustancia orgánica, agua telúrica, atmósfera telúrica y organismos del suelo (Wallace, 1965).

La sustancia mineral es el factor que principalmente determina la textura (es decir la ligereza o compacidad) del suelo. Puede separarse en "fracciones" combinando los métodos de cribado y sedimentación en agua. El método patrón británico de clasificación de las mismas es el siguiente:

Diámetro límite de las partículas del suelo	Fracción
Piedras	Más de 2 mm
Arena gruesa	2.0 a 0.2 mm
Arena fina	0.2 a 0.02 mm
Lodo	0.02 a 0.002 mm
Arcilla	Menos de 0.002 mm

Las fracciones más gruesas dan ligereza a los suelos, facilitan su cultivo y drenaje y aumentan su esterilidad. Las fracciones más finas (especialmente la arcilla) los tornan densos, pegadizos, difíciles de trabajar y aumentan su capacidad de fijación de agua y abonos. La fracción arcillosa es responsable del esponjamiento y retracción del suelo y de que retenga agua, actuando, con el humus, como almacén de nutrientes para las plantas al tiempo que proporciona los nutrientes como sustancia mineral (Wallace, 1965).

La materia orgánica está constituida principalmente por residuos de plantas en varios estadios de descomposición, incorporando al terreno en forma natural o artificial. Es

la fuente energética de los organismos del suelo y juega un papel importante en la fertilidad del suelo regulando el agua que fija, almacenando nutrientes y determinando su estructura. El contenido en materias orgánicas es muy variable, pudiendo ascender a casi el total de las sustancia sólidas en las turbas al tiempo que en terrenos minerales alcanza solo el 2 al 10 por ciento. Cuando se añade sustancia orgánica al suelo, es descompuesta por los microorganismos, formándose un producto pardo-negruzco carente de estructura celular y conocida como el humus (Wallace, 1965).

El agua telúrica, con la atmósfera telúrica, ocupa los espacios dejados entre sí por las partículas sólidas minerales y orgánicas. Estos espacios son de dimensiones variable y su volumen, que ascienda generalmente al 30-60 % del total del suelo, se conoce como espacio de poros. Tal espacio es modificado en el suelo por la lluvia, sequía, heladas y cultivo, la cantidad de materia orgánica y el estado cálcico del suelo. Por estar ocupado por el agua telúrica y la atmósfera telúrica, las cantidades de una y otra en el suelo son complementarias. Se ha registrado muertes de manzano por asfixia de las raíces debido a un contenido acuoso demasiado alto después de un invierno muy húmedo cuando los suelos están mal drenados (Wallace, 1965).

No toda el agua telúrica está a disposición de las plantas. En los terrenos húmedos, puede eliminarse fácilmente una parte del agua, pero la restante es retenida por las partículas del suelo, especialmente por las de arcilla y humus. Cuando se moja un terreno desde su parte superior, el agua no se distribuye en el mismo de modo uniforme sino que cada centímetro sucesivo ha de ser mojado y recibir la cantidad máxima que es capaz de retener en contra de la gravedad (llamada capacidad de campo) antes de que el agua pase al siguiente. Así pues, el movimiento del agua a través del terreno cuando éste no está realmente húmedo es muy limitado, siendo errónea la idea de que una cantidad, aún apreciable, de agua pasará a las partes secas por capilaridad desde una parte regada distante. El agua telúrica mantiene también en disolución los nutrientes minerales que son absorbidos por las plantas (Wallace, 1965).

La composición de la atmósfera telúrica próxima a la superficie del suelo es semejante a la del aire ordinario, pero a mayor profundidad, el oxígeno que contiene puede ser escaso y alto el contenido en anhídrido carbónico cuyas cantidades son determinadas principalmente por las condiciones de drenaje. Tal hecho es de gran importancia en el

cultivo del manzano puesto que las raíces de este árbol precisan un aporte abundante de oxígeno que permita el desarrollo radicular y el ingreso de nutrientes minerales, siendo perjudicado por otro lado por concentraciones excesivas de anhídrido carbónico. Es probablemente la falta de oxígeno y el exceso de anhídrido carbónico lo que ordinariamente limita la profundidad que alcanza la raíz en terrenos compactos (Wallace, 1965).

Los microorganismos del suelo juegan un importante papel en la creación de la fertilidad del mismo. Fragmentan los residuos orgánicos que transforman en humus y ponen en movimiento la cadena completa de reacciones químicas que termina en la liberación de los nutrientes minerales precisados por las plantas. Es importante hacer notar, sin embargo, que los microorganismos del suelo utilizan los mismos nutrientes que las plantas y que pueden incluso crear deficiencias de nitrógeno.

En el cultivo de la manzana, la clasificación del suelo es *chestnut*, 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.*, 1999) (Delahaye y Vin, 1997). Los manzanos crecen mal en suelos en donde el cobre es un elemento escaso (De Beaulieu y Ronné, 2000).

2.6.7. Portainjertos

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 francos, que son aquellos obtenidos a partir de semillas, generalmente de manzanas corrientes. Estos portainjertos se caracterizan por inducir un gran vigor en el injerto y por no presentar características de resistencia a factores adversos del suelo. Por otro lado, tenemos los portainjertos clonales, algunos de los cuales presentan características

de resistencia tales como al pulgón lanígero, a los suelos calcáreos, etc. (Boulay, 1965) (Martínez Peniche y Pérez Molina, 1997)

Además, los portainjertos pueden clasificarse de acuerdo al vigor que inducen sobre la variedad. Si un portainjerto franco es muy vigorizante, algunos patrones clonales, tales como MM-104 y MM-111 son semivigorizantes, EM-II y MM-106 son semienanizantes, y EM-VII, EM-IX y EM-XXVI son enanizantes. El portainjerto usado es capaz de determinar la forma y el tamaño que alcanzará el árbol e incluso su hábito de producción. Cuando el portainjerto tiene un sistema de raíces vigoroso, se tendrá como resultado un árbol de gran porte, de tardía entrada en producción y que ocupa mucho terreno. Por el contrario, cuando el portainjerto tiene un sistema de raíces menos vigoroso, el árbol resultante será de menor porte, de rápida entrada en producción y ocupará menos terreno (Anónimo, 1978).

2.7. La sidra

2.7.1. Definición

La palabra sidra: proviene del latino, *sicera*, bebida fermentada). Es la bebida proveniente de la fermentación del mosto (del latín *mustum*, el jugo) de manzana o de una mezcla de manzanas y de peras, extraídos con o sin adición de agua. Desde 1987, los productores industriales pueden usar concentrados y agua hasta el 50 del producto vendido. Algunos términos (dulce, semi-seco, seco o bruto) expresan el grado de alcohol que va de 1.5 a 8°, pero que puede variar de un productor a otro. Una sidra seca o bruta es poco azucarada, más bien ácida y amarga, alcoholizada (más de 5°) y espumoso. La sidra semi-seca tiene de 3 a 5 grados de alcohol, mientras la sidra dulce, la cual tiene menos de 3 grados de alcohol, tiene más de 45 gramos de azúcar por litro (Larousse, 1993) (De Beaulieu y Ronné, 2000). La densimetría de la sidra es de 1025 para una sidra dulce, 1018 para una sidra semi-seca muy espumosa, 1008 para una bruta espumosa y 1005 para una sidra muy seca (Delahaye y Vin, 1997).

2.6.2. La fermentación del jugo

El proceso de fermentación es llevado a cabo por una infinidad de microorganismos en un medio anaeróbico, principalmente levaduras, que vienen naturalmente en los frutos (Peynaud, 1977). Esto hace difícil el uso de cepas purificadas para inocular el jugo de

manzana, aún si en Inglaterra se esteriliza con bióxido de azufre (SO₂) antes de inocularlo con cepas de *Saccharomyces* (Beuchart, 1987) (Desrosier, 1977) (Casida, 1968). Es posible agregar azúcar al jugo antes de la fermentación para aumentar la cantidad de alcohol final o para homogeneizar el grado alcohólico de la producción final (Amerine y Singleton, 1971). El principal problema que puede presentarse en la sidra es la picadura acética, o sea el avinagramiento. Este es producido principalmente por bacterias del género *Acetobacter* cuando la sidra se encuentra en presencia de oxígeno. La fermentación acética requiere de oxígeno, tanto para la supervivencia de las bacterias como para que se lleve a cabo la transformación del etanol a ácido acético: la reacción total de un mol de etanol a un mol de ácido acético requiere de un mol de oxígeno (Casida, 1968) (Prescott y Dunn, 1962).

Por esta razón, una vez obtenida la sidra con el grado de alcohol deseado, de 3 % máximo de alcohol para la sidra dulce o 5 % máximo para la sidra bruta (ambas clasificaciones aplicables a sidras producidas de manera industrial), es conveniente esterilizarla para evitar la continuación de la fermentación o su transformación en vinagre por las bacterias acéticas (Umbreit, 1960). Esto se puede llevar a cabo con la adición de bióxido de azufre, por filtración o por centrifugación (Peynaud, 1977) (Amerine y Singleton, 1971) (Umbreit, 1960). La sidra debe almacenarse a una temperatura relativamente baja ya que a temperaturas de unos diez grados centígrados todo el azúcar se transforma en alcohol y para evitar que ésta se transforme en vinagre como puede ocurrir a temperaturas más altas (Hiscox y Hopkins, 1995); sin embargo con buenos cuidados, la temperatura puede ser más elevada a la condición de que nunca rebase los 30 °C.

2.6.3. Clasificación de las sidras

Una de las clasificación de las sidras esta dada a continuación:

a) Sidra casera: Es la sidra que cada uno puede elaborar en la casa para el consumo personal y familiar. No existen normas que definen a esta sidra ya que no puede ser vendida.

b) Sidra artesanal o campesina: Es una sidra elaborada de manera no industrial. Puede tener grandes variaciones en cuanto al grado alcohólico y a la cantidad de azúcares presentes. En general, es una sidra bruta (con poco azúcar y un elevado grado de alcohol) y seca, es decir con poco o sin gas. La normas establecen que debe de ser obtenida a partir de

jugo puro (sin agregar agua, azúcar o alcohol) sin ningún concentrado. Es frecuentemente vendida fuera de los canales oficiales de comercialización (De Beaulieu y Ronné, 2000) (Desrosier, 1977).

c) Sidra industrial: Esta sidra es espumosa y puede ser seca o bruta, semi-seca o dulce. Los grados de alcohol así como la cantidad de azúcar deben de ser controlados. Se autoriza el empleo de agua, concentrados de jugos, azúcar y alcohol industrial. La espuma puede ser obtenida a partir de la misma fermentación (sidra espumosa), cargando el dióxido de carbono (sidra carbonatada) o empleando el procedimiento utilizado en la elaboración del Champagne (sidra tipo champagne). Es la sidra la más vendida comercialmente y la que se conserva más tiempo (De Beaulieu y Ronné, 2000) (Desrosier, 1977). A pesar del precio, se considera que el mercado de esta sidra es distinto al de la sidra artesanal aún si existe un cierto traslape.

2.6.4. Métodos de elaboración

Para la producción de sidra, cada productor mezcla las variedades a su gusto utilizando manzanas ácidas, amargas o dulces. Esto nos indica que a pesar del nombre, no se utilizan solamente manzanas de sidra para producir esta bebida (Hubert, 1999). Además, se dice que es raro que un solo tipo de manzana dé una sidra agradable (De Beaulieu y Ronné, 2000).

a) Método casero

Para la obtención de sidra es preferible usar manzanas ácidas (perón o manzanas silvestres) que estén sanas. Primero, se obtiene el jugo de manzana: se pelan y descorazonan las manzanas, eliminando semillas y cabos. Se muele luego la pulpa usando un colador o un machacador, o mejor aún en licuadora, luego se separa el jugo por prensado energético: para ello, se puede exprimir energéticamente la pulpa dentro de un trapo limpio de algodón. Se puede agregar un poco de azúcar al jugo si es necesario. La adición de sulfuro al jugo antes de la fermentación permite que ésta sea más limpia, es decir que no haya contaminación nociva de microbios y que la sidra se conserva durante más tiempo. El jugo así tratado se deja en reposo durante unas 10 a 20 horas, y luego se elimina el sedimento formado transvasando el líquido claro a otro recipiente en donde éste fermentará. (González, 1978).

b) Método artesanal

Las manzanas se colectan de los manzanos a partir del mes de octubre. Después, se colectan y se llevan en un campo sobre tela o una superficie plana de madera o de cemento hasta que se completa la maduración. Se dejan así durante el fin del mes de octubre, todo noviembre y el inicio de diciembre para que sean lo suficiente avanzadas.

La calidad de la sidra depende de la limpieza del material utilizado para producirla y almacenarla. Una vez almacenada, la sidra está lista para ser consumida después de dos o tres meses. Se puede obtener dos tipos de sidra con este método: la sidra espumosa similar a la comercial (menos común) y una sidra plana, que no contenga gas (Hubert, 1999)

c) Producción industrial: Las manzanas, colectadas del inicio de octubre a finales de diciembre, son almacenadas en silo por especie y estado de madurez. Se lavan durante el transporte hidráulico hacia la empresa. Son entonces reducidas en fina pulpa por un tambor rotatorio provisto de lamas de sierra. Las pulpas son almacenadas algunas horas en cubas con el fin de facilitar la extracción del mosto y su clarificación. El prensado se lleva a cabo en una prensa hidráulica. De la prensa salen el mosto y el bagazo. El mosto es el jugo mientras el bagazo representa la parte sólida residual. Este bagazo contiene todavía 20 a 30 % del jugo que se puede extraer por el medio de agua potable a través de la maceración. El bagazo es entonces secado para extraerle pectinas, utilizado como alimento para el ganado o como composta. Los jugos obtenidos, mezclados o no, son entonces sometidos a una fermentación alcohólica para la transformación en sidra. Para obtener sidra que contenga alcohol y azúcares en una proporción dada, se puede utilizar el método por defecación: el mosto se sedimenta naturalmente y una parte de las materias pépticas se reúnen en una capa café que se mantiene en la superficie por las burbujas de gas carbónico producido por las levaduras. Se trasiega el mosto claro que sigue una fermentación lenta, la cual se inhibe antes de que todo el azúcar sea consumido (Larousse, 1993).

2.6.5. Usos de la sidra

La sidra así obtenida se puede utilizar como bebida de mesa o para preparar platillos como camarones en sidra o conejo con sidra (Rabillon, 1999; Leroux, 1996). También puede ser usada para preparar vinagre de manzana (también llamado sinónimamente vinagre de sidra) o el aguardiente denominado Calvados. Pero esto es otra historia.

2.7. Conclusión sobre la revisión del literatura

La información obtenida es relativamente completa y permite hacerse una idea relativamente buena sobre el cultivo de manzana en el mundo y los diversos métodos de obtención de sidra. A pesar de esto, es necesario hacer resaltar el hecho de que resultó difícil obtener esta información (por lo cual se tuvo que dedicar mucho tiempo en la búsqueda de bibliografía), que existe poca información sobre la sidra y de que se encontró poca información científica sobre la sidra en particular (¡y ningún artículo!).

Esto demuestra la poca importancia real que se ha dado a la industrialización de la manzana en el mundo en general y en México en particular. También es notable el hecho de que existen muchos más estudios sobre el vino ya que todas las técnicas empleadas son comúnmente utilizadas en el análisis de vinos y se pueden conseguir relativamente fácilmente en la bibliografía. Por esta razón, las técnicas de análisis son adaptadas del análisis del vino.

Es una lástima que este campo del aprovechamiento de manzana no comercial que es la producción de sidra, sea cual sea el método, se haya tan poco desarrollado porque es una fuente de ingreso potencial importante casi totalmente desaprovechado en México.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general:

Determinar la mezcla de manzanas y el tipo de levadura para adaptar el método artesanal de producción de sidra (Hubert, 1999) a las condiciones de San Joaquín, Qro., México.

3.2. Metas:

Reciclar manzanas maltratadas y de bajo valor económico.

Determinar el comportamiento de la fermentación a través de la determinación de la masa volumétrica con la ayuda de un picnómetro utilizando dos tipos de levaduras y tres tipos de mezclas (seis tratamientos en total).

Probar la eficiencia de la fermentación (determinación del grado de alcohol y de los azúcares reductores totales) con levaduras nativas y con adición de la cepa seleccionada de levadura 71-B (D 0220767) proporcionada por la Distribuidora de Productos Biológicos "Lallemand Notario, Canadá" (*Saccharomyces cerevisiae*).

Probar la aceptación pública de esta sidra a través de la evaluación sensorial de esta bebida de acuerdo a los resultados de los tratamientos.

misma, a la cual se le agregó la cepa comercial 71-B (D 0220767) proporcionada por la Distribuidora de Productos Biológicos "Lallemand Notario, Canadá".

4.2.1. Características de *Golden Delicious* (Trillot *et al.*, 1993).

Origen: U.S.A. (Virginia del Oeste)

Fecha: Fin del siglo XIX (1880).

Aspecto del fruto:

Color del fruto: Amarillo-verde a amarillo dorado pudiendo presentar una parte rosada en árboles jóvenes, sobre sus partes periféricas, en situación de pendiente o cuando las amplitudes de temperaturas diurnas y nocturnas antes de la cosecha son suficientes. Las lenticelas son marcadas.

Calibre del fruto: Mediano grande: 70 a 85 mm de diámetro y 150 a 230 gramos en general.

Forma del fruto: Redonda a troncónica, regular, más alargada en altitud.

Textura de la pulpa: Fina. Fruta de firmeza mediana, jugosa, crujiente.

Sabor de la pulpa: Manzana de buena calidad gustativa, azucarada, acidulada, equilibrada y perfumada. Consumible desde la cosecha.

En la cosecha:

Índice refractométrico: 13 a 15 (% de azúcares)

Acidez: 6 a 7 (equivalente en gramos de ácido málico por litro de jugo)

4.2.2. Características de *Red Delicious* (Trillot *et al.*, 1993).

Origen: U.S.A. (Iowa).

Fecha: 1879

Aspecto del fruto:

Color del fruto: Rojo mediano a muy oscuro, estriada o lavada, sobre la mitad a toda la manzana según el mutante, presencia a veces de rugosidad.

Calibre del fruto: Mediano a grande según el mutante: 70 a 85 mm de diámetro y 160 a 240 gramos en general.

Textura de la pulpa: Carne tierna, tendencia a volverse harinosa en el transcurso de la conservación, con una pérdida sensible de firmeza.

Sabor de la pulpa: Mediano a débil. Los mutantes más coloreados tienen frecuentemente un sabor insípido, con poco aroma.

En la cosecha:

Índice refractométrico: 11 a 13 (% de azúcares)

Acidez: 4 a 5 (equivalente en gramos de ácido málico por litro de jugo)

4.2.3. Características de la "rayada" (Observación personal).

Origen: Desconocido.

Fecha: Desconocida.

Aspecto del fruto:

Color del fruto: Rojo estriado de amarillo o verde, lenticelas visibles.

Calibre del fruto: Pequeño

Textura de la pulpa: Fina. Tiende a perder de su firmeza en el transcurso de la conservación.

Sabor de la pulpa: Buen sabor, crujiente y jugosa, muy ácida.

En la cosecha:

Índice refractométrico: Desconocido (% de azúcares)

Acidez: Desconocido (equivalente en gramos de ácido málico por litro de jugo)

4.2.4 Características de la cepa de levadura utilizada

Se empleó como fuente de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a la cepa seleccionada 71-B (D 0220767) proporcionada por la Distribuidora de Productos Biológicos "Lallemand Notario, Canadá". Es una levadura específica para producir o realzar los aromas afrutados en el vino. Se adapta particularmente a vinos jóvenes. Presenta propiedades aromáticas basadas en la producción de ésteres y alcoholes superiores, propanol en particular. Su poder para producir alcohol es de 14%. Tiene un rendimiento azúcar/alcohol de 16.2 a 16.8 gramos de azúcar por un grado de alcohol. Produce una acidez volátil de 0.20 a 0.27 g/L de ácido sulfúrico y es capaz de degradar el ácido málico en un 25 a 34 %, según el contenido inicial del mosto (Flores, 2000).

4.3. Conducción del experimento

Todas las manzanas fueron obtenidas a partir de un concurso regional realizado en San Joaquín, Qro. En agosto del 2000. Las manzanas de la variedad denominada " rayada" (ver imagen 1) fueron cosechadas anteriormente en una huerta comercial establecida en la comunidad "El Suspiro", Mpio. de Cadereyta, Qro.

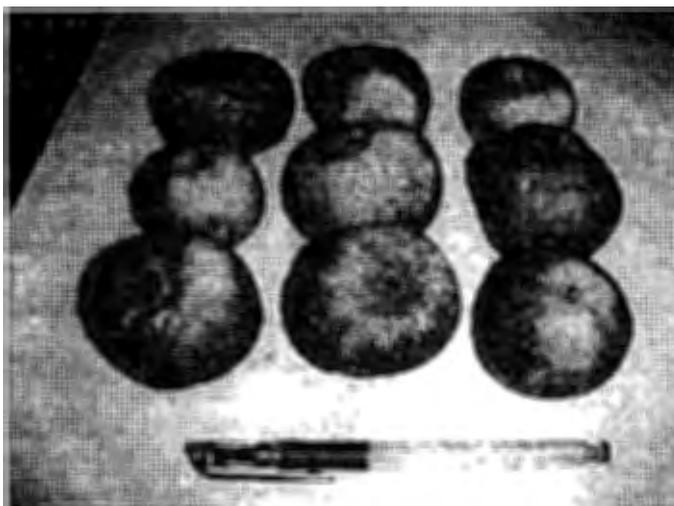


Imagen 1: Variedad denominada como "la criolla". Se puede apreciar la variedad de esta manzana así como algunos daños que no impidieron su uso para la elaboración de sidra en el ensayo preliminar.

Las manzanas utilizadas para el experimento propiamente dicho fueron *Golden delicious* (ver imagen 2) y *Red delicious* (ver imagen 3).

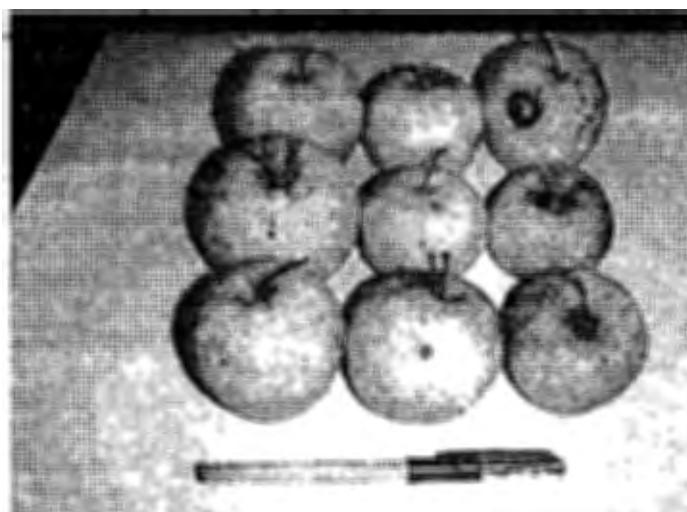


Imagen 2: *Golden Delicious*. Puede apreciarse la variedad en el tamaño y apariencia de estas manzanas así como algunos daños que no impidieron su uso para la elaboración de sidra.

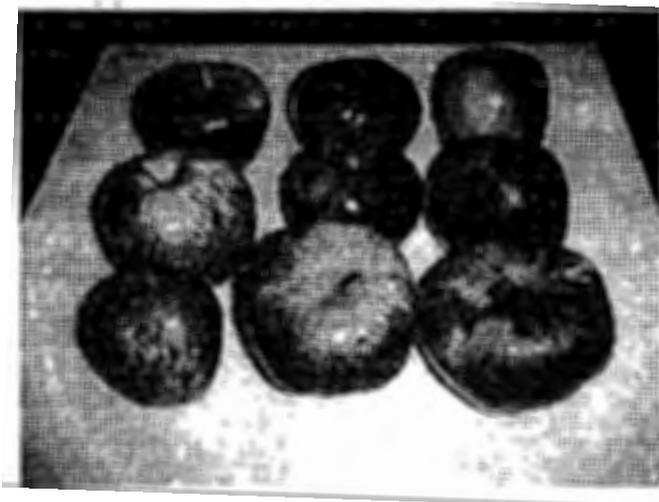


Imagen 3: *Red delicious*. Se puede apreciar la variedad en el tamaño y apariencia de estas manzanas así como algunos daños que no impidieron su uso para la elaboración de sidra.

Estas manzanas fueron las proporcionadas para el concurso de la manzana en San Joaquín en agosto 2000 y provenían de los municipios de San Joaquín y Cadereyta (ver anexo 1). Las manzanas se transportaron en cajas de madera, en una camioneta al laboratorio de Enología de la Facultad de química de la UAQ (Universidad Autónoma de Querétaro). Todas las manzanas de una misma variedad fueron separadas sin considerar tamaños.

Se determinó el porcentaje de agua presente en las variedades *Red delicious* y *Golden delicious* con una termobalanza (ver anexo 2). Para evitar que las manzanas, los jugos y las sidras terminadas sufrieran alguna alteración, se almacenaron en un frigorífico a 4 °C con humedad controlada hasta que se utilizaron.

Posteriormente, se obtuvo el jugo de cada variedad. Las manzanas se partieron en cuatro con un cuchillo removiendo las semillas (en el proceso, se eliminó una parte o la totalidad del corazón). Se pasaron los trozos de manzana por variedad en el extractor para obtener el jugo partiéndolos si se requirió. El jugo obtenido se filtró con una franela popular limpia y se colocó en un vitrolero de 20 litros según la variedad.

De aquí, se vertieron 1.5 litros de jugo en vitroleros de 1.8 litros, procediendo a las mezclas necesarias: en los tratamientos con 50 % de jugo de *Red delicious* y 50 % de jugo de *Golden delicious*, se vertió 0.75 litros de cada jugo.

Entonces, se agregó la levadura activada en los tratamientos que lo requirieron:

Se pesaron 0.75 gramos de la levadura 71-B que se diluyeron en 75 ml de mosto. Se trató con calor durante 30 minutos a 35-40 °C para activarla. La levadura activada se inoculó. Se homogeneizó la levadura en el líquido.

Sobre los vitroleros, se colocó una servilleta de papel atada con un hilo de lana para evitar la contaminación con mosca de la fruta (*Drosophylla melanogaster*) permitiendo que se mantenga el intercambio de gases (ver Imagen 4). Se colocó en este momento la tapa del vitrolero sin ajustarla para que el dióxido de carbono pueda escaparse del recipiente durante la fermentación (ver Imagen 5).

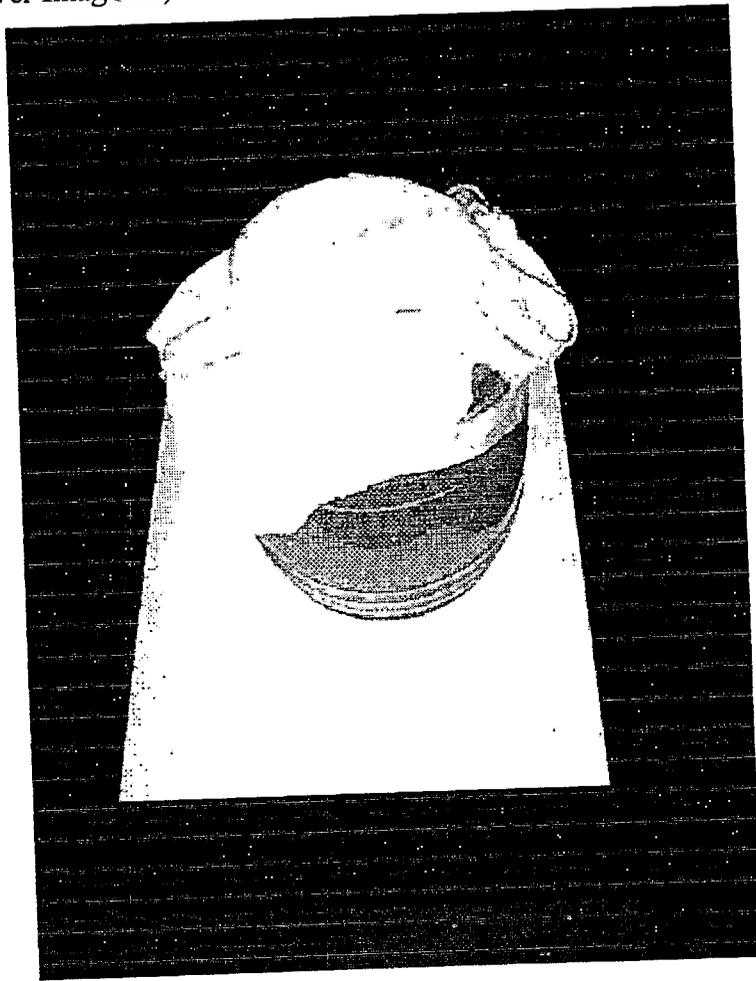


Imagen 4: Vitrolero al cual se le ha cubierto la boca con una servilleta de papel para evitar la entrada de mosca de la fruta (*Drosophylla melanogaster*) al jugo en fermentación sin impedir el intercambio de gases. Se nota la cinta adhesiva alrededor del vitrolero con la cual se identifica la muestra.

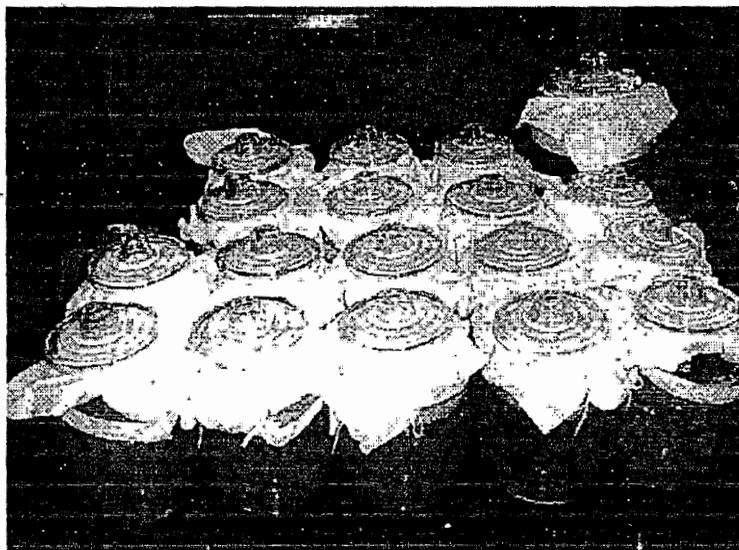


Imagen 5: Vitroleros con la tapa colocada sin ser ajustada. Esto se hizo con el fin de permitir el escape del dióxido de carbono que se desprende del mosto durante la fermentación

Estos vitroleros se almacenaron a temperatura del laboratorio (20 a 23 °C según los días) en una tina con agua en el fondo para amortiguar los cambios de temperatura. Se tomó la temperatura del jugo diariamente a diferentes horas para asegurarse de que esta se mantuviera estable.

En el transcurso de la fermentación (ver Imagen 6), se midió diariamente el pH, la densidad y los grados Brix. Cada tratamiento se dejó fermentar hasta que los grados Brix se hayan estabilizados. Al final de la fermentación, se procede al “collage” (ver Imagen 6) antes de determinar la acidez total, la acidez volátil, el pH, el grado alcohólico y los azúcares reductores.

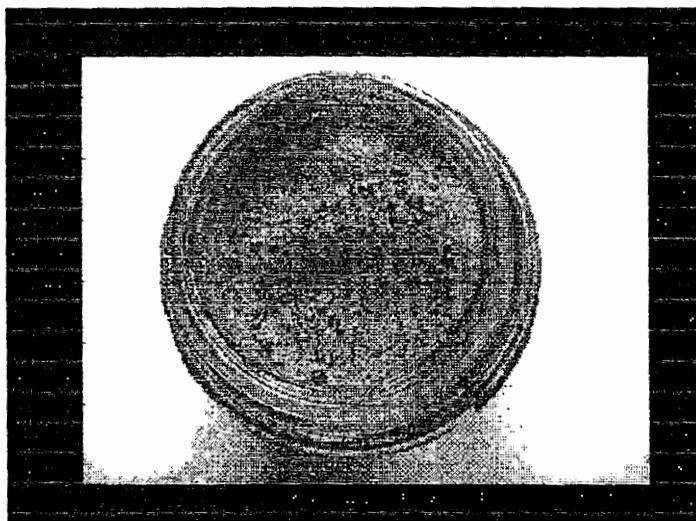


Imagen 6: vista superficial de un tratamiento en proceso de fermentación (cuarto día). La fermentación produce burbujas y mantiene sólidos en la superficie del mosto en fermentación.

El "collage" se llevó a cabo al final de la fermentación por ovalbúmina y por bentonita en los tratamientos en donde hubo un "sobrecollage":

Ovalbúmina: Se utiliza clara de huevo en la proporción de 2 claras por hectolitro. Se diluye una clara en 100 ml de agua destilada con un gramo de sal para facilitar la disolución de la ovalbúmina. Se mezcla bien y se agrega en la proporción debida (2 ml de ovalbúmina/litro de sidra) a la sidra. Se mezcla suavemente la sidra para homogeneizarla. Entonces, se guarda en refrigeración 48 horas para la sedimentación de los sólidos en suspensión (Navarre y Navarre, 1986). Después, se procede al trasiego usando una manguera de hule. Después de haber realizado los ensayos preliminares, se agregó la bentonita en una proporción de un gramo, por litro de sidra. Cada gramo se diluyó en 25 ml de agua., dejándose cuando menos 12 horas para que la bentonita se esponje. Antes de usar, se mezcla con una espátula la bentonita hidratada y se agrega al jugo. Se mezcla suavemente la sidra con la bentonita para homogeneizarla. Se deja entonces en refrigeración durante 48 horas mínimo para la sedimentación de los sólidos (Navarre y Navarre, 1986). Procediéndose a continuación al trasiego con una manguera de hule.

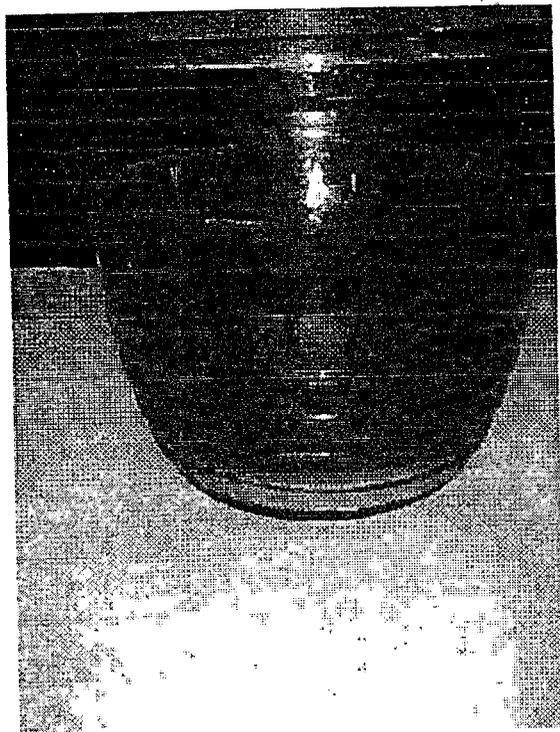


Imagen 7: Ejemplo de un vitrolero en el cual se ha procedido al "collage". Nótese el sedimento en el fondo del recipiente. El líquido después del "collage" es brillante y transparente.

4.4. Diseño del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo por medio de un experimento bifactorial, siendo los factores de estudio, los siguientes:

- a) Mezcla de manzanas
 - a. *Golden Delicious*
 - b. *Red Delicious*
 - c. 50% de *Golden Delicious* + 50% de *Red Delicious*
- b) Tipo de levadura de fermentación
 - a. sin levadura agregada
 - b. con levadura agregada

Las combinaciones de tratamientos en base a los factores de estudio, fueron como sigue:

- Tratamiento 1: *Golden delicious*, sin levadura agregada
- Tratamiento 2: *Golden delicious*, con levadura agregada
- Tratamiento 3: Mezcla 50/50, sin levadura agregada
- Tratamiento 4: Mezcla 50/50, con levadura agregada
- Tratamiento 5: *Red delicious*, sin levadura agregada
- Tratamiento 6: *Red delicious*, con levadura agregada

La unidad experimental estuvo representada por un vitrolero conteniendo 1.5 litros de jugo en diversos estados de fermentación. Cada uno de los seis tratamientos se llevó a cabo por triplicado, dando un total de 18 vitroleros.

4.5. Variables evaluadas

4.5.1. Determinación del porcentaje de humedad

Se utilizó una termobalanza (ver anexo 2). Se cortaron pedazos de la pulpa de manzana sin daños, piel o partes duras. Esta pulpa se cortó en cuadros de aproximadamente 1 mm de lado sobre el plato de la termobalanza (habiendo previamente anulado el peso de este mismo plato). Luego, se colocó en la balanza durante una hora a 100 °C para proceder a la desecación total de la pulpa.

4.5.2. El pH real

Se mide diariamente durante la fermentación, el pH con un pHmetro (ver anexo 2)

4.5.3. Densidad (CEE, 1990)

La densidad relativa a 20 °C es el cociente expresado en número decimal de la masa de cierto volumen de un líquido, como en el presente caso (puede ser el volumen de un sólido o gas, pero no lo trataremos aquí), con la masa del mismo volumen de agua a la misma temperatura.

Se midió diariamente la densidad a lo largo de la fermentación la densidad para cada tratamiento con el fin de evaluar el avance de la degradación de azúcar en alcohol. La densidad se midió con un picnómetro de 25 ml.

Primero, se determina:

- La masa del picnómetro limpio y seco: P
- La masa del picnómetro lleno de agua (destilada) a la temperatura t °C: P₁

Picnómetro:

$$P_v = P - m$$

$$m = 0.0012 (P_1 - P)$$

En donde:

P_v = Picnómetro vacío

m = masa de aire contenido en el picnómetro

Volumen a 20 °C:

$$V_{20^\circ\text{C}} = [P_1 - (P - m)] * F$$

En donde :

F = factor tomado de la tabla descrita en el anexo 3.

El volumen a 20 °C debe conocerse a ± 0.001 ml

Masa del agua a 20 °C:

$$M_{20^{\circ}\text{C}} = V_{20^{\circ}\text{C}} * 0.998203$$

En donde:

0.998203 = masa volúmica del agua a 20 °C

La densidad se calcula con la fórmula siguiente:

$$\delta \text{ de muestra} = (W_{ps} - W_{pv}) / V$$

En donde:

δ = densidad en g/ml.

W_{ps} = peso del picnómetro con muestra en g.

W_{pv} = peso del picnómetro vacío en g, en el momento de la medida (restar el peso del aire m).

V = volumen del picnómetro en ml.

4.5.4. Grado Brix

Se mide diariamente en el transcurso de la fermentación con un refractómetro manual (ver anexo 2). Los grados Brix representan la proporción de sólidos disueltos medidos por refractometría, principalmente azúcares en el presente caso.

4.5.5. Grado alcohólico (% Vol.) (Método de título alcoholimétrico del destilado por picnometría) (CEE, 1990).

El porcentaje de alcohol se determina por el método de destilación directa. Una muestra de 100 ml de sidra medida con un matraz aforado se agita para eliminar el CO₂ y es vertida en un matraz de destilación, destilando 3/4 partes de ésta. La mezcla hidroalcohólica a 20° C se afora a 100 ml con agua destilada en el mismo matraz aforado y se evalúa la densidad con un picnómetro de 25 ml en forma descrita en la sección sobre la densidad. Después, se reporta la densidad obtenida en la tabla presentada en el anexo 4.

4.5.6. Azúcares reductores residuales totales. Método de Fehling Causse Bonnans (Flores, 2000; Olivieri, 1989; Ministère de l'agriculture, 1989).

Los azúcares reductores, constituidos por el conjunto de azúcares con funciones cetónicas y aldehídicas, se dosifican por su acción reductora sobre la solución cupro-alcalina.

Es importante efectuar la dosificación solamente sobre un medio suficientemente diluido (entre 0.5 y 5 g / L) y defecado (es decir en el cual se hayan hecho sedimentar las partículas en suspensión que provocan la turbidez por algún método) al cual se ha eliminado sus otras materias reductoras. Por la defecación, se eliminan en peculiar los taninos y otras materias colorantes.

En el presente caso, la defecación se hizo por el acetato neutro de plomo (sal de Saturno):

Defecación:

A 100 ml de sidra,

- Se agrega solución de NaOH N hasta llegar a la neutralidad.
- Se adicionan 5 ml de solución saturada de acetato de Plomo agitando la muestra.
- Se mezcla entonces en la solución un gramo de carbón activado (CO_3Ca)
- Se deja reposar por 15 minutos agitando de vez en cuando (2 veces).

Después se pasa a utilizar el método de Fehling:

Método de Fehling:

Se titula el licor de Fehling con una solución de glucosa al 5 g / L para determinar el factor del licor:

- Se toman 10 ml de licor.
- Se agregan 15 ml de H_2O destilada.
- Se pone la solución a ebullición
- Se titula con la solución de glucosa usando una bureta automática.
- Al tornarse la solución verdosa, se agrega tres gotas de azul de metileno al 1 % y se añade la solución de glucosa gota a gota hasta que el licor de Fehling permanezca de un color rosa claro.

El factor del licor se calcula como sigue:

$$Ff = (Cg \times n) / (1000 \times V_{FL})$$

En donde:

Ff = Factor del licor = Gramos de azúcares reductores por ml de licor de Fehling

Cg = Concentración en gramos de la solución de glucosa

n = ml de solución de glucosa requerida para titular el licor de Fehling.

Entonces, se procede a la titulación de las muestras:

- Se toman 10 ml de licor.
- Se agregan 15 ml de H₂O destilada.
- Se pone la solución a ebullición
- Se titula con la muestra usando una bureta automática.
- Al tornarse la solución verdosa, se agrega tres gotas de azul de metileno al 1 % y se añade la solución de glucosa gota a gota hasta que el licor de Fehling permanezca de un color rosa claro.

La concentración de azúcares reductores por litro en la muestra se calcula como sigue:

$$Ca = (Vf \times Ff \times Fd) / n'$$

En donde:

Ca = Concentración de azúcar.

Vf = Volumen usado de licor de Fehling.

Ff = Factor del licor = Gramos de azúcares reductores por ml de licor de Fehling

Fd = Factor de dilución de la muestra.

n' = Volumen de muestra usado.

El resultado debe de ser multiplicado por 1.0416 para ser expresado en azúcares invertidos

4.5.7. Acidez total (CEE, 1990)

La acidez total se midió al final de la fermentación. Se agita el recipiente para eliminar el dióxido de carbono presente en la sidra; luego se titula 10 ml de sidra con una solución de NaOH de concentración conocida (0.079 M en este caso). Con un pHmetro, se determina el pH de la solución y se considera el volumen necesario para neutralizarla. El volumen empleado de la solución de sosa permite obtener la acidez total según la fórmula siguiente:

$$At = (V_{\text{NaOH}} \times M_{\text{NaOH}} \times F_{\text{ma}} \times 1000) / V_m$$

En donde:

At = Acidez total expresada en gramos de ácido málico por litro de sidra

V_{NaOH} = Volumen de la solución de sosa utilizada.

M_{NaOH} = Molaridad de la solución de sosa utilizada

F_{ma} = Factor del ácido málico = 0.067

V_m = Volumen de la muestra.

4.5.8. Acidez volátil, método de Duclaux-Gayon (CEE, 1990)

La acidez volátil se mide al final de la fermentación. Se agita el recipiente para eliminar el dióxido de carbono presente en la sidra; luego se toman 20 ml de muestra a los cuales se agregan 40 ml de agua destilada. Se destila entonces directamente (sin columna). Se recuperan unos 50 ml que se titulan con una solución de NaOH de concentración de 0.079 M, utilizando como indicador fenoftaleina (2 a 3 gotas), hasta que vire a rosa pálido. No se corrige los valores respecto al anhídrido sulfuroso (SO_2) debido a que no se empleó azufre para conservar la sidra. El volumen empleado de la solución de sosa permite obtener la acidez volátil según la fórmula siguiente:

$$Av = (V_{\text{NaOH}} \times M_{\text{NaOH}} \times F_{\text{ma}} \times 1000 \times (100 / 80)) / V_m$$

En donde:

Av = Acidez volátil expresada en gramos de ácido málico por litro de sidra

V_{NaOH} = Volumen de la solución de sosa utilizada.

M_{NaOH} = Molaridad de la solución de sosa utilizada

F_{ma} = Factor del ácido málico = 0.067

V_m = Volumen de la muestra.

4.5.9. Análisis sensorial (Prueba de preferencia de Kramer)

La prueba de Kramer, también conocida como el método de los rangos, es una prueba de preferencia dirigida al consumidor. El jurado de consumidores deberá de ser lo más representativo posible. Las personas que participaron en la preparación de la prueba no pueden participar en la prueba definitiva (Anónimo, 1989).

Esta prueba se desarrolla como sigue:

Se mezclan las diferentes muestras del mismo tratamiento, dejando de lado las que se salen del patrón normal de cada tratamiento.

A cada tratamiento, se le asigna aleatoriamente una letra (A, B, C, D, E o F).

Los diferentes tratamientos se colocan entonces en vasos de degustación de plástico rotulado con la letra correspondiente.

Para cada persona, el orden de degustación es obtenido aleatoriamente.

Entonces, se pide al voluntario que clasifica las muestras por orden de preferencia decreciente (la muestra la mejor debe de ser clasificada 1^{era} y la menos buena 6^a). Las personas tienen la opción de dar comentarios (ver Imagen 4).

Prueba de Kramer

* Puede usted clasificar estas muestras por orden de preferencia decreciente (la muestra la mejor debe de ser clasificada primera y la menos buena sexta)

* Escribir la letra de la muestra en el recuadro apropiado.

1	2	3	4	5	6
<input type="text"/>					

Comentarios (opcional):

Imagen 8: Cuestionario para en la prueba de preferencia (prueba de Kramer).

Se suman los rangos (el número obtenido por los tratamientos según las personas) y se comparan con la tabla estadística para una significancia al 5 por ciento proporcionada en el anexo.

Se obtienen entonces tres clases de productos: los significativamente mejores que los otros (cuya suma es inferior al límite mínimo – ver anexo 5), los productos significativamente menos buenos que los otros (cuya suma es superior al límite máximo – ver anexo 5) y los productos medianos (cuya suma esta incluida entre los límites incluyendo estos mismos).

Debido a que solamente pueden entrar 20 repeticiones en la tabla estadística (ver anexo 5), en caso de que se cuente con más voluntarios, se eligen aleatoriamente 20 hojas de respuesta dentro de las disponibles para hacer el análisis estadístico.

4.6. Análisis de los datos

Los datos de pH, densidad y °Brix se muestran en una gráfica para poder observar fácilmente la evolución de cada tratamiento, a lo largo de la fermentación.

De los datos de pH, acidez total, acidez volátil, grados de alcohol y azúcares reductores residuales se determinaron los valores de “F”, significancia estadística en el análisis de varianza y se realizó una prueba de medias con la ayuda del paquete informático de estadística JMP versión 3.2.2 del instituto SAS.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis físicos y químicos

Los porcentajes de humedad obtenidos en las distintas variedades de manzana utilizadas en el presente estudio, se consignan en la Tabla 1.

Los porcentajes de humedad obtenidos en la tabla 1 son similares a los reportados por Dè Ravel D’Esclapon, (1970), quienes indican que las manzanas tienen un 84 % de agua. Aún si es un poco más elevado en los resultados que obtuvimos, podemos considerar que esta diferencia no es muy importante. Este hecho nos puede sugerir que la región de

Querétaro es apta para la producción de manzana ya que este cultivo se obtiene sin el uso de riego y que si el suministro de agua fuese insuficiente, esto se hubiera reflejado en el contenido de agua de estas manzanas.

Tabla 1: Porcentaje de humedad en la pulpa de los frutos de dos variedades de manzana utilizadas en este estudio.

	<i>Red Delicious</i>	<i>Golden Delicious</i>
Porcentaje de humedad	84.94	85.40
Desviación estándar	1.47	1.48

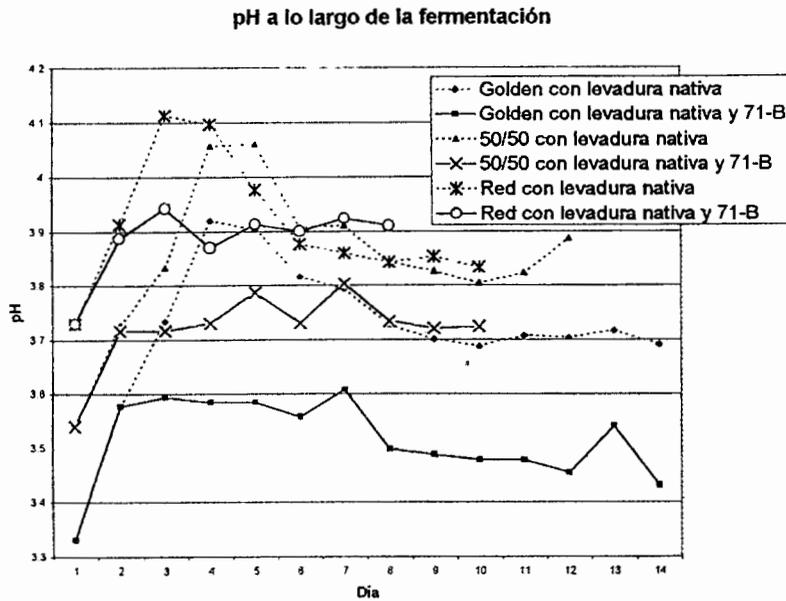
Medias provenientes de 10 lecturas

5.1.1. Seguimiento de la fermentación

5.1.1.1. El pH:

Como podemos observar en la Fig. 1, hay un aumento del pH al inicio de la fermentación pasando de, aproximadamente, 3.35 a 3.9 para el tratamiento de *Golden* con levadura nativa, 3.35 a 3.6 para el tratamiento de *Golden* con levadura nativa y 71-B, 3.55 a 3.7 para el tratamiento de 50/50 con levadura nativa, 3.55 a 4.05 para el tratamiento de 50/50 con levadura nativa y 71-B, 3.75 a 3.9 para el tratamiento de *Red* con levadura nativa, y 3.75 a 4.1 para el tratamiento de *Red* con levadura nativa y 71-B. En seguida, hay una cierta estabilización al cuarto o quinto día, alrededor de 3.5 para el tratamiento de *Golden* con levadura nativa, 3.7 para los tratamientos de *Golden* con levadura nativa y de 50/50 con levadura nativa y 71-B, 3.85 para los tratamientos de 50/50 con levadura nativa y de *Red* con levadura nativa, y 3.9 para el tratamiento de *Red* con levadura nativa y 71-B. Es notable el hecho de que el pH inicial de *Golden Delicious* sea mayor al de *Red Delicious*, siendo las mezclas intermediarias. Esto se debe probablemente a que la acidez expresada en gramos de ácido málico de *Golden Delicious* sea de 6 a 7 g/l, mientras la de *Red Delicious* es de “solamente” de 4 a 5 (Trillot *et al.*, 1993). El aumento del pH al inicio de la fermentación se debe probablemente a la acción de levaduras, aún si parece sorprendente que los tratamientos a los cuales se les agregó la levadura 71-B presentan mayores niveles de acidez, a pesar de que se supone que esta levadura tiene la propiedad de degradar el ácido málico. Además, observamos que, sorprendentemente, el aumento del pH al inicio de la fermentación es mayor en los tratamientos que no llevan la levadura 71-B, pero estos

fermentos luego se acidifican y se estabilizan. En los medios que llevan la levadura 71-B, el pH llega directamente, o casi, al equilibrio.



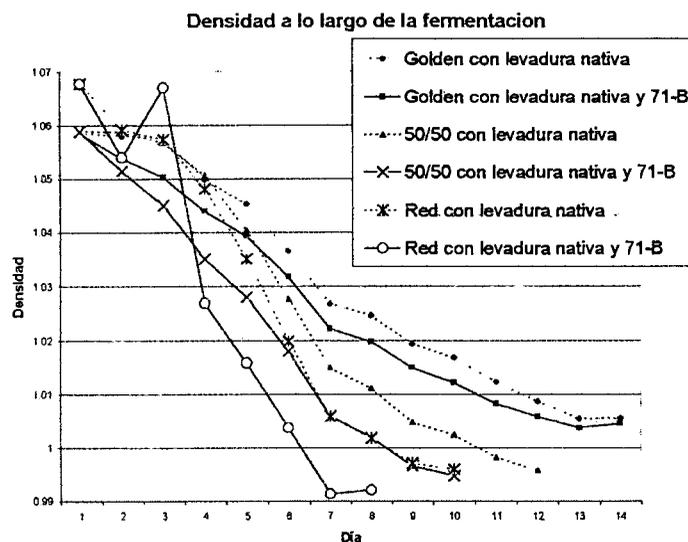
Gráfica 1: Evolución del pH a lo largo de la fermentación

5.1.1.2. Densidad

En la Fig. 2, podemos apreciar la evolución de la densidad durante la fermentación. Ésta disminuye notablemente, pasando de alrededor de 1.06 a más o menos 1.00. Esta evolución de la densidad se debe a que en el proceso de fermentación se transforman los azúcares disueltos en alcohol y CO₂; de este último se desprende una gran proporción del líquido ya que a temperatura y presión normal, la capacidad de una solución (como lo es en este caso el fermento) de contener CO₂ disuelto es reducida. La masa volúmica del alcohol siendo inferior a la de los azúcares disueltos y a la misma del agua del fermento, el aumento de la proporción de alcohol y la disminución de la proporción de azúcares disueltos conlleva a la disminución de la densidad del fermento. El comportamiento errático del tratamiento 1 al inicio de la fermentación (segundo día) puede deberse a un error o al mismo proceso de fermentación. Podemos notar también que los tratamientos con *Red Delicious* fermentaron más rápidamente que los de *Golden Delicious*; siendo nuevamente las mezclas intermedias. Pudiera ser que la acidez inicial del mosto haya influido sobre la proliferación y/o supervivencia de las levaduras o sobre el mismo proceso de fermentación.

Cabe recordar que la acidez inicial del jugo de *Golden Delicious* es mayor a la de *Red Delicious*, siendo las mezclas intermediarias.

Por otra parte, los tratamientos con levadura agregada fermentaron más rápidamente que aquellos con la sola levadura nativa. Esto último puede deberse a que en estos tratamientos, la cantidad total de levaduras presentes fuese mayor, teniendo una mayor cantidad de microorganismos para llevar a cabo la fermentación alcohólica. Es posible que, entonces, la levadura 71-B tenga una mayor capacidad para transformar a los azúcares (tiene un rendimiento de un grado de alcohol por 16.2 a 16.8 gramos de azúcar) que las levaduras nativas.



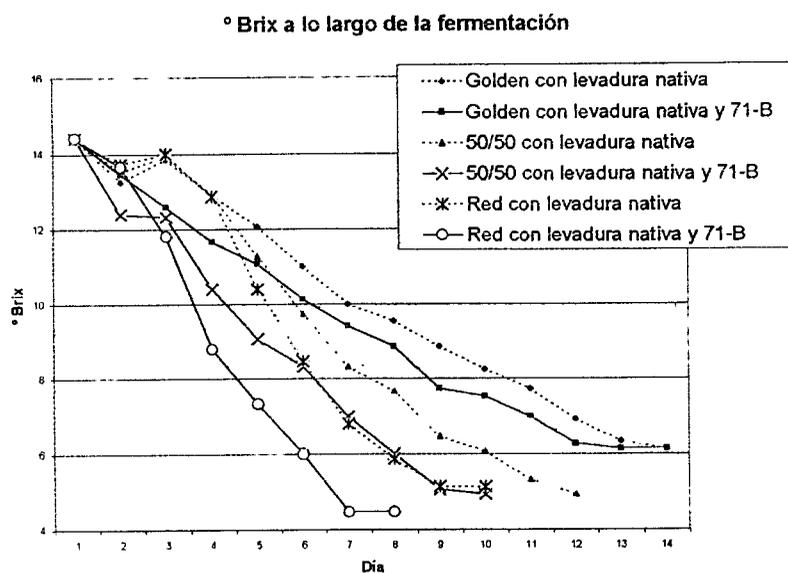
Gráfica 2: Evolución de la densidad a lo largo de la fermentación

5.1.1.3. °Brix:

En la Fig. 3 se aprecia la evolución de los grados Brix a lo largo de la fermentación. Éstos disminuyen notablemente en el transcurso de la fermentación, pasando de más de 14 a alrededor de 5. Los grados Brix, que representan los sólidos disueltos disminuye al ser transformados los azúcares en alcohol (el cual no es un sólido) por la acción de las levaduras. El hecho de que todas las mezclas tuvieran el mismo valor de °Brix al inicio se debe muy probablemente a la mera casualidad. El comportamiento errático de varios tratamientos al inicio de la fermentación puede deberse al mismo proceso de fermentación

que involucra una fase de multiplicación de las levadura. Podemos notar que al igual que sucede en la Fig. 2, los tratamientos con *Red Delicious* fermentaron más rápidamente que los de *Golden Delicious*; siendo las mezclas intermediarias. Las razones son muy probablemente las mismas.

Por otra parte, los tratamientos con levadura agregada fermentaron más rápidamente que aquellos con la sola levadura nativa. Esto último puede deberse a que en estos tratamientos, la cantidad total de levaduras presentes fuese mayor, teniendo una mayor cantidad de microorganismos para llevar a cabo la fermentación alcohólica. Es muy interesante ver que estas curvas son extraordinariamente similares a las dadas en la Fig. 2. De este hecho, podemos concluir que la densidad y los °Brix son igualmente válidos para determinar el avance de la fermentación de la sidra. Esto es lógico si nos recordamos que el proceso de fermentación es un proceso en donde se transforma el azúcar en alcohol con el desprendimiento de dióxido de carbono; al ser reemplazado el azúcar disuelto por el alcohol, el cual tiene una masa volumétrica menor, disminuye a su vez el contenido de azúcar (o °Brix) y la densidad del líquido.



Gráfica 3: Evolución de los grados Brix a lo largo de la fermentación

5.1.2. Sidra terminada

5.1.2.1. Acidez total, pH y acidez volátil

a) Análisis de varianza

De acuerdo con la Tabla 2, podemos decir que los valores de “F” obtenidos para acidez total, acidez volátil y pH son estadísticamente altamente significativos para las diferentes mezclas de jugo de manzana, pero que no hay diferencia significativa para estas variables según los diferentes tratamientos en cuanto a las levaduras. En las interacciones, existe diferencias altamente significativas, lo cual era de esperar si existen diferencias según el tipo de mezclas.

Tabla 2: Valores de “F” y Significancia estadística en el análisis de varianza para las variables consideradas al final de la fermentación

Fuente de variación	Acidez total g Ác. Málico/ L	Acidez Volátil g Ác. Acético/ L	pH
1. Tipo de mezcla	15.12**	30.87**	8.97**
2. Tipo de levadura	1.23 N.S.	0.05. N.S.	1.80 N.S.
3. Interacción	15.02**	10.46**	9.47**

** Diferencias a $p \leq 0.01$

* Diferencias a $p \leq 0.05$

N.S.: No significancia

b) Prueba de medias

- Tipo de mezcla

Gracias a la prueba de medias en la Tabla 3, podemos ver que los tratamientos con *Golden Delicious* son los que se diferencian de los demás. En estos tratamientos, la acidez total, la acidez volátil y el pH son mayores. El pH es simplemente el reflejo (logarítmico) de que la acidez total sea mayor. La acidez volátil más elevada en *Golden* nos dice que hubo un inicio de fermentación acética en estos tratamientos. A pesar de ello, el hecho de que el acidez total sea tan elevada no puede deberse únicamente a la acidez volátil, por lo que debe estar presente otro ácido en los tratamientos con *Golden* que explique la gran diferencia entre la acidez total de estos tratamientos con los demás.

Tabla 3 Prueba de medias para acidez total, acidez volátil y pH en función del tipo de mezcla de manzana utilizada

Mezcla	Acidez total g Ác. Málico/ L	Acidez Volátil g Ác. Acético/ L	pH
1. <i>Golden</i>	9.25 a	1.76 a	3.56 a
2 <i>Red</i>	2.85 b	0.26 b	3.87 b
3. 50 y 50	4.19 b	0.55 b	3.81 b

Letras distintas después del valor de la media denotan diferencias estadísticas (Student, $t \leq 0.05$)

- Tipo de levadura

En la tabla 4, confirmamos que no existe diferencia estadística en cuanto a la acidez total, la acidez volátil y el pH a $t \leq 0.05$ según los tratamientos de levaduras. Con ello, podemos suponer que las levaduras nativas y la levadura 71-B son igualmente eficiente en cuanto a la acidez total, la acidez volátil y el pH del fermento obtenido.

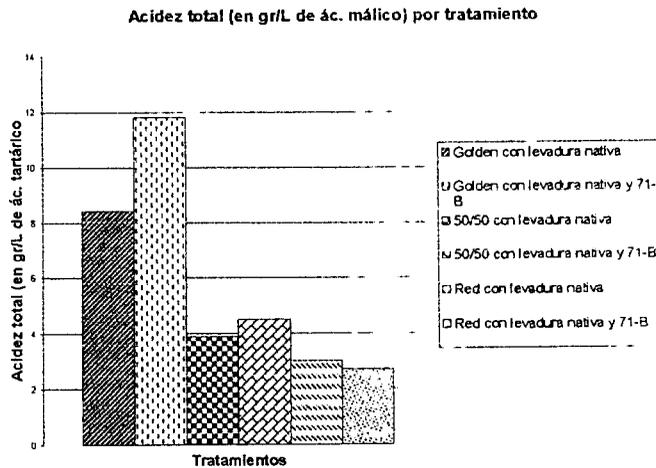
Tabla 4: Prueba de medias para acidez total, acidez volátil y pH en función del tipo de levadura utilizada

Tratamiento	Acidez total g Ác. Málico/ L	Acidez Volátil g Ác. Acético/ L	pH
1. Levadura nativa sola	4.53 a	0.90 a	3.80 a
2. Levadura adicionada	6.33 a	0.82 a	3.69 a

Letras distintas después del valor de la media denotan diferencias a $t \leq 0.05$
Acidez volátil expresada en gramos de ácido acético por litro):

c) Interacción del tipo de mezcla con la levadura.

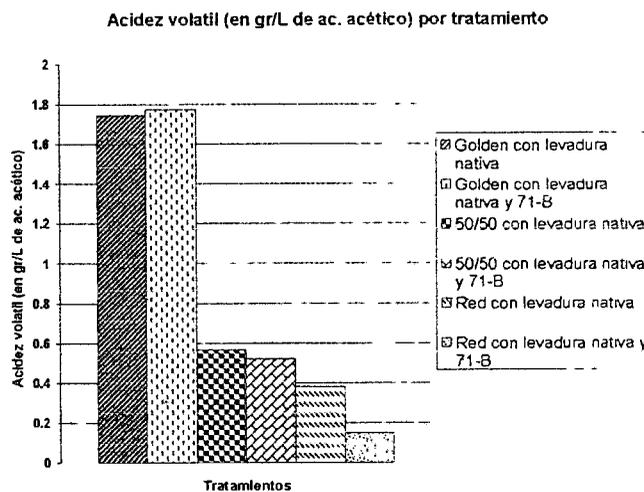
Acidez total (expresada en gramos de ácido málico por litro):



Gráfica 4: Acidez total por tratamientos

En la gráfica 4, vemos claramente que ambos tratamientos de *Golden* destacan por su elevada acidez total (alrededor de 10 cuando las demás oscilan alrededor de 3).

Acidez volátil (expresada en gramos de ácido acético por litro):



Gráfica 5: Acidez volátil por tratamientos

En la gráfica 5, observamos que ambos tratamientos de *Golden* tienen una acidez volátil más elevada (más o menos 1.7 gramos de ácido acético por litro mientras los demás tratamientos se encuentran entre 0.1 y 0.6). Aquí podemos observar que pareciera que la

acidez volátil de *Red* con levadura nativa y 71-B sea menor a la de los tratamientos 50/50 y de *Red* con levadura nativa.

5.1.2.2. Grado alcohólico y azúcares residuales (expresados en gramos de azúcares invertidos por litro)

a) Análisis de varianza

Es notable en la tabla 4 que en los grados de alcohol y los azúcares reductores existe una diferencia estadísticamente altamente significativa según las mezclas de manzana y las interacciones, pero no existe diferencia según las levaduras.

Tabla 4: Valores de "F" y Significancia estadística en el análisis de varianza para las variables de grados alcohólicos y de azúcares reductores consideradas al final de la fermentación

Fuente de variación	Grados de alcohol	Azúcares reductores
A: Tipo de mezcla	21.73**	15.69**
B. Tipo de levadura	0.01 N.S.	0.06 N.S.
Interacción (A x B)	6.93**	8.32**

** Diferencias a $p \leq 0.01$

* Diferencias a $p \leq 0.05$

N.S.: No significancia

b) Prueba de medias

- Tipo de mezcla

Gracias a la prueba de medias de la tabla 5, podemos ver que los tratamientos con *Golden Delicious* son estadísticamente distintos a los demás, siendo menor los grados de alcohol y mayor la cantidad de azúcares reductores. Esto es muy fácil de entender si nos recordamos que el alcohol es el producto de la transformación del azúcar. Si nos recordamos la tabla 2, notamos que la acidez volátil es también mayor en los tratamientos con *Golden Delicious*. Como el ácido acético, el cual es el principal componente de la acidez volátil, proviene del alcohol a través de una fermentación acética, no nos es difícil suponer que una parte del alcohol se degradó en ácido acético. Quizás el hecho de que el

jugo de esta variedad fuese más ácido desde el inicio fuese un factor que influyó sobre su fermentación, pero para averiguarlo, se requiere de mayores investigaciones.

Tabla 5: Prueba de medias para acidez total, acidez volátil y pH en función del tipo de mezcla de manzana utilizada

Tratamiento	Grados de alcohol	Azúcares reductores Gr/L
1. <i>Golden</i>	5.96 a	27.35 a
2. <i>Red</i>	8.94 b	4.41 b
3. 50 y 50	8.42 b	8.36 b

Letras distintas después del valor de la media denotan diferencias a $t \leq 0.05$

- Tipo de levadura

La tabla 6 nos confirma que no haya diferencia estadística a $t \leq 0.05$ entre las diferentes levaduras en cuanto a los grados de alcohol y a los azúcares residuales. Por los grados de alcohol, de 7.81 para la levadura nativa y 7.73 para la levadura nativa y la cepa 71-B, se puede considerar que esta sidra es una sidra seca (con más de 5 ° de alcohol). La cantidad de azúcares, de 12.65 gramos por litro en los tratamientos con levadura nativa y 14.09 gramos por litro en los tratamientos con levadura nativa y 71-B, está mediana, pero hablaremos de esto más en detalle en la gráfica 7.

Tabla 6: Prueba de medias para acidez total, acidez volátil y pH en función del tipo de levadura utilizada

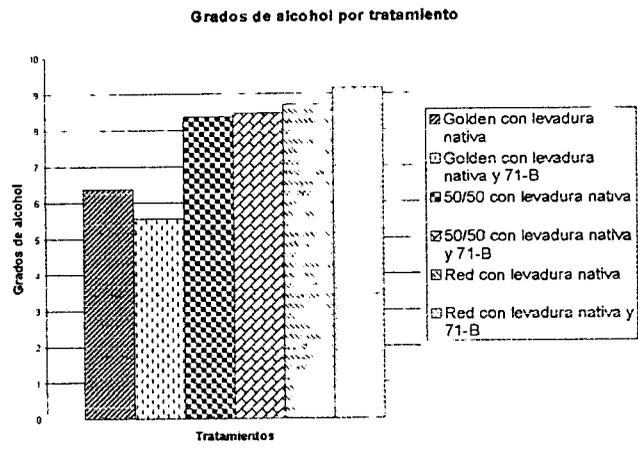
Tratamiento	Grados de alcohol	Azúcares reductores Gr/L
1. Levadura nativa sola	7.81 a	12.65 a
2. Levadura nativa y levadura adicionada	7.73 a	14.09 a

Letras distintas después del valor de la media denotan diferencias a $t \leq 0.05$

Interacción de la mezcla de manzana con la levadura en el grado alcohólico.

En la gráfica 6, vemos que los grados de alcohol son de aproximadamente 6 para los tratamientos con *Golden*, mientras son de alrededor de 7.5 para los demás tratamientos. En la gráfica, es claro que no haya diferencia relevante según las levaduras. El hecho de que

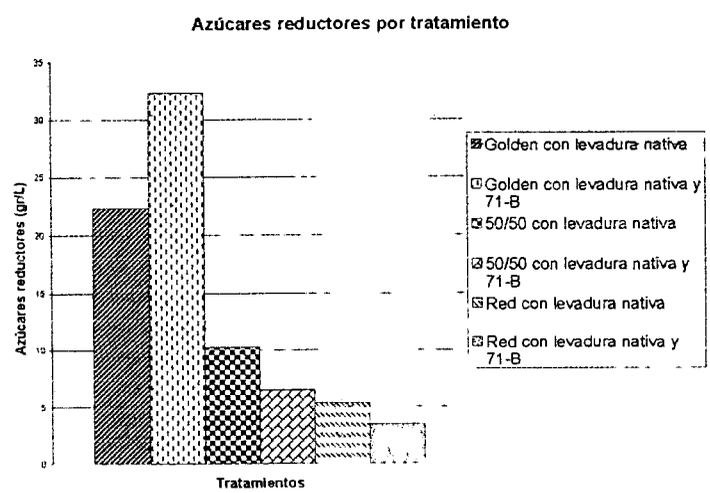
los tratamientos con Golden tengan menos alcohol se debe seguramente a que cierta proporción de este se haya fermentado a ácido acético (ver gráfica 5) así como al hecho de que no todo el azúcar haya fermentado a alcohol (ver gráfica 7). A pesar de ello, podemos considerar que toda la sidra obtenida sea sidra bruta (con más de 5 grados de alcohol).



Gráfica 6: Grados de alcohol por tratamientos

Interacción de la mezcla de manzana con la levadura en los azúcares reductores.

Aquí, observamos que la cantidad de azúcares reductores presentes según los tratamientos corresponden perfectamente con los grados de alcohol, lo que era de esperar si consideramos que el alcohol proviene de la fermentación de estos azúcares. Como cabe esperar, la cantidad de azúcares es mucho mayor en los tratamientos con Golden pudiéndose considerar estas sidras como sidras secas dulce (a pesar de la aparente contradicción). En los demás tratamientos, la cantidad de azúcares es mas bien reducida y se pueden considerar como sidras secas en todo el sentido de la denominación.



Gráfica 7: Azúcares reductores por tratamientos

5.2. Análisis sensorial: prueba de preferencia (prueba de Kramer).

27 personas participaron en el ensayo. En la tabla 7, se presentan los resultados de las 20 que han sido escogidas aleatoriamente.

Tabla 7. Calificación de las muestras con base en el método de Kramer

Tratamiento	Lugar						Total	
	1	2	3	4	5	6		
<i>Golden Delicious</i> , sin levadura agregada	10	5	2	1	1	1	41	a
<i>Golden Delicious</i> , con levadura agregada	6	9	1	1	0	3	49	a
Mezcla 50/50, sin levadura agregada	0	2	5	6	1	6	82	b
Mezcla 50/50, con levadura agregada	2	1	4	8	3	2	75	b
<i>Red Delicious</i> , sin levadura agregada	1	2	5	2	6	4	82	b
<i>Red Delicious</i> , con levadura agregada	1	1	3	2	9	4	89	c

Clasificación a $t \leq 0.05$ de acuerdo al anexo 5

Números diferentes designan diferencias

Se consideraron los tratamientos como no predeterminados.

En base a estos resultados, no es difícil decir que el consumidor común prefiere a la sidra hecha con jugo de *Golden Delicious*, a pesar de que no haya fermentada completamente y que haya habido cierta fermentación acética. Las mezclas 50/50 y la *Red* con levadura nativa fueron consideradas en general como mediocres. Destaca el hecho de que la *Red* con levadura nativa y 71-B fue considerada como siendo peor que las otras (estadísticamente hablando) a pesar de que se supone que esta levadura tenga la propiedad de proporcionar sabor.

En los comentarios, destaca que a los consumidores, les haya gustado por sus aromas y por su dulzura, aún si la sidra con levadura agregada les haya parecido un poco demasiado ácida. A casi todos los participantes, las sidras elaboradas a partir de *Red Delicious* les pareció totalmente desabrida o hasta amargo y desagradable. Muchos notaron su falta de azúcar. Es notable que a dos franceses que hayan participado les gustó más la mezcla 50/50 con levadura agregada. Según sus comentarios, tienen la ventaja de ser menos ácidos y dulces que las con *Golden Delicious*, pero descartaron a las obtenidas a partir de *Red Delicious* por insípidos.

6. Conclusiones

El contenido de agua en las manzanas es superior al 80%, lo cual está conforme a lo esperado y corresponde a la humedad normal en manzanas frescas, recién cosechadas.

El pH del jugo de manzana en fermentación aumenta al inicio, disminuye y se estabiliza en los tratamientos con levadura nativa, pero el pH del jugo de los tratamientos con levadura nativa y 71-B aumenta al inicio y se estabiliza inmediatamente. Resultó que el pH inicial de *Golden Delicious* es mayor al de *Red Delicious*, el pH de las mezclas siendo intermedio.

El valor de los grados Brix disminuye a lo largo de la fermentación hasta llegar alrededor de 5 en donde se estabiliza. Hay cierta variación en el inicio (días 2 y 3) de la fermentación, la cual se debe probablemente al hecho de que se activen y multipliquen las levaduras.

La curva de la densidad es muy parecida a la de los grados Brix salvo en los días 2 y 3 en donde las curvas tienen cierta diferencia, pero aparte de esta etapa correspondiendo a la activación y multiplicación de las levaduras, podemos considerar que la densidad y los °Brix son igualmente válidos para determinar el avance de la fermentación de la sidra.

La fermentación del jugo de *Red Delicious* es más rápida que el de *Golden Delicious*. La fermentación del jugo de las mezclas es intermedia. Si nos reportamos a la gráfica 1, vemos que el pH de los tratamientos con *Golden* es más bajo y el de los tratamientos con *Red* es mayor, las mezclas siendo intermedias. Esto puede significar que el pH inicial del jugo que se propone fermentar tiene su importancia sobre la calidad del producto final (tanto en cuanto a la velocidad de la fermentación, los grados de alcohol obtenidos, la acidez total, la acidez volátil y los azúcares residuales). Por lo anterior, podemos inferir que si el pH inicial es bajo, esto perjudica a la activación y multiplicación de las levaduras.

Los tratamientos con levadura agregada fermentaron más rápidamente que los con la sola levadura nativa. Esto se debe probablemente a que la cantidad de microorganismos fue mayor.

En el producto final, el pH, la acidez total, la acidez volátil, los grados de alcohol y los azúcares reductores no son diferentes si se ha utilizado solamente levadura nativa o si se ha utilizado levadura nativa y levadura 71-B.

La sidra obtenida a partir de *Golden Delicious* tiene menos grados de alcohol, más azúcares reductores y más acidez volátil. Se debe probablemente a una menor fermentación alcohólica y a cierta fermentación acética.

La sidra obtenida a partir de *Golden Delicious* fue preferida por el consumidor gracias a su sabor y dulzura, siendo rechazadas las obtenidas a partir de *Red Delicious* por desabridas (aún si según las estadísticas el tratamiento de Red con levadura nativa fue considerada como mediocre, los voluntarios comentaron que era insípida). Las mezclas tuvieron una aceptación intermedia.

7. ANEXOS

Anexo 1: Nombres, municipios y localidad de las personas participantes al concurso de manzanas de donde se aprovechó las manzanas. También se indica la variedad de manzana que concursó.

No.	Propietario	Municipio	Localidad	Variedad
1	Guadalupe Torres	San Joaquín		Golden
2	Guadalupe Torres	San Joaquín		Red
3	Juan Casas Martínez	San Joaquín	San Joaquín	Red
4	Juan Casas Martínez	San Joaquín	San Joaquín	Golden
5	Antonio González Ledezma	Cadereyta	El Suspiro	Golden
6	Víctor Maqueda	Cadereyta	El suspiro	Golden
7	Pedro Olvera Ortiz	Cadereyta	El Doctor	Golden
8	Gabino Ramos Marínes	Cadereyta	Esperanza	Red
9	José Vega Martínez	Cadereyta	El Doctor	Gigante
10	José Vega Martínez	Cadereyta	El Doctor	Golden
11	José Vega Martínez	Cadereyta	El Doctor	Golden
12	Juan Mariño Redis	Cadereyta	El Socavón	Golden
13	Clemente Ledezma González	San Joaquín	El Durazno	Gigante
14	María González Vega	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Golden
15	María González Vega	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Red
16	Senovia Godoy	Cadereyta	Socavón	Golden
17	Carlos González	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Golden
18	Quirino Monroy Ledezma	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Red
19	Abdon González Reséndiz	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Golden
20	Pompello Reséndiz Reséndiz	San Joaquín	Los Pozos	Gigante
21	José Domingo Arteaga Mendoza	San Joaquín	Santana	Red
22	José Domingo Arteaga Mendoza	San Joaquín	Santana	Golden
23	Apolinar Trejo	Cadereyta	El Doctor	Golden
24	Domingo Arteaga Mendoza	San Joaquín	Santa Ana	Red
25	Domingo Arteaga Mendoza	San Joaquín	Santa Ana	Golden
26	Ma. Carmen Carranza	Cadereyta	El Sarro	Golden
27	Pedro Reséndiz Briseño	San Joaquín	Los Pozos	Starking
28	Andrónico Briseño Trejo	Cadereyta	El Suspiro	Golden
29	Don Alberto Aguilar	Cadereyta	El Limón	Golden

30	Apolinar Trejo	Cadereyta	El Doctor	Red
31	José Luis Velázquez Ortiz	Cadereyta	El Doctor	Golden
32	Pascual Reséndiz	Cadereyta	El Socavón	Red
33	Benito Reséndiz Trejo	Cadereyta	El Suspiro	Golden
34	Cipriano Alvarado	Cadereyta		Golden
35	Cipriano Alvarado	Cadereyta		Red
36	Francisco Carranza	Cadereyta	El Sarro	Red
37	Heriberto Torres Martínez	San Joaquín	San Joaquín	Red
38	Venancio Ledezma González	San Joaquín	El Durazno	Red
39	Domingo Arteaga	San Joaquín	Santa Ana	Golden
40	Domingo Arteaga	San Joaquín	Santa Ana	Red
41	Jovito Zea González	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Golden
42	José Morán Monroy	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Golden
43	José Luis González R.	Cadereyta	La Esperanza	Red
44	Carlos González Herrera	Cadereyta	Loma de Guadalupe	Golden
45	Benito Reséndiz	Cadereyta	El Socavón	Red
46	Benito Reséndiz	Cadereyta	El Socavón	Golden
47	Raúl González Martínez	Cadereyta	El Suspiro	Red
48	Raúl González Martínez	Cadereyta	El Suspiro	Golden
49	Bulmaro Velázquez	Cadereyta	El Doctor	Red
50	Wenseslao Ramos Martínez	Cadereyta	La Esperanza	Red
51	Longino Ángeles	Cadereyta	Sta. Ma. De Gracia	Golden
52	Jesús González R.	Cadereyta	La Esperanza	Red
53	Ma. Antonia Arteaga Ramos	Cadereyta	La Esperanza	Golden
54	Lidia Vega Muñoz	Cadereyta	El Fiscal	Red
55	Javier Trejo V.	Cadereyta	El Doctor	Golden
56	Clemente González Monroy	Cadereyta	Agua Fría	Golden
57	Mauro Erreguín Morán	Cadereyta	El Doctor	Golden
58	Mauro Erreguín Morán	Cadereyta	El Doctor	Red
59	Efrén Ramos Martínez	Cadereyta	La Esperanza	Red
60	Jesús González A.	Cadereyta	La Esperanza	Golden
61	Clemente González M.	Cadereyta	Agua Fría	Red
62	José Luis González R.	Cadereyta	La Esperanza	Golden
63	José Luis González R.	Cadereyta	La Esperanza	Golden
64	José Luis González R.	Cadereyta	La Esperanza	Red
65	Idelfonso Cárdenas Ledezma	Cadereyta	El Sotero	Red

Anexo 2: Materiales utilizados.

- Manzanas (*Golden Delicious*, *Red Delicious* y, para los ensayos preliminares, una variedad local denominada "la rayada").
- Un cuchillo (para partir las manzanas).
- Un extractor de jugo comercial marca Moulinex.
- Vitroleros de 20 litros y 1.8 litros.
- Lana en hilo.
- Servilletas en rollo.
- Un local fresco en donde llevar a cabo la fermentación.
- Un picnómetro de 25 ml.
- Una balanza analítica. Marca Sartorius, AC 211S, N° 70507018.
- Un aparato de destilación.
- Varios vasos de precipitado (de 100 ml, 250 ml y 500 ml)
- Un pHmetro. Marca HANNA instruments, N° HI 8521.
- Un refractómetro manual. Marca ATAGO, N_1E.
- Una bureta automática.
- Una termobalanza. Marca OHAUS, Modelo MB 200, N° S 324.
- Una placa de calentamiento. Marca LINDBerg, N° 53066.

Anexo 3: Factor F por el cual hay que multiplicar la masa de agua contenida en el picnómetro pyrex a t °C, para calcular el volumen del picnómetro a 20 °C.

t °C	F												
10.0	1.000398	13.0	1.000691	16.0	1.001097	19.0	1.001608	22.0	1.002215	25.0	1.002916	28.0	1.003704
.1	1.000406	.1	1.000703	.1	1.001113	.1	1.001627	.1	1.002238	.1	1.002941	.1	1.003731
.2	1.000414	.2	1.000714	.2	1.001128	.2	1.001646	.2	1.002260	.2	1.002966	.2	1.003759
.3	1.000422	.3	1.000726	.3	1.001144	.3	1.001665	.3	1.002282	.3	1.002990	.3	1.003787
.4	1.000430	.4	1.000738	.4	1.001159	.4	1.001684	.4	1.002304	.4	1.003015	.4	1.003815
10.5	1.000439	13.5	1.000752	16.5	1.001175	19.5	1.001703	22.5	1.002326	25.5	1.003041	28.5	1.003843
.6	1.000447	.6	1.000764	.6	1.001191	.6	1.001722	.6	1.002349	.6	1.003066	.6	1.003871
.7	1.000456	.7	1.000777	.7	1.001207	.7	1.001741	.7	1.002372	.7	1.003092	.7	1.003899
.8	1.000465	.8	1.000789	.8	1.001223	.8	1.001761	.8	1.002394	.8	1.003117	.8	1.003928
.9	1.000474	.9	1.000803	.9	1.001239	.9	1.001780	.9	1.002417	.9	1.003143	.9	1.003956
11.0	1.000483	14.0	1.000816	17.0	1.001257	20.0	1.001800	23.0	1.002439	26.0	1.003168	29.0	1.003984
.1	1.000492	.1	1.000829	.1	1.001273	.1	1.001819	.1	1.002462	.1	1.003194	.1	1.004013
.2	1.000501	.2	1.000842	.2	1.001290	.2	1.001839	.2	1.002485	.2	1.003222	.2	1.004042
.3	1.000511	.3	1.000855	.3	1.001306	.3	1.001859	.3	1.002508	.3	1.003247	.3	1.004071
.4	1.000520	.4	1.000868	.4	1.001323	.4	1.001880	.4	1.002531	.4	1.003273	.4	1.001099
11.5	1.000530	14.5	1.000882	17.5	1.001340	20.5	1.001900	23.5	1.002555	26.5	1.003299	29.5	1.004128
.6	1.000540	.6	1.000895	.6	1.001357	.6	1.001920	.6	1.002578	.6	1.003326	.6	1.004158
.7	1.000550	.7	1.000909	.7	1.001374	.7	1.001941	.7	1.002602	.7	1.003352	.7	1.004187
.8	1.000560	.8	1.000923	.8	1.001391	.8	1.001961	.8	1.002625	.8	1.003379	.8	1.004216
.9	1.000570	.9	1.000937	.9	1.001409	.9	1.001982	.9	1.002649	.9	1.003405	.9	1.004245
12.0	1.000580	15.0	1.000951	18.0	1.001427	21.0	1.002002	24.0	1.002672	27.0	1.003432	30.0	1.004275
.1	1.000591	.1	1.000965	.1	1.001445	.1	1.002023	.1	1.002696	.1	1.003458		
.2	1.000601	.2	1.000979	.2	1.001462	.2	1.002044	.2	1.002720	.2	1.003485		
.3	1.000612	.3	1.000993	.3	1.001480	.3	1.002065	.3	1.002745	.3	1.003513		
.4	1.000623	.4	1.001008	.4	1.001498	.4	1.002086	.4	1.002769	.4	1.003540		
12.5	1.000634	15.5	1.001022	18.5	1.001516	21.5	1.002107	24.5	1.002793	27.5	1.003567		
.6	1.000645	.6	1.001037	.6	1.001534	.6	0.002129	.6	1.002817	.6	1.003594		
.7	1.000656	.7	1.001052	.7	1.001552	.7	1.002151	.7	1.002842	.7	1.003621		
.8	1.000668	.8	1.001067	.8	1.001570	.8	1.002172	.8	1.002866	.8	1.003649		
.9	1.000679	.9	1.001082	.9	1.001589	.9	1.002194	.9	1.002891	.9	1.003676		

Anexo 4: Tabla de las masas volúmicas aparentes de las mezclas hidroalcohólicas, picnómetros en pyrex. Masas volúmicas corregidas del empuje del aire.

t °C	Alcohol volúmico en %																			
	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
19 °	998.39	1.50	996.89	1.46	995.43	1.43	994.00	1.39	992.61	1.36	991.25	1.32	989.93	1.29	988.64	1.26	987.38	1.23	986.15	1.21
	0.19		0.19		0.19		0.19		0.19		0.19		0.20		0.20		0.21		0.22	
20 °	998.20	1.50	996.70	1.46	995.24	1.43	993.81	1.39	992.42	1.36	991.06	1.33	989.73	1.29	988.44	1.27	987.17	1.24	985.93	1.22
	0.20		0.20		0.20		0.20		0.21		0.21		0.21		0.22		0.22		0.23	
21 °	998.00	1.50	996.50	1.46	995.04	1.43	993.61	1.40	992.21	1.36	990.85	1.33	989.52	1.30	988.22	1.27	986.95	1.25	985.70	1.23
	0.21		0.21		0.21		0.21		0.21		0.22		0.22		0.23		0.24		0.24	
t °C	Alcohol volúmico en %																			
	10		11		12		13		14		15		16		17		18		19	
19 °	984.94	1.18	983.76	1.16	982.60	1.13	981.47	1.12	980.35	1.10	979.25	1.09	978.16	1.07	977.09	1.07	976.02	1.06	974.96	1.06
	0.23		0.24		0.24		0.26		0.27		0.28		0.29		0.30		0.31		0.33	
20 °	984.71	1.19	983.52	1.16	982.36	1.15	981.21	1.13	980.08	1.11	978.97	1.10	977.87	1.08	976.79	1.08	975.71	1.08	974.63	1.07
	0.24		0.24		0.26		0.26		0.27		0.28		0.29		0.31		0.33		0.34	
21 °	984.47	1.19	983.28	1.18	982.10	1.15	980.95	1.14	978.81	1.12	978.69	1.11	977.58	1.10	976.48	1.10	975.38	1.09	974.29	1.09
	0.24		0.26		0.28		0.29		0.30		0.31		0.33		0.33		0.35		0.35	
t °C	Alcohol volúmico en %																			
	20		21		22		23		24		25		26		27		28		29	
19 °	973.90	1.06	972.84	1.06	971.78	1.08	970.70	1.08	969.62	1.10	968.52	1.11	967.41	1.14	966.27	1.16	965.11	1.18	963.93	1.21
	0.34		0.36		0.38		0.39		0.41		0.42		0.45		0.46		0.47		0.49	
20 °	973.56	1.08	972.48	1.08	971.40	1.09	970.31	1.10	969.21	1.11	968.10	1.14	966.96	1.15	965.8	1.17	964.64	1.20	963.44	1.23
	0.36		0.37		0.38		0.40		0.42		0.44		0.45		0.46		0.49		0.50	
21 °	973.20	1.09	972.11	1.09	971.02	1.11	969.91	1.12	968.79	1.13	967.66	1.15	966.51	1.16	965.3	1.20	964.15	1.21	962.94	1.25
	0.36		0.37		0.40		0.41		0.42		0.44		0.45		0.48		0.49		0.51	

Anexo 5: Tabla de rangos totales requeridos para una significancia al 5 % (Prueba de Kramer).

N° de repeticiones	Número de tratamientos, o Rangos de las muestras										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2				3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18	5-19	5-21
3		4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25	9-27	10-29
4		5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36	8-39	9-43
		5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31	14-34	15-37
5		6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43	12-48	13-52
	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38	18-42	20-45
6	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51	17-55	18-60
	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45	23-49	25-53
7	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58	21-63	22-69
	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51	28-56	30-61
8	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64	25-71	27-77
	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57	33-63	36-68
9	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71	30-78	32-85
	11-16	14-22	17-28	20-34	23-44	26-46	29-52	32-58	35-64	38-70	41-76
10	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78	35-85	37-93
	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50	34-56	37-63	40-70	44-76	47-83
11	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	36-85	39-93	42-101
	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76	49-83	53-90
12	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91	44-100	47-109
	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-73	50-82	54-90	58-98
13	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-88	45-98	49-107	52-117
	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89	59-97	64-105
14	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104	54-114	57-125
	18-24	23-35	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	54-86	59-95	65-103	70-112
15	19-26	23-37	28-47	32-58	37-68	44-79	48-89	50-100	54-111	58-122	63-132
	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	59-91	64-101	70-110	75-120
16	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117	63-129	68-140
	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	62-98	69-107	75-117	81-127
17	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124	68-136	73-148
	22-29	28-40	35-50	41-61	48-71	54-82	61-92	67-103	74-113	81-123	87-134
18	23-31	29-43	34-56	40-68	46-80	52-92	57-103	61-118	68-130	73-143	79-155
	24-30	30-42	37-53	44-64	51-73	58-86	63-97	72-108	79-119	86-130	93-141
19	24-33	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136	78-150	84-163
	25-32	32-44	39-56	47-67	54-79	62-90	69-102	76-114	84-125	91-137	99-148
20	26-34	32-48	39-61	45-95	52-88	58-102	65-113	71-129	77-143	83-157	90-170
	26-34	34-46	42-58	50-70	57-83	65-95	73-107	81-119	89-131	97-143	105-155

Anexo 6: Datos (relevantes e irrelevantes)

Ensayo 1:

Se usaron 6.0 Kg de manzana rayada.

Volumen de jugo obtenido: 2.822 litros

Eficiencia jugo/manzana: 47.03 %

Ensayo 2:

Se usaron 8.0 Kg de manzana rayada.

Volumen de jugo obtenido: 3.480 litros

Eficiencia jugo/manzana: 43.50 %

Golden Delicious:

Se obtuvieron 198 manzanas.

10 fueron utilizadas para determinar el porcentaje de humedad

Peso total usado: 26.5 Kg (de 188 manzanas)

Volumen de jugo obtenido: 15.42 litros

Eficiencia jugo/manzana: 58.19 %

Red Delicious:

Se obtuvieron 280 manzanas.

10 fueron utilizadas para determinar el porcentaje de humedad

Peso total usado: 25.9 Kg (Nº de manzanas no determinado)

Volumen de jugo obtenido: 14.86 litros

Eficiencia jugo/manzana: 57.37 %

8. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Requejo, S. 1988. El manzano. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – Quinta edición. Editorial AEDOS, S.A. Barcelona. España.
- Amerine, M.A. y V.L. Singleton. 1971. Wine, an introduction for americans. University of California Prez USA.
- Anónimo. 1989 Méthodes d'évaluation sensorielles des aliments. ENSAM (École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier)- Chaire de Technologie-Oenologie. Francia.
- Anónimo. 1978 El cultivo del manzano en Zacatecas. INIA, CIANOC. 70 pp. México.
- Bauchard, J. 1994 Fruits d'ici et d'ailleurs. Éditions Ouest-France. Francia.
- Beuchat, L.R. 1987 Food and beverage mycology – Second edition. Avi Book. USA.
- Boulay, H. 1965 Arboricultura y producción frutal. De AEDOS Barcelona. España.
- Casida, Jr, L.E. 1968. Industrial microbiology. John Wiley & Sons. USA
- CEE. 1990 Journal Officiel des Communautés Européenne. Analyses des mousts et des vins. Luxemburg. 2676/90: 52-57.
- CONAFRUT 1972 La manzana. Aspecto de su cultivo y aprovechamiento. CNF, SAG, Serie de Divulgación. Folleto N° 4: 1-14.
- De Beaulieu, F y H. Ronné. 2000. Les cidres et leurs eaux-de-vie Editions Ouest-France. Rennes Francia.
- Delahaye, T y P. Vin. 1997. Le pommier. Acte Sud Francia
- De la Torre, P. 1982 Tesis. Niveles de giberelinas en yemas florales de manzano con diferente número de horas frío recibidas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de México. México D.F. México.
- De Ravel D'Esclapon, G. 1970. Variedades Americanas de Manzanas Oikos-tau S.A. Barcelona. España
- Desrosier, N.W. 1977. Elementos de tecnología de alimentos. Compañía Editorial Continental S.A de C.V. México.
- FAO. 1999 FAOSTAT. Internet: <http://apps.fao.org>
- Flores Ramirez, N. 2000. Evaluación de la fermentación maloláctica inducida en vinos tintos del CV Ruby Cabernet, obtenidos por dos métodos de vinificación y dos cepas de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Querétaro Querétaro. México. pp. 48-58.
- González López, F. J. 1978. Métodos caseros y semi-industriales de conservación de manzana. CIAN, SARH, INIA. México.
- González Alejandro, P., S. T. Abelardo Alfonso, A.A. Gómez Gomez, I. Caamal Cauich. 1999 Producción y comercialización de manzana en México Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Heywood, V H. 1985 Las plantas con flores. Editorial Reverté, S.A. España.
- Hiscox, G D y A A Hopkins. 1995. Gran Enciclopedia práctica de recetas industriales y fórmulas domésticas Tomo II. Segunda edición. Ediciones Gustavo Gili, SA. México.
- Hubert. 1999 Texte du montage audiovisuel sur la fabrication du cidre Ecomusée du Pays de Rennes Francia
- INEGI. 1998 Cultivos Perennes de México-VII Censo Agropecuario. México

- Killen, T.J., E.E. García y S.G. Beck. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden. Bolivia.
- Larousse. 1993. Encyclopédie Universelle. Larousse Editions. Francia. p. 8.
- Leroux, B. 1996. Meilleures recettes de la cuisine au cidre. Ouest-France. Francia.
- Martínez Peniche, R. y M. Pérez Molina. Febrero 1997. La planta de manzano. Querétaro Tiempo nuevo. Epoca II. Año XII. Nº 138. Pp. 42-46.
- Ministère de l'agriculture. 1989. Exercices de laboratoire - Tome I. Ecole Supérieure d'Oenologie de Montpellier. Francia.
- Navarre, J.P. y C. Navarre. 1986. Manuel d'oenologie. Éditions J.B. Baillière. Paris. Francia.
- Olivieri, C. 1989. Analyse des mousts et des vins. École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Francia.
- Peynaud, E. 1977. Enología práctica - conocimiento y elaboración del vino. Mundi-Prensa. España.
- Prescott, S.C. y C.G. Dunn. 1962. Microbiología industrial - Tercera edición. Aguilar S.A. de Ediciones. España.
- Rabillon, J.F. 1999. Le Journal. ISSN. Francia.
- Trillot, M., A. Masseron y C. Tronel. 1993. Pomme les variétés. Ctifl. Francia.
- Umbreit, W.W. 1960. Applied Microbiology. Volumen 2. Academic Press. USA.
- Wallace, T. 1965. Producción comercial de manzanas y peras. Editorial ACRIBIA. España.