

¡1250 LIBROS PARA LLEVAR EN SU BOLSILLO!

La velocidad, comodidad y movilidad son suyas. El e-GO! Library Español es una forma innovadora para tener y mantener un suministro fresco y abundante de grandes títulos. Es el mejor entretenimiento y fácil de obtener. El e-GO! Library Español es una unidad flash de memoria USB que pone a miles de los mejores libros de la actualidad su bolsillo!

Cargue su Kindle, iPad, Nook, o cualquier dispositivo con una variedad de ficción y no ficción. En su tiempo libre, elija entre sus temas, títulos y autores independientes favoritos y categorías como: romance, ciencia ficción, misterios, finanzas, biografías, negocios y muchos más.

- ✓ **1,000 LIBROS** independientes más populares
- ✓ **BONO-** 250 títulos clásicos
- ✓ **CONTENIDO ÚNICO** / Autores independientes
- ✓ **LLAVE USB PRECARGADA** de 4GB

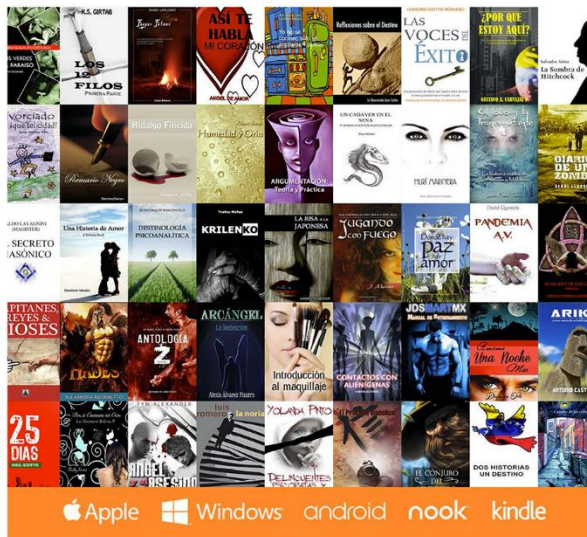
LOS MEJORES

1,000 LIBROS

+250 CLASICOS DE REGALO

e-GO!
Library *Español*

- ✓ Total portabilidad y conveniencia
- ✓ Más de 32 categorías precargadas
- ✓ No necesita internet
- ✓ Perfecto para leer mientras viaja



- ✓ **SIRVE CON TODOS** los lectores y dispositivos
- ✓ **IDEAL** para viajar
- ✓ **AHORRA** innumerables horas de Descargas
- ✓ **EL REGALO** Perfecto

VER MÁS

Análisis (químico) y control (digital) en la producción del vino.

Proyecto acorde a la orden de 26-09-2003 de las Consejerías de Educación y Ciencia y Tecnología para la realización de trabajos de investigación científica en Educación Secundaria en el marco del Plan Regional de investigación Científica y Desarrollo Tecnológico y el plan Regional de Innovación de Castilla-La Mancha

I.E.S. CRISTÓBAL PÉREZ PASTOR DE
TOBARRA (ALBACETE)

PROFESORES TUTORES: JORGE MUÑOZ RODENAS, MERCEDES RODENAS PASTOR Y
JESÚS RUIZ FELIPE

PARTE 1^a

1. INTRODUCCIÓN
2. FERMENTACIÓN
3. EVOLUCIÓN DE LA DENSIDAD
4. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES
 - 4.1 REFRACTÓMETRO
 - 4.2 CONSTRUCCIÓN DE UN REFRACTÓMETRO
5. EVALUACIÓN DEL GRADO DE ALCOHOL.
6. LEVADURAS
7. ÁCIDOS
 - 7.1 ACIDEZ TOTAL
8. pH
9. BIBLIOGRAFÍA

1. Introducción.

El vino es un líquido que se obtiene por fermentación espontánea del jugo de uva fresca, es espontánea porque en la misma uva se encuentra siempre depositado el *saccharomyces cerevisie*. El mosto o jugo de uva es un líquido que contiene de 70 a 80% de agua; el 20% restante está constituido por glucosa, tartrato ácido de potasio (cremor tártaro), taninos, sustancias colorantes, sustancias minerales, etc. La fermentación alcohólica corresponde a la reacción química efectuada por las levaduras, en que el azúcar presente en la uva es transformado en alcohol, liberándose dióxido de carbono y energía en forma de calor. El vino es una bebida moderadamente alcohólica. El alcohol del vino procede del azúcar de la uva, dando cada 17,5 gramos de azúcar un grado de alcohol, que es un uno por cien en volumen. Cuando las levaduras han transformado todo el azúcar en alcohol, la fermentación se termina y el vino está técnicamente seco.



Durante la fermentación alcohólica los azúcares del mosto son transformados por las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en etanol y CO₂, obteniéndose el vino.

El alcohol del vino es el etanol o alcohol etílico. Los vinos se hallan entre valores de alcohol de 10° a 14° (diez a catorce grados). En nuestra región (denominación de origen Jumilla) los vinos tintos suelen estar comprendidos entre 13° y 14°.

Entre las características de los vinos están: grado alcohólico, acidez, contenido de azúcares, etc.

Depositamos el mosto en las cubetas donde se realiza la fermentación, la cual durará, aproximadamente unos 29 días. En el proyecto controlamos parámetros que van evolucionando a lo largo del proceso de fermentación. Antes se fundamenta teóricamente el objeto de nuestras medidas (medida del grado por refracción y densidad, reacciones exotérmicas, transformaciones químicas más generales...)

2. Fermentación

La importancia de la vid es extraordinaria. Las uvas constituyen uno de los frutos más apreciados, nutritivos y ricos en vitamina C. Pero el valor mayor de las uvas es la elaboración por fermentación del mosto o jugo de sus frutos, que origina el vino, y todos los productos derivados de él como alcoholes, vinagres, etc. Las uvas maduras son transportadas a la bodega y después de su recepción y pesaje se pasan por maquinarias especiales llamadas moledoras que rompen el grano uniformemente, a fin de obtener un rendimiento máximo de mosto y facilitar la extracción de las sustancias tánicas y colorantes del hollejo, separando el "escobajo" o material sólido de sostén del racimo, del resto del mosto. El mosto así obtenido se envía a las cubas de fermentación.

Partimos de uva de la variedad Monastrell. El proceso de fermentación duró unos 29 días. Al no haber estado en contacto el caldo con el hollejo obtendremos un vino Rosado, procedente de uva roja.

Diariamente tomamos temperatura y densidad hasta que acaba de evolucionar. En ese momento lo trasegamos y lo dejamos reposar otro mes para limpiarlo por gravedad. El proceso químico se produjo entre los 18° y 19°, la cual es una temperatura óptima. Por debajo de 18°C la fermentación no se realiza en buenas condiciones y por encima de los 35°C, esta resulta tumultuosa, empeorando la calidad del vino. Corregimos el mosto dejándolo en 40 mg/l de metasulfito potásico y 0.5 g/l de ácido tartárico

En los jugos de uva sin fermentar los análisis más comunes se refieren a la determinación de densidad, azúcares reductores y ácidos, el resultado de estos tres análisis es suficiente para calificar cualitativamente el mosto.

3. Evolución de la densidad

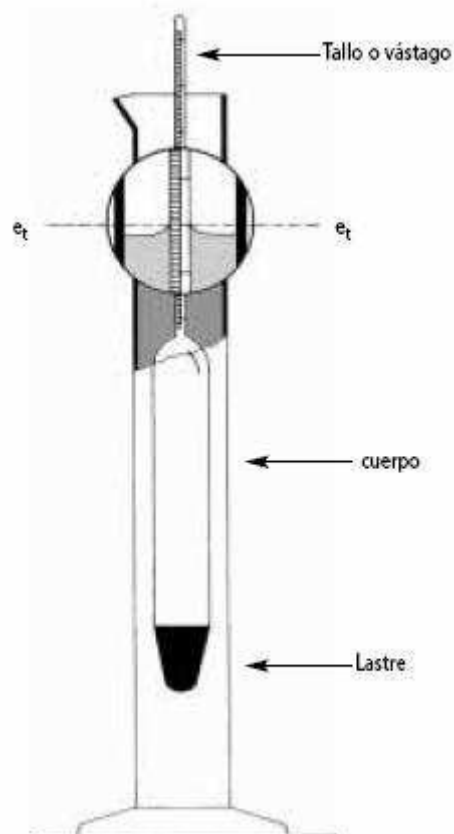
La densidad del mosto, como magnitud expresiva de la cantidad de azúcares reductores de un jugo de uva, puede determinarse de manera sencilla y con suficiente exactitud siguiendo diversos protocolos, siendo el más común el que utiliza un pesamostos de cristal, que en realidad se trata de un densímetro adaptado para las muestras de zumo de uva.

Análisis (químico) y control (digital) en la producción del vino.

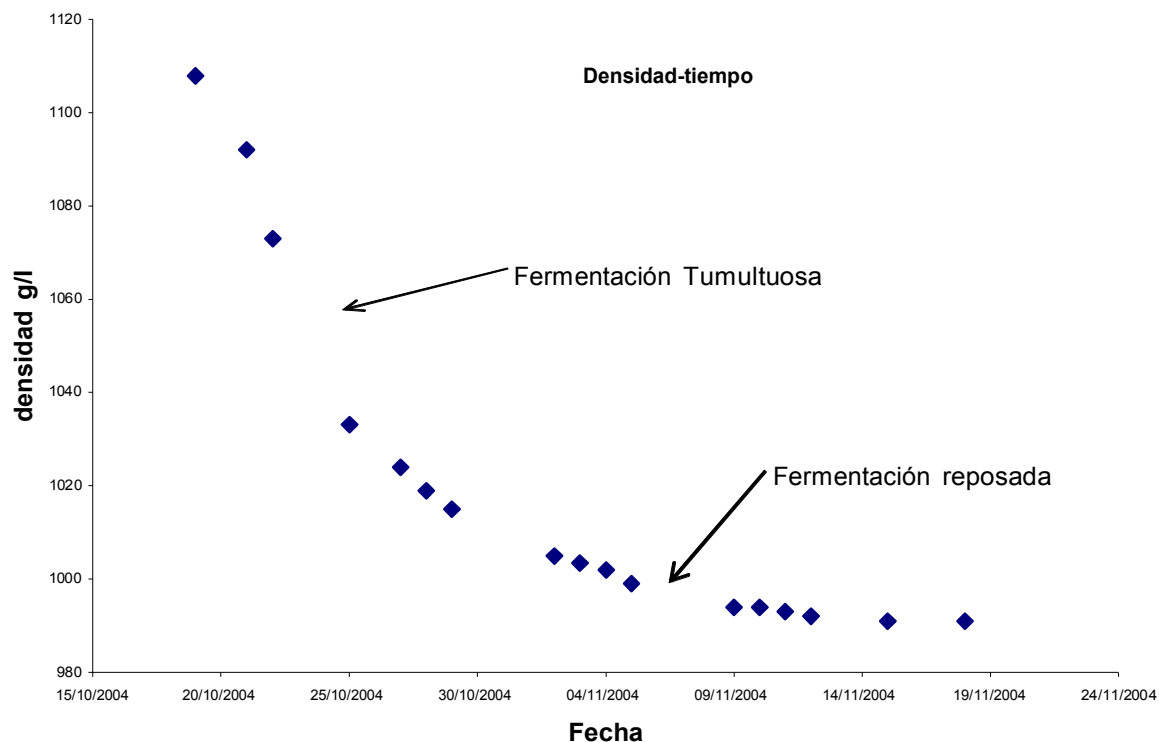
La escala de este aparato indica las dos últimas cifras de la lectura de densidad, de tal manera que si leemos en el pesamostos 85, significa que la densidad del mosto es 1,085 g/l. Estos pesamostos están ajustados para una temperatura de 20°C. El contenido de azúcar del mosto estudiado puede calcularse en g/l.

Colocamos la muestra en una probeta y sumergimos el densímetro en ella. La probeta debe ser lo suficientemente alta para que el densímetro flote libremente en ella sin tocar las paredes ni el fondo. Hacemos girar el densímetro dentro del líquido para que no toque las paredes y para que se desprendan las burbujas que pueda tener pegadas. Si hay espuma en la muestra hay que esperar a que se vaya.

Se lee en la escala el nivel en el que flota el instrumento. La lectura se realiza por encima del menisco que se forma.



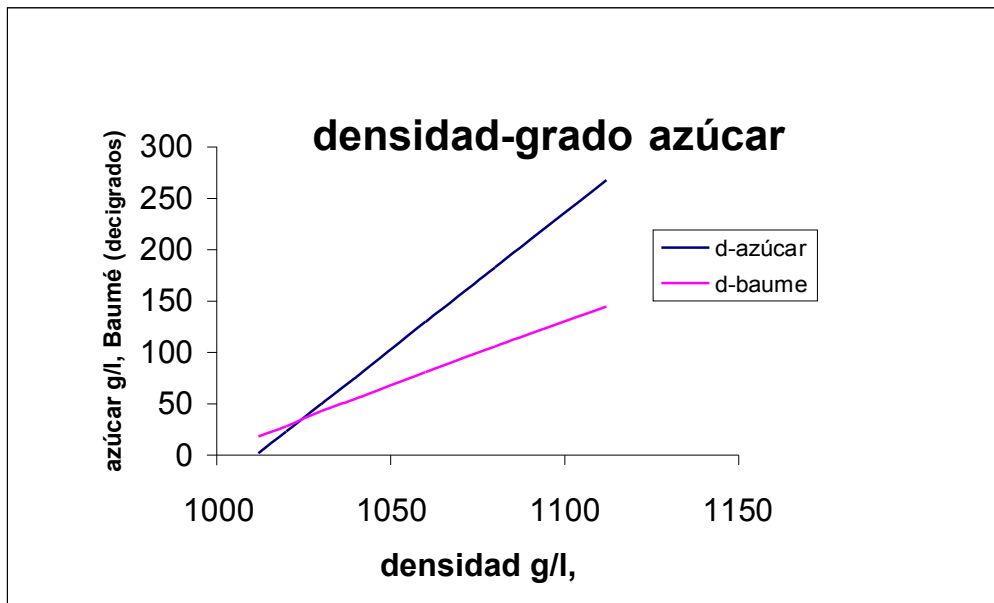
En el gráfico se muestra la evolución de la densidad (g/cm^3) durante los días de fermentación.



El mosto, a temperatura favorable, comienza a fermentar, al principio lentamente, pero a las pocas horas comienza una fermentación tumultuosa con un gran desprendimiento de gas. Este periodo es de dos semanas aproximadamente.

Seguidamente comienza una segunda etapa de fermentación, no tan violenta, más reposada ya que el azúcar ha fermentado en el periodo anterior. En algún momento que parece que la fermentación ha enmudecido, la activamos mediante trasiegos que favorecen la aireación, y continúa la evolución de la densidad, hasta llegar a una marca de 991 lo que indica una alta graduación en alcohol. En estos momentos se dice que el vino está técnicamente seco.

En el siguiente cuadro establecemos una correspondencia entre la densidad y el grado de azúcar (y el grado Baumé que es otra manera de medir el grado de azúcar). Así observamos que el azúcar desaparece y se transforma en alcohol. (la densidad del mosto va disminuyendo).



4. Determinación de azúcares reductores

La refractometría es un método indirecto que determina la concentración de azúcar de un mosto mediante la medida del índice de refracción (n).

4.1 Refractómetro

El refractómetro es un instrumento que se usa para determinar el contenido en azúcar de las uvas midiendo el índice de refracción del mosto. De esta manera se establecen los °Brix, °Baumé, que posee el mosto. La temperatura de medida estándar es de 20°C. El funcionamiento del refractómetro se basa en las variaciones que experimenta la refracción de un líquido al modificarse su contenido de sustancias disueltas.

Propagación de la luz: índice de refracción y camino óptico

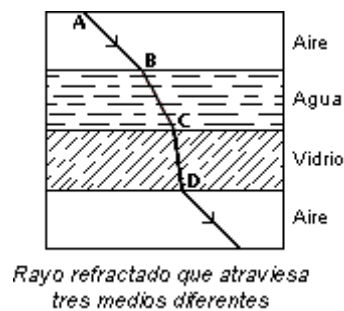
Cuando una onda de cualquier tipo alcanza la frontera de dos medios distintos, una parte de su energía se transmite al segundo medio, dando lugar en el segundo medio a otra onda de características semejantes las de la onda incidente y que recibe el nombre de onda transmitida. Otra parte de la energía se emplea en generar otra onda que se propaga hacia atrás en el primer medio y que se llama onda reflejada.

Llamamos n_1 y n_2 los índices de refracción de cada medio. El índice de refracción de un medio es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío ($3 \cdot 10^8$ m/s) y la velocidad de la luz en ese medio. No tiene unidades y siempre es mayor o igual que 1.

Leyes de la refracción

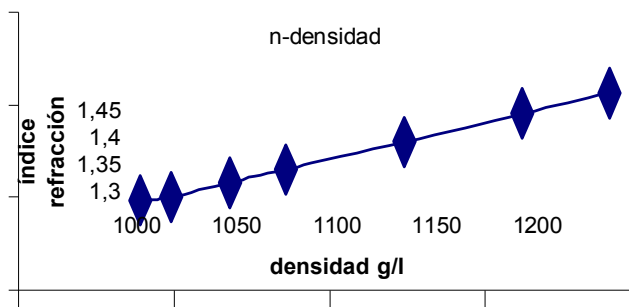
Al otro lado de la superficie de separación los rayos no conservan la misma dirección que los de la onda incidente:

1. Cada rayo de la onda incidente y el correspondiente rayo de la onda transmitida forman un plano que contiene a la recta normal a la superficie de separación de los dos medios.
2. El ángulo que forma el rayo refractado con la normal (ángulo de refracción) está relacionado con el ángulo de incidencia: $n_1 \sin i = n_2 \sin r$.



Este procedimiento no es aplicable a las muestras de vino (solo al mosto antes de comenzar a fermentar), puesto que el contenido en alcohol nos daría una medida errónea del índice de refracción de la muestra.

Cuanto mayor sea la concentración de los azúcares de un mosto, más denso será éste y menor la velocidad con que la luz lo atraviese, provocando un cambio en el n . Así se puede establecer una relación entre la concentración de azúcar y el índice de refracción.





Para construir este gráfico se prepararon muestras de azúcar disuelta en agua, y se midió el índice de refracción mediante dos refractómetros, uno calibrado en la escala Baumé y otro en Brix. Se coloca una gotita de jugo de uva en el prisma del refractómetro. Luego se apunta el refractómetro a un fuerte foco de luz y, enfocando su ocular dará una lectura en la escala del refractómetro, en grados Brix o Baumé.

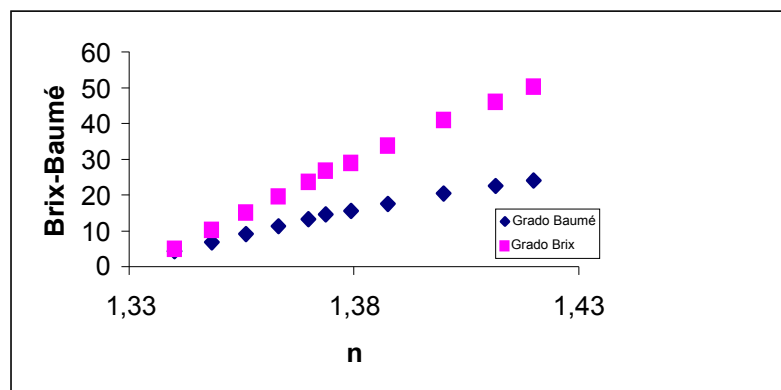
su ocular dará una lectura en la escala del refractómetro, en grados Brix o Baumé.

Brix	grado probable	Baumé	Densidad g/l	n	Disolución g/l
8,5	4,5	5,5	1040	1,348	75g
11,7	5,75	6,45	1047	1,35	100g
16,4	8,9	9,1	1068	1,358	150g
20,8	11,5	11,7	1088	1,365	200g
29,4	17,2	15,9	1124	1,38	300g
	23,5	20,1	1162	1,395	400g
				1,407	500g

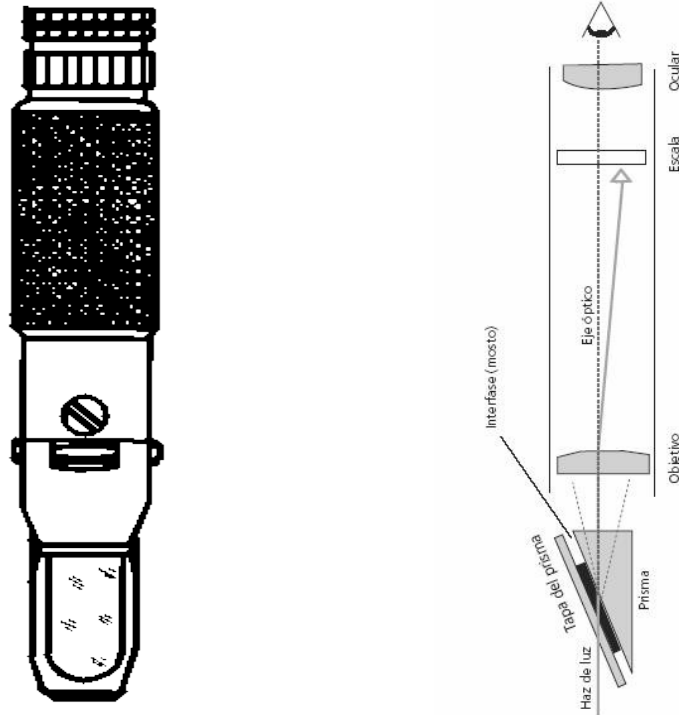
El n y el °Brix se relacionan por las fórmulas siguientes en el intervalo de 15-25°Brix.

$$n = (0,00166 \times \text{°Brix}) + 1,33063$$

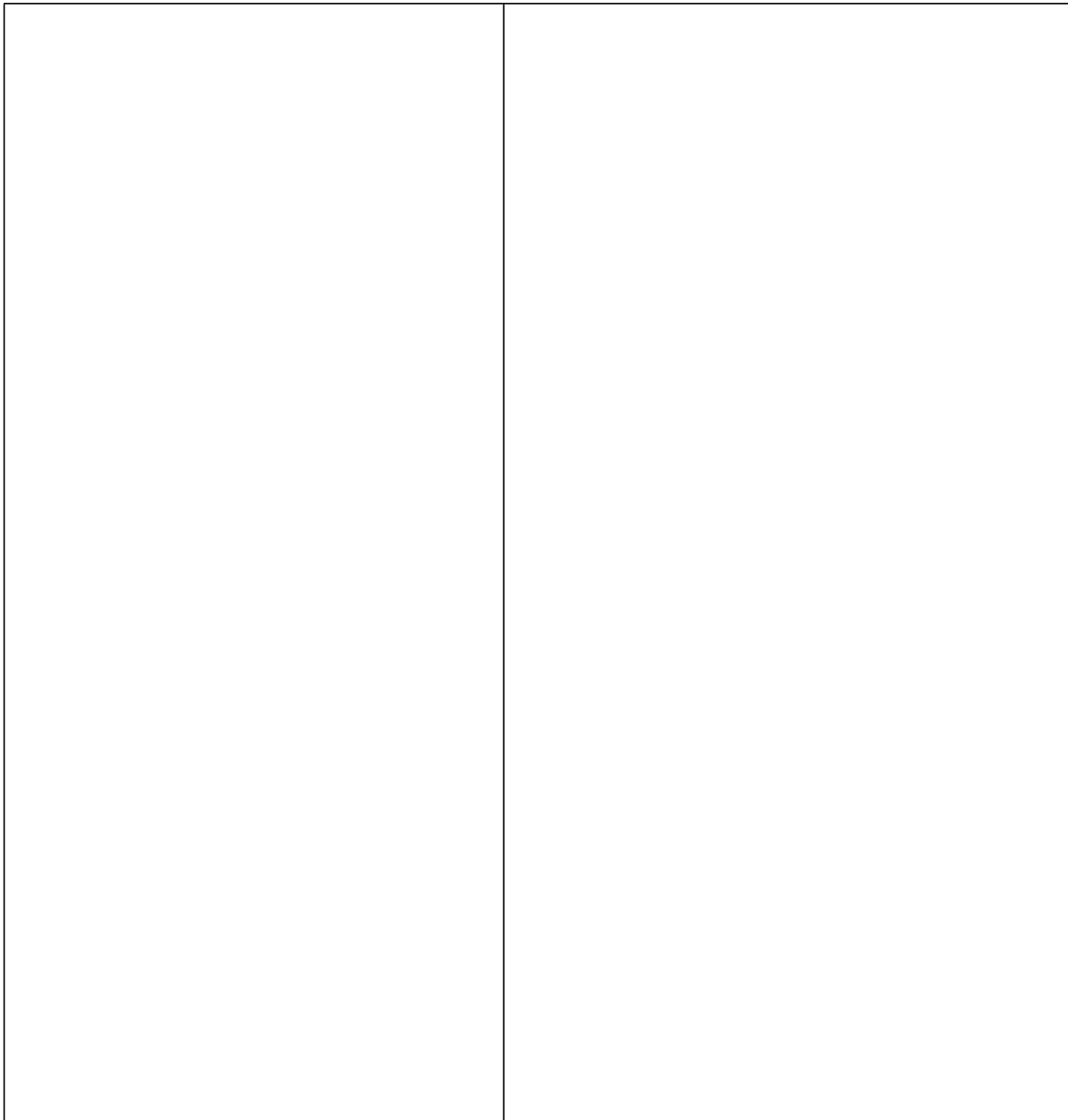
$$\text{°Brix} = (600,90502 \times n) - 799,58215.$$



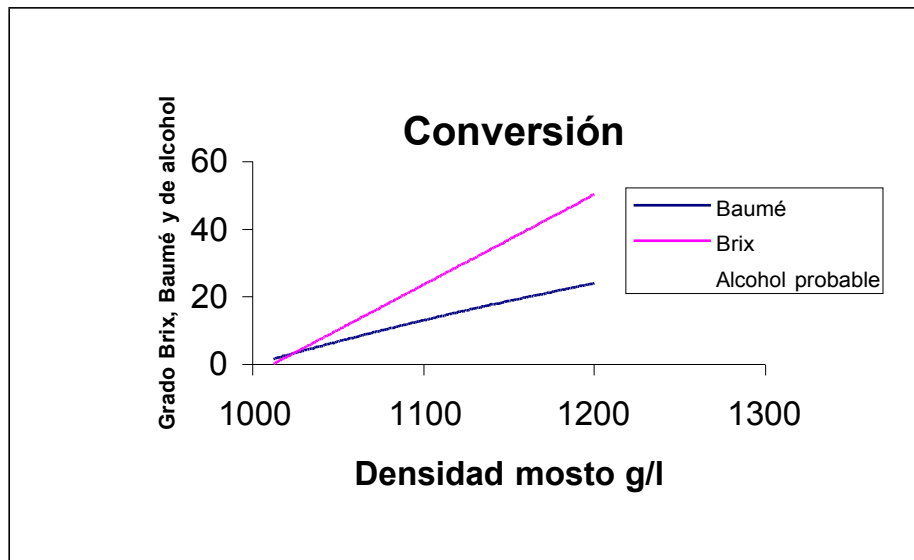
Estos grados, por su exactitud, son la nueva medida utilizada en la elaboración para saber la cantidad de gramos de azúcar que contiene la uva. Los grados deben ser convertidos mediante una tabla de equivalencias a gramos.



Por ejemplo, si la lectura del refractómetro nos indica 22° Brix, nos indica 218 gramos de azúcar según la tabla de azúcares reductores, lo que es equivalente a 12,45° de alcohol en la fermentación. Esta cifra se obtiene dividiendo los gramos de azúcar entre 17,5 que es una constante. Es la relación entre la lectura refractométrica y los azúcares reductores. Al medir el mosto en grados Baumé, Brix, estamos midiendo el índice de refracción, o sea indirectamente la cantidad de azúcar contenida en el mosto, al igual que cuando medimos la densidad estamos controlando ese mismo parámetro gramos de azúcar por litro.



Diseñamos un refractómetro, similar al que se usan en las cooperativas para medir el grado de azúcar. A través de un cubo de paredes paralelas se hace atravesar un láser, midiendo la desviación del rayo. La luz atraviesa una disolución de azúcar conocida, así sabiendo la concentración de la disolución y el índice de refracción construimos un refractómetro, el cual se ajusta bastante bien a los datos tabulados experimentalmente. Las muestras que analizamos con el refractómetro construido obtienen resultados parecidos al refractómetro que usamos de la marca Atago y Sopelem, en escala Baumé y Brix. Estos grados mantienen la siguiente relación:



4.2 Construcción de un refractómetro

En el proyecto construimos un refractómetro con el fin de que funcionara introduciendo una muestra de una sustancia que lleva disuelta una cantidad de azúcar. Hacemos pasar luz procedente de un rayo láser y a partir de la desviación de este rayo, determinamos la cantidad de azúcar disuelta.

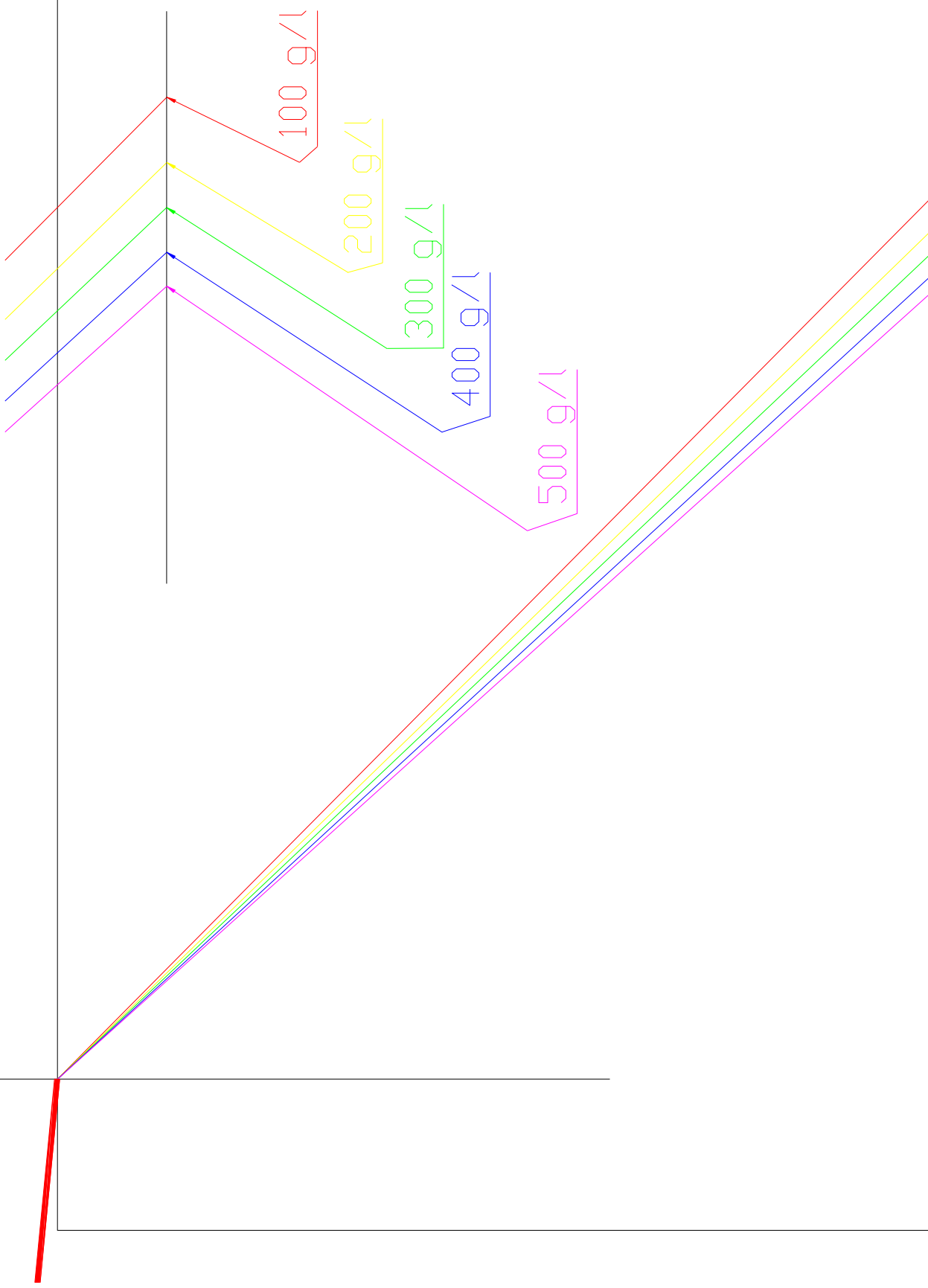
Procedemos del siguiente modo. Preparamos muestras de azúcar disuelta e agua en las cantidades de 0, 75, 100, 150, 200, 300, 400 y 500 gramos por litro de disolución.

Los introducimos en un recipiente rectangular de vidrio de dimensiones 21x1,35 cm y paredes de cristal muy finas. Con una cartulina blanca señalada vamos siguiendo el camino óptico del rayo láser, a la entrada y a la salida del recipiente de vidrio que contiene la muestra. Ambos rayos, a la entrada y a la salida deben ser paralelos. Midiendo la separación entre los rayos a partir de cálculos simples calculamos además el índice de refracción. Para el agua destilada obtenemos un n de 1,33 lo cual nos da una validez de nuestra propuesta. En principio, introduciendo una muestra de una densidad desconocida podemos averiguar qué cantidad de azúcar lleva disuelta. Incluimos un esquema de los rayos ópticos dibujados.

(Utilizamos el convenio de colores según el cual el azul se desvía más que ningún otro al atravesar un prisma, ya que el índice de refracción n depende de la frecuencia del rayo, del color).

LASER

REFRACTOMETRO



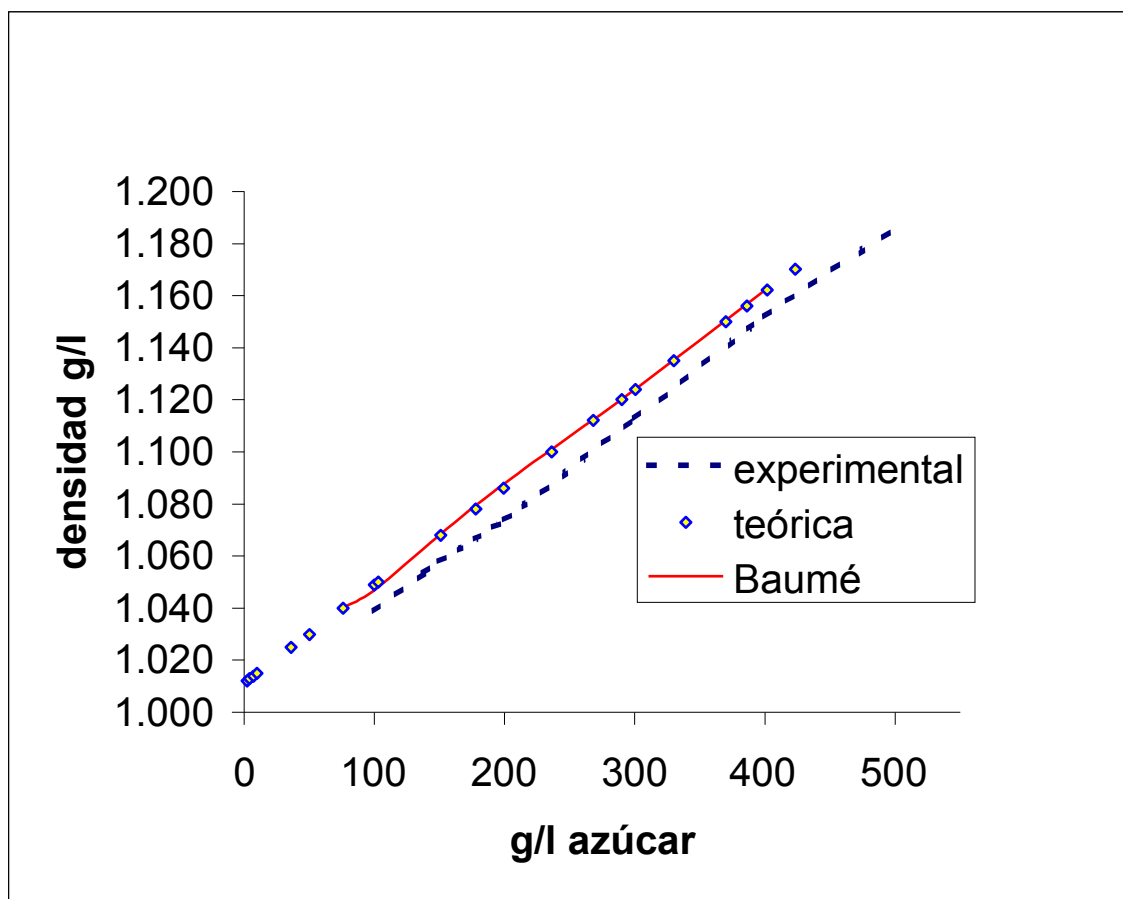
Para comprobar que nuestras mediciones son correctas, comparamos en una gráfica el índice de refracción medido con nuestro refractómetro con los valores teóricos para cada densidad de la muestra.

Densidad	Brix	Baumé	Disolución
1039	8	5,5	75g
1049	11,7	6,45	100g
1068	16,4	9,1	150g
1086	20,8	11,7	200g
1124	29,4	15,9	300g
1162		20,1	400g
1190			500g

Por supuesto este refractómetro no tiene la sensibilidad de los que usamos de mano, en escala Baumé y Brix, pero tiene un rango mayor.

¡Error! Vínculo no válido.

También mostramos, en otro gráfico, como varía la densidad frente a las disoluciones en g/l de azúcar y comparamos los resultados experimentales a) tomados con el densímetro, b) la teórica de las tablas (gramos de azúcar-densidad), y c) medidos con un refractómetro en grados Baumé convertidos mediante las tablas a densidad arrojando unos resultados bastante aceptables, donde se observa el error experimental del densímetro.

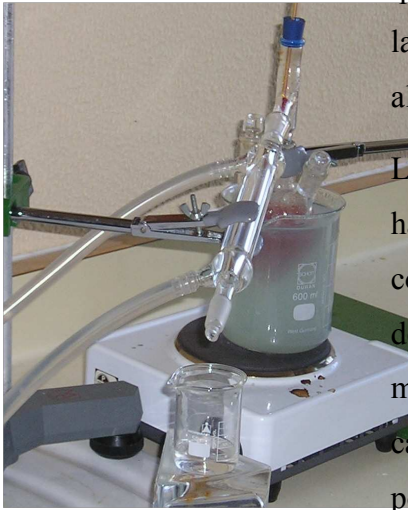


El azúcar es el elemento más importante de los mostos pues sin ella no hay fermentación alcohólica y por lo tanto no hay producción de vino.

5. Evaluación del grado de alcohol.

El agua tiene de densidad 1,000 y el alcohol 0,793. Cuanto más alcohol tenga un vino más baja será su densidad. En la densidad de un vino intervienen los ácidos, azúcares y color que es preciso separar. Para ello se destila el vino, quedando como residuos sin destilar los ácidos, azúcares y color, y pasando al destilado sólo el alcohol y agua. En este destilado se introduce un densímetro calibrado en grados de alcohol, el cual nos da el grado del vino. Este tipo de densímetro se denomina alcoholómetro. Sus medidas expresan hasta décimas de grado. Un vino de 12° tiene en su destilado 0,984 y uno de 13° 0,983.

Realizamos una segunda destilación de la muestra, calentándola a 80° C, de tal manera que se evapore el alcohol pero no el agua. Midiendo la cantidad destilada llegamos al mismo valor de alcohol que en la prueba anterior.

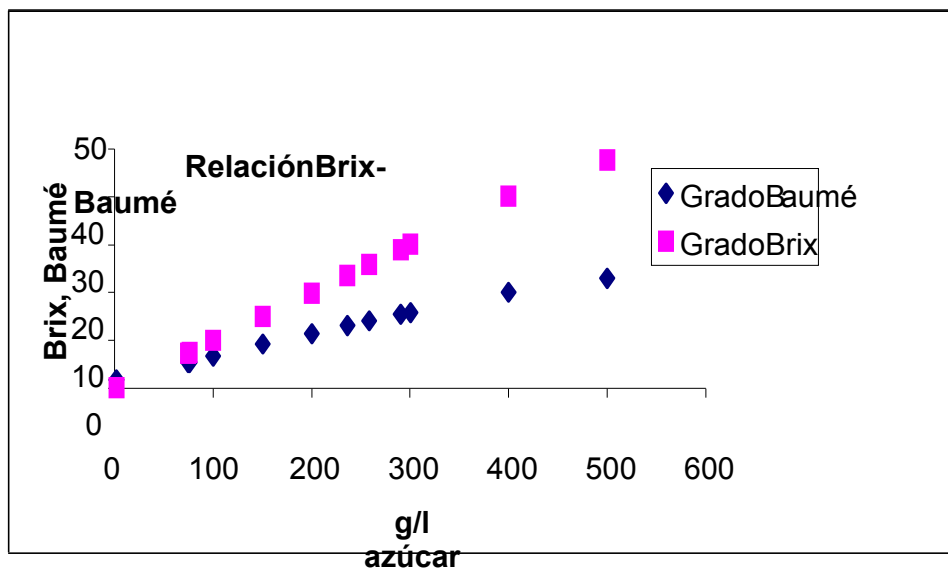


La estimación del grado que obtendrá nuestro vino lo habíamos predicho midiendo en el mosto, al comienzo, la densidad y el grado Baumé que determina la cantidad de azúcar que contiene un mosto y en consecuencia el alcohol probable. El caldo, al realizar las destilaciones, obtiene un porcentaje de alcohol de 15,5°, en consonancia con la estimación inicial en bodega y la variedad de la zona de Jumilla. Una densidad inicial de 1112g/l como la de la muestra corresponde a un alcohol probable de 15,9°.

Un grado Baumé equivale a 17 gramos por litro. De azúcar o peso potencial del mosto, que son conceptos equivalentes. No es ni más ni menos que la cantidad de azúcar contenida en las uvas, que tiene una correspondencia con la cantidad de alcohol que podría llegar a producir, ya que 17 gramos de azúcar por litro producen un grado de alcohol. La escala Baumé -común en Francia - determina el valor por la densidad (a más azúcar, más densidad). En otros lugares usan otro sistema diferente, llamado Brix. **1° Brix**, corresponde a 1 gramo de azúcar en 100 gramos de solución azucarada (es decir el peso de la solución una vez hecha la mezcla y este tipo de relación se la conoce como peso en peso). Cualquier valor que se refiera a azúcares se marca en porcentaje, por ejemplo, si se lee que una sustancia posee 32% de sólidos solubles (en general azúcares) de debe interpretar como que ese néctar tiene 32° Brix.

La relación entre Brix y Baumé viene reflejada en el diagrama. De Baumé se multiplica por 1,8 (aproximadamente) para determinar los Grados Brix de la solución:

$$^{\circ} \text{Be} \times 1,8 = ^{\circ} \text{Brix}$$



Por ejemplo: de una muestra que se preparó de 200g de azúcar por litro de disolución, obteníamos un grado Brix de 20.8 y Baumé de 11.7, leídos con los refractómetros, lo cual se ajusta a la teoría. La densidad inicial del mosto marcaba un valor de 1112 g/l correspondiente a un grado de alcohol probable de 14.8° y 268 g de azúcar por litro. El grado Baumé inicial obtenido fue de 14,5° lo que equivale a un grado de alcohol. de 14,9°. El grado de alcohol del vino fermentado es de 15° lo que hace buenas las predicciones y valida nuestras hipótesis.

Método ebulimétrico

Otro método se basa en la temperatura a que hierve el agua y el alcohol. Se llama método ebulimétrico y no es tan exacto como el anterior, pero es de valor práctico (de hecho se práctica en todas las bodegas)

La temperatura de ebullición es aquella a la cual la presión de vapor del líquido es igual a la presión externa. En este punto, el vapor no solamente proviene de la superficie sino que también se forma en el interior del líquido produciendo burbujas y turbulencia que es característica de la ebullición. La temperatura de ebullición permanece constante hasta que todo el líquido se haya evaporado.

El punto de ebullición que se mide cuando la presión externa es de 1 atmósfera se denomina temperatura *normal* de ebullición y se sobreentiende que los valores que aparecen en las tablas son puntos normales de ebullición. El agua hierve a 100° C y el alcohol del vino a 78,5° C. Cuanto más alcohol tenga un vino, a más baja temperatura

hervirá. Sin embargo no siempre el agua hierve a 100° C. Depende básicamente de la

altitud pues al nivel del mar, en condiciones normales de 1013 Pa hervirá a 100° C, teóricos. (es interesante la experiencia da hacer hervir agua a Temperatura ambiente con ayuda de una campana de vacío) En el caso de los líquidos, la temperatura de ebullición se ve afectada por los cambios en la presión atmosférica debidos a las variaciones en la altura. A medida que un sitio se encuentra más elevado sobre el nivel del mar, la temperatura de ebullición se hace menor. La presión atmosférica real, a su vez, depende del valor de la gravedad, la cual, a su vez, es función de la altura sobre el nivel del mar, h, (también influye algo la latitud geográfica del lugar). La corrección debida a estos efectos puede calcularse mediante la expresión:

$$P = 1013,25 \left(1 - \frac{0,0065h}{288} \right)^{5,255}$$

h [m]	p [Pa]
400	47,2
500	58,7
600	70,1
629	73,34
700	81,3
800	92,5
900	103,6
1000	114,5

Finalmente, a partir de ΔP , puede encontrarse el valor de T_e .

Factores de corrección del punto de ebullición por cambios en la presión:

Teb normal (°C)	Variación en T por $\Delta p = 10 \text{ mm Hg}$	
	Líquidos no polares	Líquidos polares
80	0.416	0.350
90	0.428	0.360
100	0.440	0.370
110	0.452	0.380

(El agua es un líquido polar).

En Tobarra: h=629 m; $\Delta p = 73,34 \text{ Pascales} = 55,01 \text{ torr} = 55,01 \text{ mm Hg}$

$F_c = 55,01 \text{ mm Hg} \times 0,0370 \text{ }^\circ\text{C} / \text{mm Hg} = 2,04 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_e = 100 \text{ }^\circ\text{C} - 2,04 \text{ }^\circ\text{C} = 97,96 \text{ }^\circ\text{C}$

En Tobarra a 629 m de altura el agua destilada hierve aproximadamente a 98°C (T_1). Nuestro vino tiene una temperatura de ebullición cercana a 87,6 °C (T_2).

Se calcula el grado de alcohol utilizando la diferencia entre los puntos de ebullición del agua y del vino $\Delta T = T_1 - T_2$ en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ vol} = 0,1036 \cdot \Delta T^2 + 0,1729 \cdot \Delta T + 2,7447$$

Dando un grado alcohólico de 15,75°, lo cual se ajusta bastante bien a la previsión inicial, al hallar el índice de refracción (el alcohol probable) en bodega.

Este método no precisa destilación, pero no sirve para vinos dulces. El grado alcohólico de un vino se expresa con el grafismo "°", que significa grado y separa unidades de décimas, y también se expresa como "G.L.", como abreviatura de su instaurador, el físico francés Gay Lussac. La expresión frecuente de un vino, según las normas internacionales, es el alcohol adquirido, que es el alcohol en grados que tiene en ese momento.

La densidad relativa de los vinos, generalmente, está próxima a 0,994. Cuanto más alcohol tenga un vino menor será su densidad. En nuestro caso la densidad de 991 g/l indica un alto contenido en alcohol.

Análisis de Extracto Seco

En materia de análisis de los vinos existe un concepto interesante conocido como extracto seco, expresa la cantidad de materias disueltas que no se evaporan. Constituyen el extracto seco componentes como:

Ácidos fijos 3-10 gr./l.

Glicerina 4-7 gr./l.

Azúcar residual 1-2 gr./l.

Color natural 0,5-2 gr./l.

Minerales de la uva 1-2 gr./l.

Esto viene a totalizar unos 25 gr./l. en los tintos. Es un concepto muy importante, ya que una pobreza en estas materias hace presentarse a los vinos como flojos y ligeros de paladar, y un exceso como ordinarios. La determinación de este extracto seco es muy sencilla. Se evapora rigurosamente una cantidad de vino y pesar el residuo después de haber evaporado por completo a la temperatura de ebullición. Un componente importante del extracto es la glicerina del vino. La uva no tiene glicerina, pero ésta se forma de un modo natural en la fermentación.

La muestra de 25,4 g/l indica una correcta fermentación.

6. Levaduras

La levadura más frecuente en enología es *Saccharomyces cerevisiae* –hongo unicelular eucariota de 2-10 μm de tamaño– que suele ser el principal responsable de la fermentación alcohólica y de la generación de aromas secundarios en el vino.

Las levaduras son los microbios que realizan la fermentación transformando el mosto azucarado en el vino. Las levaduras viven en nuestro ambiente y llegan a la bodega adheridas a la piel de las uvas. Después se multiplican en el mosto y actúan enérgicamente. Cerveza, pan, son otros productos alimenticios realizados por levaduras.

Las levaduras que causan la fermentación del vino son de diversos tipos. Las que inician la fermentación son siempre levaduras que aprovechan el aire disuelto en el mosto. Cuando lo han consumido, entonces mueren y surgen ya las que no necesitan aire, es decir, las estrictamente fermentantes. Estas estrictamente fermentantes son las llamadas especies del género *saccharomyces*.

El tamaño de las levaduras oscila de tres a seis milésimas de milímetro. En la uva, al estrujarla, suelen ir unas cincuenta levaduras por centímetro cúbico. Al llegar a plena fermentación llegan a ser cien millones por centímetro cúbico

La fermentación alcohólica es la base de la vinificación. Sin su presencia un "vino" nunca sería vino, ya que para ello su graduación alcohólica ha de ser por lo menos de 9% Vol. Sin embargo, su importancia no radica únicamente en la obtención de etanol a partir de los azúcares de la uva, sino que además durante el proceso fermentativo se van a formar una gran cantidad de productos secundarios que influyen en la calidad y tipicidad del vino.

En el paso de mosto a vino, las levaduras son las auténticas protagonistas, al igual que las bacterias lo son en la fermentación maloláctica. La variedad de géneros y especies de las mismas es verdaderamente extensa, así como sus propiedades, pero de entre todas ellas destaca el género *Saccharomyces*, especialmente la especie o *cerevisie* variedad *ellipsoideus*. Las levaduras son microorganismos unicelulares eucariotas, situándose en la escala evolutiva entre los mohos y las bacterias. Únicamente pierden protagonismo en el proceso de fermentación intracelular, si bien lo vuelven a recuperar una vez ha concluido esta fermentación desarrollada en el interior del grano de uva, que únicamente permite alcanzar 3-4%Vol. de grado alcohólico

En un principio, antes del inicio de la fermentación, el mosto de uva contiene una gran cantidad y variedad de microorganismos como mohos, bacterias, levaduras e incluso protozoos. Sin embargo son las levaduras y las bacterias las que empiezan a sobrevivir y multiplicarse en este medio en detrimento del resto. Inicialmente el mosto de uva supone un medio adecuado; poco a poco este medio se va haciendo más inhóspito debido a la formación de alcohol, la disminución de azúcares necesarios para su catabolismo y la reducción de los nutrientes necesarios para su anabolismo. Una vez superado un periodo inicial de adaptación, las poblaciones de levaduras y bacterias se incrementan rápidamente, pero estas últimas pierden la batalla de la supervivencia, permaneciendo durante gran parte del proceso fermentativo en un estado de latencia.

Inicialmente, cuando el medio es favorable, las levaduras se multiplican por vía vegetativa asexual por mitosis, mientras que al final de la fermentación alcohólica comienzan a reproducirse sexualmente por meiosis, señal de que el medio de vida es muy desfavorable por falta de sustratos. En esta última etapa del proceso fermentativo, las bacterias lácticas empiezan a "ver la luz", aumentando su densidad de población

El mosto o zumo de uva contiene cantidades variables de glúcidos llamados comúnmente azúcares. La uva contiene de un 15 a un 25% de glucosa y fructosa. La glucosa es una aldosa con función aldehído, la fructosa es una cetosa con función cetona.

En las uvas perfectamente maduras estos compuestos se encuentran casi en la misma proporción aunque siempre hay un poco más de fructosa que de glucosa, siendo la relación glucosa/fructosa aproximadamente de 0,95. Durante la fermentación alcohólica estos azúcares del mosto son transformados por las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) en etanol y CO_2 , obteniéndose el vino.

Esto hace que la relación glucosa/fructosa disminuya ya que la mayoría de las levaduras fermentan preferentemente la glucosa y al final de la fermentación la relación es de 0,3.

La uva contiene además una pequeña cantidad de azúcares no fermentables, principalmente pentosas, del orden de 1 g/L que por lo tanto pasan al vino. La uva apenas contiene sacarosa y ésta desaparece en el transcurso de la fermentación. Por lo tanto, el vino no puede contener este azúcar si no se le ha añadido.

El mecanismo químico de fermentación del azúcar es de gran complejidad. El esquema de las transformaciones tiene más de una treintena de reacciones sucesivas en las que intervienen un gran número de enzimas. Se podría resumir en la siguiente reacción:



En la reacción anterior por cada mol de azúcar se desprenden teóricamente 25 Kcal. El calor desprendido en la fermentación del mosto puede hacer peligrar la vida de las levaduras. Éstas no se desarrollan bien más que en una escala de temperaturas relativamente corta. Por debajo de 13 o 14° C el inicio de la fermentación es prácticamente imposible o es tan lento que corre el riesgo de una activación espontánea. La fermentación tampoco se realiza correctamente por encima de 35°C. Cuando se alcanza esta temperatura la actividad de las levaduras cesa e incluso éstas mueren.

Para observar las levaduras al microscopio Todo el material de vidrio que se utilice ha de ser lavado con agua destilada y alcohol del 96%. Se colocan muestras en un portaobjetos del microscopio para realizar la observación microscópica.

El enfoque del microscopio se empieza con un objetivo de pocos aumentos que posteriormente pasaremos a uno de más. Se coloca el objetivo lo más cerca posible del cubreobjetos pero sin tocarlo y posteriormente se irá alejando hasta que la imagen sea lo más clara y nítida posible.

Tomamos fotos con una cámara digital a la imagen del microscopio que la descargamos en un monitor de televisión.

Este es el análisis de lo observado:

Levaduras, tipo sacchoromyces, en actividad fermentativa.

Las levaduras pertenecen al reino de los hongos. Las levaduras son hongos unicelulares y la mayoría son Ascomicetos.

Las levaduras auténticas, para la elaboración vínica, son las comprendidas dentro del género sacchoromyces

Normalmente, son células ovales o cilíndricas y la división es por gemación. Durante el proceso de gemación, se desarrolla una pequeña yema que aumenta de tamaño gradualmente y se separa de la célula madre definitivamente para llevar una vida independiente. Las levaduras normalmente no desarrollan un micelio, sino que permanecen en estado unicelular durante todo el ciclo de crecimiento. Sin embargo nuestra *S. cerevisiae* es capaz de formar micelios bajo determinadas condiciones.



Levadura *sacchoromyces ellipsoideus*, reproducción por gemación. Célula madre y célula hija (menor)

Las levaduras auténticas, para la elaboración vínica, son las comprendidas dentro del género *saccharomyces*.

En la elaboración aparecen en el primer momento las ***saccharomyces apiculatus***, resisten muy poco el alcohol (producen ácidos acético y poco alcohol).

Según avanza la fermentación son desplazadas por:

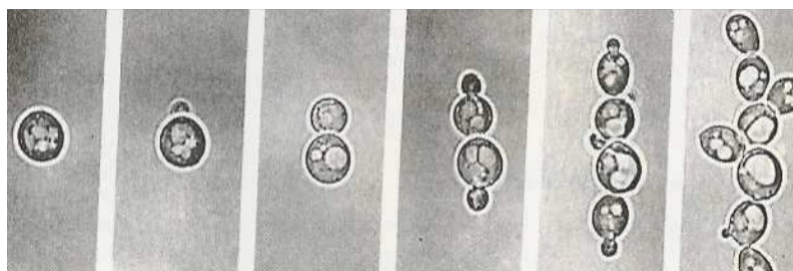
saccharomyces ellipsoideus ,mejores productoras de alcohol y estas por las ***saccharomyces pateurianas*** (pueden fermentar vinos entre 17 y19 grados)

Todas las levaduras anteriores son indígenas.



densidad 1030

Las células de levadura son mucho más grandes que las bacterianas y por lo tanto se distinguen no solo por ello sino por elementos tales como el núcleo, se distingue con un microscopio óptico, así como su pared celular. Los ejes longitudinales de las levaduras oscilan entre 2- 10 μ m.



Durante el ciclo de vida de una levadura típica, la célula haploide que contiene en el caso de *Saccharomyces cerevisiae* 16 cromosomas, presenta dos tipos conjugativos diferentes que se pueden considerar análogos a macho y hembra. Sin embargo, los dos tipos son estructuralmente semejantes y solo se diferencian durante la fusión. Por fusión de los tipos opuestos se forma la célula diploide. En algunos casos esta célula es capaz de crecer vegetativamente originando la formación de una población de células

Análisis (químico) y control (digital) en la producción del vino.

genéticamente idénticas y diploides. Evidentemente esto último ocurre mediante mitosis y gemación como mecanismos de cariocinesis y citocinesis respectivamente.

Bajo determinadas condiciones, las células diploides de tal población pueden sufrir meiosis y formar gametos haploides. Se forman dos tipos de gametos, de tipo conjugativo opuesto. De cada célula diploide se forma una estructura que contiene cuatro gametos, dos de cada tipo conjugativo. La célula donde se forman los gametos se llama asca y las células del asca se denominan ascosporas.



← Levadura *saccharomyces ellipsoideus*, reproducción por gemación



Levadura *saccharomyces apiculatus* (forma de limón)

7. Ácidos

La uva es una fruta ácida y, como consecuencia, el vino es una bebida ácida. El vino es en realidad una disolución ácida diluida. Sin los ácidos tendría un sabor muy insípido y su estabilidad sería mínima, llegando incluso a ser atacado por muchos microorganismos que producirían fermentaciones no deseables. Incluso el color sería muy pobre. La acidez, además de asegurar la buena conservación del vino, desempeña también otras funciones de importancia industrial, como la de dar características, gustos, espumas y colores especiales a los vinos.

La acidez total se define como la suma de los ácidos en estado libre que existen en el vino y que sean valorables, cuando se realiza la neutralización hasta $\text{pH}=7,0$, por adición de una disolución alcalina. Generalmente es del orden de 5 g/l expresada en ácido tartárico

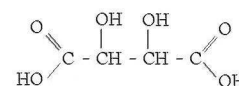
Podríamos clasificar los ácidos de un vino en tres categorías básicas:

1. Ácidos orgánicos naturales. Son aquellos que proceden de la uva y por tanto se han formado durante el proceso madurativo natural en la planta. Son por tanto ácidos que encontraremos generalizados en el mundo de la fruta. En esta categoría destacamos al ácido tartárico, el ácido málico y el ácido cítrico.
2. Ácidos orgánicos derivados. Son aquellos surgidos durante los procesos fermentativos a los que es sometido el mosto. Aquí nos encontramos fundamentalmente con el láctico, el ácido succínico y el ácido acético
3. Ácidos inorgánicos. Su origen es mineral y entre ellos destaca el ácido sulfúrico, presente en forma de sulfatos.

La uva forma numerosas sustancias ácidas, generales en el mundo de las frutas. Los ácidos que se valoran son de naturaleza orgánica, siendo los principales:

Tartárico: prototipo de ácido de uva. Puede existir en

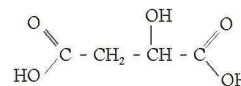
maduración hasta 7 gr./Kg. El ácido tartárico es el más abundante en el vino y también el más estable, pudiendo llegar



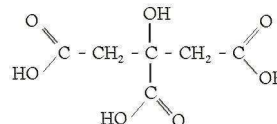
a suponer más de dos tercios del total. Su aportación al vino es la de añadir características de fruta madura, sabores frescos y agradables, lo que se conoce como notas "vinosas"

Análisis (químico) y control (digital) en la producción del vino.

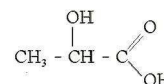
El ácido málico es el ácido típico de la manzana y proporciona al vino notas ásperas poco agradables, como de "verdor" es el ácido típico de la manzana. La uva verde tiene mucho y la madura muy poco.



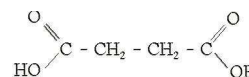
El ácido cítrico es el tercero en importancia entre los de origen natural, encontrándose en concentraciones muy inferiores a los anteriormente citados. Aporta al vino sensaciones agradables, frutales, aromáticas y muy vivas.



El láctico puede surgir bien en la fermentación alcohólica o bien en la maloláctica, cuando ésta última se produce. La transformación del málico en láctico supone una reducción de la acidez total del vino y un aumento de su estabilidad biológica.



El ácido succínico dota al vino de sensaciones saladas y amargas, muy sutiles, eso sí, y gracias a ello su presencia es apreciada en los vinos de calidad.



El ácido acético es el ácido del vinagre y es negativo para el vino. Una buena elaboración, en la que por supuesto se incluyen los periodos de crianza en barrica y en botella, debe dar un mínimo de acético.

7.1 Acidez Total

La acidez del vino no suele expresarse como el contenido de cada ácido, sino como la suma de todos los ácidos y referida al más importante, que es el tartárico. Así, se analiza toda la actitud ácida del vino y se engloba expresándola en ácido tartárico

Pero esta determinación no nos indica sólo lo bueno, ya que engloba también lo que es negativo, como es el ácido acético. Este, al ser evaporable, se llama acidez volátil. Por lo tanto, la acidez volátil es algo malo, que interesa sea mínimo, y el resto de la acidez, que se llama acidez fija, es positivo. La acidez total es la suma de acidez fija y acidez volátil. Los valores de acidez fija son la diferencia entre la total y la volátil.

La acidez volátil se expresa en gramos de ácido acético por litro, y la total en tartárico, así como también la acidez fija.

La determinación de la acidez total se realiza en la práctica en base a una valoración ácido-base, utilizando como reactivo valorante una base fuerte, hidróxido de sodio (NaOH), y tomando como punto de equivalencia pH= 7,0.

Análisis (químico) y control (digital) en la producción del vino.

En un erlenmeyer se introducen 10 ml. de vino exactamente medidos y se diluyen con 50 ml de agua destilada libre de dióxido de carbono.

Hay que tener en cuenta que la sosa cáustica contiene humedad, por lo tanto se debe medir un valor aproximado de de NaOH, preparar una disolución y valorarla con una disolución de ácido sulfúrico de concentración conocida

Con la bureta ya enrasada de disolución de NaOH 1/4,9 N se empieza la valoración añadiendo gota a gota al matraz que contiene la muestra, tratando de agitar para conseguir una mezcla lo más íntima entre el reactivo valorante y el vino. Seguiremos repitiendo el proceso hasta que el color de la muestra alcanza el punto de equivalencia. Usaremos como indicador fenoftaleina, virando el color de la muestra a un tono verde pardo. En este momento se leerán el volumen gastado de la disolución de NaOH.

Teniendo en cuenta las unidades y concentraciones utilizadas, obtendremos:

$$\text{cm}^3 \text{ de NaOH} = \text{g/l de acidez total en sulfúrico}$$

$$\text{cm}^3 \text{ de NaOH} \times 1,53 = \text{g/l de acidez total en tartárico}$$

La unidad más exacta y la menos utilizada en enología es miliequivalentes/litro:

$$\text{cm}^3 \text{ de NaOH} \times 20,4 = \text{milieq/l de acidez total}$$

$$V_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} = V_{\text{vino}} \cdot N_{\text{vino}}$$

$$5,5 \text{ cm}^3 \text{ de NaOH} = 5,5 \text{ g/l de sulfúrico} = 8,42 \text{ g/l de acidez total en tartárico.}$$

El mejor seguimiento de la valoración se puede hacer utilizando un pH-metro de precisión tomando medidas del valor del pH en cada momento con el fin de representar la curva de valoración.

En el vino, también existen otros ácidos tales como el ácido sulfuroso, -añadido en la vendimia y el ácido carbónico originado en la fermentación-. Mientras que el primero no influye apreciablemente en los resultados, el segundo sí, llegando incluso a aumentarlos significativamente. Para evitar esta interferencia, se suele agitar el vino a temperatura ambiente, sometiéndole a vacío parcial hasta que cese el desprendimiento de dióxido de carbono. En nuestro caso hicimos un vacío hasta media atmósfera, introduciendo la muestra de vino en una campana de vacío pero dejando suficiente presión para que la muestra no hirviera a temperatura ambiente.

8. pH

La comprensión de la diferencia entre acidez total y pH conlleva a conceptos de disociación parcial de ácidos débiles del vino. Estos ácidos, como succínico, málico, tartárico y láctico, son débiles y no liberan tantos protones o iones hidrógenos como los ácidos fuertes. La acidez está bajo dos formas: no disociada, cuando el ácido está simplemente disuelto, y disociada, cuando el ión hidrógeno se separa del ácido y puede ser medido separadamente. Por lo tanto el número de iones hidrógeno en disolución es un indicador de la acidez real o activa. Esto es lo que mide el pH – metro. En consecuencia, la acidez total no está relacionada directamente con el pH, excepto en el sentido general de que cuanto más alta la acidez total más bajo es el pH y más acidez. En este sentido, es imposible saber el pH específico de un vino que tenga un valor de acidez total de 6 gr/l. Por la variedad de ácidos y los sistemas tamponados en el vino son muy complejos para permitir una simple relación entre pH y acidez total.

La valoración de toda la acidez del vino, la que se conoce como acidez total, se suele englobar a la hora de expresarla en forma de contenido del ácido más importante, esto es, el tartárico: la acidez total se mide en gramos de ácido tartárico por litro de vino. Va a estar situada "generalmente" entre los 4,5 y los 7,0 gr/L, lo cual equivale aproximadamente a un rango de pH entre 3,2 y 3,7. La escala de pH oscila entre 0 y 14, siendo 7 la neutralidad y 0 la acidez más absoluta. Por tanto, mayor acidez total equivale a un menor pH.

En la acidez total incluye una acidez que consideramos negativa, como es la que corresponde al ácido acético. Esta es la que se conoce como acidez volátil, llamada así porque este ácido se evapora espontáneamente. Interesa por tanto que la acidez volátil sea mínima.

La acidez volátil puede oscilar entre 0,2 - 1 gr/L hasta un gramo por litro.

La acidez total al cabo de una semana disminuye, debido fundamentalmente a la desaparición parcial del ácido málico; también desaparece un poco de ácido tartárico y, se forman ácido succínico, fumárico, sikímico y quínico, al mismo tiempo que alcohol; el pH aumenta,

El pH de nuestro vino es de 3.5

Bibliografía

PANREAC QUÍMICA, S.A:

PRODUCTOS DERIVADOS DE LA UVA, AGUARDIENTES Y
SIDRAS

Métodos oficiales de análisis publicados en BOE (distintas fechas)

Vinos, Zumos de uva, Vinagres. Orujos, heces y Lías. Whisky. Ron.

Ginebra. Anís. Sidras

TÉCNICAS USUALES DE ANÁLISIS EN ENOLOGÍA

Se describen las 5 determinaciones más habituales en enología:

Acidez Volátil real en vinos

Acidez Total en vino, mosto y vinagre

Azúcar total en vino

Gas sulfuroso libre y total en vino y mosto

Índice de Folin Ciocalteau

PEYNAUD, E.

"Enología práctica"

Ed. Mundi-Prensa. 2ª edición. Madrid, 1984.

AMERINE, M.A. y DUGH, C.S.

"Análisis de vinos y mostos"

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN.

"Métodos oficiales de análisis". Madrid, 1981.

Datos Analíticos:

Variedad: Monastrell

Cosecha: 2003

Alcohol: 14.5°

Azúcar: 2 g/l

PH: 3.5

Acidez total: 4.8 g/l

Agradecimientos:

Al profesor Octaviano Muñoz Vera del departamento de Ciencias por su inestimable e imprescindible ayuda.

PARTE 2^a

Fase de adquisición y proceso de datos

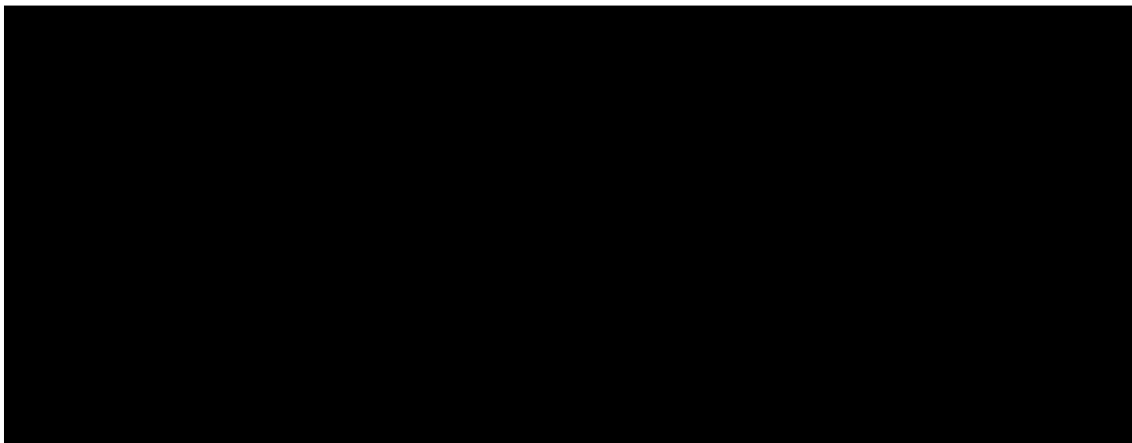
INDICE

1. [Introducción](#)
2. [Medidas de magnitudes físicas](#)
 - 2.1. [Temperatura](#)
 - 2.1.1. [Introducción](#)
 - 2.1.2. [Sensor Pt100](#)
 - 2.1.3. [Acondicionamiento de la señal](#)
 - 2.1.4. [Proceso de calibración](#)
 - 2.2. [Densidad](#)
 - 2.2.1. [Introducción](#)
 - 2.2.2. [Sensor de Presión](#)
 - 2.2.3. [Acondicionamiento de la señal](#)
 - 2.2.4. [Proceso de calibración](#)
3. [Monitorización de resultados](#)
 - 3.1. [Introducción](#)
 - 3.2. [Tarjeta de adquisición de datos](#)
 - 3.3. [Software de monitorización](#)

1. Introducción

En la fase de adquisición y proceso de los datos implementamos los diseños electrónicos y el software para monitorizar el proceso de fermentación del vino.

Inicialmente se dispone de un recipiente de aproximadamente 5 litros donde se deposita el mosto. Realizaremos las medidas de temperatura y densidad ubicando los correspondientes sensores de temperatura y presión según se indica en la figura. Dichos sensores, a través de su cableado de salida, obtendrán una señal eléctrica analógica correspondiente a la medida de la magnitud física. Para que estas señales puedan ser procesadas por el ordenador, hay que realizar primero un acondicionamiento o modificación de los niveles de tensión y después una conversión de dichas señales analógicas a digital. Este proceso se realiza con los circuitos de acondicionamiento y el conversor analógico-digital (ADC). Una vez obtenida la magnitud digital, se dispone de un número que ponderará el valor de la medida y, mediante un sencillo programa en Visual Basic se procede a su visualización por pantalla y posterior almacenamiento.



Esquema funcional del proceso de adquisición de datos

2. Medidas de magnitudes físicas

2.1. Temperatura

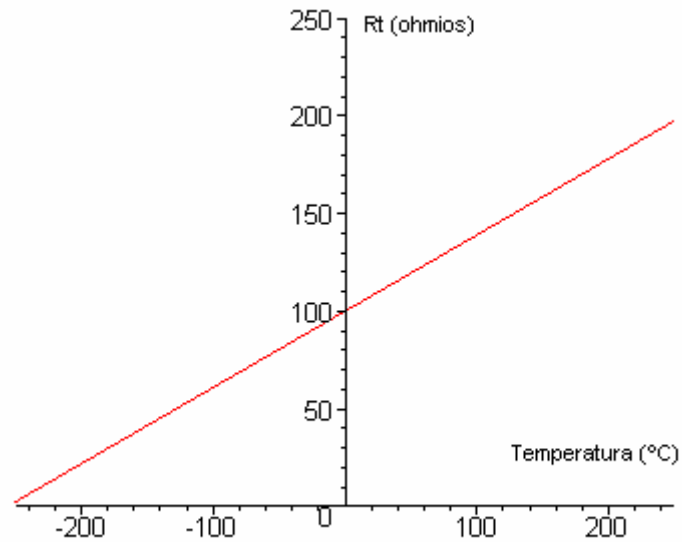
2.1.1. Introducción

Para la medida de temperatura se ha optado por utilizar un sensor de resistencia metálica designado por RTD (Resistance Temperature Detector) basado en la propiedad que tienen los metales de aumentar la resistencia eléctrica en base a un aumento de temperatura. De esta forma podemos asociar cambios de temperatura a variaciones de resistencia eléctrica. Utilizando un circuito de acondicionamiento podremos obtener esta información en forma de valor de voltaje proporcional a dicha variación de resistencia y, por lo tanto de temperatura. Esta señal de voltaje se podrá asociar a un valor numérico en el ordenador a través del conversor analógico digital. El metal empleado en nuestro sensor es el platino que, a cero grados centígrados, ofrece una resistencia de 100 ohmios, por eso se le denomina **Pt100**.

2.1.2. Sensor Pt100

Como se ha dicho anteriormente el sensor de temperatura Pt100 ofrece a su salida un valor de resistencia eléctrica que varía según cambie la temperatura del recinto a medir. Esta variación es lineal y la ecuación matemática que lo modela es $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ donde R_t es la resistencia que presenta el sensor a una temperatura t , R_0 es la resistencia del sensor a 0 grados centígrados, en nuestro caso 100 ohmios, α es el coeficiente lineal térmico igual a $0,0039 \text{ K}^{-1}$. El margen de temperaturas que soporta está entre -250 y 250 °C suficiente para nuestra aplicación. Gráficamente :

Análisis (químico) y control (digital) en la producción del vino.



Físicamente la sonda Pt100 está formada por una varilla metálica con una caja de bornas de conexión metálica en la parte superior como se observa en la figura:

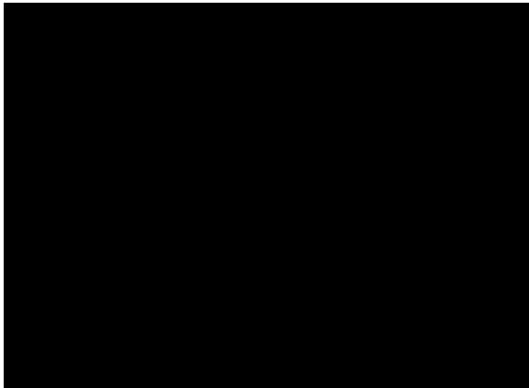


2.1.3. Acondicionamiento de la señal

Medir la temperatura implica medir la resistencia de la Pt100 y, mediante su curva o tabla de calibración, evaluarla. Pero este método no ofrece una señal eléctrica proporcional a la temperatura objeto de medición que pueda ser registrada o medida fácilmente. Si se hace circular una corriente I conocida (con la limitación que impone el autocalentamiento) por la Pt100 y se mide a través de la misma, esta señal eléctrica será

Análisis (químico) y control (digital) en la producción del vino.

directamente proporcional a la temperatura. El sistema a emplear será el de un puente de resistencias (Wheatstone) a tres hilos alimentado mediante una fuente de tensión según se indica en la siguiente figura:



Circuito de acondicionamiento 1 (sensor Pt100)

Resolviendo por mallas obtendremos la ecuación que nos relaciona la tensión de salida del circuito con el valor de la resistencia de la Pt100 (R_t en la ecuación). Los demás términos serán constantes.

$$V_{sal} = V_F \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_t}{R_2 + R_t} \right)$$

De esta manera podremos asociar a cada valor de tensión que lea el ordenador un valor de temperatura mediante los valores de resistencia correspondientes que obtendremos de la curva o tabla de calibración .

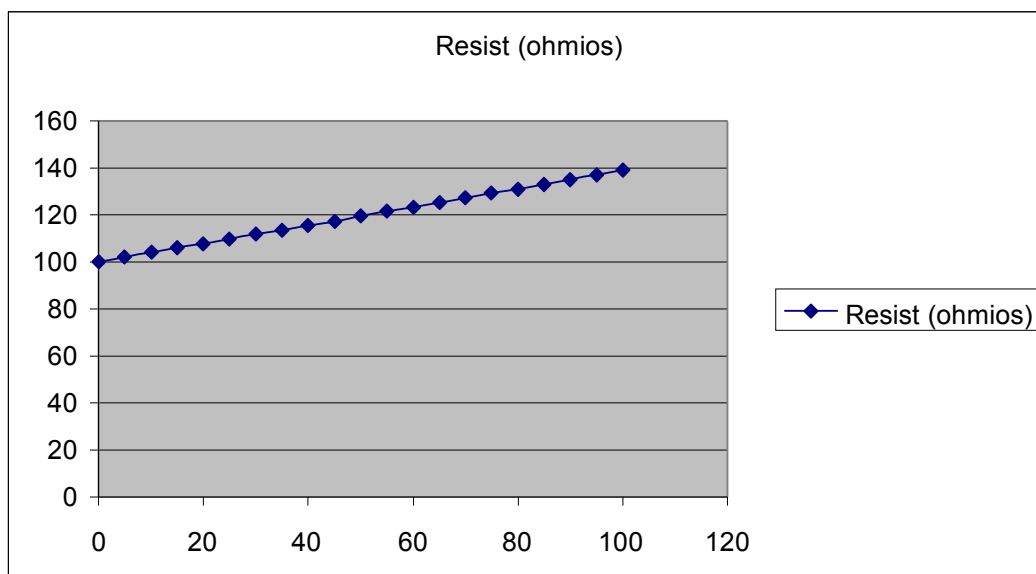
Para el diseño del circuito se ha empleado los valores $R_1=R_2=200$ y $R_3=100$ ohmios. Para la tensión de alimentación se ha utilizado la fuente de alimentación del laboratorio. El circuito se ha montado sobre una placa de circuito impreso con una matriz de pistas de cobre prefabricada donde se han realizado las conexiones necesarias con cables para implementar el circuito. Los componentes se han soldado con estaño sobre los taladros de la placa.

2.1.4. Proceso de calibración

Para comprobar que la relación matemática entre resistencia y temperatura se cumple dentro de unos márgenes pequeños de error debemos calibrar el sensor con un termómetro patrón. De esta forma obtenemos una tabla que nos relaciona grados centígrados y ohmios. Para ello introducimos en un recipiente con hielo el termómetro digital y la Pt100. Conectamos un polímetro (ohmetro) a los cables de salida de la Pt100. Se calienta progresivamente hasta que el hielo se derrite, se mantiene el aporte de calor hasta que el agua entra en ebullición. Se va anotando la lectura del polímetro a las diferentes temperaturas que nos marca el termómetro digital. La tabla obtenida se aproxima al modelo matemático de este tipo de sensores $R_t=100 \cdot (1+0,0039 \cdot t)$.

CALIBRACIÓN	
Pt100	
Temp (°C)	Resist (ohmios)
0	100
5	102
10	104
15	106
20	107,8
25	109,75
30	111,7
35	113,7
40	115,6
45	117
50	119,5
55	121,4
60	123,4
65	125,3

70	127,3
75	129,2
80	131,2
85	133,1
90	135,1
95	137
100	139



2.2. Densidad

2.2.1. Introducción

El proceso de fermentación del vino lleva implícito un cambio en la densidad del mosto. Para detectar dicha fermentación utilizamos un sensor de presión que nos dará una medida indirecta de la fuerza y, por lo tanto, de la densidad en cada momento del fluido del recipiente. La relación entre presión y densidad es la siguiente:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{S} = \frac{\rho \cdot L \cdot S \cdot g}{S} = \rho \cdot L \cdot g ; \quad \frac{P}{L \cdot g}$$

Siendo $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; L altura del nivel del vino (m) y P presión medida por el sensor (bar).

De esta manera ya tenemos un algoritmo que introduciremos en el ordenador para obtener las medidas de densidad.

El sensor de presión lo ubicamos en la base del recipiente acompañado de una válvula que dejará pasar del mosto hacia el sensor.

2.2.2. Sensor de presión

Se ha optado por incluir un sensor de medida de presión de fluidos universal, modelo TPR-18 de la marca Desin Instruments. Dicho sensor contiene una capa cerámica de alúmina montado en una caja de acero inoxidable. Convierte una señal de presión a una señal eléctrica en corriente con un margen de 4 a 20 mA a dos hilos. El rango de medida es desde 0,25 a 2 bar.



Sensor de presión. Modelo TPR-18 (Desin Instruments)

2.2.3. Acondicionamiento de la señal

En este caso, a diferencia de la Pt100, tenemos un sensor que nos ofrece una señal eléctrica con valores de intensidad proporcionales a la presión. Como la tarjeta de adquisición de datos sólo acepta señales con valores en tensión el acondicionamiento de la señal consistirá en hacer una conversión de corriente a tensión. Para ello emplearemos un circuito con un amplificador operacional de propósito general (LM741), también llamado amplificador de transresistencia (conversor I/V) :



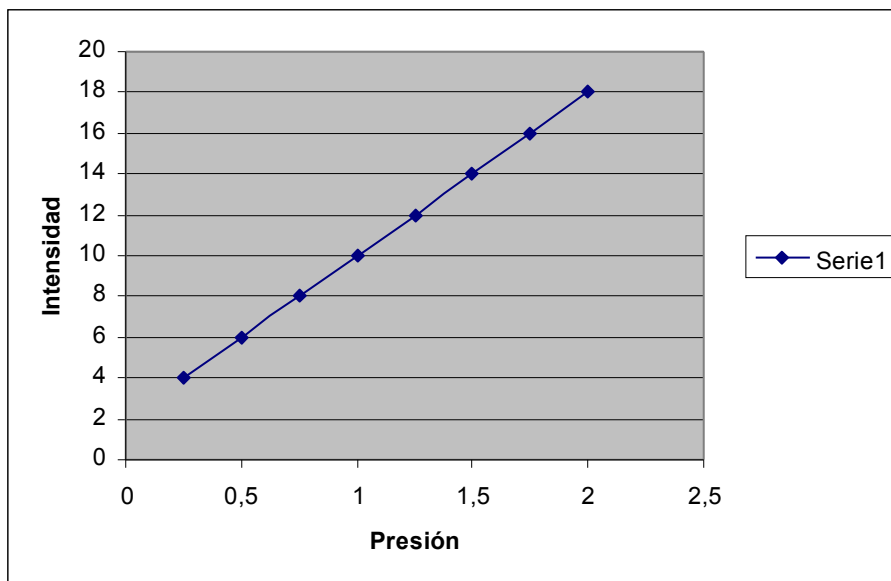
Resolviendo el circuito obtenemos $V_{sal} = -I_e \cdot R_1 = K \cdot I_e$

Es decir una salida en tensión proporcional a la corriente de entrada entregada por el sensor de presión. La resistencia R_1 es de 200 ohmios de tal manera que conseguimos un rango de salida de 0,8 a 4 voltios. El circuito se ha montado sobre una placa de circuito impreso con una matriz de pistas de cobre prefabricada donde se han realizado las conexiones necesarias con cables para implementar el circuito. Los componentes se han soldado con estaño sobre los taladros de la placa.

2.2.4. Proceso de calibración

En este caso debido a la dificultad de obtener un patrón de presión la curva de calibración se ha solicitado al fabricante. La relación entre bares y amperios siguen siendo una relación lineal :

Calibración sensor de presión	
bares	miliamperios
0,25	4
0,5	6
0,75	8
1	10
1,25	12
1,5	14
1,75	16
2	18



La ecuación que relaciona presión e intensidad –línea de tendencia- será del tipo: $I=8 \cdot P+2$ (mA) donde I es la intensidad de salida del sensor y P es la presión de entrada medida por el sensor. Mediante dicha ecuación podemos obtener los valores de presión por pantalla del ordenador ya que, por sustitución de la ecuación del convertor I/V tenemos:

$$\frac{V_{sal}}{R1} = 8 \cdot P^2 ; \text{ entonces } P = \sqrt{\frac{V_{sal}}{8 \cdot R1}}$$

Simplemente introduciendo esta fórmula en el software leyendo los datos de tensión que obtenemos de la tarjeta de adquisición podemos calcular la presión y, por tanto la densidad.

3. Monitorización de resultados

3.1. Introducción

La última etapa del proceso del sistema de adquisición de datos está en el conversor analógico digital y en el ordenador. Una vez adaptadas las señales en los circuitos de acondicionamiento ya podemos enviarlas a la tarjeta de adquisición (ADC Analog Digital Converter). En dicha tarjeta se muestrea la señal de entrada y se obtienen valores discretos que nos dará un número en sistema binario que puede ser procesado por el ordenador. De esta manera si a la entrada de ADC hay una señal de 5 voltios éste entregará a su salida un número binario equivalente que se enviará a la memoria del ordenador mediante el cable USB. Con el software desarrollado leeremos de la memoria ese dato y lo procesaremos para dar una lectura de temperatura o presión según sea el caso.

3.2. Tarjeta de adquisición de datos (ADC/DAC)

Se ha optado por una tarjeta externa con posibilidad de conexión USB que dispone de 8 entradas analógicas (8 sencillas y 4 diferenciales), dos salidas analógicas de 10 bits, una entrada de contador, 8 entradas digitales y 8 salidas digitales. El modelo es el PMD-1208LS de la marca Measurement Computing.



Tarjeta de adquisición de datos PMD-1208LS

Para nuestro proyecto hemos utilizado cuatro canales de entrada analógica. Dos hilos para la Pt100 y dos para el sensor de presión. Puesto que el depósito es de un volumen pequeño (5 litros) durante el proceso de fermentación no se requerirá un enfriamiento forzado del vino por lo tanto no se van a necesitar los canales de salida de la tarjeta.

3.3. Software de monitorización

El lenguaje de programación utilizado para diseñar el programa ha sido Visual Basic por sus capacidades gráficas, fácil manejo y compatibilidad con la tarjeta de adquisición. El sistema operativo sobre el que funciona el programa de manera óptima es Windows XP.

Se han utilizado los drivers de la tarjeta de adquisición proporcionados por el fabricante que contienen librerías con funciones en Visual Basic para el acceso a los datos que entran por el puerto USB.

Los algoritmos de cálculo de magnitudes han sido los siguientes:

Temperatura:

$$R_t = 100 \cdot (1 + 0,0039 \cdot t), \text{ por lo tanto } t = \frac{R_t - 100}{0,39} (*)$$

Como al ordenador sólo llegan valores de tensión relacionados con la temperatura de la forma: con $V_F=10$ V

$$V_{sal} = V_F \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_t}{R_2 + R_t} \right) = 10 \cdot \left(\frac{1}{3} - \frac{R_t}{200 + R_t} \right)$$

con lo que obtenemos un valor de R_t en función de la temperatura:

$$R_t = \frac{200 \cdot \left(\frac{V_{sal}}{10} - \frac{1}{3} \right)}{\left(\frac{4}{3} - \frac{V_{sal}}{10} \right)}$$

valor que sustituimos en la ecuación (*) para obtener la temperatura.

Densidad:

La obtenemos mediante: $\frac{P}{L \cdot g}$ (*); como al ordenador sólo llegan valores de tensión

mediante la recta de calibración tenemos la relación: $P = \frac{V_{sal}}{200} \cdot 2$ obtenida

anteriormente para $R_1=200$ ohmios. De esta manera sustituyendo en (*) obtenemos directamente los valores de densidad, de forma que cuando ocurre un cambio de esta magnitud se ha producido el proceso de fermentación.

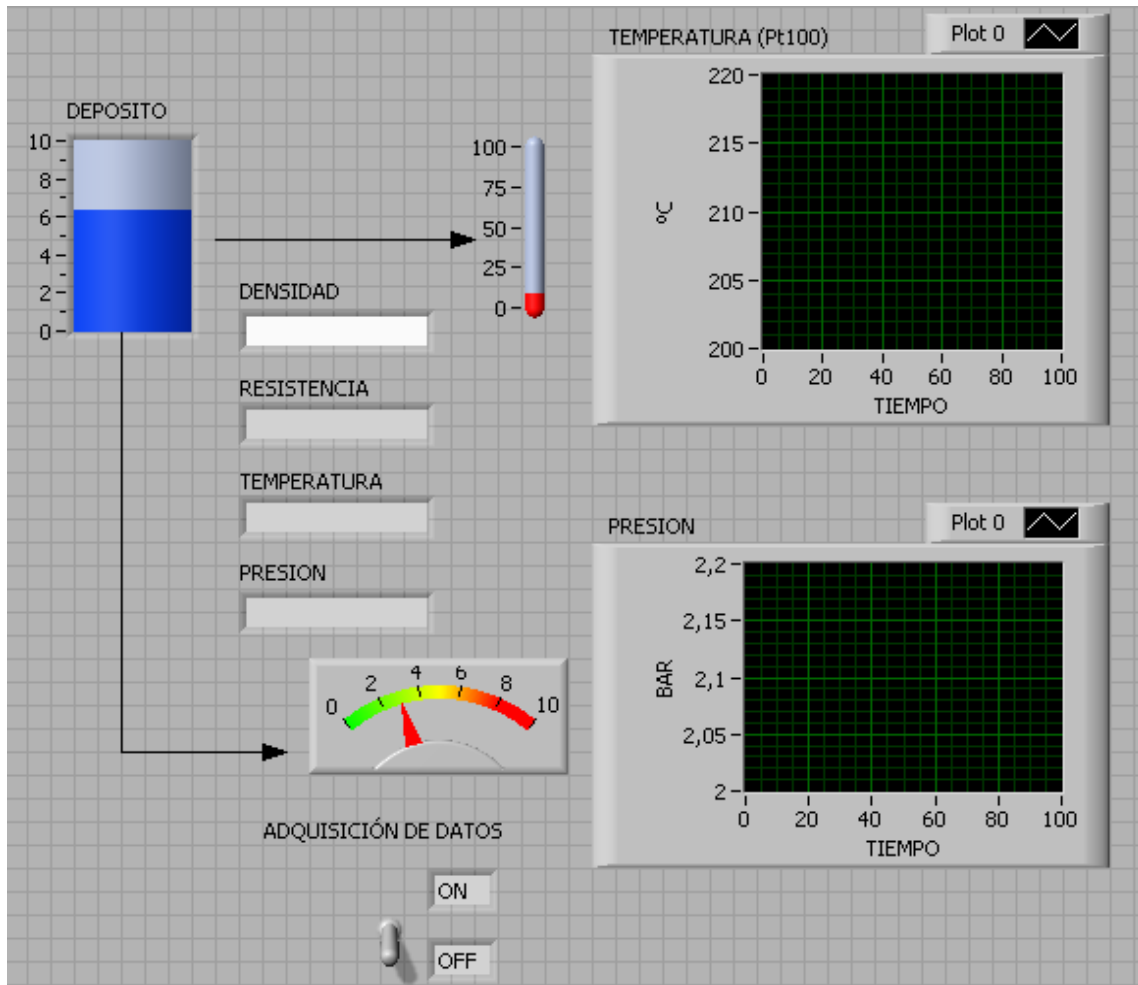
Almacenamiento de datos

Los datos se almacenan en intervalos de 60 segundos durante 20 días. La tabla de almacenamiento es de tipo Access y consta de los siguientes campos:

Tabla1 : Tabla		
	Nombre del campo	Tipo de datos
	orden	Autonumérico
	hora	Fecha/Hora
	fecha	Fecha/Hora
	presion	Numérico
	temperatura	Numérico
	densidad	Numérico
	resistencia	Numérico

Los campos temperatura y presión serán las lecturas directas de los sensores, los campos densidad y resistencia corresponderán a los cálculos hechos por el programa, así se puede comprobar que los cálculos se van realizando correctamente. Asimismo se almacena el día y la hora de la toma de la muestra.

La presentación final del programa por pantalla dispondrá de un interruptor de encendido/ apagado para el inicio o parada de toma de muestras de manera que se simplifica el funcionamiento de la aplicación. La forma de visualizar los datos será de una gráfica para cada una de las medidas de los sensores en función del tiempo para observar la progresión de los datos, y de forma numérica simultáneamente para los valores de presión, temperatura, resistencia de la Pt100 y densidad. Los datos se almacenarán en una tabla tipo Access en segundo plano por lo tanto para visualizar esta información se requerirá dicha aplicación.



Pantalla de la aplicación del proceso de fermentación del vino

Este libro fue distribuido por cortesía de:



Para obtener tu propio acceso a lecturas y libros electrónicos ilimitados GRATIS hoy mismo, visita:

<http://espanol.Free-eBooks.net>

Comparte este libro con todos y cada uno de tus amigos de forma automática, mediante la selección de cualquiera de las opciones de abajo:



Para mostrar tu agradecimiento al autor y ayudar a otros para tener agradables experiencias de lectura y encontrar información valiosa, estaremos muy agradecidos si

["publicas un comentario para este libro aquí"](#)



INFORMACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR

Free-eBooks.net respeta la propiedad intelectual de otros. Cuando los propietarios de los derechos de un libro envían su trabajo a Free-eBooks.net, nos están dando permiso para distribuir dicho material. A menos que se indique lo contrario en este libro, este permiso no se transmite a los demás. Por lo tanto, la redistribución de este libro sin el permiso del propietario de los derechos, puede constituir una infracción a las leyes de propiedad intelectual. Si usted cree que su trabajo se ha utilizado de una manera que constituya una violación a los derechos de autor, por favor, siga nuestras Recomendaciones y Procedimiento de Reclamos de Violación a Derechos de Autor como se ve en nuestras Condiciones de Servicio aquí:

<http://espanol.free-ebooks.net/tos.html>

¡1250 LIBROS PARA LLEVAR EN SU BOLSILLO!

La velocidad, comodidad y movilidad son suyas. El e-GO! Library Español es una forma innovadora para tener y mantener un suministro fresco y abundante de grandes títulos. Es el mejor entretenimiento y fácil de obtener. El e-GO! Library Español es una unidad flash de memoria USB que pone a miles de los mejores libros de la actualidad su bolsillo!

Cargue su Kindle, iPad, Nook, o cualquier dispositivo con una variedad de ficción y no ficción. En su tiempo libre, elija entre sus temas, títulos y autores independientes favoritos y categorías como: romance, ciencia ficción, misterios, finanzas, biografías, negocios y muchos más.

- ✓ **1,000 LIBROS** independientes más populares
- ✓ **BONO-** 250 títulos clásicos
- ✓ **CONTENIDO ÚNICO** / Autores independientes
- ✓ **LLAVE USB PRECARGADA** de 4GB

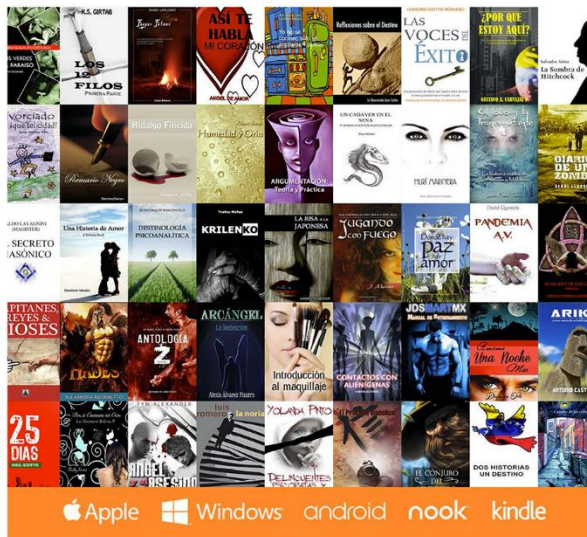
LOS MEJORES

1,000 LIBROS

+250 CLASICOS DE REGALO

e-GO!
Library *Español*

- ✓ Total portabilidad y conveniencia
- ✓ Más de 32 categorías precargadas
- ✓ No necesita internet
- ✓ Perfecto para leer mientras viaja



- ✓ **SIRVE CON TODOS** los lectores y dispositivos
- ✓ **IDEAL** para viajar
- ✓ **AHORRA** innumerables horas de Descargas
- ✓ **EL REGALO** Perfecto

VER MÁS