

# ESTRATEGIA INNOVATIVA EN EL DESARROLLO DE UNA TECNOLOGÍA

para elaborar vino blanco con uvas no viníferas

Juan Esteban Miño Valdés  
Erenio González Suarez  
José Luis Herrera Garay



EDITORIAL UNIVERSITARIA



# **ESTRATEGIA INNOVATIVA EN EL DESARROLLO DE UNA TECNOLOGÍA**

*para elaborar vino blanco con uvas no viníferas*

JUAN ESTEBAN MIÑO VALDÉS  
ERENIO GONZÁLEZ SUAREZ  
JOSÉ LUIS HERRERA GARAY

EDITORIAL UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



# **ESTRATEGIA INNOVATIVA EN EL DESARROLLO DE UNA TECNOLOGÍA**

*para elaborar vino blanco con uvas no viníferas*

|| JUAN ESTEBAN MIÑO VALDÉS  
|| ERENIO GONZÁLEZ SUAREZ  
|| JOSÉ LUIS HERRERA GARAY

EDICIONES ESPECIALES

EDITORIAL UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Cnel. José Félix Bogado 2160  
Posadas - Misiones - Tel-Fax: (0376) 4428601

*Correo electrónico:*  
ventas@editorial.unam.edu.ar

*Página web:*  
www.editorial.unam.edu.ar

Colección: Ediciones Especiales  
Coordinación de la edición: Claudio O. Zalazar  
Armado de interiores: Javier B. Giménez  
Revisión técnica: Juan Esteban Miño Valdés

Miño Valdés, Juan Esteban; González Suarez, Erenio  
Estrategia innovativa en el desarrollo de una tecnología : para elaborar vino blanco con uvas  
no viníferas / Juan Esteban Miño Valdés y Juan Esteban Miño Valdés. - 1a ed. - Posadas :  
EDUNAM - Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, 2015.  
78 p. ; 22,5x15,5 cm.  
ISBN 978-950-579-369-3  
I. Tecnología. 2. Enología. 3. Economía. I. Miño Valdés, Juan Esteban II. Título  
CDD 634.8

Fecha de catalogación: 20/02/2015

Hecho el depósito de la Ley N° 11.723  
Impreso en Argentina  
ISBN: 978-950-579-369-3  
©Editorial Universitaria  
Universidad Nacional de Misiones, Posadas, 2015.  
Todos los derechos reservados para la primera edición.

## AUTORES

ERENIO GONZALEZ SUAREZ

(erenio@uclv.edu.cu)

Ingeniero Químico

Doctor en Ciencias Técnicas

Doctor en Ciencias

Posdoctorado en Gestión Ambiental

Profesor Titular, Investigador

Departamento de Ingeniería Química

Centro de Análisis de Procesos

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Villa Clara, Cuba

Miembro de Mérito de la Academia de Ciencias de Cuba

Premio Nacional de Ingeniería Química año 2013 de la Asociación de Química de Cuba

JOSÉ LUIS HERRERA GARAY

(jlherrera02@gmail.com)

Ingeniero Químico

Dr. en Ingeniería Química

Profesor Adjunto, Investigador.

Departamento de Ingeniería Química.

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales

Universidad Nacional de Misiones.

Misiones, Argentina

JUAN ESTEBAN MIÑO VALDÉS

(minio@fio.unam.edu.ar)

Laboratorista Químico Industrial

Ingeniero Químico

Especialista en Gestión de Ambiente y Producción

Magister en Tecnología de los Alimentos

Doctor en Ciencias Técnicas

Profesor Adjunto, Investigador

Departamento de Física

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Misiones.

Misiones, Argentina





# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| SÍNTESIS .....   | 11 |
| INTRODUCCIÓN .....   | 13 |
| DIAGRAMA HEURISTICO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO.....  | 17 |
| CAPÍTULO I   |    |
| ANÁLISIS DE LA LITERATURA .....  | 19 |
| 1.1. Composición de la uva, el mosto y el vino .....   | 19 |
| 1.2. Elaboración de vino blanco seco.....  | 20 |
| 1.3. Efluentes vinícolas .....   | 24 |
| 1.4. Escalado de reactores químicos y biológicos.....  | 24 |
| 1.5. Conclusiones Parciales.....   | 25 |
| CAPÍTULO II  |    |
| ESTUDIO DE LA VINIFICACIÓN EN BLANCO A ESCALA LABORA-<br>TORIO PARA DESARROLLAR LA TECNOLOGÍA..... | 27 |
| 2.1. Introducción .....  | 27 |
| 2.2. Materiales y Métodos.....   | 28 |
| 2.2.1. Etapa A: Elaboración de vino blanco seco a escala laboratorio.....                          | 28 |
| 2.2.2. Etapa B: Evaluación de parámetros de proceso .....  | 30 |
| 2.2.3. Etapa C: Verificación de la aptitud de los vinos.....                                       | 31 |
| 2.3. Resultados y Discusión .....  | 31 |
| 2.3.1. Etapa A: Vinificación en laboratorio .....  | 31 |
| 2.3.2. Etapa B: Evaluación de los parámetros del proceso .....                                     | 35 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.3. Etapa C: Modelado de la fermentación alcohólica en condiciones enológicas ..... | 41 |
| 2.3.4. Etapa D: Verificación de la aptitud fcoqca de los vinos.....                    | 45 |
| 2.4. Conclusiones Parciales .....  | 47 |

### CAPÍTULO III

#### DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA A ESCALA INDUSTRIAL PARA VINIFICAR EN BLANCO VITIS NO VINIFERAS DE COLOR.....

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Introducción .....   | 49 |
| 3.2. Etapa E: Establecer un procedimiento tecnológico para la vinificación en blanco..... | 50 |
| 3.3. Etapa F: Evaluar en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido.....      | 52 |
| 3.4. Etapa G: Calcular y seleccionar el equipamiento industrial .....                     | 55 |
| 3.4.1. Atenuación del impacto ambiental.....  | 59 |
| 3.5. Etapa H: Estimación de costos y rentabilidad del proceso tecnológico... ..           | 60 |
| 3.6. Conclusiones Parciales.....  | 62 |

#### 4. CONCLUSIONES GENERALES.....

#### 5. RECOMENDACIONES.....

#### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

## SÍNTESIS

En esta síntesis del trabajo realizado, partiendo de un análisis actualizado de bibliografía científica, se efectuaron un conjunto de acciones encaminadas al desarrollo y escalado industrial de una tecnología para elaborar vino blanco común con uvas no viníferas de color.

El trabajo incluyó aspectos tales como:

- Elaborar vino blanco seco a escala laboratorio y planta piloto
- Evaluar los parámetros del proceso
- Modelar matemáticamente la fermentación alcohólica en condiciones enológicas
- Valorar la aptitud de los vinos para el consumo
- Establecer un procedimiento tecnológico
- Evaluar en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido
- Calcular y seleccionar el equipamiento industrial
- Estimar costos y rentabilidad del proceso tecnológico desarrollado

Se alcanzó una tecnología para una capacidad de producción de 4.376 L día<sup>-1</sup>; con indicadores económicos dinámicos cuyos valores fueron:

- Valor actualizado neto (VAN) = 6.602.666 USD
- Tasa interna de retorno (Tir) = 60%
- Período de recuperación de la inversión a valor actualizado (PRD) = 3 años.



## INTRODUCCIÓN

La fermentación, definida técnicamente en su sentido más amplio como la transformación química de compuestos orgánicos con la ayuda de enzimas producidas por microorganismos, es muy antigua. Antes del año 6.000 a.C. los *Sumerios* y *Babilónicos* conocían la capacidad de las levaduras para producir alcohol en forma de cerveza (Díaz Peralta, 2007)

Hacia 3.000-4.000 años a.C. se inició el verdadero cultivo de la vid, en Asia, cerca del Caúcaso. (Martínez de Toda, 2005). Mas tarde el vino tuvo gran auge en Grecia, Cartago y Roma desde donde se expandió con los Imperios. (Juscafresa, 2005)

Hacia el siglo XIV d.C., la destilación de bebidas alcohólicas a partir de grano fermentado, era común en muchas zonas del mundo (Francia-Brandy; Escocia-Wisky). En 1817 Gay-Lussac establece la ecuación química básica de transformación del azúcar en alcohol. En 1866 Pasteur descubre que las levaduras transforman el azúcar en alcohol en ausencia de aire; a este proceso anaeróbico se le conoce como: la fermentación alcohólica. En 1.883 Christian Hansen obtuvo el primer cultivo puro de levadura cervecera que denominó *Saccharomyces carlsbergensis*. En 1887 Buchner evidencia el carácter enzimático de la transformación del azúcar en alcohol. (Ercoli, 2007)

A finales del siglo XIX y gracias al desarrollo de las técnicas de cultivos puros, se aísla y distribuye la primera cepa de levadura vínica, la *Steinberg 92*, para su uso comercial en la producción del vino. Con estos trabajos y los de Pasteur, la fermentación pasa de ser un arte (resultados imprevisibles) a ser una ciencia (resultados previsibles). (Díaz Peralta, 2009).

Desde gran parte del siglo XX hasta la actualidad, la expansión de los conocimientos ha revolucionado la manera de comprender y experimentar sobre este tema a tal punto que es difícil seguir el paso de los nuevos descubrimientos (Fuentes Berazategui, 2008).

Los únicos vinos permitidos para el comercio internacional son aquellos elaborados a partir de uvas *Vitis vinifera* (Blouin y Peynaud, 2009), por ello se encuentra información tecnológica de la fermentación alcohólica en condiciones enológicas para estas variedades y ninguna para las *Vitis labrusca*. (Miño Valdés y col. 2007).

Durante la última década los cultivos tradicionales de la provincia de Misiones (yerba mate, té, tung, y tabaco) atravesaron una crisis económica signada por el valor del producto muy por debajo de los costos de producción. A ello se suma una estructura socio productiva minifundista, con una caída en la rentabilidad del rubro que lleva a las familias agrícolas a buscar alternativas de diversificación productiva, como ser, la elaboración de vinos artesanales. (Piekun y Rybak, 2006). Las *Vitis no viníferas* que se adaptaron muy bien al clima subtropical de Misiones y se cultivan son entre otras: *Niágara*, *Isabella* y *Venus* (Piekun, 2007); la producción de uvas de mesa de Misiones logró abastecer la demanda del mercado misionero en el año 2009 con 0,61 kg uva/hab. Se dedican al cultivo de las vides actualmente unos 300 productores rurales en Misiones con una superficie total plantada de alrededor de 80 ha. (Bakos, 2009). La cosecha de uvas nov/2010-feb/2011 que está finalizando alcanzará aproximadamente 800 Tn (Piekun, 2011a); de este total el 85 % se está comercializando como fruta fresca, y con el remanente unos 50 productores rurales están elaborando “vino patero” o de “colonia” para autoconsumo familiar. (Piekun, 2011b). Los precios en la chacra fueron 8-10 \$/kg uva al iniciar la cosecha en nov/2010 y luego pasaron a ser de 6-8 \$/kg uva en dic/10-enero/11. (Bakos, 2011).

El problema científico que se plantea es que no existe una tecnología conceptualizada para la elaboración de vino blanco apto para consumo humano, de las variedades de *Vitis Labrusca*: *Isabella tinto* y *Niágara rosada* cultivadas en Misiones, utilizando inóculos de levaduras nativas o especializadas como *Saccharomyces cerevisiae bayanus*.

Para resolver este problema es necesario conocer:

- 1- En la fase prefermentativa la correcta extracción del mosto, el estrujado, escurrido, prensado, sulfitado y clarificado.
- 2- En la fase fermentativa: el arranque, desarrollo y seguimiento del proceso:
  - A 18, 22, 26 y 30° con *Isabella tinto* e inóculos de las levaduras nativas y especializadas.

- A 24°C con *Niágara rosada* e inóculos de las levaduras nativas y especializadas
  - La duración del proceso a diferentes temperaturas con levaduras nativas y especializadas.
  - La actividad fermentativa, el poder fermentativo, el rendimiento fermentativo y la población de levaduras.
- 3- En la fase post fermentativa
- La aptitud fisicoquímica de los vinos obtenidos para consumo humano.
  - La conservación apropiada del producto.

El objetivo económico que se ha planteado es hacer una evaluación de los costos de la tecnología apropiada al medio rural en pequeña escala.

El objetivo ambiental que se ha planteado es hacer una evaluación y atenuación del impacto de los efluentes vinícolas sobre el medio.

Se ha establecido la hipótesis de que es viable desde el punto de vista científico y económico desarrollar una tecnología apropiada al medio rural, para elaborar vinos aptos para el consumo humano a partir de mostos de uvas no viníferas puras, evaluando además los parámetros fisicoquímicos de seguimiento, la actividad, poder y rendimiento fermentativo de las levaduras nativas y especializadas.

Por lo expuesto el objetivo general planteado para este trabajo fue:

Desarrollar un procedimiento tecnológico apropiado y sustentable a pequeña escala, para la elaboración de vino blanco seco, apto para consumo humano, a partir de mostos de uvas híbridas no viníferas cultivadas en Misiones utilizando levaduras nativas y *S. bayanus*.

Los objetivos específicos fueron:

- 1- Fundamentar desde el punto de vista científico y tecnológico, con apoyo de la literatura científica, la estrategia investigativa para lograr el objetivo previsto.
- 2- Realizar las vinificaciones con: Isabella tinto (IT) y Niágara rosada (NR).
- 3- Evaluar el poder, actividad, rendimiento fermentativo y población de levaduras.
- 4- Determinar la aptitud fisicoquímica de los vinos obtenidos.
- 5- Obtener un modelado matemático de la fermentación con mostos de no viníferas.
- 6- Establecer un procedimiento tecnológico para elaborar vino blanco a escala industrial.
- 7- Demostrar la viabilidad económica de la tecnología desarrollada.

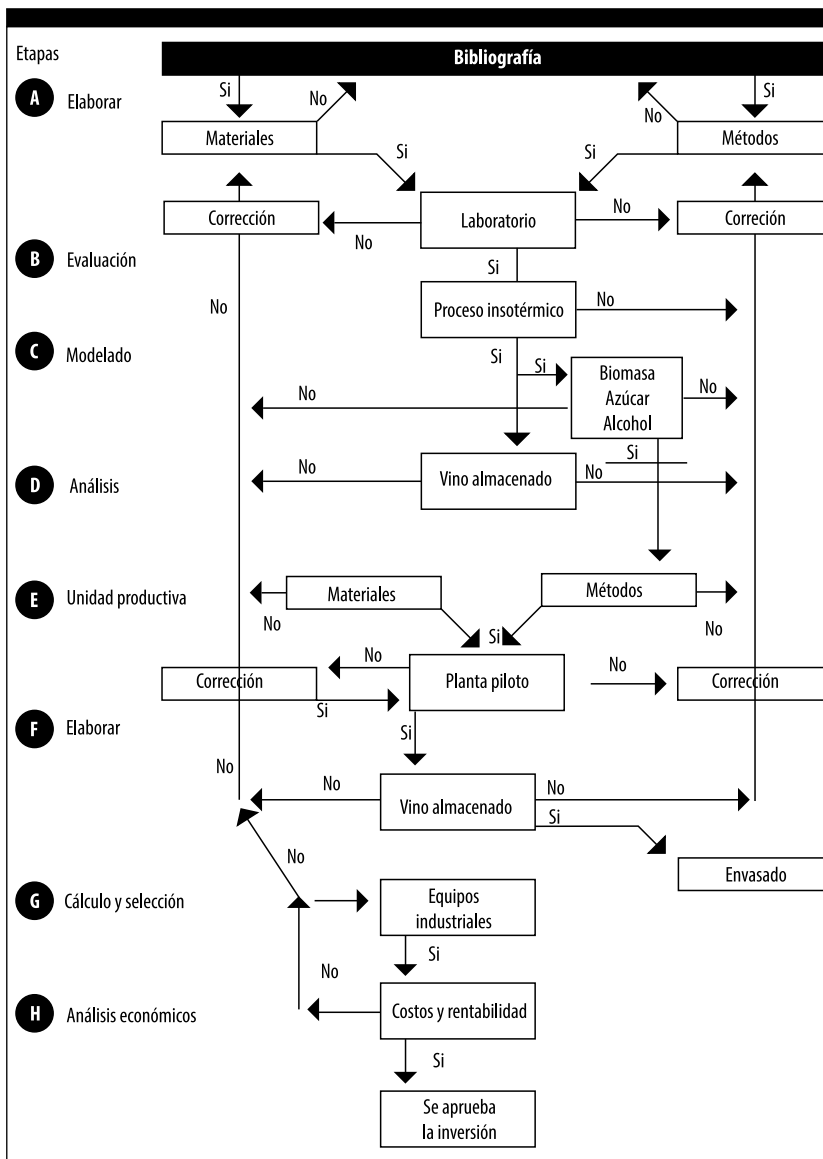
8- Atenuar el impacto ambiental de los efluentes sobre el medio.

Para alcanzar estos objetivos específicos se desarrollaron las siguientes tareas:

- 1- Se analizó el estado del arte de la elaboración de vinos.
- 2- Se elaboró vino blanco común seco a escala laboratorio y planta piloto.
- 3- Se evaluaron los parámetros de seguimiento del proceso.
- 4- Se obtuvo un modelado matemático de la fermentación en condiciones enológicas.
- 5- Se valoró la aptitud de los vinos para el consumo humano.
- 6- Se estableció un procedimiento tecnológico para la vinificación en blanco.
- 7- Se evaluó en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido.
- 8- Se proyectó a escala industrial y se dimensionó el equipamiento.
- 9- Se estimaron los costos y la rentabilidad del proceso tecnológico a escala industrial.
- 10- Se estableció una disposición final de residuos para atenuar el impacto ambiental.



DIAGRAMA HEURISTICO DEL DESARROLLO TECNOLOGICO





## CAPITULO I ANÁLISIS DE LA LITERATURA

### COMPOSICIÓN DE LA UVA, EL MOSTO Y EL VINO

Las uvas del género *Vitis*, son uno de los 11 géneros de la familia Vitácea. *Vitis* comprende cerca de 60 especies silvestres descritas. Ahora se conocen más de 5.000 variedades de *Vitis viníferas* y otras tantas de híbridos con otras especies de *Vitis*. Con la continua selección clonal y las hibridaciones, la lista continúa aumentando sin límites. En la Actualidad, el 90% de la superficie mundial de viñedos está ocupada por *Vitis vinífera* dedicadas a la producción de vinos, zumos, uvas de mesa y pasas de uva. (Boulton y col., 2002).

El racimo de uva recién cortado (% p/p) está compuesto por: raspones (3-6) y bayas (94-97).

Los raspones contienen: agua (78-80); osas (0,5-1,5); ácidos orgánicos (0,5-1,6); taninos (2-7); minerales (2,2-5); compuestos nitrogenados (1-1,5). La piel representa entre (7-12) % p/p de las baya. La piel contiene: agua (78-80); ácidos orgánicos (0,8-1,6); taninos (0,4-3); antocianos (0-0,5); compuestos nitrogenados (1,5-2); minerales (1,5-2); ceras (1-2); sustancias aromáticas (0).

La pepita representa entre (0-6) % p/p de la baya. La pepita contiene: agua (25-45); compuestos glucídicos (34-36); taninos (4-10); compuestos nitrogenados (4-6,5); minerales (2-4) y lípidos (13-20). La pulpa representa entre (83-91) % p/p de la baya. (Flanzy, 2003)

En la Tabla 1 se presenta la composición de la pulpa (mosto) de la uva y la composición del vino que es todavía más compleja que la del mosto, siendo difícil de precisar el número de constituyentes, que se eleva a varias centenas.

**Tabla 1:** Composición del Mosto y del Vino<sup>1</sup>

| COMPONENTES PRINCIPALES | MOSTOS g L <sup>-1</sup> | VINOS g L <sup>-1</sup> |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Agua                    | 700 a 850                | 750 a 900               |
| Osas                    | 140 a 250                | 0,1 a 2                 |
| Polisacáridos           | 3 a 5                    | 2 a 4                   |
| Alcoholes               | -                        | 69 a 121                |
| Polioles                | -                        | 5 a 20                  |
| Ácidos orgánicos        | 9 a 27                   | 3 a 20                  |
| Polifenoles             | 0,5                      | 2 a 6                   |
| Comp. Nitrogenados      | 4 a 7                    | 3 a 6                   |
| Minerales               | 0,8 a 2,8                | 0,6 a 2,5               |
| Vitaminas               | 0,25 a 0,8               | 0,2 a 0,7               |

## ELABORACIÓN DE VINO BLANCO SECO

Las operaciones unitarias que se utilizan para elaborar vino blanco seco con *Vitis vinifera*s y *S. cerevisiae* fueron consideradas como referencia para el desarrollo tecnológico con uvas no viníferas, y fué necesario determinar experimentalmente el rendimiento de cada operación.

Existe una gran diversidad de vinos blancos que responden normalmente a los gustos de los consumidores. Así pueden clasificarse: a) según su aroma: aromáticos o neutros; b) según su contenido de azúcar: secos, abocados o dulces; c) según su contenido en anhídrido carbónico: tranquilos o espumosos; d) según su estado oxidativo: frescos o maderizados.

Cada uno de estos tipos responde a la aplicación de tecnologías diferentes y sus calidades dependen de los cuidados que se hayan observado durante la elaboración.

A cada tipo de vino le corresponde una adaptación de la técnica de vinificación.

Se ha podido asegurar en la elaboración un control y una eficacia real, gracias al control de cierto número de operaciones tecnológicas prefermentativas, fermentativas y postfermentativas.

1- Cabanis y Cabanis , 2000, citado por Flanzky, 2003.

## La fase prefermentativa

A cada tipo de vino le corresponde una adaptación de la técnica de vinificación.

*El Estrujado:* consiste en reventar la uva para liberar el jugo de las células de la pulpa; se realiza haciendo pasar la uva entre dos cilindros muy próximos y que giran en sentido contrario, se debe de aplicar con intensidad moderada para limitar toda trituración que puede entrañar cierto número de efectos negativos como la degradación de los aromas y aumento de fangos. En vinificación en blanco, frecuentemente no se practica el despallado, ya que los raspones juegan un papel de soporte de drenaje durante el prensado, facilitando el escurrido del mosto.

*El Escurrido:* consiste en la separación del mosto liberado por el estrujado. Si es estático (escurrido en tolva, escurrido espontáneo durante el llenado de la prensa) o dinámico (de tipo tornillo sinfin inclinado), debe ser rápido con el fin de limitar la intensidad de los fenómenos de maceración y de oxidación.

*El Prensado:* realiza la extracción del mosto contenido en la vendimia estrujada y escurrida. De acuerdo con lo indicado anteriormente, esta operación, de importancia capital para la calidad de los mostos y los vinos (Blouin, 1989), se debe realizar con el mayor de los cuidados. Hoy la tecnología ya dispone de las prensas discontinuas neumáticas que conducen a la mejor extracción de mostos, marginándose el uso de las prensas de tipo continuo.

*El Sulfitado:* consiste en la adición de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Se realiza con un triple fin: proteger el mosto de la oxidación por el oxígeno del aire, seleccionar el medio fermentativo eliminando los microorganismos indígenas presentes de forma natural en el mosto, y preparar la clarificación estática del mosto cuando se someta al mosto a esta operación. (Pourves, 2005).

*La Clarificación:* es la eliminación controlada de las materias sólidas (llamadas fangos) compuestas principalmente por restos de vegetales, que se encuentran en suspensión. Esta operación bien hecha, mejora de la calidad organoléptica a través de la modificación del aroma fermentativo. Los vinos de mostos clarificados tienen un aroma secundario más fino, mejor calidad que los procedentes de mostos no clarificados. Con el objetivo de mejorar la rapidez y la calidad de la operación, se practica de la adición de enzimas como algo corriente. La adición de bentonita suele practicarse para reforzar para eliminación del exceso de proteínas que se encuentran en el mosto de forma natural; ya que su eliminación parcial evita la turbidez, por quiebre proteico.

## La fase fermentativa

La fermentación alcohólica constituye una de las etapas más importantes de la elaboración de los vinos y es conducida por las levaduras. Como en toda vinificación, tres criterios permiten la optimización de esta fase: a) un buen arranque de fermentación, b) un buen desarrollo de la fermentación, y c) un buen seguimiento de la fermentación. (Miño Valdés, 2011).

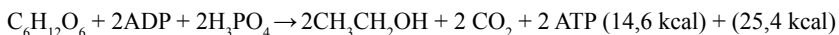
a) Un buen arranque de la fermentación se caracteriza por la rápida puesta en marcha de la actividad de las levaduras. Esto implica dos exigencias: por una parte, una fuerte población de levaduras viables, bien adaptadas a las características de los mostos y a las condiciones de fermentación; por otra parte, unas concentraciones suficientes del mosto en nutrientes necesarios para las levaduras. Pero, el clarificado provoca un empobrecimiento del medio en estos dos elementos. Incluso aunque se realice la fermentación de forma espontánea, por medio de levaduras indígenas, de un mosto correctamente clarificado, y se pueda perfectamente obtener un vino blanco de calidad, un buen control de la fermentación pasa necesariamente, por una adecuada adición de levaduras y nutrientes. (Formento, 2009)

b) Un buen desarrollo de la fermentación alcohólica debe conducir a dos resultados principales: por una parte, al agotamiento completo del medio en azúcares fermentables, dentro de unos márgenes razonables; y por otra parte, a la obtención de un aroma fermentativo de calidad óptima, elemento importante de la calidad general de los vinos blancos. Estas dos condiciones podrán ser cumplidas por una elección adecuada de la cepa de levadura y de las condiciones de desarrollo de esta misma levadura.

Las cepas más alcohógenas, especialmente la *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, son las que sintetizan mayores cantidades de ésteres superiores (Bertrand, 1981), que juegan un papel positivo en la calidad del aroma secundario.

c) Un buen seguimiento analítico de la fermentación es indispensable para asegurar el desarrollo en unas condiciones óptimas: seguimiento de la evolución de la densidad y de la temperatura del mosto, determinación de la acidez volátil en caso de bajar la rapidez o parada de fermentación, y determinación de los azúcares fermentables residuales al final de la fermentación.

El balance químico de la fermentación alcohólica pura es: (Diaz Peralta 2007).

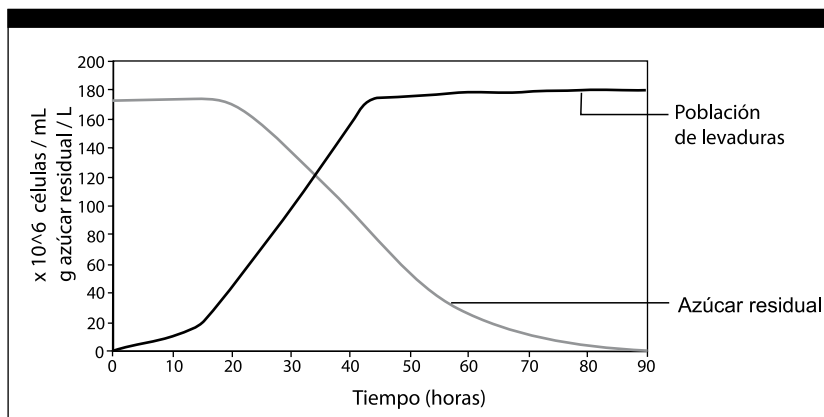


Los 14,6 kcal asimila la levadura y los 25,4 kcal de energía son disipados. (Bordeau, 2002).

Aunque en mayor o menor medida, puede intervenir un cierto número de especies e incluso de géneros, es claro que el papel principal lo realiza *Saccharomyces cerevisiae*. La fermentación alcohólica en enología se efectúa en condiciones muy específicas, lo que explica el poco número de trabajos llevados a cabo en este ámbito. Además de la cantidad de oxígeno disponible en el mosto al comienzo de la fermentación menor a 10 mg de O<sub>2</sub> por litro.

El metabolismo de la *S. cerevisiae* en tales condiciones es estrictamente fermentativo. El mosto de uva se caracteriza por tener una alta concentración de azúcares fermentables (de 140 a 260 g L<sup>-1</sup>) según el grado de madurez de la uva (cantidades equivalentes de glucosa y fructosa). Este mosto se caracteriza también por una muy fuerte acidez (pH entre 3,0-3,5). La fermentación completa del mosto por *S. cerevisiae* conduce a la producción de 8-15 % (v/v) de etanol, y otros co-productos fermentativos tales como el glicerol (6-8 g L<sup>-1</sup> en promedio), ácidos orgánicos tales como el acético, el succínico y el pirúvico en cantidades menores a 1 g L<sup>-1</sup>, y también alcoholes superiores y ésteres.

Se observa sistemáticamente en condiciones enológicas (Figura 1), un desacoplamiento entre fase de crecimiento y consumo de azúcares ya que una proporción importante de los azúcares es consumida durante la fase estacionaria. (Flanzy, 2000)



**Figura 1:** Evoluciones típicas de población celular y azúcares residuales durante la fermentación alcohólica en condiciones enológicas.

## La fase postfermentativa

Cuando la fermentación alcohólica se ha terminado se realiza inmediatamente el sulfitado con el fin de conservar en el vino su acidez y su frescura

organoléptica. Es indispensable asegurar al vino una buena conservación, para evitar dos riesgos: el contacto con el oxígeno del aire, y el mantenimiento del vino de forma prolongada a temperaturas elevadas.

Para evitar las alteraciones de diverso origen una conservación óptima de los vinos implica un almacenado entre 10-12°C y sin contacto del aire. (Díaz Peralta, 2010).

## **EFLUENTES VINÍCOLAS**

Los orígenes de los efluentes vinícolas según Bluoin y Peynaud (2004) son:

- Desechos vitícolas: hojas, raspones, semillas, pulpas vertidos junto con los orujos hacia las destilerías, ricos en azúcares y alcohol, taninos y potasio.
- Desechos de fermentaciones: levaduras y bacterias constituyen las lías recuperadas para la destilación o son evacuadas con las aguas de lavado, son ricas en proteínas y tártaro.
- Productos enológicos: colas, clarificantes, productos filtrantes ricos en proteínas y materias inertes (tierras de filtración).
- Productos de limpieza, ricos en sodio y cloro.

Los desechos vinícolas tienen las siguientes características:

- a) están totalmente desprovistos de toxicidad microbiológica directa o indirecta
- b) están totalmente desprovistos de toxicidad química
- c) son igualmente muy pobres en nitrógeno y en fosfatos
- d) los riesgos de toxicidad química accidental (por ejemplo: productos de limpieza) son casi nulos puesto que los productos utilizados son poco peligrosos y muy diluidos al utilizarse
- e) la cantidad y la naturaleza de los residuos son prácticamente constantes desde hace décadas
- f) los desechos vinícolas perturban el medio ambiente únicamente creando una fuerte demanda química de oxígeno (DQO).

## **ESCALADO DE REACTORES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS**

(García Rodríguez y Rodríguez Rico, 2006)

Aunque los avances en modelación matemática y medios de computación permiten cada vez más una interrelación mayor entre el diseño y el escalado, algunos investigadores los delimitan, considerando que en el diseño se usan



correlaciones bien establecidas y propiedades físicas estimadas o medidas, mientras que en el escalado se hace modificando un resultado medido por un factor que involucra, entre otras cosas, la relación de las dimensiones lineales del modelo y el prototipo. El problema del escalado es encontrar ese factor. La verdad sobre el escalado es casi imposible de encontrar pues la verdadera similitud no existe según Jordan (1982).

Por ello, para el intento de un escalado se combinan diferentes técnicas que van desde el análisis matemático hasta la comparación de las correlaciones existentes de los resultados obtenidos del modelo experimental, incluyendo los experimentos a escala pequeña. Los sistemas biológicos, por las características especiales que tienen, son tratados en forma especial. Bisio (1995) y Trambouze (1989) plantean como principales métodos de escalado el principio de similitud, los modelos y “mockups” (escala demostrativa o modelo de tamaño real) y el modelado matemático.

## CONCLUSIONES PARCIALES

1. La fermentación alcohólica en condiciones enológicas es espontánea y muy compleja, por ello es conveniente para la investigación tener en cuenta las siguientes conclusiones parciales.

2. A partir de un viñedo sano se requiere considerar los datos tecnológicos siguientes: verificar la madurez de las uvas antes de procesarlas, utilizar enzimas peptolíticas para la clarificación de los mostos, agregar N amoniacal, fermentar entre 18-24°C, agitar periódicamente para micro oxigenar y evitar la acumulación de levaduras en el fondo del recipiente, hacer un buen seguimiento del proceso midiendo sus parámetros indicadores, utilizar SO<sub>2</sub> como inhibidor enológico.

3. Así para la evaluación de los mostos, las levaduras nativas y los vinos obtenidos es necesario la inclusión de las siguientes etapas con sus objetivos generales:

**EtapA A:** Elaborar vino blanco seco a escala laboratorio

El objetivo será registrar los valores de los parámetros del proceso en función del tiempo.

**EtapA B:** Evaluar de los parámetros de proceso de las vinificaciones

El objetivo será estudiar el desempeño de las levaduras nativas y de *S. bayanus*.

**EtapA C:** Modelo matemático de la fermentación alcohólica en condiciones enológicas

El objetivo será justificar y pronosticar el comportamiento tecnológico, de la biomasa, la fructosa (o la glucosa) y el 50% del etanol; ya que no hay con vino blanco de *Vitis no viníferas* de color.

**Etapas D:** Valorar la aptitud de los vinos para el consumo humano

El objetivo será constatar si cumplen con las exigencias del Instituto Nacional de Vitivinicultura.

4. Así para establecer un procedimiento tecnológico, evaluar el mismo en planta piloto, calcular y seleccionar el equipamiento tecnológico para la escala industrial, estimar los costos y la rentabilidad, se requieren las siguientes etapas con sus objetivos generales:

**Etapas E:** Establecer un procedimiento tecnológico para la vinificación en blanco

Los objetivos serán: establecer el tamaño y la tecnología de la planta para las uvas de color.

**Etapas F:** Evaluar en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido

El objetivo será obtener los rendimientos globales y la duración de los procesos.

**Etapas G:** Calcular y seleccionar el equipamiento industrial

El objetivo será dimensionar el equipamiento de una tecnología a escala industrial.

**Etapas H:** Estimación de costos y rentabilidad del proceso tecnológico

El objetivo será estimar los costos y la rentabilidad para esta tecnología y realizar un análisis dinámico de las alternativas de producción.

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE LA VINIFICACIÓN EN BLANCO A ESCALA LABORATORIO PARA DESARROLLAR LA TECNOLOGÍA

#### INTRODUCCIÓN

Para alcanzar los objetivos propuestos de acuerdo con las conclusiones del capítulo anterior se requiere de la ejecución del procedimiento recomendado.

**Etapa A: Elaborar vino blanco seco a escala laboratorio:** las acciones investigativas fueron: vinificar en blanco a 18, 22, 26 y 30°C con mostos de *Isabella* y a 24°C con mostos de *Niágara*.

**Etapa B: Evaluar los parámetros de proceso de las vinificaciones:** las acciones realizadas con los valores de los parámetros registrados fueron: aplicar análisis de varianza y comparar el poder, la actividad y el rendimiento fermentativo y la población de levaduras.

**Etapa C: Modelo de la fermentación alcohólica en condiciones enológicas:** las acciones realizadas para simular la fermentación a 18°C a partir de la biomasa conocida de *S. bayanus* y la evolución del consumo de fructosa en el mosto de *Isabella*, presente en cantidades similares a la glucosa, y explicar la producción del 50% del etanol total obtenido fueron: resolver las ecuaciones del modelo logístico por el método de Newton de regresión no lineal

**Etapa D: Valorar la aptitud de los vinos para el consumo humano:** las acciones realizadas fueron: analizar los vinos desde el punto de vista fisicoquímico y constatar su aptitud.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Las uvas:** fueron *Niágara rosada e Isabella tinto* (lote 39-40, Olegario Andrade-Misiones).

**Los microorganismos:** las levaduras nativas fueron las de la piel de las uvas *Isabella y Niágara* y *S. bayanus* como referencia (Proveedor Anfi-química S. L. Origen: España).

**Los aditivos:** soluciones de metabisulfito de potasio al 10% p/p, fosfato de amonio al 5% p/p y enzimas peptolíticas (proveedor Lafazym CL. Origen España).

### **Etapas A: Elaboración de vino blanco seco a escala laboratorio**

**Elaboración de vino blanco seco a escala laboratorio:** Las determinaciones y los métodos de medición fueron los índices de: Van Rooyen-Ellis-Du Plessi = (°Brix).(pH); y de Cillis-Odifredi = (°Brix).(acidez total en g L<sup>-1</sup> ácido tartárico)<sup>-1</sup> (Pszczolkowski, 2002); donde °Brix (% p/p sacarosa/mosto) = 261,3 - 261,3 . [p.e.(20/20°C)]<sup>-1</sup> (Boulton y col. 2006)

pH = - log (H<sup>+</sup>); y la (H<sup>+</sup>) se expresa en moles H<sup>+</sup>. L<sup>-1</sup> solución. (Chang, 2002)

Además: El Peso con balanza gravimétrica; el Volumen de las Bayas por desplazamiento de líquido; la Densidad del mosto en (g L<sup>-1</sup>) con mostímetro; el Rendimiento de las Bayas se calculó con el volumen y la densidad en (% p/p mosto/uva) (Bordeau, 2006a); Azúcares Reductores (en g L<sup>-1</sup>) con Licor de Felhing y por refractometría en °Brix (Pszczolkowski, 2006); Alcohol (%) (v/v) con densímetro alcohómetro (INV, 2006); Acidez Total en ácido tartárico por titulación con OHNa y Volátil en ácido acético (g L<sup>-1</sup>) por titulación del destilado con OHNa (Pszczolkowski, 2006); el pH con potenciómetro y Temperatura con termómetro de alcohol (INV, 2005); el Recuento de Levaduras con cámara de Neubauer (INV, 2008); Anhídrido Sulfuroso libre y total en (mg L<sup>-1</sup>) por titulación con el método de Rippert; Temperaturas de fermentación seleccionadas: 18, 22, 26 y 30°C (IT) y 24°C (NR) (Pszczolkowski, 2006).

**Inóculo de levaduras nativas:** se prensaron 2 kg de uva *Isabella tinto* con piel (sin escobajo) y se le adicionó 1 g hL<sup>-1</sup> de fosfato de amonio (coadyuvante de fermentación alcohólica). Fermentó espontáneamente a durante 2 días; luego se tomó (sin piel) 3 % v/v del pie de cuba y se inoculó a 2 L de mosto *Isabella* preparado. La cantidad de levaduras al inicio de la fermentación fue de 12.10<sup>3</sup> células nativas mL<sup>-1</sup> mosto. (Martinez Vazquez, 2006).

**Inóculo de *S. bayanus*:** Las levaduras se agregaron al mosto en dosis de 1 g hL<sup>-1</sup> previamente hidratadas y reactivadas con agua destilada a 37°C durante 30 min. La concentración inicial fue de 6.10<sup>3</sup> *S. bayanus* mL<sup>-1</sup> mosto. (Pszczolkowski, 2006).

**Fermentación Alcohólica en condiciones enológicas** (Pszczolkowski, 2006)

Preparación de una muestra: se utilizó 5 kg de uva por cada muestra a vinificar, se prensó separadamente sin escobajo, hasta obtener 2,5 L de mosto. Se agregó al mosto 3 g hL<sup>-1</sup> de anhídrido sulfuroso (solución de metabisulfito de potasio al 10%) y 2 g hL<sup>-1</sup> de enzimas pectolíticas.

Los envases se obturaron con válvula de agua y se dejaron decantar por 24 h para producir la clarificación del mosto. Al cabo de este tiempo, se separaron 0,5 litros de borra, dejando 2 litros de mosto para vinificar. Las temperaturas de fermentación seleccionadas fueron 18, 22, 26 y 30°C (para *Isabella*) y 24°C (para *Niágara*).

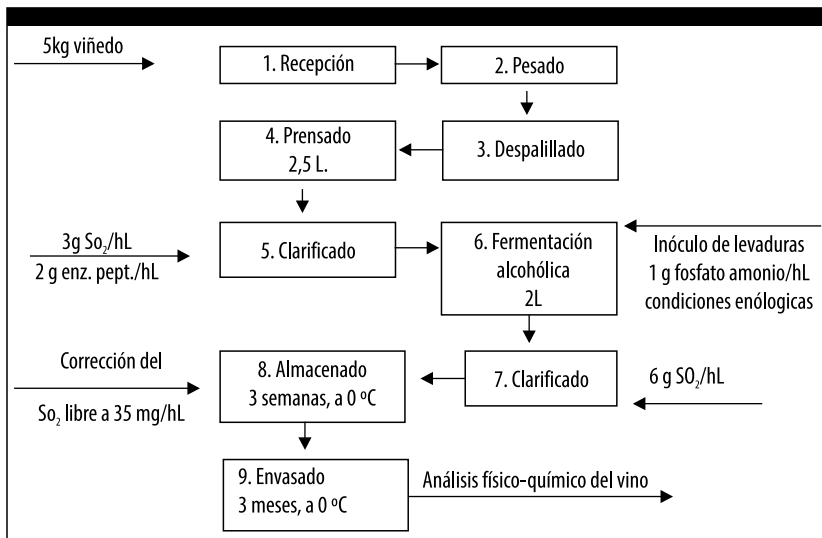
A cada temperatura seleccionada se vinificó por triplicado, se inocularon 3 muestras con levaduras nativas y otras 3 con *S. bayanus*. A cada mosto se le adicionó 1 g hL<sup>-1</sup> de fosfato de amonio. Los envases se obturaron con válvula de agua para producir anaerobiosis.

Se iniciaron simultáneamente todas las fermentaciones en cámara isotérmica. La vinificación finalizó cuando la densidad se mantuvo constante 2 días y el azúcar residual menor a 2 g L<sup>-1</sup>. A cada envase con vino se añadió 6 g hL<sup>-1</sup> de SO<sub>2</sub>.

Los vinos se guardaron en posición vertical a 0°C en cámara refrigerada durante tres semanas a 0°C. La borra formada fue separada cuando el vino se trasegó a botellas limpias y desinfectadas de 750 mL c/u. Antes se corrigió el SO<sub>2</sub> libre llevándolo a 35 mg L<sup>-1</sup> de vino para su conservación. Se obturaron los envases con corchos cilíndricos y se almacenaron 3 meses acostados a 0 °C); luego se analizaron. En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo de las operaciones que se llevan a cabo en las vinificaciones isotérmicas a 18, 22, 24, 26 y 30 °C en el laboratorio. (Miño Valdés y col., 2012).

### **Análisis estadístico (Area, 2004)**

Los estadígrafos de prueba aplicados fueron el test de Fischer (F) para confirmar hipótesis de variancias iguales para  $\alpha = 0,05$ , y el test t de Student (t) para comparar las medias con varianzas iguales para un nivel de confianza (NC) = 95%.



**Figura 2:** Diagrama de flujo para la elaboración de vino blanco común seco en el laboratorio

**2.2.2. Etapa B: Evaluación de los parámetros de proceso:** fue aplicado el modelo I de efecto fijo para Anova de 1 factor, con distribución F y  $\alpha = 0,05$  (Area, 2004).

**El Poder Fermentativo (PF):** se calculó con la fórmula: (Bordeau, 2006).

$$PF (\% \text{ v/v}) = [(\% \text{ v/v etanol obtenido}) / (\% \text{ v/v etanol teórico esperado})] 10^2$$

**La Actividad Fermentativa (AF):** se calculó con la fórmula (Bordeau, 2006)

$$\text{La AF} = (\text{g azúcar fermentados} / \text{duración de la fermentación})$$

**El rendimiento Fermentativo (RF):** se calculó con la fórmula (Bordeau, 2006)

$$RF = (\text{g azúcar inicial} / \text{Alcohol obtenido})$$

**El recuento de la población de levaduras:** se realizó con Cámara de Neubauer y su equivalente en generaciones con la fórmula: (Bordeau, 2004)

$$B = A \cdot t^n$$

donde **t** (en h) es el tiempo de generación de una levadura en mostos de uva (~2 h) en crecimiento exponencial; **n** es el número de generaciones, **A** y **B** son población inicial y final respectivamente.

**Etapas C: Verificación de la aptitud de los vinos:** las determinaciones y las metodologías fueron las aprobadas por el INV (Instituto Nacional de Vitivinicultura de Argentina) (INV, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan las características físico-químicas de la uva IT y NR utilizadas.

**Tabla 2:** Características físicoquímicas de las uvas IT y NR de Misiones

| Parámetros a 20 °C  | Valores medios de IT                       | Valores medios de NR                       |
|---|--|--|
|   | Sin registro (INV, 2006)                   | Sin registro (INV, 2006)                   |
| Fecha de cosecha  | 23/12/2006                                 | 20/12/2006                                 |
| Color   | negro                                      | rosado claro                               |
| Peso de 200 bayas   | 559 g                                      | 628 g                                      |
| Peso medio de 200 bayas   | 2,79 g baya <sup>-1</sup>                  | 3,14 g baya <sup>-1</sup>                  |
| Volumen de 200 bayas  | 410 mL                                     | 595 mL                                     |
| Vol. medio de 200 bayas   | 2,05 mL baya <sup>-1</sup>                 | 2,97 mL baya <sup>-1</sup>                 |
| Peso: mosto de 200 bayas  | 290 g                                      | 349,5 g                                    |
| Rendimiento de extracción   | 51,8 % (g mosto/g uva)                     | 55,65 % (gmosto/guva)                      |
| Densidad del mosto (a 15°C)   | 1.074 g mosto L <sup>-1</sup> mosto        | 1.080 g L <sup>-1</sup>                    |
| SST sólidos solubles totales  | 17,8 °Brix                                 | 19 °Brix                                   |
| Azúcares en el mosto  | 168 g L <sup>-1</sup>                      | 183 g L <sup>-1</sup>                      |
| <sup>a</sup> Grado alcohólico probable  | 9,9 % (v/v)                                | 10,7 % (v/v)                               |
| <sup>b</sup> Acidez total (ácido tartárico)   | 6,1 g L <sup>-1</sup>                      | 6,71 g L <sup>-1</sup>                     |
| <sup>c</sup> pH   | 3,45                                       | 3,24                                       |
| <sup>d</sup> ICO  | 2,8 °Brix (g/L ác.tartárico) <sup>-1</sup> | 2,83°Brix(g/L ác. tartárico) <sup>-1</sup> |
| IVR   | 61,43 (°Brix pH)                           | 61,56 (°Brix pH)                           |
| <sup>a</sup> Valor obtenido de la Tabla 3 de Pszczółkowski (2006).  |  |  |
| <sup>b,c</sup> Valores apropiados para variedades de <i>Vitis vinifera</i> durante las fermentaciones.              |  |  |
| <sup>b</sup> Entre 5,5 y 8,5 según Jackson (2003); <sup>c</sup> Entre 3,1 y 3,6 según Díaz Peralta, (2008).         |  |  |
| <sup>d</sup> Valores entre 3 y 5 son ideales para cosechar variedades de <i>Vitis vinifera</i> según Rosier (1995). |  |  |

**Fuente propia:** Miño Valdés y Herrera, (2007).

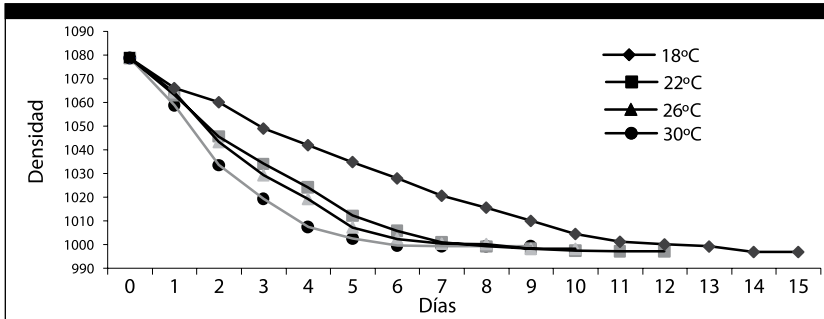
## Etapas A: Vinificación en laboratorio

Para cada temperatura se utilizaron 3 muestras inoculadas con levaduras nativas y 3 muestras sembradas con *S. bayanus* como referencia. Las vinificaciones se procesaron simultáneamente.

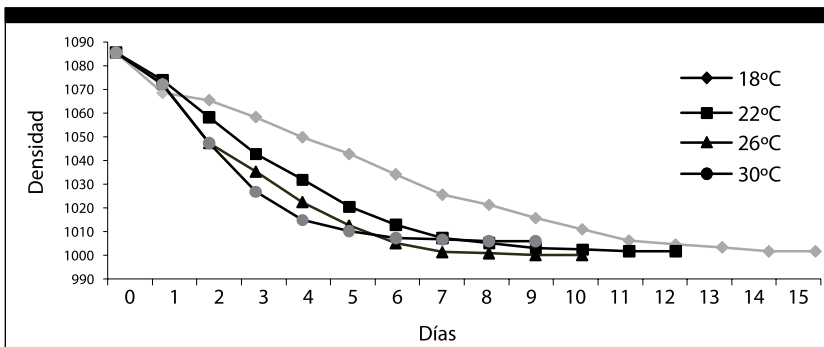
Los valores graficados de densidad, °Brix, pH y población de levaduras contra el tiempo, en mostos de IT fermentados a 18, 22, 26 y 30 °C se presentan

en las Figuras 3, 4, 5 y 6 para levaduras nativas en las Figuras 7, 8, 9 y 10 para *S. bayanus*.

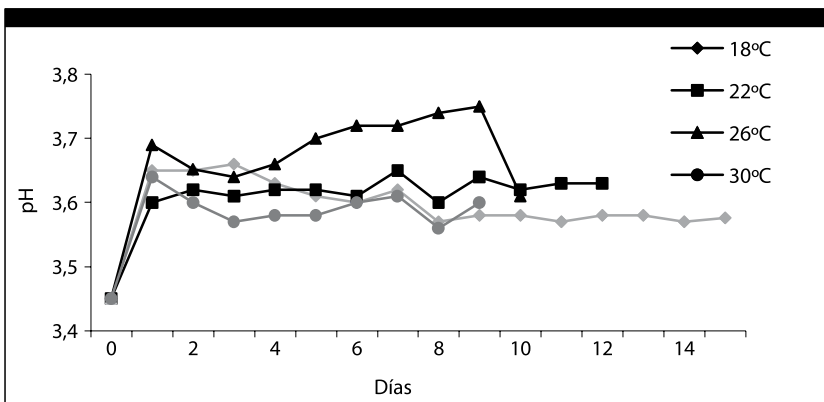
Con *Isabella tinto* y levaduras nativas a 18, 22, 26 y 30°C los resultados fueron:



**Figura 3:** Densidad vs Tiempo en mostos de uva Isabella con nativas



**Figura 4:** °Brix vs Tiempo en mostos de uva Isabella con nativas



**Figura 5:** pH vs Tiempo en mostos de uva Isabella con nativas



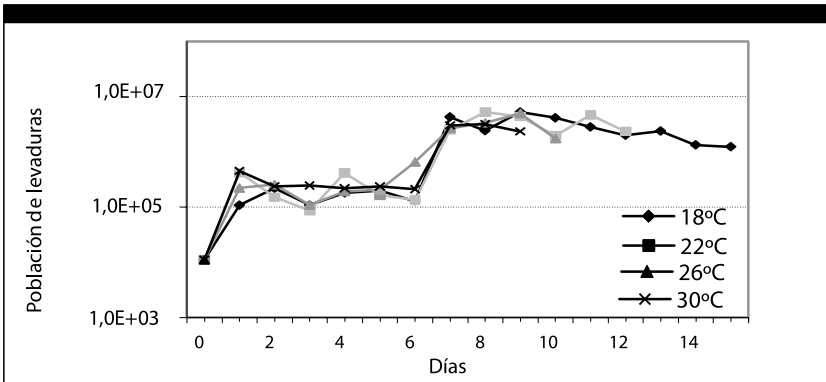


Figura 6: Levaduras nativas vs Tiempo en mostos de uva *Isabella*

Con *Isabella* tinto y *S. bayanus* a 18, 22, 26 y 30°C los resultados fueron:

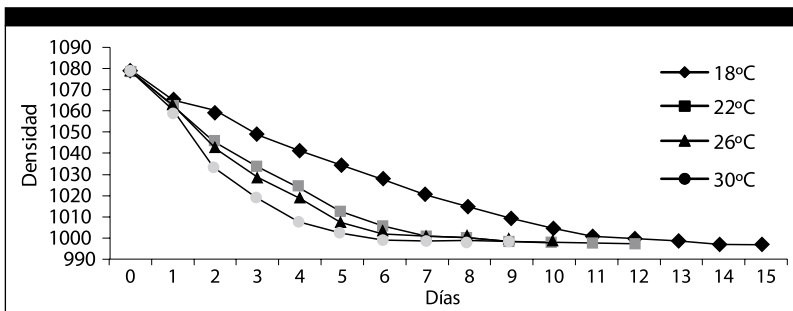


Figura 7: Densidad vs Tiempo en mostos de uva *Isabella* con *S. bayanus*

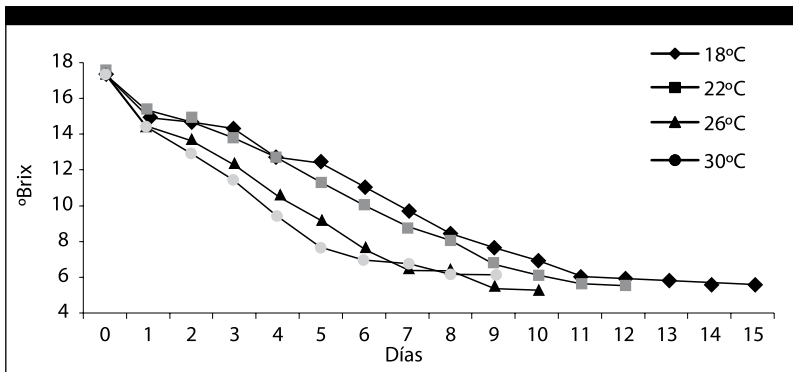


Figura 8: °Brix vs Tiempo en mostos de uva *Isabella* con *S. bayanus*

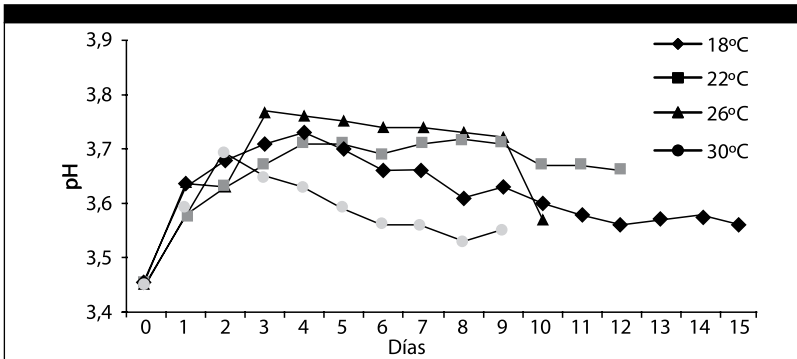


Figura 9: pH vs Tiempo en mostos de uva *Isabella* con *S. bayanus*

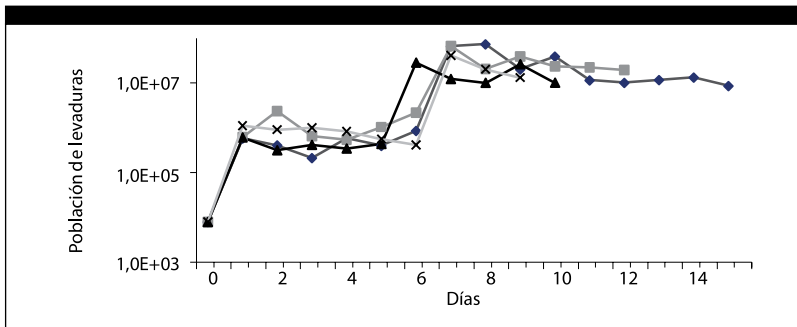


Figura 10: *S. bayanus* vs Tiempo en mostos de uva *Isabella*

Con uva *Niágara rosada* inoculadas con levaduras nativas y *S. bayanus* a 24°C los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Densidad, pH y SST contra tiempo de fermentación en mostos NR a 24 °C

| Tiempo<br>Días | Densidad (g L <sup>-1</sup> ) |         | pH               |         | SST (°Brix)      |         |
|----------------|-------------------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|
|                | <i>S.bayanus</i>              | Nativas | <i>S.bayanus</i> | Nativas | <i>S.bayanus</i> | Nativas |
| 0              | 1080,3                        | 1080,3  | 3,20             | 3,20    | 19,0             | 19,0    |
| 1              | 1058,6                        | 1058,8  | 3,29             | 3,32    | 15,5             | 15,89   |
| 2              | 1045,8                        | 1046,7  | 3,28             | 3,26    | 13,4             | 13,85   |
| 3              | 1035,8                        | 1035,8  | 3,26             | 3,26    | 11,6             | 12,09   |
| 4              | 1021,9                        | 1023,7  | 3,25             | 3,19    | 10,3             | 10,75   |
| 5              | 1013,7                        | 1015,7  | 3,23             | 3,18    | 8,75             | 8,25    |
| 6              | 1005,6                        | 1006,7  | 3,21             | 3,20    | 7,21             | 7,75    |

|    |        |        |      |      |      |      |
|----|--------|--------|------|------|------|------|
| 7  | 1001,7 | 1001,4 | 3,24 | 3,21 | 6,84 | 6,60 |
| 8  | 997,7  | 997,7  | 3,23 | 3,25 | 6,24 | 6,24 |
| 9  | 995,7  | 995,6  | 3,24 | 3,23 | 5,74 | 5,71 |
| 10 | 993,7  | 993,6  | 3,25 | 3,23 | 5,74 | 5,71 |
| 11 | 993,7  | 993,6  | 3,27 | 3,24 | 5,71 | 5,61 |

Fuente: elaboración propia.

## Etapa B: Evaluación de los parámetros del proceso.

### Anova de la densidad, los °Brix, el pH.

Durante el proceso de vinificación de los mostos de uva *Isabella* a diferentes temperaturas para un NC = 95% los resultados del Anova fueron:

Los valores de **pH medios** no presentaron diferencias significativas:

En vinificación a 18, 22 y 26°C con inóculos de levaduras nativas.

En vinificación a 18, 22 y 26°C con inóculos de *S. bayanus*.

En vinificación a 18, 22, 26, 30°C con inóculos de nativas respecto de *S. bayanus* a cada temperatura.

Los valores de **pH medios** presentaron diferencias significativas:

En vinificación a 30°C respecto de 18, 22 y 26°C con inóculos de levaduras nativas.

En vinificación a 30°C respecto de 18, 22 y 26°C con inóculos de *S. bayanus*.

Los valores de **°Brix medios** no presentaron diferencias significativas:

En vinificación a 18, 22, 26 y 30°C con inóculos de levaduras nativas.

En vinificación a 18, 22, 26 y 30°C con inóculos de *S. bayanus*

En vinificación a 18, 22, 26 y 30°C con nativas respecto de *S. bayanus* a cada temperatura.

Los valores de **densidades medias** no presentaron diferencias significativas:

En vinificación a 18, 22, 26 y 30°C con inóculos de levaduras nativas.

En vinificación a 18, 22, 26 y 30°C con inóculos de *S. bayanus*.

Durante el proceso de vinificación de los mostos de uva Niágara a 24°C para un NC=95% no presentaron diferencias significativas los valores medios de:

Las densidades con inóculos de levaduras nativas respecto de inóculos de *S. bayanus*.

Los °Brix con inóculos de levaduras nativas respecto inóculos de *S. bayanus*.

Los pH con inóculos de levaduras nativas respecto de inóculos de *S. bayanus*.

## El Poder Fermentativo (PF)

En la Tabla 4 se presenta el PF y los valores de alcohol teóricos esperados y los obtenidos, con levaduras *S. bayanus* y levaduras nativas cuando terminaron de fermentar.

En las vinificaciones realizadas (Tabla 4) según el test t para un nivel de confianza del 95 %:

A la misma temperatura, presentaron diferencias significativas los PF medios de *S. bayanus* respecto de los PF medios de las levaduras nativas en mostos de IT y en mostos de NR.

A diferentes temperaturas, presentaron diferencias significativas los PF medios de *S. bayanus* al comparar entre sí en mostos de IT.

A diferentes temperaturas, no presentaron diferencias significativas los PF medios de las levaduras nativas al compararlos entre sí en mostos de IT.

De acuerdo a los resultados obtenidos a 30 °C las nativas tuvieron mayor tolerancia a la temperatura y soportaron mejor la presencia creciente de alcohol en el medio.

Pero en el resto de las experiencias *S. bayanus* tuvo mejor PF, hecho que se acentuó a 18 °C, donde se alcanzó su mayor valor relativo.

**Tabla 4:** Poder fermentativo de levaduras en mostos de uva IT y NR

| Fermentación Uva Temperatura | Inóculo           | Alcohol<br>% v/v (a 20 °C) |          | PF  |
|------------------------------|-------------------|----------------------------|----------|---|
|                              |                   | Esperado                   | obtenido |   |
| IT; 18 °C                    | <i>S. bayanus</i> | 9,9                        | 9,8      | Valor medio: 98,9 <sup>*A</sup><br>DE: 0,48 |
|                              | Nativas           | 9,9                        | 8,9      | Valor medio: 89,8 <sup>*B</sup><br>DE: 0,66 |
| IT; 22 °C                    | <i>S. bayanus</i> | 9,9                        | 9,3      | Valor medio: 93,9 <sup>*C</sup><br>DE: 0,86 |
|                              | Nativas           | 9,9                        | 8,9      | Valor medio: 89,8 <sup>*B</sup><br>DE: 0,68 |
| IT; 26 °C                    | <i>S. bayanus</i> | 9,9                        | 9,5      | Valor medio: 95,9 <sup>*D</sup><br>DE: 1,05 |
|                              | Nativas           | 9,9                        | 9,0      | Valor medio: 90,9 <sup>*B</sup><br>DE: 1,02 |

|           |                   |      |       |   |
|-----------|-------------------|------|-------|---|
| IT; 30 °C | <i>S. bayanus</i> | 9,9  | 8,2   | Valor medio: 82,8* <sup>E</sup><br>DE: 1,12 |
|           | Nativas           | 9,9  | 9,0   | Valor medio: 90,8* <sup>B</sup><br>DE: 1,14 |
| NR; 24°C  | <i>S. bayanus</i> | 10,7 | 10,3  | Valor medio: 97*<br>DE: 0,489               |
|           | Nativas           | 10,7 | 10,05 | Valor medio: 94*<br>DE: 1,061               |

DE: desviación estándar  
\* Con diferencias significativas a la misma temperatura, según el test t ( $\alpha = 0,05$ )  
Con diferencias significativas para distintas letras y temperaturas, según el test t ( $\alpha = 0,05$ )  
Sin diferencias significativas para la misma letra a distintas temperaturas, test t ( $\alpha = 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

## La Actividad Fermentativa (AF)

En la Tabla 5 se presentaron los valores iniciales y finales de azúcares medidos en mosto antes y después de la fermentación.

En las vinificaciones realizadas (Tabla 5), según el test t para un nivel de confianza del 95%:

- A la misma temperatura, no presentaron diferencias significativas las AF medias de *S. bayanus* respecto de las AF medias de las levaduras nativas en mostos de IT ni en mostos de NR.
- A diferentes temperaturas, presentaron diferencias significativas las AF medias de *S. bayanus* al compararlas entre sí en mostos de IT.
- A diferentes temperaturas, presentaron diferencias significativas las AF medias de levaduras nativas al compararlas entre sí en mostos de IT.

Tabla 5: Actividad fermentativa de levaduras en mostos de uva IT y NR

| Fermentación isotérmica uva temp. tiempo |                | Inóculo           | Azúcar g L <sup>-1</sup> inicial final |      | AF   |
|--|----------------|-------------------|--|------|--|
| IT                                       | 18 °C; 15 días | <i>S. bayanus</i> | 168                                    | 1,68 | Valor medio: 11,09 <sup>A</sup><br>DE: ± 0,046 |
|  |                | Nativas           | 168                                    | 1,70 | Valor medio: 11,08 <sup>A</sup><br>DE: ± 0,057 |
| IT                                       | 22 °C; 12 días | <i>S. bayanus</i> | 168                                    | 1,69 | Valor medio: 13,86 <sup>B</sup><br>DE: ± 0,048 |
|  |                | Nativas           | 168                                    | 1,71 | Valor medio: 13,85 <sup>B</sup><br>DE: ± 0,062 |

|  |                |                   |     |      |  |
|--|----------------|-------------------|-----|------|--|
| IT   | 26 °C; 10 días | <i>S. bayanus</i> | 168 | 1,68 | Valor medio: 16,63 <sup>C</sup><br>DE: ± 0,038 |
|  |                | Nativas           | 168 | 1,69 | Valor medio: 16,62 <sup>C</sup><br>DE: ± 0,061 |
| IT   | 30 °C; 9 días  | <i>S. bayanus</i> | 168 | 1,68 | Valor medio: 18,48 <sup>D</sup><br>DE: ± 0,048 |
|  |                | Nativas           | 168 | 1,69 | Valor medio: 18,47 <sup>D</sup><br>DE: ± 0,054 |
| NR   | 24 °C; 11 días | <i>S. bayanus</i> | 183 | 1,84 | Valor medio: 16,47 <sup>E</sup><br>DE: ± 0,046 |
|  |                | Nativas           | 183 | 1,85 | Valor medio: 16,46 <sup>E</sup><br>DE: ± 0,042 |
| DE: desviación estándar  |                |                   |     |      |  |
| ABCDE Sin diferencias significativas según el test t ( $\alpha = 0,05$ ) para la misma letra   |                |                   |     |      |  |
| ABCDE Con diferencias significativas según el test t ( $\alpha = 0,05$ ) para distintas letras |                |                   |     |      |  |

Fuente: Elaboración propia

## El Rendimiento Fermentativo (RF)

En la Tabla 6 se presenta el valor medio del RF de las levaduras en mostos de IT y NR.

En las vinificaciones realizadas (Tabla 6), según el test t para un nivel de confianza del 95 %:

- A la misma temperatura, presentaron diferencias significativas los RF medios de *S. bayanus* respecto de los RF medios de las levaduras nativas en mostos de IT, ni en mostos de NR.
- A diferentes temperaturas, presentaron diferencias significativas los RF medios de *S. bayanus* al compararlos entre sí en mostos de IT.
- A diferentes temperaturas, presentaron diferencias significativas los RF medios de las levaduras nativas al compararlos entre sí en mostos de IT.

**Tabla 6:** Rendimiento fermentativo de levaduras en mostos de uva IT y NR

| Fermentación Isotérmica  | Inóculo           | Azúcar inicial g L <sup>-1</sup> | Alcohol final % v/v | RF   |
|--|-------------------|----------------------------------|---------------------|--|
| <i>Isabella tinto</i>  |                   | 168                              | 9,9                 | Máximo teórico: 16,97                          |
| 18 °C; 15 días   | <i>S. bayanus</i> | 168                              | 9,8                 | Valor medio: 17,14 <sup>A</sup><br>DE: ± 0,244 |
|  | Nativas           | 168                              | 8,9                 | Valor medio: 18,87 <sup>B</sup><br>DE: ± 0,242 |
| 22 °C; 12 días   | <i>S. bayanus</i> | 168                              | 9,3                 | Valor medio: 18,06 <sup>C</sup><br>DE: ± 0,163 |
|  | Nativas           | 168                              | 8,9                 | Valor medio: 18,87 <sup>B</sup><br>DE: ± 0,166 |
| 26 °C; 10 días   | <i>S. bayanus</i> | 168                              | 9,5                 | Valor medio: 17,68 <sup>A</sup><br>DE: ± 0,224 |
|  | Nativas           | 168                              | 9,0                 | Valor medio: 18,66 <sup>B</sup><br>DE: ± 0,245 |
| 30 °C; 9 días  | <i>S. bayanus</i> | 168                              | 8,2                 | Valor medio: 20,48 <sup>D</sup><br>DE: ± 0,164 |
|  | Nativas           | 168                              | 9,0                 | Valor medio: 18,66 <sup>B</sup><br>DE: ± 0,162 |
| Niágara rosada   |                   | 183                              | 10,7                | Máximo teórico 17,10                           |
| 24 °C; 11 días   | <i>S. bayanus</i> | 183                              | 10,6                | Valor medio: 17,26 <sup>E</sup><br>DE: ± 0,143 |
|  | Nativas           | 183                              | 10,3                | Valor medio: 17,76 <sup>F</sup><br>DE: ± 0,162 |
| DE: desviación estándar  |                   |                                  |                     |  |
| <sup>ABCDEF</sup> Sin diferencias significativas según el test t ( $\alpha = 0,05$ ) para la misma letra   |                   |                                  |                     |  |
| <sup>ABCDEF</sup> Con diferencias significativas según el test t ( $\alpha = 0,05$ ) para distintas letras |                   |                                  |                     |  |

Fuente: Elaboración propia.

Desde este punto de vista del resultado fueron las *bayanus* quien tuvieron más rendimiento respecto de las nativas: a 18°C (17,14 y 18,87); a 22°C (18,06 y 18,87); a 26°C (17,68 y 18,66); pero a 30°C el mejor rendimiento la obtuvieron las nativas (20,48 y 18,66).

**La Población de levaduras nativas** (Tabla 7): se presentan los valores medios de población.

**Tabla 7:** Población de levaduras nativas en mostos de uva IT a 18, 22, 26 y 30 °C.

| Vinificación  |                 | Levaduras nativas                                    |                    |  |            |
|---|-----------------|--|--------------------|--|------------|
| Isotérmica (°C)   | Duración (días) | Población inicial x 10 <sup>3</sup> mL <sup>-1</sup> | Generación inicial | Población x 10 <sup>5</sup> mL <sup>-1</sup> | Generación |
| 30  | 9               | 12   | 1                  | F: 23,7<br>M: 53                             | 7-8<br>8-9 |
| 26  | 10              | 12   | 1                  | F: 17,3<br>M: 52,5                           | 7-8<br>8-9 |
| 22  | 12              | 12   | 1                  | F: 23,4<br>M: 49,3                           | 7-8<br>8-9 |
| 18  | 15              | 12   | 1                  | F: 12,5<br>M: 32                             | 6-7<br>8-9 |
| F: final; M: máxima . La generación 1 fue 12.10 <sup>3</sup> nativas.mL <sup>-1</sup> |                 |  |                    |  |            |

**Fuente:** elaboración propia

En la Tabla 8 se presentan los valores medios de *S. bayanus* mL<sup>-1</sup> al inicio, al final y el máximo alcanzado para cada temperatura de fermentación isotérmica en mostos de uva IT.

**Tabla 8:** Población de *S. bayanus* en mostos de uva IT a 18, 22, 26 y 30 °C

| Vinificación                       |                 | <i>Saccharomyces bayanus</i>                         |                    |  |               |
|------------------------------------|-----------------|--|--------------------|--|---------------|
| Isotérmica (°C)                    | Duración (días) | Población inicial x 10 <sup>3</sup> mL <sup>-1</sup> | Generación inicial | Población x 10 <sup>5</sup> mL <sup>-1</sup> | Generación    |
| 30                                 | 9               | 6  | 1                  | F: 18,2<br>M: 93,8                           | 8-9<br>10-11  |
| 26                                 | 10              | 6  | 1                  | F: 34,7<br>M: 94,1                           | 9-10<br>10-11 |
| 22                                 | 12              | 6  | 1                  | F: 20,9<br>M: 47,9                           | 8-9<br>9-10   |
| 18                                 | 15              | 6  | 1                  | F: 25,9<br>M: 65                             | 8-9<br>9-10   |
| F: final; M: máxima (ver Anexo 24) |                 |  |                    |  |               |

**Fuente:** Elaboración propia.

Considerando que la población inicial (generación 1) sembrada fue de 12.10<sup>3</sup> nativas mL<sup>-1</sup> el doble respecto de 6.10<sup>3</sup> *bayanus* mL<sup>-1</sup> se infiere que las



*S. bayanus* tuvieron más multiplicación que las nativas a las temperaturas y mostos evaluados.

Según Flanzy (2003) las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* en mostos de *Vitis viniferas* durante la fase de crecimiento en condiciones enológicas se multiplican hasta 6 o 7 generaciones, así una población inicial de  $1 \cdot 10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$  alcanza una población próxima a  $120\text{-}130 \cdot 10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$ . Esta biomasa final según Formento (2009) solo representa  $3 \text{ g L}^{-1}$  de peso seco.

Las generaciones 1 sembradas  $12 \cdot 10^3$  nativas  $\text{mL}^{-1}$  y  $6 \cdot 10^3$  *bayanus*  $\text{mL}^{-1}$  alcanzaron rangos máximos de (8-9 y 9-11) y rangos finales de (7-9 y 9-11) respectivamente que fueron mayores a las 6-7 generaciones reportadas para *S. cerevisiae*.

### **ETAPA C: Modelado de la Fermentación Alcohólica en condiciones enológicas**

El modelo de Monod, describe el crecimiento de la levadura, luego del período de inducción

$$r_C = \frac{k C_A C_C}{C_A + C_M} \quad \text{Donde } r_C: \text{ velocidad de crecimiento; } k: \text{ coeficiente cinético;}$$

$C_A$ : concentración de sustrato;  $C_C$ : concentración de levadura;  $C_M$ : concentración de sustrato cuando la levadura alcanza la mitad de la velocidad máxima de multiplicación.

$$C_M = C_A \therefore r_C = \frac{r_{C \max}}{2}$$

Este modelo sencillo de aplicar no ha sido suficiente para describir el proceso de vinificación aunque se han introducido modificaciones semiempíricas para el mejor ajuste.

Una de ellas es la suposición cierta de que el coeficiente cinético es función del efecto inhibitorio del producto etanol, a saber:

$$k_{obs} = k \left( 1 - \frac{C_R}{C_{R^*}} \right)^n$$

Donde  $k_{obs}$ : coeficiente cinético observado

$K$ : coeficiente cinético;  $C_R$ : concentración de producto;  $n$ : orden de la reacción de inhibición;  $C_{R^*}$ : concentración de producto a la cual cesa la actividad fermentativa.

El problema surge de considerar que el mosto es una mezcla compleja que tiene mayoritariamente tres tipos de azúcares factibles de utilizar por la levadura, glucosa, fructosa y sacarosa.

Por lo tanto, el resultado de la producción de etanol es consecuencia de tres procesos diferentes y probablemente a distintas velocidades.

Se sabe por los resultados experimentales de Wang y Xu., (2002) que el orden de preferencia de *S. cerevisiae* por estos azúcares es el siguiente:



Los modelos desarrollados se basan en el comportamiento bioquímico del proceso y dan lugar a un conjunto de ecuaciones que describen los fenómenos que ocurren durante la vinificación.

La ventaja de estos modelos es que los parámetros que se obtienen proveen explicaciones y tienen un significado desde el punto de vista de la bioquímica del proceso.

Sin embargo, la principal desventaja es que los sistemas de ecuaciones a resolver son de tipo no lineal, con la complejidad que implica el manejo de estas ecuaciones acopladas.

Además sus resultados son difíciles de validar y la identificación de parámetros puede acarrear problemas adicionales.

No obstante en este cálculo, se utilizaron las ecuaciones basadas en un modelo logístico de crecimiento asociado de la biomasa con la fabricación de etanol.

Para expresar la concentración de la biomasa en función del tiempo se partió de la ecuación logística (1) de Wang et al., (2004):

$$\frac{dX}{dt} = \mu_m X (1 - X / X_m)$$

Donde:  $t$  (en h) es el tiempo;  $X$  (en  $g L^{-1}$ ) es la concentración de biomasa

$X_m$  (en  $g L^{-1}$ ) es la concentración máxima de biomasa

$X_0$  (en  $g L^{-1}$ ) es la concentración inicial de biomasa

$\mu$  (en h) es el tiempo de crecimiento específico medio

$\mu_m$  (en  $h^{-1}$ ) es el máximo crecimiento específico medio en las condiciones de fermentación

$S$  (en  $g L^{-1}$ ) es la concentración del sustrato;

$S_0$  (en  $g L^{-1}$ ) es la conc. inicial de sustrato

Integrando la ecuación logística (1) cuando  $t$  tiendo a 0,  $X = X_0$ ,  $S = S_0$  y  $P = 0$ ;

el modelo cinético puede ser formulado y el rendimiento de la producción media de biomasa se obtiene en la ecuación logística (2):

$$X = (X_0 X_m e^{\mu m t}) (X_m - X_0 + X_0 e^{\mu m t})^{-1}$$

Esta última ecuación muestra la relación entre la biomasa y el tiempo de fermentación, el parámetro  $\mu_m$  fue estimado introduciendo los datos experimentales en el software matemático SAS 8.01 System.

La producción de etanol, P, en este modelo logístico es visto como un crecimiento asociado con la biomasa, e incluye un término de retardo asociado, ( $\Delta t$ ), que fue encontrado en la fermentación cuando fue comparado el crecimiento celular con la pequeña producción de etanol en la fase inicial de crecimiento de la población de levaduras.

La producción de etanol en función del tiempo de fermentación se planteó con la ecuación logística (3) de Wang et al., (2004):

$$\left( \frac{dP}{dt} \right) = Y_{p/x} \frac{dX}{dt} [d(t - \Delta t)]^{-1}$$

Donde: P (en g L<sup>-1</sup>) es la concentración de producto

$\Delta t$  (en h<sup>-1</sup>) es el retraso de la formación de etanol como consecuencia del desarrollo de biomasa.

$Y_{p/x}$  (en g etanol / g biomasa) es el rendimiento para la biomasa.

La ecuación (3) se integró utilizando  $\mu_m$  y  $X_m$ , y el modelo es descrito por la ecuación logística (4):

$$P = Y_{p/x} \left[ \frac{(X_0 X_m e^{\mu m (t-\Delta t)})}{X_m - X_0 + X_0 e^{\mu m (t-\Delta t)}} - X_0 X_m e^{-\mu m \Delta t} / X_m - X_0 + X_0 e^{-\mu m \Delta t} \right]$$

Después, con los datos experimentales del etanol obtenido con esta ecuación se calculó el coeficiente de rendimiento  $Y_{p/x}$  y el tiempo de retardo  $\Delta t$ .

Para el proceso de fermentación alcohólica, la ecuación describiendo el consumo medio de sustrato considerando dos aspectos: el consumo de azúcar en la formación de biomasa y el mantenimiento de la biomasa.

El consumo medio de azúcar fue descrita por la ecuación logística (5) según Caro et al., (1991) y Marín (1999):

$$- (dS/dt) = (1/Y_{x/s}) [(dX/dt) + m X]$$

Combinando con la ecuación (1), la ecuación (3) y estimando parámetros, esta ecuación (5) se integra y la ecuación del azúcar consumido puede ser obtenida como ecuación logística (6):

$$S = S_0 - (1/Y_{x/s}) [(X_0 X_m e^{\mu_m t} / X_m - X_0 + X_0 e^{\mu_m t}) - X_0] - (X_m m / \mu_m) \ln (X_m - X_0 + X_0 e^{\mu_m (t - \Delta t)}) / X_m$$

Donde:  $m$  (en g azúcar / g biomasa h) es el coeficiente de mantenimiento de la biomasa.

$Y_{x/s}$  (en g biomasa / g azúcar) es el coeficiente de rendimiento para el sustrato.

Con este modelo logístico se describió la vinificación isotérmica a 18 °C de mostos de IT con *S. bayanus* en función de tres ecuaciones y cinco parámetros a estimar.

Para los parámetros iniciales  $X_0$ ,  $S_0$  y para  $X_m$  se tomaron de los valores de las condiciones experimentales de la vinificación. Los otros parámetros fueron todos estimados con el método de regresión no lineal de Newton obteniéndose:

$$\begin{aligned} \mu_M &= 0,04 \text{ h}^{-1} \\ m &= 0,02 \text{ g glucosa / g biomasa h} \\ Y_{x/s} &= 0,2 \text{ g biomasa (g glucosa)}^{-1} \\ \Delta t &= 14,56 \text{ h}^{-1} \\ Y_{p/x} &= 5,78 \text{ g etanol / g biomasa} \end{aligned}$$

Para ello se utilizó el software matemático SAS System 8.01, 5 Iterative Search Techniques, que incluye Newton-Gauss, Marguardt, Gradient y Dud Technique, utilizados para minimizar y evaluar la suma de cuadrados de los residuos.

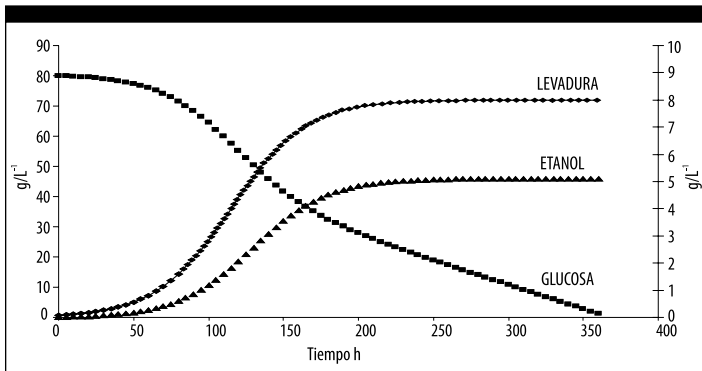
No obstante ello, la resolución de las ecuaciones por el método de Newton de regresión no lineal ha conducido a la simulación del proceso de fermentación de la glucosa a partir de la concentración de biomasa conocida y la evolución del consumo de glucosa, presente en cantidades similares a la fructosa en el mosto procesado.

La formación de etanol como producto, la variación de la población de levaduras y la disminución de sustrato fueron los observados ver Figura 11 para la fermentación del mosto de *Isabella tinto* a 18 °C con *S. bayanus*.

Con este modelo logístico se describió el consumo de glucosa en la vinificación isotérmica a 18°C para mostos de IT y *S. bayanus* en función de tres ecuaciones y cinco parámetros estimados. Tres valores: concentración inicial y máxima de la biomasa ( $X_0$ ) y ( $X_m$ ) respectivamente en g L<sup>-1</sup> y la concentración inicial de sustrato ( $S_0$ ) en g L<sup>-1</sup> se tomaron de la vinificación; y los cinco restantes fueron estimados con el método de regresión no lineal de Newton obteniéndose:

$$\text{-El tiempo de crecimiento específico medio máximo } (\mu_M) = 0,04 \text{ h}^{-1}$$

- El coeficiente de mantenimiento de la biomasa ( $m$ ) = 0,02 g glucosa (g biomasa h)<sup>-1</sup>
- El coeficiente de rendimiento para el sustrato ( $Y_{x/s}$ ) = 0,2 g biomasa (g glucosa)<sup>-1</sup>
- El retardo asociado a la producción de etanol en la fase inicial de crecimiento
- ( $\Delta t$ ) = 14,56 h<sup>-1</sup>
- El rendimiento para la biomasa ( $Y_{p/x}$ ) = 5,78 g etanol (g biomasa)<sup>-1</sup>



**Figura 11:** Curvas simuladas del consumo de glucosa por *S. bayanus* en el modelo logístico

Escala izquierda para g glucosa/L y escala derecha para g etanol/L y g levaduras/L

Para ello se utilizó el software matemático SAS System 8.01 Iterative Search Techniques 5, que incluye: Newton-Gauss, Marguardt, Gradient y Dud Technique, utilizados para minimizar y evaluar la suma de cuadrados de los residuos. Se consideró que la simulación obtenida representó adecuadamente el fenómeno observado.

#### **Etapas D: Valorar la aptitud de los vinos para el consumo humano**

En la Tabla 9 se presentan los parámetros físicos obtenidos en vinos blancos secos.

La baja graduación de alcohol se debe al bajo contenido inicial de azúcares reductores en el mosto, que son característicos de las uvas no viníferas.

La diferencia de alcohol obtenido (en % v/v) con inóculos de *S. bayanus* en mostos de IT respecto inóculos de levaduras nativas fue de 0,9 a 18 °C; 0,4 a 22 °C; 0,5 a 26 °C y mostos de NR 0,3 a 24 °C. A 30 °C en mosto de IT, la

diferencia de alcohol obtenido (en % v/v) fue a favor de las levaduras nativas con un valor de 0,8.

Las mayores diferencias de etanol producido fueron a 18 °C con 0,9% v/v mayor para *S. bayanus* respecto de las nativas; pero a 30 °C fue un 0,8% v/v mayor para nativas respecto de *S. bayanus*.

El SO<sub>2</sub> libre y total: la relación de equilibrio entre el SO<sub>2</sub> combinado y el libre es de carácter dinámico, siendo afectada básicamente por la acidez y la temperatura.

Los valores sugeridos de SO<sub>2</sub> libre están entre 25-30 mg L<sup>-1</sup> para lograr una buena conservación del vino elaborado.

El INV fijó límites para el contenido de SO<sub>2</sub> total permitido en 180 ±35 mg L<sup>-1</sup> para vinos blancos secos, en los vinos blancos obtenidos con no viníferas este valor se puede ajustar al envasarlos.

pH: entre 3-4 son los valores deseables al final de una fermentación alcohólica porque los ácidos de los mostos en general son todos débiles y el principal es el ácido tartárico por encontrarse en mayor cantidad respecto de los otros ácidos; el 90 % de los ácidos que se encuentran en los mostos lo constituyen el ácido tartárico, el ácido málico y el ácido cítrico (Perez Caram, 2009).

**Tabla 9:** Acidez total y volátil; SO<sub>2</sub> total y libre en Vino

| Uva                            | Inóculo          | pH   | °Alcohol<br>(% v/v) | mg SO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup><br>libre * | mg SO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup><br>total | g ácido L <sup>-1</sup><br>(tartárico)<br>total | g ácido L <sup>-1</sup><br>(acético)<br>volátil |
|--------------------------------|------------------|------|---------------------|---|---|---|---|
| <i>Isabella tinto</i><br>18 °C | Nativas          | 3,57 | 8,9                 | 16,6  | 96  | 6,52  | 0,98  |
|                                | <i>S.bayanus</i> | 3,67 | 9,8                 | 14  | 107,5                                       | 6,97  | 0,986   |
| <i>Isabella tinto</i><br>22 °C | Nativas          | 3,63 | 8,9                 | 12,8  | 119   | 6,07  | 0,78  |
|                                | <i>S.bayanus</i> | 3,66 | 9,3                 | 7,6   | 108,8                                       | 7,42  | 1,05  |
| <i>Isabella tinto</i><br>26 °C | Nativas          | 3,61 | 9                   | 14  | 102,4                                       | 6,07  | 1,04  |
|                                | <i>S.bayanus</i> | 3,57 | 9,5                 | 14  | 96  | 5,92  | 1,06  |
| <i>Isabella tinto</i><br>30 °C | Nativas          | 3,60 | 9                   | 8,9   | 115,2                                       | 7,05  | 0,84  |
|                                | <i>S.bayanus</i> | 3,55 | 8,2                 | 25,6  | 98,5  | 6,75  | 0,86  |
| <i>Niágara rosada</i><br>24 °C | Nativas          | 3,24 | 10,3                | 19,2  | 81,9  | 5,85  | 0,27  |
|                                | <i>S.bayanus</i> | 3,27 | 10,6                | 34,5  | 82  | 5,92  | 0,36  |
| **INV                          | Máximos          |      |                     |   | 180 ± 35                                    |   | 1 ± 0,2   |
|                                | Apropiados       | 3-4  | 12-14,5             | 25-30   |   | 4-8   |   |

\* SO<sub>2</sub> libre: todas las concentraciones se llevaron a 35 mg L<sup>-1</sup> antes de guardar el vino a 0°C. \*\* INV (2008)

En los vinos blancos obtenidos todos se encuentran dentro del rango sugerido por el INV.

Acidez total y volátil: todos los vinos aptos para el consumo tienen reacción ácida; esta acidez modifica el sabor, (a mayor acidez: sabor más fresco, color más intenso, menor peligro para el desarrollo de bacterias. La acidez total es la suma de los ácidos volátiles y fijos.

Los ácidos fijos que más influyen son el ácido tartárico, el ácido málico y el ácido cítrico; el ácido acético, el ácido láctico y el ácido succínico lo son entre los volátiles.

Los vinos de *Vitis viniferas* tienen normalmente una acidez total entre 5 - 7 g ácido tartárico L<sup>-1</sup>; igual que los vinos obtenidos.

El INV no fija límites legales para acidez total.

En todos los vinos blancos obtenidos la acidez total estuvo entre 4 - 8 g ácido tartárico L<sup>-1</sup> (estos valores son aptos para la conservación).

La acidez volátil es el conjunto de ácidos grasos de la serie acética que se encuentra en el vino, básicamente son los ácidos acético, fórmico, propiónico y butírico. Los vinos blancos obtenidos estuvieron por debajo de 1,2 g L<sup>-1</sup> de ácido acético volátil permitido. Todos los vinos blancos comunes secos de laboratorio, cumplen con sus exigencias del INV desde el punto de vista de los parámetros de control: pH, °Alcohólico, dióxido de azufre (libre y total), la acidez total en ácido tartárico y la acidez volátil en ácido acético.

## CONCLUSIONES PARCIALES

1. Los mostos de uva no viníferas *Isabella tinto* y *Niágara rosada* con el agregado de un coadyuvante de fosfato de amonio, enzimas peptolíticas y dióxido de azufre, fueron aptos para vinificar a 18, 22, 26 y 30 °C las uvas IT y a 24 °C las uvas NR.
2. Los inóculos de levaduras fueron suficientes en cantidad para iniciar, conducir y concluir las fermentaciones en condiciones enológicas; las levaduras *Saccharomyces cerevisiae bayanus* tuvieron mejor desempeño respecto de las levaduras autóctonas desde el punto de vista del RF y del PF.
3. Las fermentaciones en condiciones enológicas a escala laboratorio fueron continuas, sin paradas; a mayor temperatura de fermentación menor fue el tiempo de fermentación, completándose en tiempos similares

las fermentaciones con inóculos de *S. bayanus* respecto de inóculos de levaduras autóctonas.

4. Los vinos blancos secos obtenidos a escala laboratorio fueron aptos para consumo humano desde el punto de vista de los parámetros de control fisicoquímicos de la legislación vigente.

5. Se obtuvo un modelado matemático de acuerdo al modelo logístico resuelto para la evolución de la fermentación del mosto de IT a 18 °C con inóculo de *S. bayanus*.

6. El proceso tecnológico para la elaboración de vino blanco común seco a escala laboratorio quedó establecido con las operaciones: recepción, pesado, prensado, despalillado, clarificado, fermentado, clarificado, almacenado y envasado.

7. Para la etapa siguiente y basados en las experiencias de la escala laboratorio y la bibliografía consultada la elaboración de vino blanco seco en planta piloto se continuará con fermentación isotérmica a 20, 22 y 24 °C, con mostos de IT y NR e inóculos de *S. bayanus*. Aunque en planta piloto no se utilizarán las levaduras nativas, fue importante registrar su desempeño, porque no se descarta su utilización en vinificaciones a mayor escala, como inóculo puro o mezclado.



## CAPITULO III

### DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA A ESCALA PILOTO E INDUSTRIAL PARA VINIFICAR EN BLANCO *VITIS NO VINIFERAS* DE COLOR

#### INTRODUCCIÓN

Para el diseño y construcción de equipos industriales, existen dos caminos posibles, que pasan por la construcción de modelos. Estos modelos pueden ser matemáticos o empíricos. De modo general, el criterio de semejanza puede expresarse según la ecuación lineal  $m' = k.m$ ; donde  $m$  y  $m'$  son las medidas de una misma magnitud en el modelo y en el prototipo, respectivamente. La constante  $k$  recibe el nombre de factor de escala (Ibarz y Barboza, 2005).

Los criterios de semejanza aplicados entre el modelo y el prototipo fueron:

- Semejanza geométrica, referida a la proporcionalidad entre las dimensiones de equipos.
- Semejanza mecánica, referida a la oxigenación, agitación, decantación y prensado.
- Semejanza térmica, referida a su aplicación en la fermentación y almacenado de vinos.
- Semejanza de concentración, aplicada en la clarificación, fermentación y envasado.

Para alcanzar los objetivos propuestos de acuerdo con las conclusiones del capítulo anterior se requiere un procedimiento que fue recomendado en el Capítulo I y graficado en el diagrama heurístico del Anexo 28, y cuyas etapas se desarrollan a continuación.

### **Etapas E: Procedimiento tecnológico para la vinificación en blanco**

Las acciones realizadas fueron:

- Proponer una unidad productiva de uvas no viníferas de color.
- Estimar un tamaño de la planta para satisfacer la oferta de uvas.
- Establecer una tecnología para la elaboración de vino blanco seco.

### **Etapas F: Evaluación en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido**

Las acciones realizadas fueron:

- Vinificar en blanco a 20 °C con *Niágara rosada* ( $k=40$ ).
- Vinificar en blanco a 20 °C con *Isabella tinto* ( $k=40$ ).
- Vinificar en blanco a 22 °C con *Niágara rosada* ( $k>40$  en aditivos y levaduras).
- Vinificar en blanco a 24 °C con *Niágara rosada* ( $k >40$  en aditivos y levaduras).

### **Etapas G: Selección del equipamiento industrial**

Las acciones realizadas fueron:

- Calcular y seleccionar las capacidades y características de los equipos a nivel industrial utilizando  $k=40$
- Atenuar los impactos ambientales de los efluentes industriales

### **Etapas H: Estimación de costos y rentabilidad del proceso tecnológico**

Las acciones realizadas fueron:

- Estimar la inversión de capital y costos de producción.
- Realizar un análisis dinámico de las alternativas de producción

## **ETAPA E: PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO PARA LA VINIFICACIÓN EN BLANCO**

### **Unidad productiva de uvas no viníferas de color**

La unidad productiva estará compuesta por 12 familias. con 27 ha<sub>uvas</sub> c/flia.

En 3-4 años se inicia la cosecha de 8-18 ton<sub>viñedo</sub>/ha. (INTA, 2011). Estas 27 ha/flia. estarán conformadas por: 9 ha<sub>Venus</sub> para cosechar en noviembre, 9 ha

Niágara para cosechar en diciembre y 9 ha Isabella para cosechar en enero. (MAyP, 2007).

### Cálculo de la producción total de viñedo por mes:

$$\text{Ton/mes.flía} = 9 \text{ (ha}_{\text{viñedo}}/\text{mes.flía)} \cdot 13 \text{ (Tn}_{\text{viñedo}}/\text{ha}_{\text{viñedo}}) = 117 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{mes.flía}$$

$$\text{Ton/mes} = (117 \text{ Ton}_{\text{viñedo}}/\text{mes.flía}) \cdot (12 \text{ flías}) = 1.404 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{mes}$$

### Calculo de la producción de viñedo por año: para 3 meses de cosecha por año

$$\text{Ton/año.flía} = 117 \text{ (ton}_{\text{viñedo}}/\text{mes.flía}) \cdot (3 \text{ meses/año}) = 351 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{año.flía}$$

$$\text{Ton/año} = 351 \text{ (ton}_{\text{viñedo}}/\text{año.flía}) \cdot (12 \text{ flías}) = 4.212 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{año.}$$

### Estimar el tamaño de la planta para satisfacer a la unidad productiva

Para una jornada laboral de 8 h/día a razón de 30 días/mes.

La materia prima =  $(1.404 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{mes}) \cdot (1 \text{ mes}/30 \text{ días}) = 46,8 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{día}$

Considero como alimentación adecuada =  $48 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{día}$

Para operar la planta 6 h / jornada con 1 h de limpieza.

**Tamaño** =  $(48 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/\text{día}) \cdot (1 \text{ día} / 6 \text{ h}) = 8 \text{ ton}_{\text{viñedo}}/ \text{h}$

### Establecer la tecnología para la elaboración de vino blanco seco

En la **Tabla 10** se representan las operaciones para la elaboración de vino blanco a partir de *Vitis no viníferas* de color inoculados con *S. bayanus*.

**Tabla 10:** Operación de elaboración de vino blanco seco con uvas de color\*

| Operaciones | Aditivos   | Vitis no viníferas      |
|-------------|--|-------------------------|
| 1           |  | Recepcion               |
| 2           |  | Pesado                  |
| 3           |  | Despalillado (optativo) |
| 4           |  | Estrojado               |
| 5           |  | Prensado                |
| 6           | 3 g SO <sub>2</sub> /hL + 2 g enz.pept./hL       | Clarificado             |
| 7           | 1 g fosfato amonio/hL + 1 g <i>S.bayanus</i> /hL | Fermentación Alcohólica |
| 8           | 6 g SO <sub>2</sub> /hL                          | Clarificación           |
| 9           |  | Almacenado              |
| 10          |  | Filtrado                |
| 11          | Llevar a 35 mg SO <sub>2</sub> libre/hL          | Envasado                |

\*Formento, 2006

## ETAPA F: EVALUAR EN PLANTA PILOTO EL PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO ESTABLECIDO

En esta etapa se evaluó el procedimiento tecnológico establecido, para ello se aplicó un cambio de escala con factor  $k = 40$ , siendo  $m = 5 \text{ kg}_{\text{viñedo}}$  por muestra preparada en laboratorio.

$m'$  (muestra en planta piloto) =  $k \cdot m = 40 \cdot 5 = 200 \text{ kg}_{\text{viñedo}}$  por muestra en planta piloto.

A escala planta piloto se aplicaron las semejanzas: mecánicas, geométricas, térmicas y de concentración para todos los ensayos de vinificaciones respecto a las realizadas en laboratorio.

A continuación se desarrollan las vinificaciones de planta piloto para uvas *Niagara e Isabella*.

### Elaboración de vino blanco a 20°C con 200 kg del viñedo de *Niagara rosada*

En la Tabla 11 se presentan las operaciones aplicadas y el balance de masas para la elaboración de vino blanco seco con fermentación isotérmica a 20°C.

**Tabla 11:** Elaboración a 20°C con 200 kg de *Niagara* en planta piloto

| ENTRADA  | OPERACIONES                                  | SALIDA   |
|--|--|--|
| 200 kg viñedo  | Recepción y pesado                           | 200 kg viñedo  |
| 200 kg viñedo: (100% p/p)  | Estrujado y<br>+Prensado                     | 132 kg de mosto (66% p/p)<br>28 kg (escobajo+hollejo+semillas (14% p/p)<br>40 kg de mosto embebido (20% p/p) |
| Densidad = $1,080 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ mosto<br>122,2 L mosto: (100% v/v)<br>3 g $\text{SO}_2$ / hL y 2 g enz. pept. / hL | Clarificado<br>1 día                         | 114,8 L mosto útil : (94% v/v)<br>7,33 L borras: (6% v/v)  |
| 1 g fosfato de amonio / hL<br>1 g <i>S.bayanus</i> / hL<br>114,8 L mosto (100% v/v)  | Fermentación<br>Alcohólica<br>14 días a 20°C | 112,5 L vino con borra (98% v/v)<br>2,29 L pérdidas varias (2% v/v)  |
| 6 g $\text{SO}_2$ / hL<br>112,5 L vino c/borra (100% v/v)<br>Densidad $0,994 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$                         | Clarificado<br>2 días                        | 104,6 L vino (93% v/v)<br>7,87 L borra (7% v/v)  |
| 104,6 L vino (100% v/v)<br>Densidad $0,992 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$   | Almacenado                                   | 104,6 L vino (100% v/v)  |
| 104,6 L vino (100% v/v)<br>Llevar a 35 mg $\text{SO}_2$ libre/hL   | Envasado                                     | 104,6 L vino (100% v/v)  |

\*(Miño Valdés y col. 2007). Fuente propia.

En la fermentación alcohólica el  $V_{\text{vino}}$  producido fue menor al del mosto que le dio origen en  $\sim 2\%$  v/v, según Díaz Peralta, (2008) debido a:

- La contracción de la mezcla alcohol-agua
- Las pérdidas por el desprendimiento del  $\text{CO}_2$
- El arrastre de algunas sustancias volátiles (alcohol y otras)
- Precipitaciones de sales tartáricas

Los vinos analizados fueron aptos para consumo humano (Análisis del INV, 2007).

### Elaboración de vino blanco a 20°C con 200 kg del viñedo *Isabella tinto*

Se utilizó el mismo procedimiento establecido usando  $k=40$  ver balance de masa en Tabla 12.

**Tabla 12:** Elaboración a 20°C con 200 kg de *Isabella tinto* en planta piloto

| ENTRADA   | OPERACIONES                                  | SALIDA   |
|---|--|--|
| 200 kg viñedo   | Recepción+pesado                             | 200 kg viñedo  |
| 200 kg viñedo   | Estrujado                                    | 8 kg escobajo (4% p/p)<br>192 kg mosto (96% p/p)<br>179,43 L mosto                                   |
| 179,43 L mosto (100% v/v)   | Prensado                                     | 132 L de mosto (69% p/p)<br>19,7 L (hollejo+semillas): 11% v/v<br>35,8 L de mosto embebido (20% v/v) |
| 132,43 L mosto: (100% v/v)<br>3 g $\text{SO}_2$ / hL y 2 g enz. pept./ hL                       | Clarificado<br>1 día                         | 124 L mosto útil (94% v/v)<br>7,9 L borras: (6% v/v)   |
| 1 g fosfato de amonio/ hL<br>1 g <i>S.bayanus</i> / hL<br>124 L mosto (100% v/v)                | Fermentación<br>Alcohólica<br>14 días a 20°C | 121,5 L vino con borra (98% v/v)<br>2,5 L pérdidas varias (2% v/v)                                   |
| 6 g $\text{SO}_2$ / hL<br>121,5 L vino c/ borra (100% v/v)<br>Densidad 0,997 kg L <sup>-1</sup> | Clarificado<br>2 días                        | 112,9 L vino (93% v/v)<br>8,6 L borra (7% v/v)   |
| 112,9 L vino (100% v/v)<br>Densidad 0,995 kg L <sup>-1</sup>                                    | Almacenado                                   | 112,9 L vino (100% v/v)  |
| 112,9 L vino (100% v/v)<br>Llevar a 35 mg $\text{SO}_2$ libre/hL                                | Envasado                                     | 112,9 L vino (100% v/v)  |

(Miño Valdés y col. 2007). Fuente propia.

Con 1 kg de viñedo *Isabella tinto* se pudo elaborar 0,564 L de vino blanco seco aplicando el

Los vinos analizados fueron aptos para consumo humano (Análisis del INV, 2007)

### **Elaboración de vino blanco a 22°C con 200 kg del viñedo *Niágara rosada***

Se procesó con  $k > 40$  en la concentración de aditivos y *S. bayanus* a 22 °C en la ver Tabla 13. Los vinos obtenidos fueron aptos para consumo según análisis (INV 2007).

**Tabla 13:** Elaboración a 22°C de 200 kg de viñedo *Niágara rosada* en planta piloto

| <b>ENTRADA</b>                          | <b>OPERACIÓN</b>     | <b>SALIDA</b>  |
|---|----------------------|--|
| 200 kg viñedo                           | Recepción y pesado   | 200 kg viñedo  |
| 200 kg viñedo: (100% p/p)               | Estrujado y prensado | 136 kg de mosto (68% p/p)<br>26 kg (escobajo+hollejo+semillas)(13%)<br>38 kg de mosto embebido (19% p/p) |
| Densidad = 1,080 kg .L <sup>-1</sup>    | Clarificado          | 118 L mosto (94% v/v)  |
| 126 L mosto (100% v/v)                  | 1 día                | 7,56 L borras (6% v/v)   |
| 2 g enzimas peptolíticas/ hL            |                      |  |
| 5 g SO <sub>2</sub> / hL                |                      |  |
| 118 L mosto (100% v/v)                  |                      |  |
| 20 g <i>S. bayanus</i> / hL             | Fermentación**       | 115,6 L vino con borra (98% v/v)   |
| 2,(2,5 g fosfato de amonio/hL)          | Alcohólica           | 2,4 L pérdidas varias (2% v/v)   |
| 5 g tiamina / hL                        | 10 días a 22°C       |  |
| 2,4 g ácido ascórbico/ hL               | 2 remontajes         |  |
| 20 g bentonita / hL                     |                      |  |
| 115,4 L vino c/borra (100% v/v)         | Clarificado          | 107,3 L vino (93% v/v)   |
| 6 g SO <sub>2</sub> / hL                | 2 días               | 8,07 L borra (7% v/v)  |
| 107,3 L vino (100% v/v)                 | Almacenado           | 107,3 L vino (100% v/v)  |
| Densidad 0,992 kg.L <sup>-1</sup>       | 3 meses a Tamb.      |  |
| Llevar a 35 mg SO <sub>2</sub> libre/hL | Envasado             | 107,3 L vino   |
| 107,3 L vino                            |                      |  |

(Miño Valdés y col. 2007). Fuente propia.

Los vinos analizados fueron aptos para consumo humano (Análisis del INV, 2007)

## Elaboración de vino blanco a 24°C con 200 kg del viñedo de *Niágara rosada*.

Se procesó con  $k > 40$  en la concentración de aditivos y *S. bayanus* a 24 °C ver Tabla 14.

**Tabla 14:** Elaboración a 24°C de 200 kg de viñedo *Niágara rosada* en planta piloto

| ENTRADA  | OPERACIÓN               | SALIDA   |
|--|-------------------------|--|
| 200 kg viñedo  | Recepción y pesado      | 200 kg viñedo  |
| 200 kg viñedo: (100% p/p)                                | Estrujado y<br>Prensado | 138 kg de mosto (69% p/p)<br>26 kg (escobajo+hollejo+semillas)(13% p/p)<br>36 kg de mosto embebido (18% p/p) |
| Densidad = 1,080 kg .L <sup>-1</sup>                     |                         |  |
| 127,7 L mosto (100% v/v)                                 | Clarificado             | 120 L mosto útil (94% v/v)   |
| 2 g enzimas peptolíticas/ hL<br>5 g SO <sub>2</sub> / hL | 1 día                   | 7,66 L borras (6% v/v)   |
| 120 L mosto útil (100% v/v)                              |                         |  |
| 20 g <i>S. bayanus</i> / hL                              | Fermentación**          | 117,6 L vino con borra (98% v/v)   |
| 2,(2,5 g fosfato de amonio/hL)                           | Alcohólica              | 2,4 L pérdidas varias (2% v/v)   |
| 5 g tiamina / hL   | 8 días a 24°C           |  |
| 2,4 g ácido ascórbico/ hL                                | 2 remontajes            |  |
| 20 g bentonita / hL                                      |                         |  |
| 117,6 L vino c/borra (100% v/v)                          | Clarificado             | 109,36 L vino (93% v/v)  |
| 6 g SO <sub>2</sub> / hL                                 | 2 días                  | 8,23 L borra (7% v/v)  |
| Densidad 0,992 kg.L <sup>-1</sup>                        | Almacenado              |  |
|  | 3 meses a tamb.         |  |
| 109,36 L vino  | Filtrado                | 109,35 L vino  |
| Llevar a 35 mg SO <sub>2</sub> libre/hL                  |                         |  |
| 109,35 L vino  | Envasado                | 109,35 L vino  |

(Miño Valdés y col. 2007) Fuente propia.

Los vinos obtenidos fueron aptos para consumo según análisis del INV, (2007).

## ETAPA G: CALCULAR Y SELECCIONAR EL EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL

En esta etapa se calculó y seleccionó el equipamiento para el procedimiento tecnológico evaluado en la etapa E (planta piloto); para ello se aplicó  $k = 40$

(factor de escala) siendo  $m = 200$  kg de viñedo por muestra preparada en planta piloto y  $m'$  (escala industrial).

$m' = k m = 40 \cdot 200 \text{ kg} = 8.000$  kg de viñedo/hora en la planta industrial.

Las semejanzas aplicadas fueron mecánicas, geométricas, térmicas y de concentración.

En la Tabla 15 se presentan los rendimientos proyectados de planta piloto a escala industrial.

El mayor rendimiento fue a  $24^\circ\text{C}$  para 8 ton de viñedo NR con 8.000 kg se esperan obtener 4.376 L vino blanco seco que envasados representan 5.834 botellas de vino de 0,75 L c/u.

**Tabla 15:** Rendimientos globales proyectados de planta piloto para 8 ton de viñedo

|   |
|---|
| <b>A 20 °C</b> fue de: 52,3 % (kg vino blanco / kg viñedo <i>Niágara rosada</i> )<br>Con 8.000 kg viñedo NR se podrían obtener 4.184 L vino blanco seco $\equiv$ 5.578 botellas de vino |
| <b>A 20 °C</b> fue de: 56,4 % (kg vino blanco / kg viñedo <i>Isabella tinto</i> )<br>Con 8.000 kg viñedo IT se podrían obtener 4.512 L vino blanco seco $\equiv$ 6.016 botellas de vino |
| <b>A 22 °C</b> fue de: 53,5 % (kg vino blanco / kg viñedo <i>Niágara rosada</i> )<br>Con 8.000 kg viñedo NR se podrían obtener 4.280 L vino blanco seco $\equiv$ 5.706 botellas de vino |
| <b>A 24 °C</b> fue de: 54,7 % (kg vino blanco / kg viñedo <i>Niágara rosada</i> )<br>Con 8.000 kg viñedo NR se podrían obtener 4.375 L vino blanco seco $\equiv$ 5.834 botellas de vino |

**Fuente:** elaboración propia.

En la Tabla 16 se presentó el balance de masa utilizando un factor  $k=40$  respecto del modelo tecnológico establecido en planta piloto (duro menos días) y proyectado a escala industrial.

**Tabla 16:** Balance de masa a escala industrial para uva NR a  $24^\circ\text{C}$  ( $k = 40$ )

| ENTRADA   | OPERACIONES                    | SALIDA  |
|---|--------------------------------|---|
| 8.000 kg viñedo   | RECEPCIÓN y PESADO             | 8.000 kg viñedo   |
| 8.000 kg viñedo   | ESTRUJADO y PRENSADO           | 5.520 kg mosto $\equiv$ 5.111,1 L mosto<br>1040 kg escobajo+ hollejo+semillas<br>1440 kg mosto embebido |
| 5.111,1 L mosto<br>2 g enzimas peptolíticas/ hL<br>5 g $\text{SO}_2$ / hL | CLARIFICADO<br>Duración: 1 día | 4.800 L mosto<br>306,4 L borra  |



|   |   |   |
|---|---|---|
| 4.800 L mosto<br>20 g <i>S.bayanus</i> / hL<br>2.(2,5 g fosfato de amonio/hL)<br>5 g tiamina / hL<br>2,4 g acido ascórbico/ hL<br>20 g bentonita / hL | FERMENTACIÓN ALCOHOLICA<br>en condiciones enológicas<br>(8 días a 24°C) | 4.704 L vino c/borra $\equiv$ 4.676 kg vino<br>96 L pérdidas varias |
| 4.704 L vino con borra<br>6 g SO <sub>2</sub> / hL  | CLARIFICACION<br>Duración: 2 día  | 4.374,7 L vino<br>329,2 L borra                                     |
| 4.374,7 L vino  | ALMACENADO<br>3 meses a t ambiente                                      | 4.374,7 L vino  |
| 4.374,7 L vino  | FILTRADO  | 4.376 L vino  |
| 4.376 L vino<br>Llevar a 35 mg SO <sub>2</sub> libre/hL   | ENVASADO  | 5.834 botellas de vino (750 mL c/u)                                 |

(Miño Valdés y col. 2007). Fuente propia.

Los cálculos y la selección del equipamiento para el prototipo teniendo en cuenta  $k=40$  del laboratorio a planta piloto y  $k= 40$  de planta piloto a la industria fueron:

En la Tabla 17 los resultados de las variables calculadas para seleccionar equipos.

**Tabla 17:** Equipos y dispositivos calculados para procesar 8 ton viñedo h<sup>-1</sup>

| Equipos y dispositivos     | Variables   | Resultados calculados                         |
|----------------------------|---|---|
| Tolva para cajas           | Diámetro de tornillo  | 0,32 m  |
| Prensa neumática           | Capacidad   | 32 hL   |
|                            | Potencia  | 6,6 kW  |
|                            | Presión máxima  | 1,8 bar                                       |
| Fermentador - clarificador | Volumen   | 31,9 m <sup>3</sup>                           |
|                            | Altura  | 6,5 m   |
|                            | Diámetro  | 2,5 m   |
|                            | Velocidad de fangos   | 0,15 m h <sup>-1</sup>                        |
|                            | Duración 1er. clarificado                                     | 1 día   |
|                            | Duración 2do.clarificado                                      | 2 días  |
| Fermentación               | Peso molecular: C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> | 180 g mol <sup>-1</sup>                       |
|                            | Calor generado por mol  | 24,5 (kcal) (mol glucosa) <sup>-1</sup>       |
|                            | Calor generado por L  | 24,9 kcal L <sup>-1</sup> mosto               |
|                            | Tiempo de fermentación  | 8 días  |
|                            | Calor generado en 8 días                                      | 3.735 kcal h <sup>-1</sup> cuba <sup>-1</sup> |

|                      |                         |   |
|----------------------|-------------------------|---|
| Agua de enfriamiento | Agua de enfriamiento    | 219,3 kg h <sup>-1</sup> cuba <sup>-1</sup> |
|                      | Factor de simultaneidad | 1,4   |
|                      | Rendimiento             | 85%   |
|                      | Fermentación simultánea | 8 cubas                                     |
|                      | Calor total a disipar   | 49.214 kcal h <sup>-1</sup>                 |
| Tanques para vino    | Volumen                 | 270 m <sup>3</sup>                          |
|                      | Largo, ancho, alto      | 30 m, 3 m, 3 m                              |
|                      | Tiempo de estabilizado  | 3 meses                                     |
|                      | Piso declive            | 2 grados                                    |
|                      | Cantidad de tanques     | 9   |

**Fuente:** Elaboración propia.

**Los equipos seleccionados** para procesar 8 ton<sub>viñedo</sub> h<sup>-1</sup> fueron:

1 balanza de 250 kg de capacidad, para pesar cajas apiladas de 10 a 13 kg con viñedo c/u.

1 tolva con cinta elevadora para viñedo de 1,5 kW; patas con ruedas fijas y giratorias.

1 estrujadora-despalilladora de 1,87 kW; 245-660 rpm; tornillo sin fin 24 a 63 rpm; largo 2.995 mm; ancho 910 mm; salida del escobajo a 1.420 mm; altura salida vendimia 400 mm; cilindro perforado con árbol batidor a paleta en acero inoxidable; rodillos de goma; patas con ruedas.

1 bomba a tornillo para trasiego de molienda de 185 kg; 4 kW, 10 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, 1,8 bar y 200 rpm.

1 central de refrigeración de 24 hp; 54.000 frigorías h<sup>-1</sup>; Tagua entrada 12°C (de pozo perforado) y Tagua salida 7 °C.

1 bomba móvil para trasiego: 2 hp, 2 velocidades, 470 rpm, caudal de 12 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> a 16 m altura.

1 filtro de diatomeas para 4 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>; capacidad 85 L, presión 6 bar, potencia 1,75 kW.

1 filtro de marcos y 40 placas de 50, 80 y 100 L placa<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para pulido del vino.

1 bomba de pistón de acero inoxidable de 1,5 hp, 2 velocidades: 4.300 y 8.500 L h<sup>-1</sup>.

1 enfriador de vendimia: 6 m largo; 4 tubos concéntricos Ø<sub>i</sub> = 80 mm; Ø<sub>e</sub> = 114 mm.

1 pasarela de acero con baranda, guarda pierna y pie, piso de rejilla y escalera.

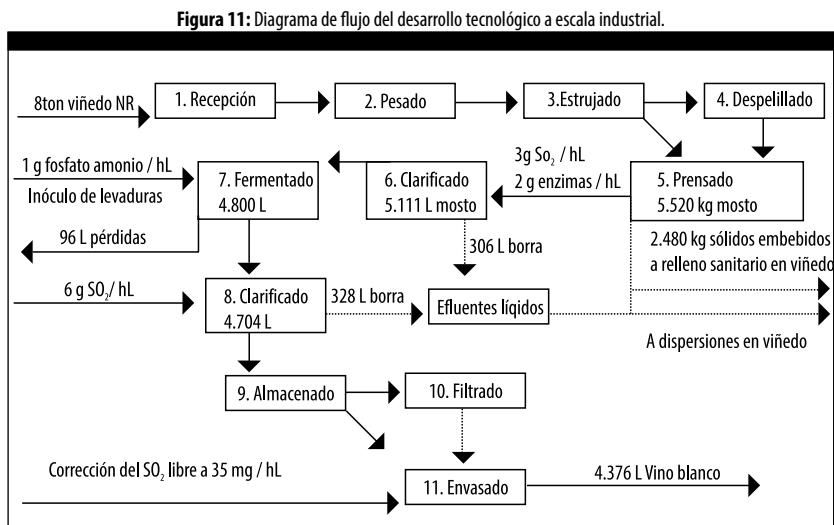
2 tanques pulmón para agua fría y retorno, con una capacidad de 1.500 L c/u.

- 3 bombas de circulación: una primaria y dos secundarias de 2 hp c/u.
- 13 tanques de acero para fermentación-clarificación de 31,9 m<sup>3</sup> c/u.
- 13 juegos de cañerías de PVC para agua fría (refrigerador a fermentadores) ida y vuelta.
- 1 línea de envasado manual con 3 picos simultáneos para botellas de 750 cm<sup>3</sup> y damajuanas de 5 L, con inyección de gas carbónico para el taponado sin aire.

### Atenuación del impacto ambiental de los efluentes

Los residuos líquidos serán, basados en Seoanez Calvo, (2003), distribuidos (mediante aspersores) sobre el suelo agrícola cultivado respetando las reglas: a) alejamiento de los cauces y fuentes de agua. b) usar suelos con pendientes suaves, no inundables con buena filtración. c) dispersar entre 200 y 300 m<sup>3</sup> de efluentes por hectárea. Estos esparcimientos se realizarán desde un recipiente de almacenamiento de capacidad 126 m<sup>3</sup>, y llevando un registro. Los desechos sólidos (en origen), se reducirán y dispondrán en el suelo agrícola de acuerdo a las normas vigentes.

En la Figura 11 se presenta el diagrama de flujo del desarrollo tecnológico a escala industrial para 8 ton de viñedo.



Fuente: elaboración propia.

## ETAPA H: ESTIMACIÓN DE COSTOS Y RENTABILIDAD DEL PROCESO TECNOLÓGICO

### Estimación de la inversión de capital y costos de producción

En la tabla 18 se presenta el capital fijo invertido y los costos de producción utilizando el Modelo C de estimación de costos de Peters y Timmerhaus, (1981).

En la Tabla 19 se presentan los costos de producción para las variantes 1, 2 y 3 ensayadas en planta piloto y proyectada a escala industrial.

Respecto de la capacidad de la planta para procesar 8 ton de viñedo/hora; entre los considerando del análisis económico se estableció que: el 1er año se trabajaría al 70%; el 2do al 85 % el 3ro al 90% y a partir del 4to al 95%.

El precio de venta del vino embotellado listo para la venta se fijó en 1,5 USD durante el análisis económico y el día laboral en 6 horas.

**Tabla 18:** Capital fijo invertido y costos de producción

| CONCEPTOS                                  | Costo U\$D 2005<br>(441) | Costo U\$D 2012<br>(620)/ 1 / (NR) | Costo U\$D 2012<br>(620)/ 2 / (NR) | Costo U\$D 2012<br>(620)/ 3 / (IT) |
|--|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Año/índice de cálculo /Variante Nº / (uva) |                          |                                    |                                    |                                    |
| Temperatura de fermentación                | 20 °C                    | 24 °C                              | 22 °C                              | 20 °C                              |
| Inóculo de levaduras                       |                          | 20 g bayanus.hL <sup>-1</sup>      | 20 g bayanus.hL <sup>-1</sup>      | 1 g bayanus. hL <sup>-1</sup>      |
| I. Costos Directos                         | 533 341.0                | 702 000.1                          | 747 619.1                          | 900 363.0                          |
| Cotización de oferta                       |                          |                                    |                                    |                                    |
| Equipamiento adquirido                     | 360 633.0                | 507 013.9                          | 535 646.25                         | 645 083.40                         |
| Costo de instalación                       | 21 793.0                 | 30 638.78                          | 32 369.03                          | 38 982.30                          |
| Instrumentos y controles                   | 2 200.0                  | 3 092.98                           | 3 267.64                           | 3 935.25                           |
| Cañerías y tuberías                        | 3 200.0                  | 4 498.88                           | 4 752.94                           | 5 724.01                           |
| Instalación eléctrica                      | 2 800.0                  | 3 936.52                           | 4 158.82                           | 5 008.50                           |
| Obras civiles (incluyendo servicios)       | 141 115.0                | 198 393.6                          | 209 597.3                          | 252 419.9                          |
| Instalaciones de servicio (montadas)       | 1 100.0                  | 1 546.49                           | 1 633.82                           | 1 967.62                           |
| Terreno                                    | 500.0                    | 702.95                             | 742.64                             | 894.37                             |
| II. Costos Indirectos                      |                          | 100 332                            | 101 764                            | 107 236                            |
| Ingeniería y supervisión                   | 7 330.0                  | 37 491.25                          | 37 491.21                          | 37 491.26                          |
| B. Gastos construcción y honorarios        | 20 000.0                 | 37 491.25                          | 37 491.21                          | 37 491.26                          |
| C. Eventuales                              | 18 031.6                 | 25 350.6                           | 26 782.30                          | 32 254.1                           |
| III. Capital fijo invertido = I + II       |                          | 802 332.1                          | 849 383.1                          | 1 007 599                          |

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 19:** Costos de producción actualizados en función de las temperaturas

| CONCEPTOS y forma de estimación                            | Costo U\$D  | Costo U\$D  | Costo U\$D   |
|--|-------------|-------------|--------------|
| Variantes N° / año / uva                                   | 1/2012/NR   | 2/2012/NR   | 3/2012/IT    |
| Temperatura de fermentación                                | a 24 °C     | a 22 °C     | a 20 °C      |
| I. Costos de fabricación                                   |             |             |              |
| Costos directos de producción                              |             |             |              |
| Materias primas Cotización de ofertas                      | 2 800 899   | 2 799 032   | 2 792 173.50 |
| Gastos de trabajo 10 % del costo total del producto        | 361 029,6   | 360 799.27  | 360 746.48   |
| Supervisión directa. 1 % del costo total del producto      | 36 102,9    | 36 079.93   | 36 074.65    |
| Utilidades Datos de cálculo                                | 3 960       | 3 960       | 3 960        |
| Mantenimiento y reparación 2 % del Capital Fijo Invertido  | 16 594.6    | 16 594.6    | 17 487.9     |
| Suministros operacionales 0.5 % del Capital Fijo Invertido | 4 148.6     | 4 148.6     | 4 371.9      |
| Gastos de laboratorio 1 % del costo total del producto     | 36 102,9    | 36 079.9    | 36 074.6     |
| Patentes y royalties 1 % del costo total del producto      | 36 102,9    | 36 079.9    | 36 074.6     |
| Cargos fijos.  |             |             |              |
| Depreciación 10 % del Capital Fijo Invertido.              | 82 973.4    | 82 973.4    | 87 439.9     |
| 2. Impuestos locales 1 % del Capital Fijo Invertido        | 8 297.3     | 8 297.3     | 8 743.9      |
| 3. Seguros 0.4 % del Capital Fijo Invertido.               | 3 318.94    | 3 318.94    | 3 497.59     |
| 4. Renta (terreno propio)                                  | 0           | 0           | 0            |
| II. Gastos Generales                                       |             |             |              |
| Costos administrativos: 2 % del costo total del producto   | 72 205.8    | 72 159.8    | 72 149.3     |
| Costos de distrib. y ventas: 2% del costo total producto   | 72 205.8    | 72 159.8    | 72 149.3     |
| Investigación y desarrollo: 2% del costo total producto    | 72 205.8    | 72 159.8    | 72 149.3     |
| Interés Financieros: 0.5 del Capital fijo Invertido        | 4 148.6     | 4 148.6     | 4 371.9      |
| III. Costo Total del Producto = I + II                     | 3 610 296.7 | 3 607 992.7 | 3 607 464.8  |

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis dinámico de las alternativas de producción

Para elegir la mejor alternativa de producción en la Tabla 20 se presenta el análisis dinámico de las alternativas de producción.

**Tabla 20:** Análisis Dinámico en función de las temperaturas de fermentación

| Variante N°             | 1                              | 2                              | 3                              |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Temperatura / uva       | 24 °C / NR                     | 22 °C / NR                     | 20 °C / IT                     |
| Producción de vino      | 5 834 botellas h <sup>-1</sup> | 5 706 botellas h <sup>-1</sup> | 6 016 botellas h <sup>-1</sup> |
| <sup>1</sup> VAN (2012) | 6.602.660                      | 5.403.308                      | 5.647.471                      |
| <sup>2</sup> TIR%       | 60                             | 56                             | 53                             |
| <sup>3</sup> PRD años   | 3                              | 3,4                            | 3,6                            |

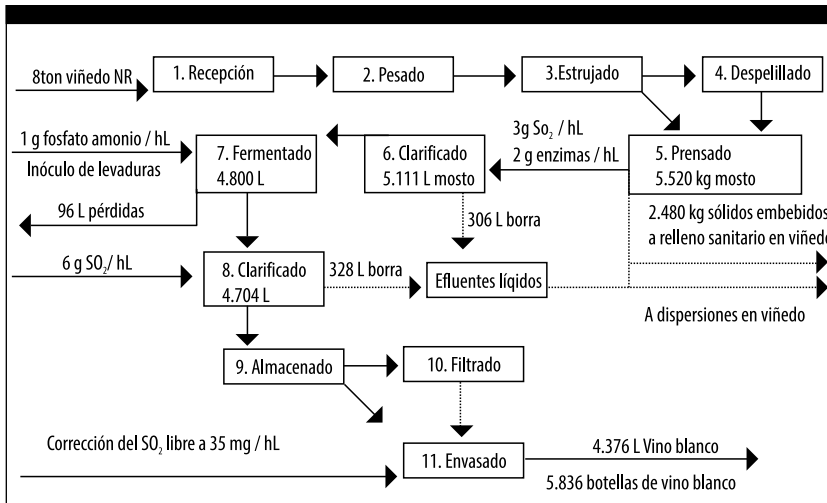
<sup>1</sup>Valor actualizado neto (VAN)  
<sup>2</sup>Tasa interna de retorno (TIR)  
<sup>3</sup>Período de recuperación de Inversión a valor actualizado (PRD)

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla 20 las tres alternativas son viables para la inversión desde el punto de vista del valor actualizado neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión a valor actualizado (PRD).

En la Figura 12 se presenta el diagrama de flujo del desarrollo tecnológico establecido a escala industrial, para el procesamiento de 8 ton de viñedo de la variante 1 de la Tabla 20.

**Figura 12:** Diagrama de flujo del desarrollo tecnológico para escala industrial



## CONCLUSIONES PARCIALES

1. En planta piloto, al comparar entre si los rendimientos globales en % de (kg vino/ kg de viñedo) fueron similares al elaborar vinos blancos con mostos de NR fermentados con *S. bayanus*, con valores de 52,3 a 20 °C; 53,5 a 22 °C y 54,7 a 24 °C; y para mostos de IT fermentados con *S. bayanus* a 20 °C el rendimiento global de elaboración fue el mayor respecto de los anteriores con 56,4. Los tiempos de fermentación pasaron de 8 a 14 días cuando las temperaturas de fermentación isotérmica disminuyeron de 24 a 20 °C respectivamente.
2. Los vinos elaborados fueron aptos para el consumo humano desde el punto de vista de las variables evaluadas por el INV, que incluyó además al metanol y al extracto seco.

- 3.** Se estableció un desarrollo tecnológico a escala piloto (con  $k = 40$ ) donde quedaron establecidas las operaciones básicas de elaboración de vino blanco común seco en el siguiente orden: recepción, pesado, estrujado, despalillado, prensado, primer clarificado, fermentado, segundo clarificado, almacenado, filtrado y envasado.
- 4.** Se estimaron los costos y la rentabilidad del proceso tecnológico establecido obteniéndose tres alternativas viables.
- 5.** Se establecieron los procedimientos para mitigar los efectos de los efluentes sobre el medio ambiente para la tecnología desarrollada.





## CONCLUSIONES GENERALES

1. Son aptos los mostos de las uvas no viníferas de color NR e IT como materia prima para elaborar vino blanco común con levaduras autóctonas o con *S. bayanus*.
2. Es viable establecer una unidad productiva integrada por 12 familias de agricultores en Misiones que cultiven 27 hectáreas de viñedos cada uno.
3. De acuerdo a los resultados dinámicos del análisis económico en función de la temperatura de fermentación, la mejor proyección de inversión fue a 24 °C con *Niágara rosada* con un: VAN = 6 602 666 USD; un TIR = 60 % y PRD = 3 años.
4. Desde el punto de vista económico fue rentable elaborar vino blanco seco a 1,5 USD la botella a partir de *Vitis no viníferas* de color cultivadas en Misiones Argentina, todo ello para una capacidad instalada de 8 ton de viñedo por hora.
5. Se constató con los análisis del INV que es factible con la tecnología desarrollada obtener vinos blancos aptos para consumo humano; y con los ensayos de planta piloto se corroboró que el factor de proporcionalidad aplicado para el cambio de escala de laboratorio a planta piloto fue apropiado.
6. El desarrollo tecnológico proyectado a escala industrial, con disposición final de efluentes, se estableció en el diagrama de flujo de la Figura 33 (página 96), para la mejor alternativa de inversión con un total de 11 operaciones unitarias, donde las número 4 y 10 se presentan como tratamientos alternativos y complementarios.



## RECOMENDACIONES

1. Que continúen los incentivos para que aumente la oferta de uvas de mesa no viníferas en Misiones para disponer de materia prima suficiente para elaborar vinos blancos como una alternativa de diversificación productiva.
2. Que se estudie la macrolocalización de las instalaciones industriales de manera que se asocien a la capacidad instalada un número de familia que garantice el suministro de la materia prima.
3. Que se realicen las inversiones para la mejor proyección establecida en el análisis económico para elaborar vino blanco común seco a partir de la uva NR.
4. Que se profundicen los estudios para verificar la rentabilidad futura para elaborar vino blanco seco a 1,5 USD la botella a partir de *Vitis* no *viníferas* de color cultivadas en Misiones Argentina, para una capacidad instalada de 8 ton de viñedo por hora, considerando un aumento en la oferta de materia prima y la inflación.
5. Que se continúen los estudios de las vinificaciones con las uvas no viníferas y sus levaduras autóctonas en busca de cepas con buen potencial para fermentaciones alcohólicas en condiciones enológicas.
6. Que se establezca el desarrollo tecnológico proyectado a escala industrial, con disposición final de efluentes para elaborar vino blanco común seco con uvas no viníferas de color cultivadas en Misiones.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Area, M.C. (2004)  
Metodología de la Investigación. Facultad de Ciencias Exactas, UNaM.  
Argentina. Ed. Univ. pp. 50-80.
- Bakos, P. (2009)  
“Uvas para todo Misiones”, Diario el Territorio, Posadas (09/12/2009)  
Suplemento Económico pp.6. Misiones Argentina.
- Bakos, P. (2011)  
“Uvas de Misiones”, Diario el Territorio, Posadas (24/01/2011) Suple-  
mento Económico pp.8. Misiones Argentina.
- Bertrand, A. (1981)  
Influence de la nature des levures et des conditions de leur développe-  
ment sur la production des arômes et les conditions de leur stabilité. En:  
Ribéreau-Gayon P., Sudraud P., (1981). Actualités enologiques et vitico-  
les, Dunod, Paris, 266-273.
- Bisio, A. (1995)  
Scaleup of chemical processes. Ed. John Wiley and Sons. Inc.pág.699.

- Blouin, J. (1989)  
La qualité par le pressurage. Rev Fr OEnol, 118: 31-36.
- Blouin, J.; Peynaud, E. (2004)  
Enología Práctica: conocimiento y elaboración del vino. 3ra Edición Ediciones Mundi-Prensa Barcelona España. pp.345.
- Bordeau, E. (2002)  
Levaduras Enológicas. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Pp. 120-122. Mendoza Argentina.
- Bordeau, E. (2004)  
Las Levaduras de Fermentación Alcohólica. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Pp. 2-140. Argentina.
- Bordeau, E. (2006)  
Tecnología de las Fermentaciones Alcohólicas en condiciones Enológicas. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Pp. 2-80 Mendoza Argentina.
- Bordeau, E. (2006a)  
Microorganismos en Enología. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Pp. 70-75 Mendoza, Argentina.
- Boulton, R.B.; Singleton, V.L.; Bisson, L.F.; Kunkee, R.E. (2002)  
Teoría y Práctica de la elaboración de Vino. Ed. Acribia S.A. Zaragoza España. pp.15-25.
- Boulton, R.B.; Singleton, V.L.; Bisson, L.F. (2006)  
Práctica de la elaboración de Vino. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. pp.34-36.
- Chang, R. (2002).  
Química. Editorial Mc Graw Hill México. 3ta edición, pp. 61-65.

- Díaz Peralta, E. (2007)  
Los mostos. Biotecnología. Maestría en Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Ed. Univ. 1ra edición pp.4. Mendoza, Argentina.
- Díaz Peralta, E. (2008)  
Química de la Fermentación Alcohólica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Edit. Univ. UNCu. 1ra edición, pp.34. Mendoza, Argentina.
- Díaz Peralta, E. (2009)  
Historia del vino. Enología. Maestría en Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Ed. Univ. 2ra edición, pp.9. Mendoza, Argentina.
- Díaz Peralta, E. (2010)  
El mosto concentrado. Cátedra de Enología II. Maestría en Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Ed. Univ. 2ra edición, pp.64. Mendoza, Argentina.
- Ercoli, E. (2007)  
Maceración pelicular. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza, Argentina. 2ra. Ed. Edit. Univ. pp.7.
- Flanzy, C. (2000)  
Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos. AMV y Mundi-Prensa. 1ra. Edición. Madrid, España, pp. 274-293.
- Flanzy C. (2003)  
Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos. AMV y Mundi-Prensa. 2da.Edición. Madrid, España, pp. 443 – 461.
- Formento, J.C. (2009)  
Enología II. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. 2da. Ed. Ed. Univ. pp.56. Mendoza, Argentina.

- Fuentes Berazategui, J. (2008)  
Biotecnología. Maestría en Viticultura y Enología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. 2da ed. Ed. Univ. Pp.67.
- Jackson, R.S. (2003)  
Wine Science: principles, practice, perception. Ed. Academic Press, 2<sup>nd</sup> edition, San Diego, USA, p. 648.
- Jordan, D.G. (1982)  
Chemical pilot plant practice, 403 pp., Interscience, New York.
- Juscáfresa, B. (2005)  
Cultivo de la Vid. In: Pardo Gonzalez, J.E. (2005). El Sistema de Análisis y Puntos Críticos de Control (APPCC) en la Industria del Vino. Ed. Mundi Prensa. 1: 15-18.
- García Rodríguez, A.; Rodríguez Rico, I. (2005)  
“Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos, fermentativos y farmacéuticos”. Editorial Científico Técnica. Editor Erenio Gonzalez Suarez. La Habana, Cap. 4, pp. 74-103.
- Ibarz, A.; Barboza-Cánovas, G. (2005)  
Colección Tecnología de Alimentos. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España, p.870.
- Ibarz, A. (2008)  
Colección Tecnología de Alimentos. Ingeniería de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España, pp. 465.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.  
Estación Exp. Cerro Azul, (2007) [http: www.inta.gov.ar/cerroazul/info/boletines/plan\\_frutal.htm](http://www.inta.gov.ar/cerroazul/info/boletines/plan_frutal.htm); (acceso, 24/04/2007). Misiones, Argentina.
- INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura (2008)  
Mendoza, Argentina. Normativas, pp.1-5. [http: www.inv.gov.ar/normativas.php?ind=2](http://www.inv.gov.ar/normativas.php?ind=2) (acceso 25/03/2008)
- INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura (2007)  
Protocolo de Análisis. Laboratorio. Mendoza Argentina.



- INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura (2006)  
Mendoza, Argentina. Código de Variedades, pp.4. [http: www.inv.gov.ar/pdf/parametros/variedad.pdf](http://www.inv.gov.ar/pdf/parametros/variedad.pdf) (acceso 22/07/2006)
- INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura (2005)  
Mendoza, Argentina. Tecnicas Analiticas pp.1-10. [http: www.inv.gov.ar/pdf/normativas/tecnicasanaliticas.pdf](http://www.inv.gov.ar/pdf/normativas/tecnicasanaliticas.pdf) (acceso 02/04/2005)
- Martínez de Toda, F. (2005)  
Mecanización integral del viñedo. En: Pardo González, J.E. (2005). El Sistema de Análisis y Puntos Críticos de Control (APPCC) en la Industria del Vino. Ed. Mundi Prensa. 1: 15-18. Madrid, España.
- Martinez Vazquez, F. (2006)  
Microbiología Industrial. Facultad de Ciencias Exactas, Qcas. y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Ed. Univ. 1ra Ed. pp.92.
- MAYP, Ministerio del Agro y la Producción.  
Gobierno de la Provincia de Misiones. (2004). En: [http: www.mayp.gov.ar/planfrutal](http://www.mayp.gov.ar/planfrutal). (acceso 10/08/2007)
- Miño Valdés, J.E.; Herrera, J.L. (2007)  
Vinificación en blanco de uvas cultivadas en Misiones. VI Congreso Científico Tecnológica de la FCEQyN. Ed Univ. UNaM, pp. 369-370. Posadas, Misiones, Argentina.
- Miño Valdés, J.E.; Herrera, J.L.; Martinez Vazquez, F.; Martos, M.A. (2007)  
Microvinificación tipo blush de uvas Misioneras. VI Congreso Científico Tecnológica de la FCEQyN. Ed Univ. UNaM, pp. 369-370. Posadas, Misiones, Argentina.
- Miño Valdés, J.E.; Herrera, J.L. (2011)  
Microvinificación en blanco a 18°C de uva *Isabella* cultivada en Misiones (NE Argentina). Revista de Ciencia y Tecnología. Año 13 (15): 11-16
- Miño Valdés, J.E. (2010)  
Microvinificación en blanco de *Isabella tinto* y *Niágara rosada* cultivadas en Misiones. 1ra. Ed. Editorial Universitaria pp.101. Bs. As. Argentina.

- Miño Valdés, J.E.; Martos, M.A.; Herrera, J.L. (2012)  
Vino blanco común elaborado con levaduras autóctonas y *Vitis labrusca* de Cerro Azul Misiones. Revista de Ciencia y Tecnología. (aceptada para su publicación el 04/10/12).
- Peters, M.; Timmerhaus, K. (1981)  
Diseño de Plantas su evaluación económica para ingenieros químicos. Estimación de costos. 4ta.Edición Mc Graw Hill. Pp.97-161.
- Piekun, A.; Rybak, R.M. (2006)  
El Cultivo de la vid en Misiones, una alternativa para la diversificación. En [http: www.inta.gov.ar/cerroazul/investiga/alternativas/diversivid.htm](http://www.inta.gov.ar/cerroazul/investiga/alternativas/diversivid.htm) (acceso 20/02/2006)
- Piekun, A. (2007).  
El renacer de las vides Misioneras. En [http: www.inta.gov.ar/cerroazul/investiga/alternativas/uvas.htm](http://www.inta.gov.ar/cerroazul/investiga/alternativas/uvas.htm) (acceso 12/03/2007).
- Piekun, A. (2011a)  
“Estiman que la cosecha de uva alcanzará 800.000 kg”, Diario el Territorio, Posadas (28/01/2011). Suplemento Económico, pp.9. Misiones, Argentina.
- Piekun, A. (2011b)  
“Uva en Misiones”, Diario el Territorio, Posadas (20/02/2011). Suplemento Económico, pp.10. Misiones, Argentina.
- Pszczolkowski, P. (2002)  
Vinificación en Laboratorio. Cátedra de Enología I. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile. Editorial Univ. 1ra. Edición. pag. 7-8.
- Pszczolkowski, P. (2006)  
Manual de Microvinificación. Cátedra de Enología I. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile. Editorial Univ., pag. 49-50.
- Purves, W.K.; Sadava, D.; Gordon, H.O.; Heller, H.C. (2005)  
Vida: La Ciencia de la Biología. Editorial Médica Panamericana, 6ta. Ed. Madrid. pag.129.

Rosier, J.P. (1995)

Manual de elaboración de vino para pequeñas cantinas. 2da.ed. Florianópolis Brasil, EPAGRI, p.72.

Seoanez Calvo, M. (2003)

Manual de Tratamiento reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias. Ediciones Mundi-Prensa, p.465, España.

Trambouze, P. (1989)

Reactor scale up philosophy. Chemical Engineering, (10):122-130.





Como aportes científicos de significación teórica:

- Se determinaron los parámetros de control del proceso cuando la fermentación alcohólica isotérmica en condiciones enológicas era conducida por levaduras nativas o por *S. bayanus*, a diferentes temperaturas.
- Se obtuvo un modelado matemático de la fermentación alcohólica isotérmica en condiciones enológicas utilizando a la glucosa como sustrato en mostos de Isabella tinto fermentada con *S. bayanus*, que explicó el comportamiento experimental encontrado y justificó el 50% del etanol producido.
- Se logró definir un procedimiento tecnológico para elaborar vino blanco común apto para el consumo con mostos de uvas no viníferas Isabella tinto y Niágara rosada cultivadas en Misiones.

Como aportes científicos de significación tecnológica:

- Se obtuvieron el poder fermentativo, el rendimiento fermentativo y la actividad fermentativa de las levaduras nativas y *S. bayanus* con mostos de Isabella tinto a 18, 22, 26 y 30°C y con mostos de Niágara rosada a 24°C.
- Se determinaron las generaciones de levaduras nativas y *S. bayanus* en las fermentaciones alcohólicas isotérmicas en condiciones enológicas a 18, 22, 26 y 30°C con mostos de Isabella tinto.
- Se calcularon y evaluaron los siguientes indicadores económicos dinámicos: el Valor Actualizado Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de Inversión a valor actualizado (PRD), para las inversiones a una escala industrial proyectada.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MISIONES

---

[www.editorial.unam.edu.ar](http://www.editorial.unam.edu.ar)