

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA ELABORAR VINO BLANCO COMÚN EN MISIONES, CON EVALUACIÓN ECONÓMICA A ESCALA INDUSTRIAL

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT TO ELABORATE COMMON WHITE WINE IN MISIONES, WITH ECONOMIC EVALUATION AT INDUSTRIAL SCALE

Miño Valdés, Juan Esteban

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Misiones
Oberá, Misiones, Argentina
miño@fio.unam.edu.ar

Fecha de recepción: 26/09/12 - Fecha de aprobación: 11/10/12

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una tecnología sustentable a escala industrial para elaborar vino blanco común, con uvas no viníferas cultivadas en Misiones. Este proyecto tecnológico se inició a escala laboratorio, continuó en planta piloto y proyectó a escala industrial. Se consideró como unidad productiva a 12 familias rurales con 27 ha de viñedo cada una. Las 8 etapas seguidas con metodología inductiva y deductiva fueron: La elaboración de vino blanco seco a escala laboratorio. La evaluación de las variables del proceso en las vinificaciones. El modelo matemático de la fermentación alcohólica en condiciones enológicas. La valoración de la aptitud de los vinos para el consumo humano. El establecimiento de un procedimiento tecnológico para la vinificación en planta piloto. La evaluación en planta piloto del procedimiento tecnológico establecido. El cálculo y la selección del equipamiento industrial. La estimación de los costos y la rentabilidad del proceso tecnológico industrial. Se alcanzó una tecnología para una capacidad de producción de 5.834 L (litros) día⁻¹, con indicadores económicos dinámicos cuyos valores fueron: valor actualizado neto de 6.602.666 U\$D, una tasa interna de retorno del 60 % para un período de recuperación de inversión a valor actualizado neto de 3 años.

PALABRAS CLAVE: Tecnología; Enología; Economía.

ABSTRACT

“Visión de Futuro” Año 10, Volumen N°17, N° 1, Enero - Junio 2013

URL de la Revista: www.fce.unam.edu.ar/revistacientifica/

URL del Documento: http://revistacientifica.fce.unam.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=320&Itemid=70

ISSN 1668 – 8708 – Versión en Línea

ISSN 1669 – 7634 – Versión Impresa

E-mail: revistacientifica@fce.unam.edu.ar

The objective of this paper was to develop a sustainable technology on an industrial scale to produce common white wine with non viniferous grapes cultivated in Misiones. This technological project was initiated at a laboratory scale, continued in the pilot plant and industrial-scale project. It was considered as a productive unit to 12 rural families with 27 hectares of vines each. The 8 stages followed with inductive and deductive methodology were: The development of dry white wine at laboratory scale. The evaluation of process variables in the vivification. The mathematical modeling of the alcoholic fermentation in oenological conditions. The valuation of the aptitude of wines for human consumption. The establishment of a technological procedure for wine in the pilot plant. The evaluation of the pilot plant in technological procedure established. The calculation and selection of industrial equipment. The estimate of the costs and profitability of industrial technological process. It reached a technology for a production capacity of 5,834 L day⁻¹, with dynamic economic indicators whose values were: net present value of 6,602,666 U\$D, an internal rate of return of 60 % for a period of recovery of investment to net present value of 3 years.

KEY WORDS: Technology; Oenology; Economy.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Misiones Argentina desde el año 2004 se está desarrollando el proyecto Profruta para la diversificar la producción. Según Miño Valdés y Herrera (2007), el incremento del cultivo de la vid fue una las alternativas impulsadas, utilizando las variedades de *Vitis labrusca* que mejor adaptadas estaban a las condiciones edafoclimáticas de la provincia como Niágara Rosada (NR) e Isabella Tinto (IT) entre otras. Según Bakos (2009) la producción de uvas de mesa en Misiones abasteció la demanda del mercado misionero recién en el año 2009 con 0,61 kilogramos/habitante año (kg hab⁻¹ año⁻¹); donde unos 300 productores rurales se dedican al cultivo de la vid. Piekun (2011a) señaló que la cosecha de uvas de nov/2010 a feb/2011 alcanzó unas 800 toneladas (ton) y de este total el 85 por ciento (%) se comercializó como fruta fresca; con el remanente de uvas unos 50 productores rurales elaboraron vino común mediante fermentación espontánea, sin control de variables, para autoconsumo familiar. Teniendo en cuenta que el Código Alimentario Argentino (CAA) permite elaborar vinos comunes regionales con uvas no viníferas y que las normas del Instituto Nacional de Vitivinicultura de Argentina (INV) autorizan a comercializar solamente

dentro del país, por ello esta actividad fue registrada como una alternativa de diversificación productiva a ser evaluada. Según Piekun (2011b) los precios en la chacra variaron entre 8 y 10 pesos/kilogramo ($\$ \text{kg}^{-1}$) al iniciar la cosecha en nov/2010 y descendió luego hasta 6 $\$ \text{kg}^{-1}$ al finalizar la misma.

El problema científico que se planteó fue la escasa información tecnológica obtenida con metodología científica para la elaboración de vino blanco común, con variedades de *Vitis labrusca*: IT o NR cultivadas en Misiones, utilizando inóculos de levaduras autóctonas.

Para resolver este problema fue necesario obtener y registrar los valores de los parámetros de seguimiento de la elaboración a escala laboratorio y planta piloto, en tres fases de análisis tecnológico:

- La fase prefermentativa incluyó: el pesado, despalillado, estrujado, prensado, sulfitado y el clarificado.
- La fase fermentativa incluyó: la adición de nutrientes y siembra de levaduras a diferentes temperaturas en mostos de IT y NR.
- La fase postfermentativa incluyó: el sulfitado, clarificado, estabilizado, almacenado, filtrado y envasado.

Como hipótesis se estableció que es viable desde el punto de vista científico y económico desarrollar una tecnología apropiada al medio rural, para elaborar vino blanco común apto para el consumo humano, a partir de mostos de uvas de mesa no viníferas.

Por lo expuesto el objetivo general planteado fue: desarrollar un procedimiento tecnológico apropiado y sustentable, para la elaboración de vino blanco común apto para consumo humano, a partir de mostos de uvas no viníferas cultivadas en Misiones utilizando levaduras autóctonas o *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (*S. bayanus*).

Los objetivos específicos del desarrollo tecnológico requieren:

- Fundamentar desde el punto de vista científico y tecnológico la estrategia investigativa para alcanzar el objetivo general propuesto.
- Realizar las vinificaciones de uva IT y NR con levaduras nativas o *S. bayanus* como levadura de control a diferentes temperaturas.
- Evaluar el desempeño de las levaduras autóctonas respecto de *S. bayanus*.
- Determinar la aptitud fisicoquímica de los vinos blancos comunes elaborados.
- Establecer y proponer un procedimiento tecnológico adecuado para la elaboración.

- Demostrar la sustentabilidad económica de la tecnología desarrollada y atenuar el impacto ambiental para este procedimiento tecnológico.

Para alcanzar los objetivos específicos la estrategia fue, partir de un análisis profundo del estado del arte de la vinificación con uvas viníferas, y ejecutar las acciones con metodología inductiva y deductiva en las siguientes escalas:

A escala laboratorio:

Etapa A. Se elaboró vino blanco seco común.

Etapa B. Se evaluaron los valores de los parámetros de seguimiento.

Etapa C. Se obtuvo un modelado matemático del proceso.

Etapa D. Se constató la aptitud de los vinos para el consumo humano.

A escala planta piloto:

Etapa E. Se estableció un procedimiento tecnológico y se elaboraron vinos.

Etapa F. Se evaluaron los rendimientos de cada operación.

A escala industrial:

Etapa G. Se dimensionó el equipamiento para el procedimiento establecido.

Etapa H. Se evaluó económicamente el desarrollo tecnológico establecido.

DESARROLLO

A continuación se desarrollan las etapas A, B, C y D a escala laboratorio.

Etapas A:

Elaborar vino blanco seco común con IT y con NR.

Materiales y Métodos a escala laboratorio

Las uvas utilizadas fueron las variedades de *Vitis labrusca* NR e IT de Cerro Azul Misiones, cosecha 2006/2007. Los inóculos de levaduras (lev.) nativas provenían de la piel de las uvas y *S. bayanus* (lev. comercial, origen España, proveedor Anfiqímica).

Inóculo de lev. nativas: se prensaron 2 kg de uva IT con piel (sin escobajo) y se le adicionó 1 gramo/hectolitro (g hL^{-1}) de fosfato de amonio (coadyuvante de fermentación alcohólica). Fermentó espontáneamente durante 2 días (d); luego se tomó (sin piel) el 3 % volumen/volumen (v/v) del pie de cuba y se inoculó a 2 L de mosto IT preparado. La cantidad de lev. por mililitros (mL) en el mosto al inicio de la fermentación fue de 12.103 .

Inóculo de *S. bayanus*: se agregaron al mosto las levaduras en dosis de 1 g hL⁻¹ previamente hidratadas y reactivadas con agua destilada a 37°C durante 30 minutos (min.) La concentración inicial en el mosto fue de 6 10³ *S. bayanus* mL⁻¹.

Muestras: se utilizaron 5 kg de uva por muestra a vinificar, se prensó separadamente sin escobajo hasta obtener 2,5 L de mosto. Se agregaron al mosto 3 g hL⁻¹ de anhídrido sulfuroso (SO₂) y 2 g hL⁻¹ de enzimas pectolíticas. Cada envase se obturó con válvula de agua y se decantó por 24 horas (h) para clarificar el mosto. Al cabo de este tiempo, se separaron 0,5 L de borra, obteniendo muestras de 2 L c/u. Las fermentaciones isotérmicas se realizaron a: 18, 22, 26 y 30 grados Celsius (°C) con IT y a 24°C con NR.

Los aditivos adicionados fueron soluciones preparadas de metabisulfito de potasio al 10 % peso/peso (p/p); fosfato de amonio al 5 % p/p y enzimas peptolíticas (proveedor Lafazym, origen España). Los inóculos, las muestras y los aditivos se prepararon con la metodología de Pszczolkowski, (2002).

Se determinaron: los índices de maduración de Van Rooyen-Ellis-Du Plessi y de Cillis-Odifredi; los sólidos solubles totales (SST) medidos en grados Brix (°Brix); el potencial de hidrógeno (pH); el peso y volumen de las bayas; la densidad del mosto; el rendimiento en mosto de las bayas; los azúcares reductores; el grado de alcohol obtenido; el grado de alcohol probable; la acidez (total y volátil); la temperatura; el anhídrido sulfuroso (libre y total); el poder fermentativo (PF); la actividad fermentativa (AF); el rendimiento fermentativo (RF), el recuento de la población y las generaciones de levaduras.

Los aditivos y las determinaciones se realizaron según la metodología de Chang, (2002); Pszczolkowski, (2002); INV, (2005); Boulton et al., (2006) y Bordeau, (2006).

Fermentaciones: se inocularon por triplicado con levaduras nativas o con *S. bayanus* muestras de 2 L preparadas a las temperaturas de fermentación. A cada mosto se le adicionó 1 g hL⁻¹ de fosfato de amonio. Los envases se obturaron con válvula de agua para producir anaerobiosis. Se iniciaron simultáneamente todas las fermentaciones en cámara isotérmica. Cuando la densidad se mantuvo constante 2 días consecutivos la fermentación se dio por concluida. A cada vino obtenido se añadió 6 g hL⁻¹ de SO₂. Los vinos se guardaron en posición vertical a 0°C en una cámara refrigerada durante tres semanas a 0°C. Luego, la borra formada fue separada cuando el vino se trasegó a botellas limpias y desinfectadas de 750 mL c/u. Se corrigió el SO₂ libre llevándolo a 0,035 g L⁻¹ de vino para su protección. Se obturaron los envases con corchos cilíndricos y se almacenaron 3 meses

acostados a 0°C para estabilizarlos, luego se analizaron. La metodología de la fermentación alcohólica en condiciones enológicas fue según Pszczolkowski, (2002).

Se utilizó el paquete estadístico Statgraphic Plus® para Windows 1993, versión 5.1 Statistical Graphics Corporation. Para el análisis de datos la media, la desviación estándar y el rango. El test de Fischer (F) para el análisis de varianzas desconocidas y para comparar las medias con varianzas iguales el test (t) de Student, ambos estadígrafos se aplicaron con un nivel de confianza (NC) del 95% y a dos colas.

Resultados a escala laboratorio

En las Figuras 1, 2, 3 y 4 se presentan los valores de densidad, SST, pH y población de levaduras respectivamente en función del tiempo para mostos fermentados con levaduras nativas.

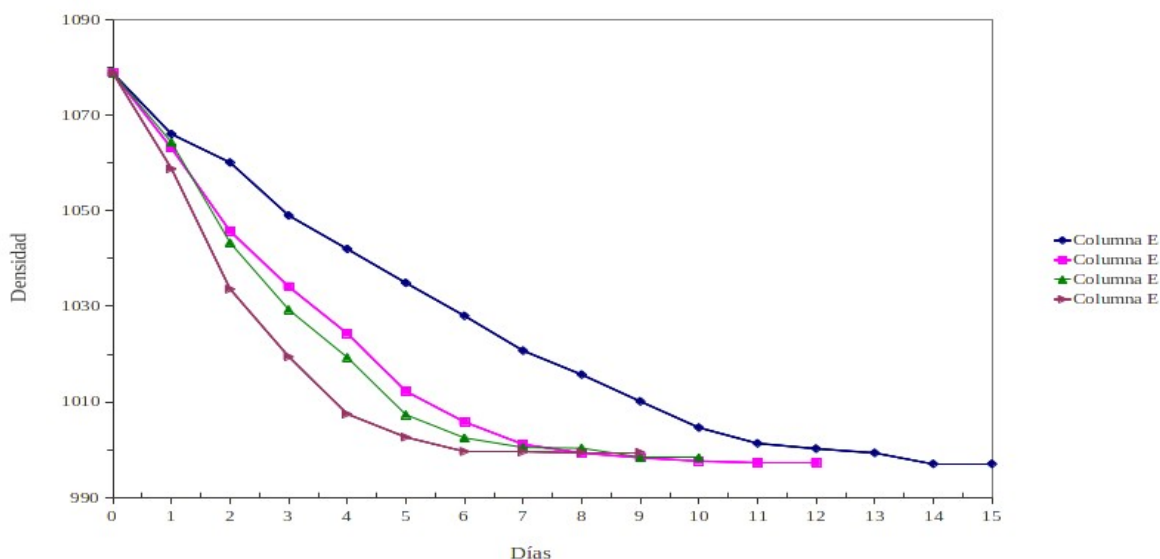


Figura 1. Densidad vs. Tiempo de fermentación en mostos de IT con levaduras nativas
Fuente: Elaboración Propia

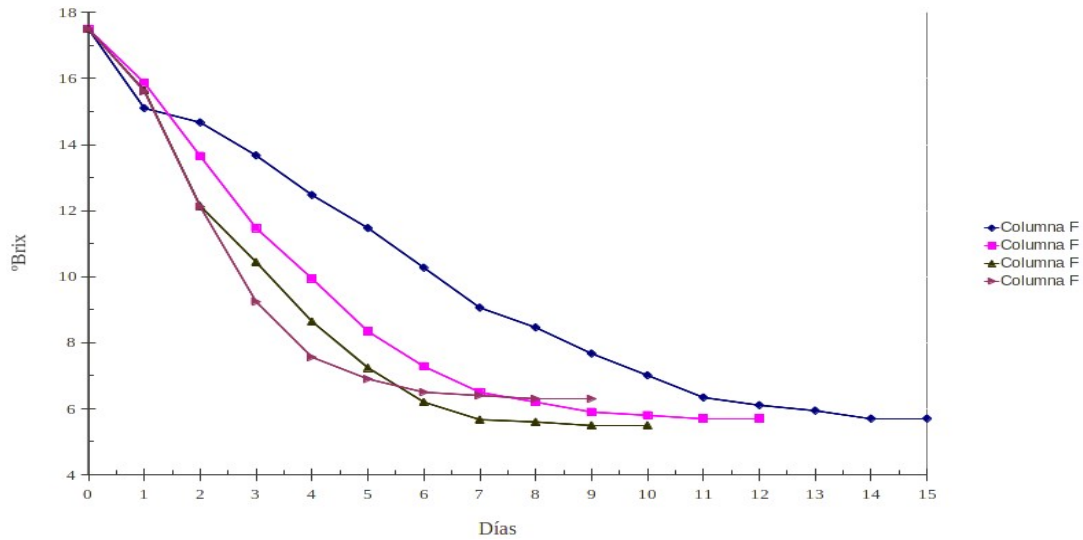


Figura 2. SST vs. Tiempo de fermentación en mostos de IT con levaduras nativas
Fuente: Elaboración Propia

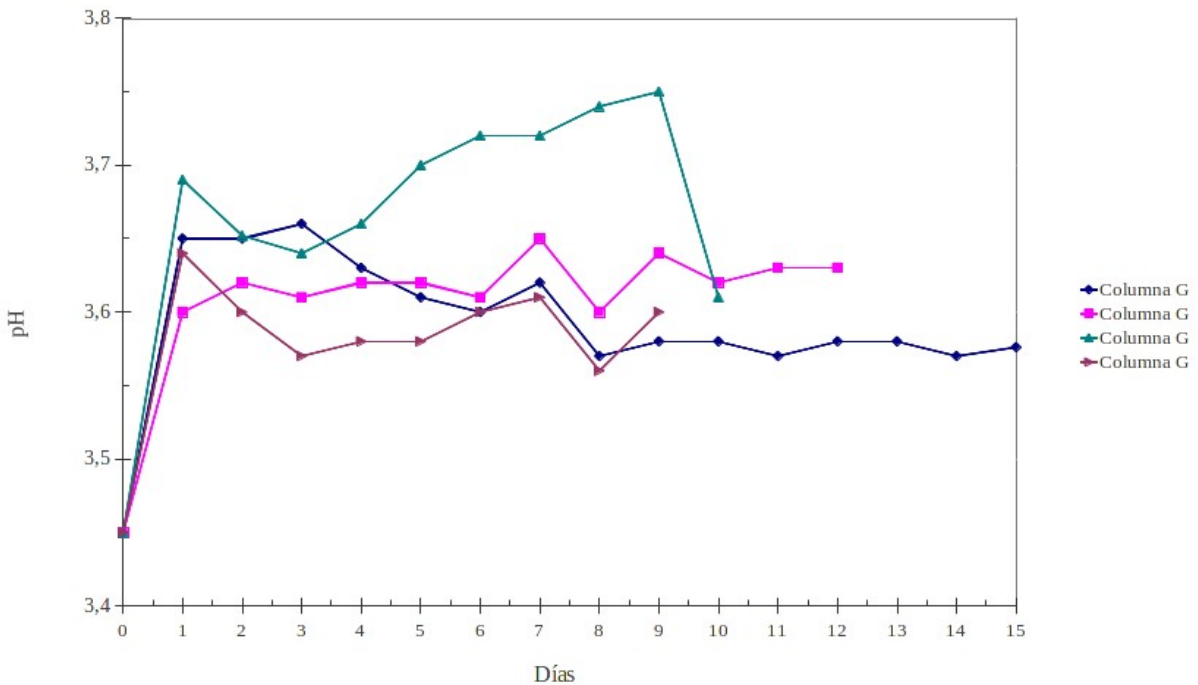


Figura 3. pH vs. Tiempo de fermentación en mostos de IT con levaduras nativas
Fuente: Elaboración Propia

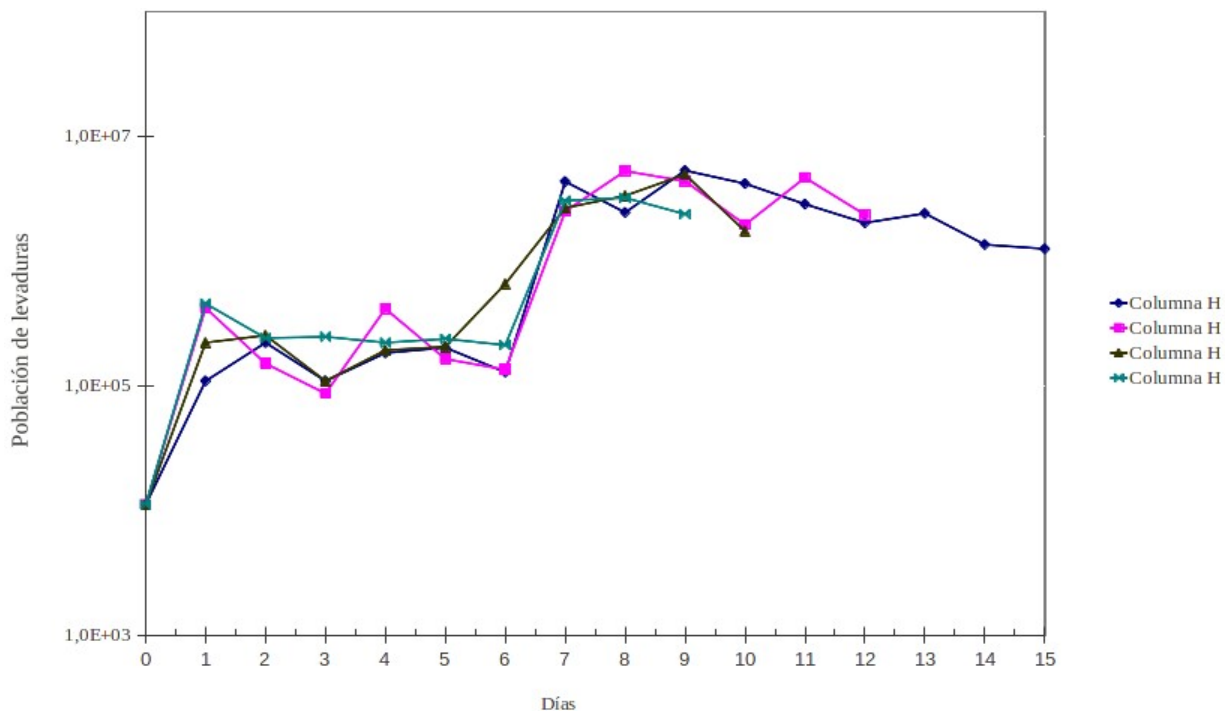


Figura 4. Levaduras nativas mL⁻¹ vs. Tiempo de fermentación en mostos de IT
Fuente: Elaboración Propia

Con IT y *S. bayanus* se presentan en las Figuras 5, 6, 7 y 8 los valores de densidad, SST, pH y población de levaduras respectivamente en función del tiempo de fermentación.

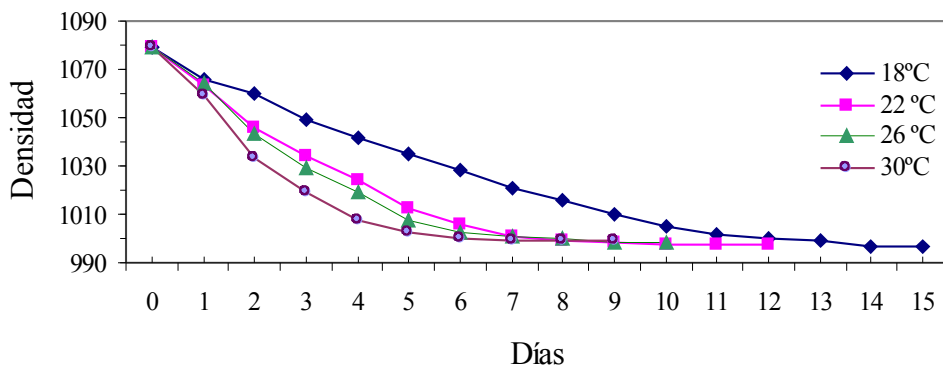


Figura 5. Densidad vs Tiempo de fermentación en mostos de IT con *S. bayanus*
Fuente: Elaboración Propia

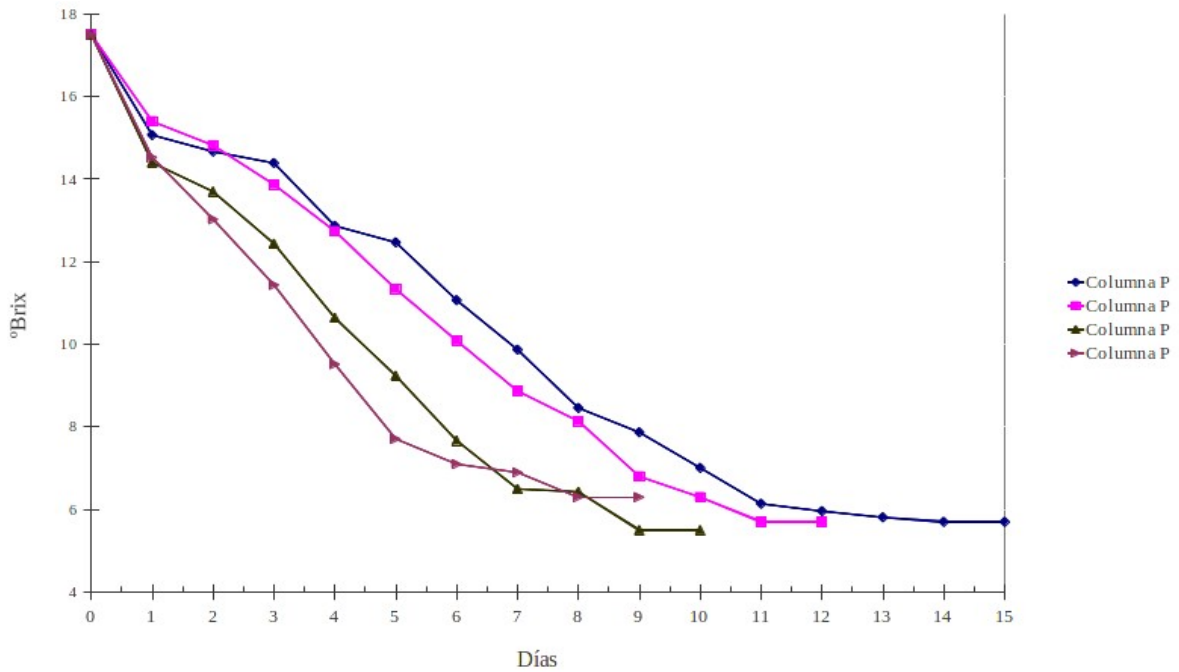


Figura 6. SST (°Brix) vs Tiempo de fermentación en mostos de IT con *S. bayanus*
Fuente: Elaboración Propia

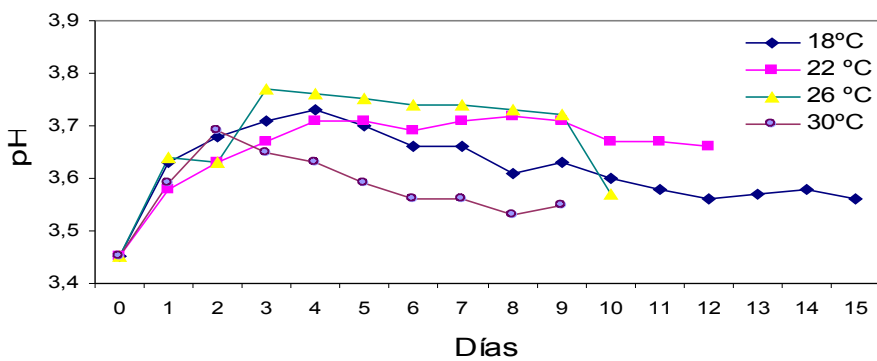


Figura 7. pH vs Tiempo de fermentación en mostos de IT con *S. bayanus*
Fuente: Elaboración Propia

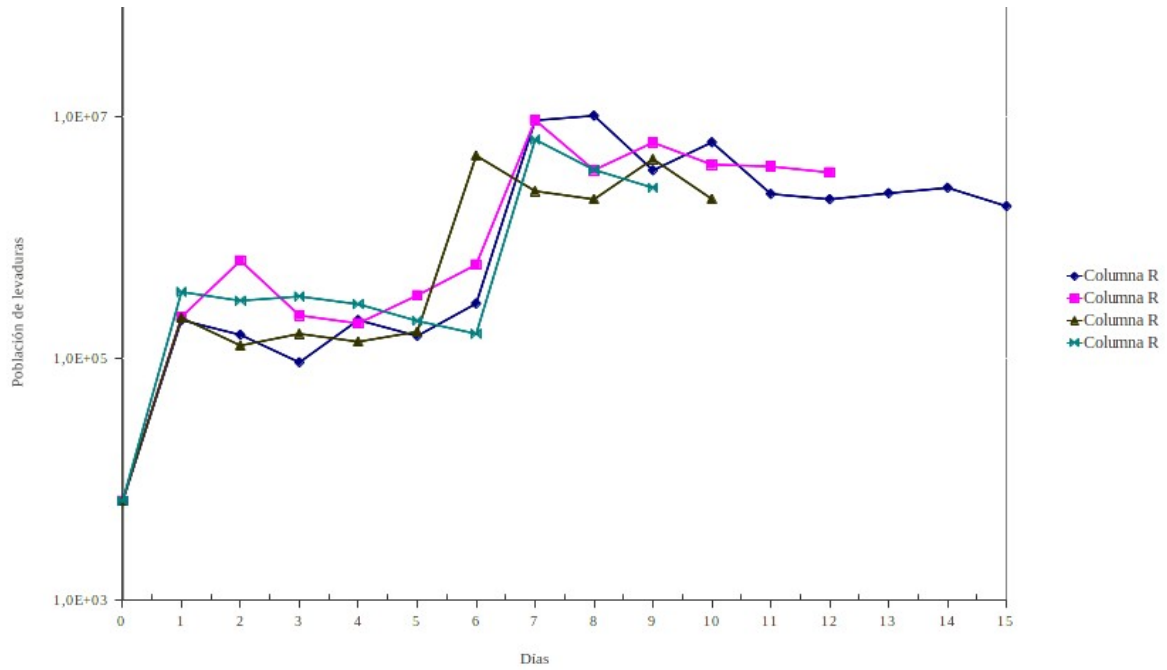


Figura 8. S. bayanus vs Tiempo de fermentación en mostos de IT
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados con uvas NR inoculadas con levaduras nativas y S. bayanus a 24°C se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Densidad, pH y SST vs Tiempo de fermentación en mostos NR a 24°C

Tiempo Días	Densidad (g L ⁻¹)		pH		SST (°Brix)	
	S.bayanus	Nativas	S.bayanus	Nativas	S.bayanus	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	993,6	993,6	3,27	3,24	5,71	5,61

Fuente: Elaboración Propia

Etapa B:

Los resultados del proceso de vinificación de los mostos de uva IT a diferentes temperaturas con el test (t) para un nivel de confianza (NC) del 95%:

Los pH medio no presentaron diferencias significativas: a 18, 22 y 26°C con inóculos de levaduras nativas; a 18, 22 y 26°C con inóculos de *S. bayanus*; a 18, 22, 26 y 30°C con inóculos de nativas respecto de *S. bayanus* a cada temperatura.

Los pH medios presentaron diferencias significativas: a 30°C respecto de 18, 22 y 26°C con inóculos de levaduras nativas; a 30°C respecto de 18, 22 y 26°C con inóculos de *S. bayanus*.

Los valores de SST medios no presentaron diferencias significativas: a 18, 22, 26 y 30°C con inóculos de levaduras nativas; a 18, 22, 26 y 30°C con inóculos de *S. bayanus*; a 18, 22, 26 y 30°C con nativas respecto de *S. bayanus* a cada temperatura.

El PF en $[(\text{°Alcohol obtenido}) 10^2 (\text{°Alcohol esperado})^{-1}]$: al comparar a cada temperatura el PF: las *S. bayanus* tuvieron valores más elevadas que el de las nativas con 9,1% mas a 18°C (98,9 a 89,8); con 4,1% mas a 22°C (93,9 a 89,8); con 5% mas a 26°C (95,9 a 90,9) respectivamente; pero a 30°C las nativas tuvieron un 8% mas (90,8 a 82,8).

La AF en (g azúcar día⁻¹): en mostos de IT de las *S. bayanus* y las nativas fue similar a igual temperatura con los siguientes valores: 11,2 a 18°C; 14 a 22°C; 16,8 a 26°C; 18,6 a 30°C; y 14,6 a 24°C en mostos de NR.

El RF en (g azúcar / °Alcohol)

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

Población de levaduras: la generación 1 fue $12 \cdot 10^3$ nativas mL⁻¹ y $6 \cdot 10^3$ *bayanus* mL⁻¹ respectivamente. Las máximas respecto de la generación inicial 1 en mostos de IT fueron:

A 18°C: para nativas 8 - 9 generaciones y para *S. bayanus* 10 - 11 generaciones

A 22°C: para nativas 8 - 9 generaciones y para *S. bayanus* 10 - 11 generaciones

A 26°C: para nativas 8 - 9 generaciones y para *S. bayanus* 9 - 10 generaciones

A 30°C: para nativas 8 - 9 generaciones y para *S. bayanus* 9 - 10 generaciones

Las poblaciones finales respecto de la inicial en mostos de IT fueron:

A 18°C: para nativas 6 - 7 generaciones y para *S. bayanus* 8 - 9 generaciones.

A 22°C: para nativas 7 - 8 generaciones y para *S. bayanus* 9 - 10 generaciones

A 26°C y 30°C: para nativas 7 - 8 generaciones y para *S. bayanus* 8 - 9 generaciones

La población final para 18, 22, 26 y 30°C con IT para nativas y *S.bayanus* fueron: $(1,25-2,37)10^6$ células mL⁻¹ de 6-8 generaciones y $(1,82-3,47).10^6$ células.mL⁻¹ de 8-10 generaciones respectivamente.

Etapa C:

El modelado de la fermentación alcohólica en condiciones enológicas se presenta graficado en la Figura 9. La contribución a la formación de etanol, la población de *S. bayanus* y la disminución de sustrato fueron para la fermentación del mosto de IT a 18°C.

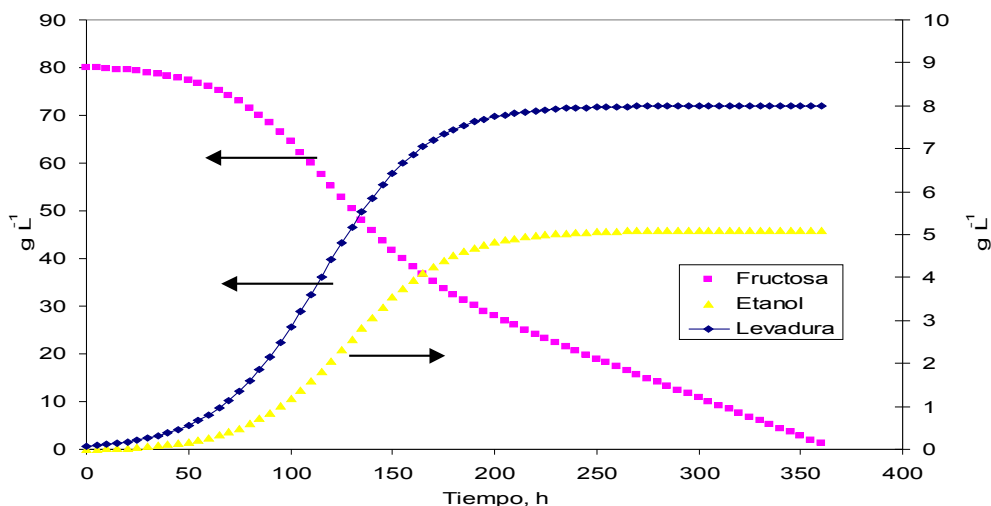


Figura 9. Curvas simuladas del consumo de fructosa por *S. bayanus* en el modelo logístico

Fuente: Elaboración Propia

Se consideró oportuno aportar a la ciencia enológica, para predecir ecuaciones numéricas en el cambio de escala, explicar un comportamiento tecnológico y pronosticar el desempeño de la levadura en planta piloto o a nivel industrial. 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 fructosa a partir de la concentración de biomasa conocida y la evolución del consumo de fructosa, presente en cantidades equivalentes a la glucosa en el mosto.

Esto se planteó con el siguiente conjunto de variables donde sus unidades definen el significado de cada una: $\mu_M = 0,04 \text{ h}^{-1}$; $m = 0,02 \text{ g fructosa (g biomasa h)}^{-1}$

$$Y_{XS} = 0,2 \text{ g biomasa (g fructosa)}^{-1}; \Delta t = 14,56 \text{ h}^{-1}; Y_{PX} = 5,78 \text{ g etanol (g biomasa)}^{-1}$$

El modelado matemático obtenido representó adecuadamente los resultados del modelo observado según Miño Valdés (2010).

Etapa D:

Respecto de la aptitud de los vinos del laboratorio para el consumo, la Tabla 2 muestra los parámetros físico-químicos medidos según Miño Valdés y Herrera (2007).

Tabla 2. Parámetros físico químicos del vino blanco

VINO	Levadura	pH	SO ₂ libre mg L ⁻¹	SO ₂ total mg L ⁻¹	¹ Acidez total g L ⁻¹	² Acidez volátil g L ⁻¹
Uva						
temperatura						
IT	S. bayanus	3,56	14	107,52	6,97	0,98
18°C	Nativas	3,57	16,6	96	6,52	0,98
IT	S. bayanus	3,66	7,60	108,8	7,42	1,05
22°C	Nativas	3,63	12,8	119	6,07	0,78
NR	S. bayanus	3,27	34,5	81,92	5,92	0,36
24°C	Nativas	3,24	19,2	81,92	5,85	0,27
IT	S. bayanus	3,57	14	96	5,92	1,06
26°C	Nativas	3,61	14	102,4	6,07	1,04
IT	S. bayanus	3,55	25,6	98,56	6,75	0,86
30°C	Nativas	3,6	8,9	115	7,05	0,84
Límites del INV en blanco seco		4		180±35		1± 0,2
Ajustar para su conservación			25-30		4 a 8	

El SO₂ libre se llevó a 35 mg L⁻¹ antes de guardar el vino

¹como ácido tartárico; ² como ácido acético

Fuente: Elaboración Propia

Desde el punto de vista de las variables medidas los vinos fueron aptos para el consumo.

Conclusiones Parciales a escala laboratorio: etapas A, B, C y D

1. Con fermentaciones isotérmicas a 18, 22, 26 y 30°C con IT y a 24°C con NR utilizando levaduras nativas de las mismas bayas o con cepas puras de bayanus fue viable elaborar vino blanco seco común.

2. La densidad, los SST, el pH y la población de levaduras: con IT las densidades de los mostos con nativas a 18, 22, 26 y 30°C no presentaron diferencia significativas. Idem para las densidades de los mostos con bayanus. Idem para las densidades de mostos con nativas y mostos con bayanus a igual temperatura. Idem para °Brix y población de levaduras de los mostos con ambas cepas. El pH de los mostos a 18, 22 y 26°C no presentaron diferencia significativa con nativas; ni el pH en mostos con S. bayanus; tampoco el pH en mostos con nativas y con S. bayanus a igual temperatura.

3. El PF (en % v/v): en mostos de Isabella tinto con las levaduras nativas fueron mejores a 30°C y 26°C (con 90,8 y 90,9) que a 22 y 18°C (con 89,8 y 89,8). Con S. bayanus fueron mejores a 18°C (con 98,9) que a 22°C (con 93,9) a 26°C (con 95,9) y a 30°C (con

82,8). En mostos de Niágara rosada a 24°C con *S. bayanus* (99,1) fueron mejores que con levaduras nativas (96,3).

4. La AF (en g azúcar día⁻¹): en mostos de Isabella tinto con las levaduras nativas y con *S. bayanus* los valores fueron iguales: a 18,6 a 30°C; 16,8 a 26°C; 14 a 22°C; y 11,2 a 18°C. En mostos de NR con levaduras nativas y con *S. bayanus* los valores fueron de 16,6 a 24°C.

5. El RF (en g azúcar inicial °Alcohol⁻¹): en mostos de IT con las levaduras nativas fue mejor a 26-30°C que a 18-22°C (con 18,66 y 18,87) respectivamente. Con *S. bayanus* fue mejor a 18°C (con 17,14) que a 22°C (18,06), a 26°C (16,8) y a 30°C (20,48). El RF medio (de 18, 22, 26 y 30)°C fue mejor para las *S. bayanus* (18,34) que para las nativas (18,76) respectivamente. En mostos de NR fue mejor con las *S. bayanus* (17,26) que con levaduras nativas (17,76) a 24°C.

6. La duración de las fermentaciones isotérmicas en mostos de IT (a 18, 22, 24, 26 y 30)°C: con inóculos de 12 10³ nativas mL⁻¹, demoraron 15, 12, 11, 10 y 9 días respectivamente; con inóculos de 6 10³ *bayanus* mL⁻¹, demoraron 15, 12, 11, 10 y 9 días respectivamente.

7. Las generaciones de levaduras nativas y *S. bayanus* en mostos de uvas IT fueron de 6-8 y 8-9 con máximos de 8-9 y 9-11 respectivamente.

8. El Modelado matemático obtenido representó adecuadamente el modelo observado para la evolución de la fructosa de acuerdo al modelo logístico resuelto, el aporte fue justifica el 50% del etanol total obtenido, considerando que glucosa y fructosa estaban en cantidades equivalentes en la fermentación de mostos de IT a 18°C con *S. bayanus*.

Basado en las conclusiones parciales anteriores, para avanzar a la etapa E y F de planta piloto, se seleccionaron las temperaturas de 20, 22 y 24°C para elaborar vinos en planta piloto con uvas IT, NR y levaduras *S. bayanus*.

A continuación se desarrolla una síntesis de la tecnología a escala planta piloto para las etapas E, F y para escala industrial las etapas G y H.

Etapas E:

Para establecer un procedimiento tecnológico en planta piloto se utilizó el criterio de semejanzas. Según Ibarz y Barboza, (2005) para el diseño y construcción de equipos a mayor escala, existen dos modelos el matemático y el empírico. El criterio de semejanza matemático es $m = k \cdot m'$; donde m y m' son las medidas de una misma magnitud en el modelo y en el prototipo industrial respectivamente, siendo k el factor de cambio de

escala. Se aplicaron las semejanzas: mecánicas, geométricas, térmicas y de concentración para todos los ensayos de vinificación realizados.

En la Tabla 3 se representan las operaciones establecidas para la elaboración de vino blanco a partir de uvas no viníferas de color con inóculo de *S. bayanus*.

Tabla 3. Operaciones para elaborar vino blanco en planta piloto con uvas de color

Operaciones	Viñedo	Aditivos
1	RECEPCION	
2	PESADO	
3	DESPALILLADO	
4	ESTRUJADO	
5	PRENSADO	
6	CLARIFICADO	(3 g SO ₂ + 2 g enzimas peptolíticas) hL ⁻¹
7	FERMENTACIÓN	(1g fosfato amonio + 1 g <i>bayanus</i>) hL ⁻¹
8	CLARIFICADO	6 g SO ₂ hL ⁻¹
9	ALMACENADO	
10	FILTRADO	
11	ENVASADO	Llevar a 35 mg SO ₂ libre hL ⁻¹

Fuente: Flanzky 2003

Los criterios de semejanza aplicados entre el modelo y el prototipo fueron cuatro: a) la geométrica (proporcionalidad entre las dimensiones de equipos); b) la mecánica (recepción, pesado, despallado, estrujado, prensado, clarificado, almacenado, filtrado, envasado y movimiento de fluidos); c) la térmica (fermentado y enfriado); d) la concentración (levaduras y aditivos en las operaciones). En esta etapa se aplicó un cambio de escala con factor k de 40, resultando la muestra para planta piloto de 200 kg viñedo.

Etapa F:

Para evaluar en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido en la Tabla 3, se desarrollaron las vinificaciones utilizando los materiales y métodos de laboratorio, para un tamaño de muestra de 200 kg viñedo. Se obtuvieron los rendimientos de cada operación y con estos valores los rendimientos globales de cada vinificación.

Conclusiones Parciales de las etapas E y F

1. Los rendimientos en planta piloto fueron: de 52,3 % (L vino blanco kg⁻¹ viñedo NR) a 20°C; de 56,4 % (L vino blanco kg⁻¹ viñedo IT) a 20°C; de 53,5 % (L vino blanco kg⁻¹ viñedo NR) a 22°C y de 54,7 % (L vino blanco kg⁻¹ viñedo NR) a 24°C.

2. Los tiempos de fermentación en planta piloto respecto del laboratorio fueron a) con k = 40 de 14 días a 20°C y siembra de 1 g levadura hL⁻¹; b) con k > 40 (en levaduras y aditivos) de 10 días a 22°C y de 8 días a 24°C; c) con k > 40 (con 20 g levadura hL⁻¹) fueron de 10 días a 22°C y de 8 días a 24°C.

3. Todos los vinos elaborados fueron aptos para el consumo humano según protocolo de análisis del Instituto Nacional de Vitivinicultura INV (2007).

Etapa G:

Se dimensionó a escala industrial el procedimiento evaluado en planta piloto; para ello fue necesario establecer una unidad productiva, calcular la producción del viñedo y estimar un tamaño de planta para calcular y seleccionar un equipamiento industrial.

La unidad productiva establecida fue de 12 familias (flía), con un promedio 27 hectáreas (ha) viñedo c/u.

A partir del 3er. año de sembrado se podrían cosechar entre 10 y 18 ton viñedo ha⁻¹ según el INTA, (2008). En 27 ha flía-1 sembradas con 9 ha de Venus para cosechar en noviembre, 9 ha de Niágara para cosechar en diciembre y 9 ha de Isabella para cosechar en enero según el MAyP, (2007).

La producción de 12 familias, 3 meses por año se calculo en: 4.212 tn viñedo año⁻¹.

El tamaño de la planta requerida para satisfacer a la unidad productiva para una jornada laboral de 8 h/día a razón de 30 días/mes requiere 46,8 tn viñedo día⁻¹.

Para operar 6 h/jornada con 2 h de limpieza requiere un tamaño de 8 Tn viñedo h⁻¹.

Se aplicó un factor de cambio de escala de k igual a 40; a partir de 200 kg viñedo por muestra en planta piloto se obtuvo para escala industrial 8.000 kg viñedo h⁻¹.

Los rendimientos industriales proyectados con k 40 para 8.000 kg viñedo h⁻¹ expresados en L vino y en botellas de 750 mL cada una fueron:

Para 20°C con NR se podrían obtener 4.184 L vino blanco (5.578 botellas).

Para 20°C con IT se podrían obtener 4.512 L vino blanco (6.016 botellas).

Para 22°C con NR se podrían obtener 4.280 L vino blanco (5.706 botellas).

Para 24°C con NR se podrían obtener 4.376 L vino blanco (5.834 botellas).

A continuación se presentan en la Tabla 4 los resultados de los cálculos efectuados y la selección del equipamiento para el prototipo teniendo en cuenta los rendimientos industriales esperados.

Tabla 4. Equipos y dispositivos calculados para procesar 8 ton viñedo h⁻¹

Equipos-dispositivos	Variables	Resultados calculados
Tolva para cajas	Diámetro de tornillo	0,32 metros (m)
Prensa Neumática	Capacidad y potencia	32 hL; 6,6 kilowatt (kW)

Fermentador- clarificador	Volumen	31,9 metros cúbicos (m ³)
	Altura	6,5 m
	Diámetro	2,5 m
	Velocidad de fangos	0,15 m h ⁻¹
	Tiempo de clarificado	2 días
	Cubas	8
Tanque de vino	Volumen	270 m ³
	Largo, ancho, alto	30 m, 3 m, 3 m
	Tiempo de estabilizado	3 meses
	Piso declive	2 grados
	Cantidad de tanques	9
Fermentador	Peso molec. C ₆ H ₁₂ O ₆	180 g mol ⁻¹
	Calor generado por mol	24,5 kilocalorías (kcal) (mol glucosa) ⁻¹
	Calor generado por L	24,9 kcal L ⁻¹
	Tiempo de fermentación	8 días
	Calor generado en 8 días	3.735 kcal h ⁻¹ cuba ⁻¹
Agua del Encamisado	Cp agua	1,002 kcal kg ⁻¹ °C ⁻¹
	Agua de enfriamiento	219,3 kg h ⁻¹ cuba ⁻¹
	Factor de simultaneidad	1,4
	Rendimiento	85%
	Calor a disipar total proceso	49.214 kcal h ⁻¹

Fuente: Elaboración Propia

Los equipos seleccionados en función del tamaño proyectado fueron:

- 1 Central de refrigeración de 24 caballo vapor (hp); 54.000 frigorías h⁻¹; temperaturas del agua a la entrada 12°C y a la salida 7°C.
- 1 Bomba móvil para trasiego (2 hp, 2 velocidades, 470 revoluciones por minuto (rpm), caudal de 12 m³ h⁻¹ a 16 m altura).
- 1 Bomba a tornillo para trasiego de molienda de 4 kW, (10 m³ h⁻¹, 1,8 bar y 200 rpm).
- 1 Cinta elevadora para viñedo en acero inoxidable (380 Volt, 50 Herz, y 1,5 kW).
- 1 Estrujadora-despalilladora de acero inoxidable (9 10³ kg viñedo h⁻¹ y 1,87 Kw).
- 1 Balanza de 250 kg para pesar cajas con viñedo de 10 a 13 kg c/u.
- 1 Filtro de diatomeas para 4 m³ h⁻¹; capacidad 85 L, presión 6 bar, potencia 1,75 KW.
- 1 Filtro de marcos y 40 placas de 50, 80 y 100 L placa⁻¹ h⁻¹ para pulido del vino.
- 1 Bomba de pistón de acero inoxidable, (2 velocidades de 4300 a 8500 L h⁻¹ y 1,5 hp).
- 1 Enfriador de vendimia de 6 metros con 4 tubos concéntricos de 80 milímetros (mm) de diámetro interior y 114 mm de diámetro exterior.
- 1 Pasarela de acero con baranda, guarda pierna y pie, piso de rejilla y escalera.
- 13 Juegos de cañería interna para el refrigerador y fermentadores (ida y vuelta)
- 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 y clarificación calculados: de 31,9 m³ c/u.
- 1 Línea de envasado manual para botellas de 750 cm³.

Etapa H:

Estimación de la inversión de capital y costos de producción según Peters y Timmerhaus (1981).

Se pueden utilizar diversos métodos para analizar la inversión de capital. La elección del método depende de la cantidad de información detallada disponible y la exactitud que se desea obtener. En esta oportunidad se utilizó el método C de porcentaje de equipo entregado. A continuación, los restantes rubros de costo directo de la planta se estiman como porcentajes del costo de los equipos entregados. Los componentes adicionales de la inversión de capital se basan en % promedio del costo directo total de la planta; en los costos totales directos e indirectos o en la inversión total de capital. En la Tabla 5 se presenta el capital fijo invertido para las alternativas estudiadas en planta piloto y proyectadas a escala industrial con un factor de proporcionalidad de $k = 40$.

Tabla 5. Capital Fijo Invertido actualizado en función de las temperaturas de fermentación

CONCEPTOS	Costo U\$D 2005 (441)	Costo U\$D 2012 (620) 1	Costo U\$D 2012 (620) 2	Costo U\$D 2012 (620) 3
Variantes N°				
Temperatura de elaboración del vino	a 20°C	a 24°C	a 22°C	a 20°C
Inóculo de levaduras		20 g lev.hL ⁻¹	20 g lev.hL ⁻¹	1 g lev. hL ⁻¹
I. Costos Directos	533 341.0	702 000.1	747 619.1	900 363.0
1.1. Equipamiento (cotización de oferta)				
A. 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
B. Obras civiles (incluyendo servicios)	141 115.0	198 393.6	209 597.3	252 419.9
C. Instalaciones de servicio (montadas)	1 100.0	1 546.49	1 633.82	1 967.62
D. Terreno	500.0	702.95	742.64	894.37
II. Costos Indirectos		100 332	101 764	107 236
A. Ingeniería y supervisión	7 330.0	37 491.25	37 491.21	37 491.26
B. Gastos de Construc. 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

En la Tabla 6 se presentan los costos de producción de las variantes 1, 2 y 3 que fueron ensayadas en planta piloto antes de ser proyectadas a escala industrial.

Tabla 6. Costos de producción en función de las temperaturas de fermentación

CONCEPTOS y forma de estimación	Costo U\$D 2012 1	Costo U\$D 2012 2	Costo U\$D 2012 3
Variantes N°			
Temperatura de elaboración del vino	a 24°C	a 22°C	a 20°C
I. Costos de fabricación			
A. Costos directos de producción			
1. Materias primas Cotización de ofertas	2 800 899	2 799 032	2 792 173.50
2. Gastos de trabajo 10 % del costo total del producto	361 029,6	360 799.27	360 746.48

3. Supervisión directa. 1 % del costo total del producto	36 102,9	36 079.93	36 074.65
4. Utilidades Datos de cálculo	3 960	3 960	3 960
5. Mantenimiento y reparación 2 % del Capital Fijo Invertido	16 594.6	16 594.6	17 487.9
6. Suministros operacionales 0.5 % del Capital Fijo Invertido	4 148.6	4 148.6	4 371.9
7. Gastos de laboratorio 1 % del costo total del producto	36 102,9	36 079.9	36 074.6
8. Patentes y royalties 1 % del costo total del producto	36 102,9	36 079.9	36 074.6
B. Cargos fijos			
1. 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			
a. Costos administrativos: 2 % del costo total del producto	72 205.8	72 159.8	72 149.3
b. Costos de distrib. y ventas: 2% del costo total producto	72 205.8	72 159.8	72 149.3
c. Investigación y desarrollo: 2% del costo total producto	72 205.8	72 159.8	72 149.3
d. 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

Respecto de la capacidad de la planta para procesar 8 ton viñedo h^{-1} ; entre los considerandos 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 U\$D durante el análisis económico y el día laboral en 6 horas.

Para elegir la mejor alternativa de producción en la Tabla 7 se presenta el análisis dinámico de las alternativas de producción.

Tabla 7. Análisis Dinámico en función a las temperaturas de fermentación

Elaboración	1 24°C	2 22°C	3 20°C
Producción de vino	5 834 botellas.día ⁻¹	5 706 botellas.día ⁻¹	5 578 botellas.día ⁻¹
¹ VAN (2012)	6.602.660	5.403.308	5.647.471
² Tir %	60	56	53
³ PRD años	3	3,4	3,6

¹Valor actualizado neto (VAN)

²Tasa interna de retorno (Tir)

³Período de recuperación de Inversión a valor actualizado (PRD)

Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de estimación se utiliza comúnmente para la estimación preliminar y la de estudio. No obstante en el caso de plantas comparables de capacidades diferentes, este método permite a veces estimaciones muy exactas según Peters y Timmerhaus, (1981).

De acuerdo a la Tabla 7 las tres alternativas son viables para la inversión pero la mejor es la 1, porque se recupera en el menor período (3 años) el valor actualizado de la inversión.

CONCLUSIÓN

Es viable establecer desde el punto de vista técnico económico una unidad productiva constituida por 12 familias con 27 ha viñedo c/u.

Es factible con la tecnología desarrollada obtener vinos blancos comunes aptos para consumo humano a partir de variedades de *Vitis labrusca*: Niágara Rosada e Isabella Tinto.

Son aptas las levaduras autóctonas y los aditivos agregados presentaron fermentado continuo, sin paradas, por motivos endógenos o exógenos a las levaduras.

Son aptos los mostos de estas uvas de color para elaborar vino blanco común no se necesita corregir la acidez ni el azúcar inicial, para tener fermentaciones normales.

Es rentable desde el punto de vista económico, el tamaño industrial proyectado con la tecnología establecida, para elaborar vino blanco común a 1,5 U\$D la botella de 750 mL, con uva Isabella Tinto o Niágara Rosada cultivadas en Misiones.

La mejor proyección de inversión fue a 24°C para la uva Niágara Rosada que presentó un VAN de 6.602.666 U\$D, un Tir de 60 % y un PRD de 3 años.

BIBLIOGRAFÍA

BAKOS, P. "Uvas para todo Misiones". El Territorio, Diciembre 9 (2009).

BAKOS, P. "Uvas de Misiones". El Territorio, Enero 24 (2011).

BORDEU, E. (2006). Microorganismos en Enología. Santiago de Chile, Editorial Universitaria

BOULTON R.B., et al. (2006). Práctica de la elaboración de Vino. Zaragoza España, Editorial Acribia.

CHANG, R. (2002). Química. USA, Editorial Mc Graw Hill.

FLANZY C. (2003). Enología: Fundamentos Científicos y Tecnológicos. Madrid, España, Editorial AMV y Mundi-Prensa.

IBARZ A., et al. (2005). Colección Tecnología de Alimentos. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Barcelona, España, Editorial Mundi-Prensa.

MIÑO VALDÉS J.E. (2010). Microvinificación en blanco de Isabella tinto y Niágara rosada cultivadas en Misiones. Posadas, Argentina, Editorial Universitaria de Misiones.

MIÑO VALDÉS, J.E.; HERRERA, J.L. "Vinificación en blanco de uvas americanas cultivadas en Misiones". Jornadas Científico Tecnológica de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales 6ta. Edición. Posadas, 2007, Editorial Universitaria de Misiones.

PETERS, M., TIMMERHAUS, K. (1981). Diseño de Plantas su evaluación económica para ingenieros químicos. USA. Editorial Mc. Graw Hill.

PIEKUN, A. (2011a). "Estiman que la cosecha de uva alcanzará 800.000 kg". El Territorio, Enero 28 (2011).

PIEKUN, A. "Uva en Misiones". El Territorio, Febrero 20 (2011).

PSZCZOLKOWSKI, P. (2002). Vinificación en Laboratorio. Santiago de Chile, Editorial Universitaria.

República Argentina, Instituto Nacional de Vitivinicultura INV. Disponible en <http://www.inv.gov.ar/normativas.php?ind=2> [consultada el 25/03/2008].

República Argentina, Instituto Nacional de Vitivinicultura INV. Disponible en <http://www.inv.gov.ar/pdf/normativas/tecnicasanaliticas.pdf> [consultada el 02/04/2005].

República Argentina, Ministerio del Agro y la Producción de Misiones. Disponible en <http://www.mayp.gov.ar/planfrutal> [consultada el 10/08/2007].