

EXPERIMENTAR  
CON VINO BLANCO COMÚN A ESCALA  
MATRAZ EN UN DESARROLLO TECNOLÓGICO

Juan Esteban Miño Valdés



Editorial Universitaria



**Juan Esteban Miño Valdés**

**EXPERIMENTAR CON VINO BLANCO  
COMÚN A ESCALA MATRAZ EN UN  
DESARROLLO TECNOLÓGICO**

EDITORIAL UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES



**Juan Esteban Miño Valdés**

**EXPERIMENTAR CON VINO BLANCO  
COMÚN A ESCALA MATRAZ EN UN  
DESARROLLO TECNOLÓGICO**

EDICIONES ESPECIALES

EDITORIAL UNIVERSITARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Coronel Félix Bogado 2160  
Posadas - Misiones - Telfax (0376) 4a28601  
correos electrónicos:  
edunam-admini@arnet.com.ar  
edunam-direccion@arnet.com.ar  
edunam-produccion@arnet.com.ar  
edunam-ventas@arnet.com.ar

Colección: Ediciones Especiales  
Coordinación de la Edición: Claudio O. Zalazar  
Armado de Interiores: Javier B. Giménez

Miño Valdés, Juan Esteban  
Experimentar con vino blanco común a escala matraz en un desarrollo tecnológico. -1a ed.- Posadas: EdUNaM - Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Misiones, 2012.  
88 p.; 22x15 cm.  
ISBN 978-950-579-259-7  
1. Viticultura. 2. Tecnología. Enseñanza Universitaria. I. Título  
CDD 663.2

Fecha de catalogación: 23/11/2012

Hecho el depósito de la Ley N° 11.723  
Impreso en Argentina  
ISBN: 978-950-579-259-7  
©Editorial Universitaria  
Universidad Nacional de Misiones, Posadas, 2012.  
Todos los derechos reservados para la primera edición.

*A mis padres  
Emilia Dolores y  
Máximo*

*A mis hijas  
María Gabriela y  
María Agustina*

*A mis hermanas  
María Rosa y  
Laura Andrea*

*A María Graciela*





## AGRADECIMIENTOS

Por fortuna, a lo largo del trabajo fueron muchas las personas que de alguna manera, colaboraron directa o indirectamente en la realización del mismo. Por lo tanto, hago extensivo mi agradecimiento a todas ellas. No obstante, debo expresar un reconocimiento especial a las instituciones y personas que en ellas trabajan:

- De la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Central de las Villas (UCLV) Cuba, al Dr. Sc. Erenio González Suárez;
- De la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM) Misiones, Argentina, al Dr. Ing. Químico José Luis Herrera al Dr. Ing. Químico Luis Alberto Brumovsky y a la Dra. Ing. Química María Alicia Martos;
- De la Facultad de Agronomía de la Universidad Pontificia Católica de Chile (UCA) Santiago de Chile, al Dr. Bioquímico Edmundo Bordeau;
- De la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCu), Mendoza, Argentina, al MSc. Ing. Agrónomo Marcos Maza;
- De la Estación Experimental Agrícola del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA INTA), Cerro Azul, Misiones Argentina a la Enóloga Ing. Débora Lavanderos y al Enólogo Ing. Pedro Bakos.



## ÍNDICE

SÍNTESIS .....	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO TECNOLÓGICO .....	15
Alternativa productiva en Misiones .....	15
El Objetivo General del desarrollo tecnológico .....	16
Los Objetivos específicos del desarrollo tecnológico .....	16
Conclusiones del análisis de la literatura para iniciar un desarrollo tecnológico .....	17
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS A ESCALA LABORATORIO.....	21
Etapa A: Elaboración de vino blanco común .....	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN A ESCALA LABORATORIO...29	
Etapa B: Evaluación de los parámetros de proceso de las vinificaciones .....	29
Etapa C: Modelado de la fermentación en condiciones enológicas.....	55
Etapa D: Verificación de la aptitud fisicoquímica de los vinos .....	59
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES DE LAS ETAPAS A, B, C Y D.....	63
ANEXOS .....	65
BIBLIOGRAFÍA .....	81



## SÍNTESIS

El objetivo de este libro fue desarrollar las primeras cuatro etapas de un desarrollo tecnológico para elaborar vino blanco común a partir de uvas no mesa *Niágara rosada* e *Isabella tinto* cultivadas en Misiones.

En la primera parte del libro se presenta al cultivo de la vid en general y a la elaboración de vino en particular como una alternativa productiva a ser evaluada y se establece un objetivo general, se enumeran los objetivos específicos y se expresan las conclusiones del análisis de la literatura para el desarrollo proyectado.

En los siguientes capítulos se desarrollan las 4 etapas de la investigación a escala laboratorio.

En el segundo capítulo se describe la etapa A correspondiente a la elaboración de vino blanco común a partir de *Niágara rosada* e *Isabella tinto* fermentadas con levaduras autóctonas y con *Saccharomyces cerevisiae* variedad *bayanus*.

En el tercer capítulo se aborda la etapa B que consiste en la evaluación de los resultados obtenidos de las variables de proceso de las vinificaciones realizadas; se continúa con la etapa C donde se describe el proceso con un modelado matemático aplicado a la fermentación en condiciones enológicas y finalmente en la etapa D se verifica la aptitud fisicoquímica de los vinos para el consumo humano.

En el último capítulo se escriben las conclusiones de las etapas desarrolladas anteriormente para continuar con los estudios en planta piloto.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN AL DESARROLLO TECNOLÓGICO

### ALTERNATIVA PRODUCTIVA EN MISIONES

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 lo es, 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 hab<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. 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 desde noviembre 2010 hasta febrero 2011, 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 de colonia” para autoconsumo familiar. (Piekun, 2011b). Los precios en la chacra estuvieron entre 8 y 10 \$ kg<sup>-1</sup> uva al iniciar la cosecha en noviembre 2010 y luego bajaron al rango de 6 a 8 \$ kg<sup>-1</sup> entre diciembre 2010 y enero 2011 (Bakos, 2011).

La elaboración de vinos se registró como otra actividad productiva a ser evaluada debido al aumento de la producción de uvas no viníferas en Misiones y la falta de vino blanco común de bajo precio, en el mercado regional desde el año 2004 (Miño Valdés, 2010).

El problema científico que se plantea es la falta de una tecnología conceptualizada para la elaboración de vino blanco común apto para el consumo, con las variedades de uvas de mesa no viníferas *Isabella tinto* y *Niágara rosada* cultivadas en Misiones, fermentadas con levaduras autóctonas o *Saccharomyces cerevisiae bayanus* (*S. bayanus*).

Se ha establecido la hipótesis de que es viable desde el punto de vista científico, económico y ambiental desarrollar una tecnología apropiada al medio rural, para elaborar vino blanco común apto para el consumo, a partir de mostos de uvas de mesa no viníferas, determinando además las características de las uvas, los valores de las variables de elaboración, el desempeño de las levaduras nativas o las especializadas y la viabilidad técnica, económica y ecológica del desarrollo tecnológico.

Los objetivos planteados para un desarrollo tecnológico integral son:

## **EL OBJETIVO GENERAL DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO**

Desarrollar un procedimiento tecnológico apropiado y sustentable desde el punto de vista económico y ambiental, para la elaboración de vino blanco común, apto para consumo humano, utilizando mostos de uvas no viníferas cultivadas en Misiones, y levaduras nativas o *Saccharomyces cerevisiae* variedad *bayanus*.

## **LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO**

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 en blanco común seco con uvas no viníferas.
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 uvas no vinífera.
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 necesitan realizar las siguientes tareas:

1. Analizar el estado del arte de la elaboración de vino blanco.
2. Elaborar vino blanco común seco a escala laboratorio y planta piloto.
3. Evaluar los parámetros de seguimiento del proceso.
4. Obtener un modelado matemático de la fermentación en condiciones enológicas.
5. Valorar la aptitud de los vinos para el consumo humano en laboratorio.
6. Establecer un procedimiento tecnológico para la vinificación en blanco en planta piloto
7. Evaluar en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido.
8. Proyectar a escala industrial el equipamiento tecnológico.
9. Estimar los costos y la rentabilidad del proceso tecnológico a escala industrial.
10. Establecer una disposición final de residuos para atenuar el impacto ambiental.

La tarea 1 se presentó en el libro titulado: “Fundamentos para elaborar vino blanco común en un desarrollo tecnológico”, de la editorial universitaria de Misiones publicado en el año 2012.

## **CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LA LITERATURA PARA INICIAR UN DESARROLLO TECNOLÓGICO**

Las seis conclusiones que se han obtenido del análisis actualizado de la literatura fueron:

1. Para elaborar vinos con uvas *Vitis viniferas* existe abundante información tecnológica pero es muy escasa para la vinificación

con variedades no viníferas por lo que es necesario generar información científica y tecnológica.

2. No se ha encontrado en la literatura científica suficiente información sobre las características fisicoquímicas de las uvas de mesa *Niágara rosada* e *Isabella tinto* (variedades de *Vitis labrusca*) cultivadas en Misiones para ser utilizadas como materia prima en la elaboración de vino blanco común seco, por lo que es necesario caracterizarlas.

3. Es abundante la información tecnológica sobre *S. cerevisiae* conduciendo fermentaciones en condiciones enológicas pero escasa la información procesada con metodología científica sobre el desempeño de las levaduras autóctonas o *S. bayanus*, fermentando mostos de uvas no viníferas de Misiones cuando se elabora vino blanco común seco, por lo que es necesario realizar las vinificaciones para registrar y evaluar la información tecnológica.

4. Se desconocen las características del vino blanco común seco elaborado a partir de uvas de mesa de Misiones con sus levaduras nativas o *S. bayanus*, y no se conoce si son aptos para el consumo humano, por lo que deben ser elaborados y analizados para constatar su aptitud para el consumo respecto de las variables de control, de la legislación del Instituto Nacional de Viticultura de Argentina.

5. Para la evaluación de los mostos, las levaduras y los vinos a escala laboratorio, es necesario incluir etapas tales como elaborar vino blanco seco para conocer las variables del proceso y evaluarlas; determinar el desempeño de las levaduras nativas o de *S. bayanus* para conocer su potencial enológico; valorar la aptitud fisicoquímica de los vinos para el consumo humano y obtener un modelado matemático de la fermentación en condiciones enológicas para pronosticar el comportamiento tecnológico de la biomasa, el sustrato y del 50% del etanol producido.

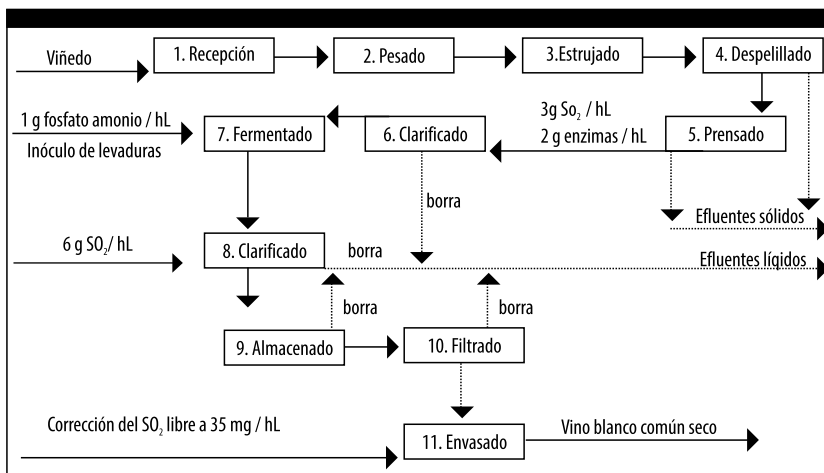
6. Para establecer un procedimiento tecnológico, evaluar el mismo en planta piloto y seleccionar el equipamiento estimar costos y rentabilidad a escala industrial, se requieren incluir etapas tales como: establecer un procedimiento tecnológico de vinificación en blanco para determinar un tamaño; evaluar una tecnología de elaboración en planta piloto para obtener los rendimientos globales y la duración de los procesos; proyectar un tamaño industrial para seleccionar un equipamiento tecnológico y realizar un análisis

sis económico dinámico del proceso tecnológico proyectado para conocer su rentabilidad.

7. Las operaciones unitarias para elaborar vino blanco común se presentan en la Figura 1 en base al análisis de la literatura científica consultada.

De acuerdo a las conclusiones se requiere la ejecución de las siguientes etapas:

- A: Elaborar de vino blanco común a escala laboratorio
- B: Evaluar los parámetros de proceso de las vinificaciones
- C: Modelar matemáticamente la fermentación en condiciones enológicas
- D: Verificar la aptitud de los vinos para el consumo humano
- E: Elaborar vino blanco común en planta piloto
- F: Evaluar en planta piloto el procedimiento tecnológico establecido
- G: Dimensionar y seleccionar el equipamiento industrial
- H: Estimar los costos y la rentabilidad del proceso tecnológico industrial



**Figura 8:** Diagrama de flujo para elaborar vino blanco común a escala laboratorio

**Fuente:** elaboración propia



## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS A ESCALA LABORATORIO

#### ETAPA A: ELABORACIÓN DE VINO BLANCO COMÚN

Las uvas elegidas para el estudio fueron las variedades de *Vitis labrusca*: *Isabella Tinto* (IT) y *Niágara Rosada* (NR). La cosecha se inició el 20/12/2006 en el viñedo del lote 39-40 de la localidad de Andrade y el 23/12/2006 en el viñedo del lote 137 de la localidad de Cerro Azul para recolectar las uvas NR e IT respectivamente (Anexo 1).

Estas localidades misioneras se encuentran ubicadas a 27°39' de latitud Sur y 55°26' de longitud Oeste, a una altura media de 285 m sobre el nivel del mar. Los viñedos tienen una densidad de 1.904 plantas ha<sup>-1</sup>, utilizan porta injertos Paulsen 1103 y se sustentan con parral sudafricano en Y. El clima de la región es húmedo subtropical mesotermal sin estación seca, con temperaturas medias anuales entre 20-22 °C. En los últimos 5 años, los promedios de precipitaciones varían entre 1.600 y 2.200 mm año<sup>-1</sup>, la media anual de la humedad relativa ambiental es del 75±5% (INTA, 2007).

La cosecha que se inició en diciembre del 2006 tuvo una producción baja en NR debido a las condiciones climáticas en la región (Bakos, 2007).

## Microorganismos

Los microorganismos utilizados fueron: levaduras autóctonas y levaduras *S. bayanus*.

- Las levaduras nativas: utilizadas fueron las que trae naturalmente la piel de las uvas IT y NR cultivadas en la provincia de Misiones.
- *Saccharomyces cerevisiae* (variedad *bayanus*): fue la levadura enológica seleccionada como referencia. Cepa de características killer. Proveedor Anfiquímica S.L. Origen: España. Cepa
- Ficha técnica: OE\_L\_ES\_VR44. Rendimiento alcohólico 16,5 g.L<sup>-1</sup> por 1% alcohol v/v. Fermentación: 12-35 °C. Poder alcohólico: 16% alcohol v/v. Características metabólicas: baja producción de: acetaldehído (30 mg L<sup>-1</sup>), de acidez volátil (0,24 g L<sup>-1</sup>) y de espuma.

## Aditivos

- Solución de metabisulfito de potasio al 10% p/p
- Fosfato de amonio al 5% p/p
- Enzimas Pectolíticas: proveedor Lafazym CL. Origen: España.

Ficha técnica: preparación enzimática (pectinasa) producida por fermentación inmersa de cepas seleccionadas de *Aspergillus niger* y de *Aspergillus aculeatus*. El soporte está constituido por maltodextrina (88%) y citrato de sodio E330 – E331 (0,6%). La preparación es un producto natural que no contiene conservantes añadidos. Propiedades: Preparación enzimática concentrada y purificada (actividades secundarias controladas) destinada al desfangado de mostos y a la clarificación de vinos blancos o rosados. Permite reducir los tiempos de encubado y disminuye la turbidez y viscosidad. Dosis: 1-2 g hL<sup>-1</sup>.

**Cosecha:** el grado de maduración de la uva se caracteriza principalmente por la cantidad de azúcar y concentración de los ácidos tartárico y málico en la baya debido a que los factores condicionantes del aumento de azúcares y disminución de los ácidos durante la maduración de las bayas, son independientes. La madurez se calcula con los índices de Cillis-Odifredi y el Van Rooyen-Ellis-Du Plessi. (INTA, 2009)

**Sólidos solubles totales (SST)** medidos (*en °Brix*): se determinó utilizando un refractómetro con compensación automática de temperatura a 20 °C (Atago, modelo Master-T Japón).

El °Brix representa al (% g/g sacarosa/mosto); se pueden calcular también con la fórmula:

$$^{\circ}\text{Brix} = 261,3 - 261,3 (\text{p.e.}20/20 \text{ }^{\circ}\text{C})^{-1} \text{ (Boulton y col. 2006).}$$

**pH:** se midió con un potenciómetro comercial calibrado con solución patrón a pH 4. Se puede calcular con la fórmula:  $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$ ; donde ( $\text{H}^+$ ) son: moles  $\text{H}^+ \text{ L}^{-1}$  solución (Chang, 2002).

**Peso (en g) y volumen (en mL) de las bayas:** se recolectaron 200 bayas sanas por muestra sin peciolo, previamente se lavaron y secaron con toalla de papel. El volumen se determinó por desplazamiento de líquido sumergiendo 200 bayas secas en una probeta graduada de 1.000 mL. Calculándose luego en volumen medio de las bayas. Se pesó con una balanza Marca Pocket, modelo TH 500; capacidad  $500 \pm 0,1 \text{ g.}$ , se calculó el peso medio. (INV, 2005)

**Densidad del mosto (en  $\text{g L}^{-1}$ ):** se midió con un densímetro-mostímetro marca MIV, industria argentina. Tolerancia  $\pm 0,05$ .

**Rendimiento de las bayas (en% p/p):** se prensó la uva manualmente y se filtró. Se midió el volumen y la densidad del mosto extraído en una probeta graduada de 1.000 mL. El rendimiento se calculó en% (kg mosto/kg uva). (Bordeau, 2006)

**Azúcares reductores (en  $\text{g L}^{-1}$ ):** se determinó utilizando dos métodos:

-Por titulación con el método del Licor de Felhing-Causse-Bonnans. La glucosa y fructosa son capaces de reducir las soluciones de cobre (Cu), mercurio (Hg) o bismuto (Bi), en medio fuertemente alcalino y en caliente. Tolerancia: para valores  $< 20 \text{ g L}^{-1}$  es de  $\pm 0,3 \text{ g L}^{-1}$  y para valores  $> 20 \text{ g L}^{-1}$  es de  $\pm 10\%$ .

-Por refractometría con un refractómetro de mano marca Arcano. Escala de 0-32°Brix; tolerancia  $\pm 0,2$  y compensación automática de temperatura. (Pszczolkowski, 2006)

**Alcohol (en% v/v):** se utilizó el método del densímetro-alcoholómetro. El etanol separado de la muestra por destilación es medido con un

alcoholímetro de marca MIV industria argentina. Tolerancia  $\pm 0,05\%$  v/v. (INV, 2004)

**Acidez total en ácido tartárico (en g L<sup>-1</sup>):** se midió por titulación con hidróxido de sodio (NaOH) y azul de bromotimol como indicador. Tolerancia  $\pm 0,2$  g L<sup>-1</sup>. (INV, 2005)

**Acidez volátil en ácido acético (g L<sup>-1</sup>):** se eliminó el CO<sub>2</sub> de la muestra y se midió por titulación del destilado con NaOH (fenoftaleína como indicador). Tolerancia  $\pm 0,2$  g L<sup>-1</sup>. (Pszczolkowski, 2006)

**Anhídrido sulfuroso libre y total (en mg L<sup>-1</sup>):** se midió por titulación con el método de Rippert. El SO<sub>2</sub> libre es oxidado por la acción del Iodo en medio ácido. El SO<sub>2</sub> combinado con diversas sustancias es liberado por la acción del KOH para luego ser oxidado por el Iodo en medio ácido. Tolerancia:  $\pm 35$  mg L<sup>-1</sup> (Pszczolkowski, 2004).

**Temperatura (en °C):** se midió con un termómetro de alcohol (-10 a 110 $\pm$ 0,01 °C) (INV, 2005)

### ***Temperaturas seleccionadas para estudiar las vinificaciones en blanco***

Después de evaluar la opinión de:

Blouin y Peynaud (2006) que sugiere entre 18-22 °C.

Bordeau (2006) que sugiere entre 15 y 30 °C.

Boulton y col. (2002) que sugiere entre 18 y 24 °C.

Díaz Peralta (2005) que sugiere entre 18 y 25 °C.

La temperatura más baja sugerida fue 18 °C y la más alta 30 °C, para la investigación a escala laboratorio de vino blanco seco fueron seleccionadas: 18, 22, 24, 26 y 30 °C.

### ***Actividad fermentativa (AF)***

El mosto de uva se caracteriza por tener una alta concentración de azúcares fermentables (140 a 260 g azúcar L<sup>-1</sup> mosto), según el grado de madurez, repartidos en glucosa y fructosa en cantidades equivalentes. La actividad fermentativa se calculó con la fórmula:

AF = (g azúcar fermentado / duración de la fermentación) (Bordeau, 2006)



***Rendimiento fermentativo (RF)***

El rendimiento fermentativo se calculó con la fórmula:

$$RF = (\text{g azúcar inicial} / \text{°Alcohol obtenido}) \text{ (Bordeau, 2002)}$$

***Poder fermentativo (PF)***

El etanol representa el producto principal de la fermentación alcohólica, y puede alcanzar concentraciones extracelulares de hasta 14% (v/v) de etanol en fermentación normal.

Es corriente admitir que la síntesis de 1 grado de etanol (1% v/v) en fermentación alcohólica representa un consumo comprendido entre 16,5-17 g de azúcares reductores L<sup>-1</sup> de mosto.

El poder fermentativo se calculó con la fórmula:

$$PF = [(\% \text{ v/v etanol obtenido}) (\% \text{ v/v etanol teórico esperado})^{-1}] 10^2 \text{ (Bordeau, 2007).}$$

***Recuento de levaduras (en levaduras mL<sup>-1</sup>)*** la técnica utilizada fue la Cámara de Neubauer. Se colocaron gotas de la muestra en la cámara (previa dilución con agua destilada). La cámara tenía 16 áreas (de 16 mm<sup>2</sup> y 1,6 mm<sup>3</sup> c/u). Con ayuda del microscopio se seleccionaron 4 áreas de las 16, cada área contenía a su vez 16 subáreas (de 1 mm<sup>2</sup> y 0,1 mm<sup>3</sup> c/u); se observaron 5 subáreas con microscopio, se realizó el recuento y se promedió el resultado. (INV, 2005)

***Generaciones de levaduras***

Se tomó como generación 1 a la población de levaduras en el mosto al inicio de la fermentación y se utilizó para el cálculo la ecuación:  $B = A t^n$  de Bordeaux (2004); donde: t (en horas) es el tiempo de generación de una levadura en mostos de uva (~ 2 horas) y n es el número de generaciones, B es la población final y A es la población inicial.

***Índice Cillis-Odifredi (ICO)*** [en (°Brix) (g/L ácido tartárico)<sup>-1</sup>]

Se calculó con la fórmula:  $ICO = (SST) (\text{acidez total})^{-1}$  (Boulton y col. 2006)

***Índice Van Rooyen-Ellis-Du Plessi (IVR)*** (en °Brix pH)

Se calculó con la fórmula:  $IVR = (SST) (\text{pH})$  (Pszczolkowski, 2002)

***Análisis estadístico***

Se utilizó el paquete estadístico Statgraphic Plus® para Windows 1993, versión 5.1 Statistical Graphics Corporation. Los estadígrafos de

prueba aplicados fueron el test de Fischer para confirmar hipótesis de variancias iguales para  $\alpha = 0,05$ , y el test t de Student para comparar las medias con varianzas iguales para un nivel de confianza del 95%. (Area, 2004)

### ***Inóculos de las fermentaciones***

Para comparar las variables del proceso y la evolución de las poblaciones de levaduras nativas respecto de *S. bayanus*, a lo largo de las fermentaciones alcohólicas en condiciones enológicas, se inocularon cantidades similares de levaduras y se iniciaron simultáneamente todas las fermentaciones a las temperaturas seleccionadas, en triplicado.

*Levaduras nativas*: se prensaron 2 kg de uva *Isabella tinto* con piel (sin escobajo) y se le adicionó 1 g  $\text{hL}^{-1}$  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. (Miño Valdés, 2011)

*Levaduras S. bayanus*: Las levaduras se agregaron al mosto en dosis de 1 g  $\text{hL}^{-1}$  previamente hidratadas y reactivadas con agua destilada a 37 °C durante 30 min. (Pszczolkowski, 2006).

### ***Elaboración de vino blanco común seco en el laboratorio*** (Miño Valdés, 2011)

Se prepararon series de 5 kg de viñedo por cada muestra a vinificar, cada serie fue recepcionada, pesada, despalillada y prensada hasta obtener 2,5 L de mosto. Se agregó al mosto 3 g  $\text{hL}^{-1}$  de anhídrido sulfuroso (solución de metabisulfito de potasio al 10%) y 2 g  $\text{hL}^{-1}$  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, obteniéndose 2 L de mosto listos para vinificar. Se utilizaron envases permitidos de 2,5 L c/u.

Simultáneamente a cada temperatura seleccionada se inoculó con levaduras nativas 3 muestras y con *S. bayanus* otras 3. A cada mosto se le adicionó 1 g  $\text{hL}^{-1}$  de fosfato de amonio (coadyuvante de fermentación alcohólica). Los envases se mantuvieron obturados con válvula de agua para producir condiciones de anaerobiosis. Se iniciaron simultáneamente todas las fermentaciones en cámara isotérmica. La vinificación finalizó cuando la densidad se mantuvo constante 2 días consecutivos y el azúcar residual fue  $< 2 \text{ g L}^{-1}$  (vino seco). A cada envase con vino seco se adicionaron 6 g  $\text{hL}^{-1}$  de  $\text{SO}_2$  (para favorecer el desborre, mantener la

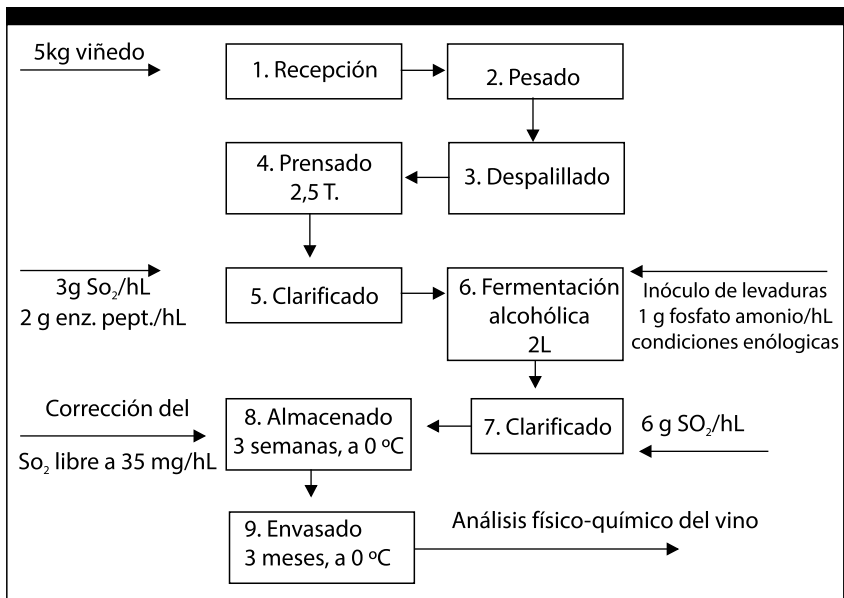
acidez, detener la fermentación maloláctica, evitar oxidaciones, inhibir desarrollo de bacterias y mohos, mejorar el color y aromas, inactivar la tirosinasa y lacasa).

Los vinos se guardaron en posición vertical a 0 °C en una cámara refrigerada durante tres semanas (para su clarificación por decantación de gomas, mucílagos, tartrato de Ca, bitartrato de K, levaduras y partículas vegetales); la borra formada fue separada.

El vino se trasegó a botellas limpias y desinfectadas de 750 mL c/u. 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 en posición horizontal a 0 °C (para estabilizarlos); transcurrido este tiempo se analizaron los vinos obtenidos.

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.



**Figura 2.** Diagrama de flujo para la elaboración de vino blanco en el laboratorio.

**Fuente:** Elaboración propia.

Debido a la escasez de uvas NR en diciembre/2006 solo se vinificó a 24 °C mientras que la uva IT alcanzó para elaborar a 18, 22, 26 y 30 °C.

En enero de 2007 la uva NR fue suficiente para continuar con los estudios en planta piloto.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN A ESCALA LABORATORIO

#### ETAPA B: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO DE LAS VINIFICACIONES

En esta etapa se presentan los resultados de los valores de los parámetros indicadores de proceso en función del tiempo, para la elaboración de vino blanco seco a 18, 22, 26 y 30 °C con IT y a 24 °C con uva NR (por escasez de fruta en diciembre/2006). A cada temperatura se utilizaron 3 muestras inoculadas con levaduras nativas y otras 3 muestras sembradas con *S. bayanus*. Todas las vinificaciones a diferentes temperaturas, levaduras y mostos se iniciaron simultáneamente.

#### Vinificando con de IT y levaduras nativas a 18, 22, 26 y 30 °C

En la Tabla 1 se presentan las características físico-químicas de la uva IT para utilizar como materia prima de las vinificaciones en laboratorio.

**Tabla 1.** Características fisicoquímicas de la uva *Isabella Tinto* de Misiones.

<b>Parámetros</b> (a 20 °C)	<b>Valores</b> (medios)
Isabella Tinto	Sin número de registro (INV, 2006)
Fecha de cosecha	23/12/2006
Color	Negro azulado
Peso de 200 bayas	559 g
Peso medio de 200 bayas	2,79 g baya <sup>-1</sup>
Volumen de 200 bayas	410 mL
Volumen medio de 200 bayas	2,05 mL baya <sup>-1</sup>
Peso del mosto de 200 bayas	290 g
Rendimiento de extracción	51,8% (g mosto/g uva)
Densidad del mosto (a 15 °C)	1.074 g mosto L <sup>-1</sup> mosto
SST	17,8 °Brix
Contenido de azúcares en el mosto	168 g azúcar L <sup>-1</sup> mosto
<sup>a</sup> Grado alcohólico probable (en vino blanco)	9,9% (v/v)
<sup>b</sup> Acidez total (en ácido tartárico)	6,1 g ácido tartárico L <sup>-1</sup> mosto
<sup>c</sup> pH	3,45
<sup>d</sup> ICO	2,8 [°Brix (g/L ácido tartárico) <sup>-1</sup> ]
IVR	61,43 (°Brix . pH)

<sup>a</sup>Valor obtenido de la Tabla 3 de Pszczółkowski (2006)

<sup>b</sup>,<sup>c</sup>Valores apropiados para variedades de *Vitis vinifera* durante las fermentaciones.

<sup>b</sup> Entre 5,5 y 8,5 según Jackson (2000); <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 *Vitis vinifera* según Rosier (1995)

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

A continuación se presentan comparadas la variación de la densidad, °Brix, pH, población, de las levaduras nativas entre sí, a las temperaturas de vinificación isotérmicas estudiadas para mostos de uvas IT cultivada en Misiones que no se habían reportado en la literatura científica (Miño Valdés y Herrera, 2011)

En los Anexos 2, 3, 4 y 5 se presentan los valores de los parámetros de control de las fermentaciones isotérmicas a 18, 22, 26 y 30 °C respectivamente con IT y levaduras nativas.

A 18 °C con IT y levaduras nativas, la densidad y los °Brix fueron disminuyendo desde sus valores iniciales a lo largo de la vinificación hasta que permanecieron constantes. El pH fluctuó entre 3,45-3,66; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día y variaron poco hasta el día 7, alcanzaron un pico el día 9 y después decayeron hasta el día 15 donde finalizó la fermentación.

A 22 °C con IT y levaduras nativas la densidad y los °Brix fueron disminuyendo desde sus valores iniciales a lo largo de la vinificación hasta que permanecieron constantes. El pH fluctuó entre 3,45 y 3,65 de manera no significativa; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día fluctuando después hasta el día 7 donde otra vez rápidamente alcanzaron un pico el día 8 que luego fue disminuyendo con altibajos hasta el día 12.

A 26 °C con IT y levaduras nativas la densidad y los SST descendieron desde sus valores iniciales hasta permanecer constante al final de la fermentación. El pH fluctuó entre 3,45 y 3,75 de manera no significativa; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día fluctuando después hasta el día 6 donde otra vez aumentaron y alcanzaron un pico el día 9 pero luego disminuyeron hasta el día 10.

A 30 °C con IT y levaduras nativas la densidad y los SST descendieron desde sus valores iniciales hasta permanecer constante al final de la fermentación. El pH fluctuó entre 3,45 y 3,64 de manera no significativa; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día fluctuando después hasta el día 7, alcanzaron un pico el día 8 y disminuyeron hasta el día 9.

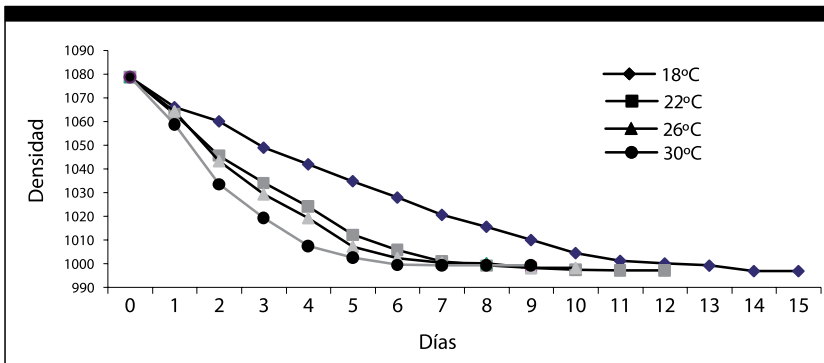
A 18, 22, 26 y 30 °C los valores de densidad obtenidos en función del tiempo (Anexo 6) se presentan para mostos de IT en las fermentaciones isotérmicas con levaduras nativas.

La densidad inicial en los mostos fue igual para todas las temperaturas, fueron luego disminuyendo de manera continua a lo largo del tiempo de fermentación, hasta que permanecieron constantes.

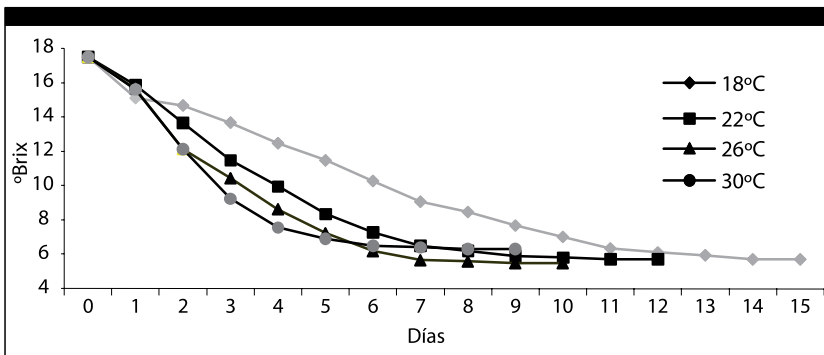
Finalizó la fermentación en 15 días a 18 °C, en 12 días a 22 °C, en 10 días a 26 °C y en 9 días a 30 °C. En la Figura 3 se presentan graficadas las variaciones de la densidad del mosto a 4 temperaturas diferentes de fermentación isotérmica con IT y levaduras nativas, se observó que a medida que aumentaron las temperaturas de las fermentaciones estas aumentaron su cinética fermentativa originando menores tiempos de fermentación (Anexo 6). El primer día los procesos tuvieron una rapidez similar pero luego fueron diferenciándose de manera cada vez más

notoria especialmente a 18 °C con el resto a otras temperaturas mientras que a 22 y 26 °C la diferencia entre las curvas no fue significativa, siendo a 30 °C el de mayor rapidez. Finalizaron las fermentaciones isotérmicas con valores similares de densidades finales y tiempos de duración de fermentación diferentes. En la Figura 4 se presentaron graficados las variaciones de los valores de los °Brix del mosto a 4 temperaturas diferentes de fermentación isotérmica con IT y levaduras nativas, registrados en el Anexo 7; los °Brix iniciales fueron iguales para todas las temperaturas, luego disminuyeron gradualmente hasta permanecer constantes dos días consecutivos. Finalizó la fermentación en 15 días a 18 °C, en 12 días a 22 °C, en 10 días a 26 °C y en 9 días a 30 °C.

**Figura 3.** Densidad contra tiempo en mostos de *Isabella* y nativas a 18, 22, 26 y 30 °C



**Figura 4.** °Brix contra tiempo en mostos de *Isabella* y nativas a 18, 22, 26 y 30 °C



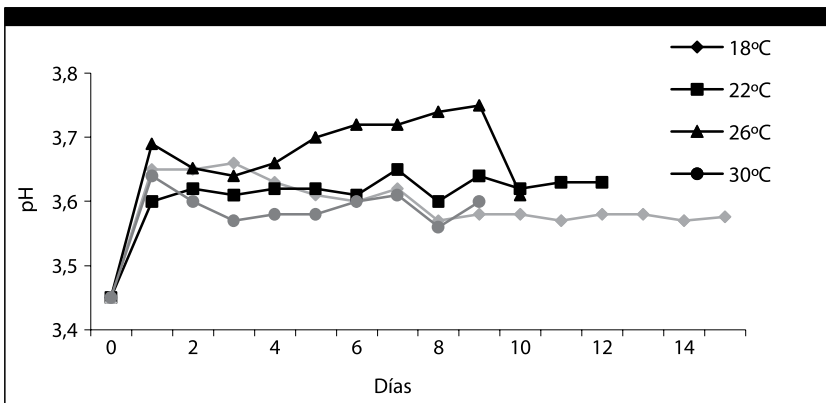
El primer día los procesos tuvieron una rapidez similar pero luego fueron diferenciándose en forma cada vez mas notoria especialmente a



18 °C con respecto al resto de las temperaturas, mientras que a 22 °C y 26 °C la diferencia no fue tan significativa; a 30 °C el cambio fue más rápido.

En la Figura 5 se presentaron graficados las variaciones de los valores de pH del mosto a 4 temperaturas diferentes de fermentación isotérmica con IT y levaduras nativas, registrados en el Anexo 8. Se puede observar que en todas las fermentaciones el pH aumenta desde un valor de 3,45 hasta 3,6-3,7 durante el primer día. Este valor se mantuvo constante en las fermentaciones a 18, 22 y 30 °C, mientras que a 26 °C aumentó el pH hasta alcanzar un valor de 3,75 en 9 días.

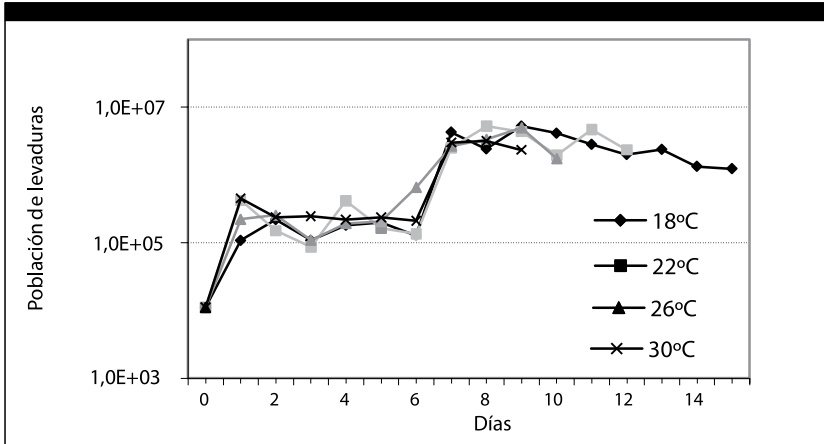
**Figura 5.** pH contra tiempo en mostos de *Isabella* y nativas a 18, 22, 26 y 30 °C



Los valores de pH iniciales (corregidos a 20 °C) fueron iguales para todas las temperaturas y aumentaron rápidamente el primer día. Luego el rango de variación estuvo entre 3,55-3,75. Al final de las fermentaciones se observaron valores de pH entre 3,55 y 3,65.

En la Figura 6 se presentan graficadas la población de levaduras  $\text{mL}^{-1}$  de mosto en función del tiempo durante las fermentaciones isotérmicas con levaduras nativas a 4 temperaturas diferentes, registrados en el Anexo 9. Durante el transcurso del primer día el número de células aumenta desde un valor inicial de  $12 \cdot 10^3$ , hasta valores entre  $10^5$  y  $10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$ . Estos valores se mantuvieron aproximadamente constantes hasta el día 7, a partir de allí todas las curvas de población aumentan y se sitúan entre  $10^6$  y  $10^7$ . Al finalizar la fermentación cada curva mantiene su tendencia de situar la población de levaduras por encima de  $10^6$  individuos para las distintas temperaturas de fermentación.

**Figura 6.** Levaduras nativas contra tiempo en mostos de *Isabella* a 18, 22, 26 y 30 °C



### Vinificación con IT y *S. bayanus* a 18, 22, 26 y 30 °C

A continuación se presentan comparados los valores medios de las variaciones de densidad, °Brix, pH y población de levaduras *S. bayanus* entre sí, a las temperaturas de vinificación isotérmicas estudiadas para mostos de uvas IT cultivadas en Misiones que no se habían reportado en la literatura científica (Miño Valdés y Herrera, 2011)

En los Anexos 10, 11, 12 y 13 se presentan los valores de los parámetros de control de las fermentaciones isotérmicas a 18, 22, 26 y 30 °C respectivamente con IT y *S. bayanus*.

A 18 °C con *S. bayanus*. La densidad y los °Brix disminuyeron continuamente (a partir sus valores iniciales) a lo largo de los días hasta que permanecieron constantes.

El pH fluctuó entre 3,45 y 3,73 ; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día y variaron poco hasta el día 7, desde aquí aumentaron y alcanzaron un pico el día 8 que luego fue disminuyendo hasta el día 15, donde concluyó la fermentación isotérmica.

A 22 °C con *S. bayanus*. La densidad y los °Brix disminuyeron desde sus valores iniciales a lo largo del tiempo hasta que permanecieron constantes. El pH fluctuó entre 3,45 y 3,72; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día variando poco hasta el día 7 donde rápidamente alcanzaron un pico que luego fue disminuyendo con altibajos hasta el día 12, donde finalizó la fermentación.

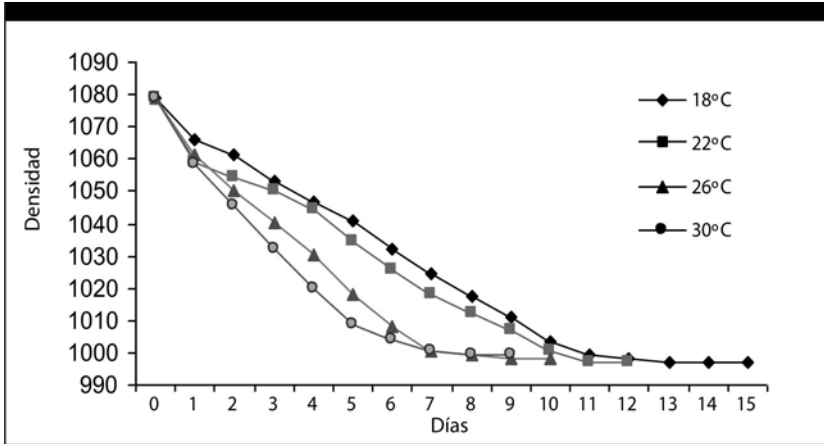
A 26 °C con *S. bayanus*. La densidad y los °Brix disminuyeron desde sus valores iniciales a lo largo del tiempo hasta que permanecieron constantes. El pH fluctuó entre 3,45 y 3,77; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día fluctuando luego hasta el día 6 donde otra vez aumentaron y alcanzaron un pico que fue disminuyendo hasta el día 10, donde finalizó la fermentación isotérmica.

A 30 °C con *S. bayanus*. La densidad y los °Brix disminuyeron desde sus valores iniciales a lo largo de los días hasta que permanecieron constantes. El pH fluctuó entre 3,45 y 3,69; sin embargo las levaduras aumentaron rápidamente el 1er día fluctuando después hasta el día 7 donde aumentaron y alcanzaron un pico, para luego fue disminuyendo hasta el día 9, donde finalizó la fermentación isotérmica.

A 18, 22, 26 y 30 °C se registran los valores de la densidad obtenidos durante las fermentaciones isotérmicas con IT y *S. bayanus* se registraron en el Anexo 14; la densidad inicial fue igual para todas las temperaturas luego fueron disminuyendo de manera continua a lo largo del tiempo hasta permanecer constantes por dos días consecutivos. Finalizó la fermentación en 15 días a 18 °C, en 12 días a 22 °C, en 10 días a 26 °C y en 9 días a 30 °C.

En la Figura 7 se presentan graficados la variación de la densidad en función del tiempo a cuatro temperaturas diferentes en mostos de IT con *S. bayanus* (Anexo 14). El primer día los procesos tuvieron una rapidez similar pero luego fueron diferenciándose de manera cada vez más notoria especialmente a 18 °C respecto de 26 °C y 30 °C. Presentaron trazados cercanos a 18 °C con 22 °C y 26 °C con 30 °C. El proceso mas rápido se llevó a cabo a 30 °C. Finalizaron las fermentaciones a distintas temperaturas con valores similares de densidades finales, aunque los tiempos de fermentación fueron diferentes.

**Figura 7.** Densidad contra tiempo en mostos de *Isabella* y *S. bayanus* a 18, 22, 26 y 30 °C

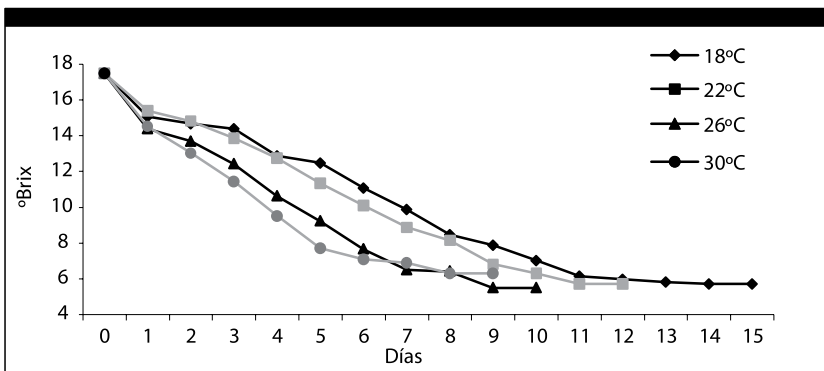


En la Figura 8 se presentan los valores obtenidos durante las fermentaciones a diferentes temperaturas con *S. bayanus* que fueron registrados en el Anexo 15.

Los °Brix iniciales fueron iguales para todas las temperaturas, pero fueron disminuyendo gradualmente hasta que permanecieron constantes por dos días consecutivos.

Los tiempos de duración de las fermentaciones fueron: 15 días a 18 °C, 12 días a 22 °C, 10 días a 26 °C y 9 días a 30 °C. El primer día los procesos tuvieron una rapidez similar luego la diferencia se hizo cada vez mas notoria especialmente entre 18 y 30 °C.

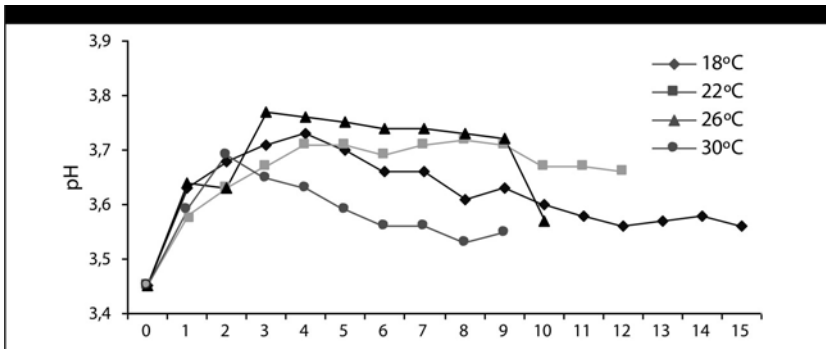
**Figura 8.** °Brix contra tiempo en mostos de *Isabella* con *S. bayanus* a 18, 22, 26 y 30 °C



Finalizó la fermentación a distintas temperaturas dando valores similares de °Brix aunque los tiempos de fermentación fueron diferentes.

En la Figura 9 se presentan graficados los valores medios de pH obtenidos durante las fermentaciones isotérmicas en mostos de IT con *S. bayanus* registrados en el Anexo 16.

**Figura 09.** pH contra tiempo en mostos de *Isabella* con *S. bayanus* a 18, 22, 26 y 30 °C

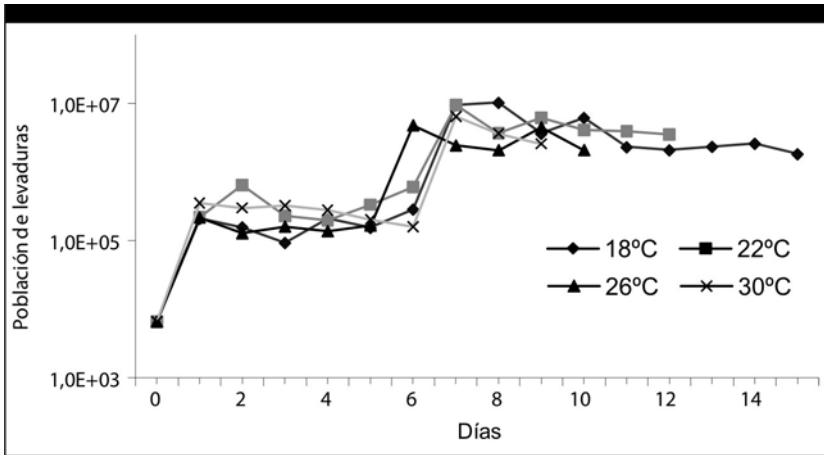


Los valores de pH iniciales fueron iguales para todas las temperaturas y aumentaron el primer día. Luego fueron fluctuando de manera no significativa. Finalizó la fermentación en 15 días a 18 °C, en 12 días a 22 °C, en 10 días a 26 °C y en 9 días a 30 °C y se obtuvieron valores finales de pH similares. Se observó que el primer día aumentaron todos los valores iniciales de pH hasta situarse entre 3,6 y 3,7 hasta el día 3.

La curva de 26 °C se situó entre 3,7 y 3,8 hasta el día 9 y terminó el día 10 entre 3,5 y 3,6. A 30 °C el valor se situó entre 3,6 y 3,5 desde el día 5 hasta el día 9. A 22 °C la curva se mantuvo cerca de 3,7 hasta el día 12. A 18 °C entre 3er a 5to. día la curva se mantuvo en 3,7; fue descendiendo hasta el día 10. Los días 10-15 estuvo entre 3,5-3,6. Las fermentaciones concluyeron a valores similares de pH y los tiempos de vinificación fueron diferentes a distintas temperaturas.

En la Figura 10 se presentan graficadas las poblaciones de levaduras en función del tiempo para fermentaciones isotérmicas a diferentes temperaturas con mostos de IT y *S. bayanus* registradas en el Anexo 17.

**Figura 10.** *S. bayanus* contra tiempo en mostos de *Isabella* a 18, 22, 26 y 30°C



Inicialmente se partió de una concentración de  $6.10^3$  *S. bayanus* mL<sup>-1</sup> de mosto para las diferentes temperaturas. Aumentaron llegando de 5 a 6 generaciones el primer día.

Luego fueron fluctuando de manera continua hasta que alcanzaron un máximo de 9 a 11 generaciones entre los días 6-8. A partir del pico todos los valores comenzaron a descender con altibajos hasta que finalizaron en 15 días a 18 °C, en 12 días a 22 °C, en 10 días a 26 °C y en 9 días a 30 °C.

Los valores finales de población descendieron hasta 8-9 generaciones respecto de la inicial. Se observó que el primer día aumentaron todos los valores iniciales de población hasta que se situaron entre  $10^5$  y  $10^6$ ; el día 6 aumentaron todas las poblaciones a valores comprendidos entre  $10^6$  y  $10^7$ , desde el día 7 todas las curvas mantuvieron sus poblaciones con pocos cambios. Cuando finalizó la fermentación cada curva mantuvo su tendencia de situar la población de levaduras por encima de  $10^6$  individuos a las diferentes temperaturas.

### Vinificación con NR, levaduras nativas o *S. bayanus* a 24°C

En la Tabla 2 se presentan las características fisicoquímicas de las uvas NR cultivadas en Misiones que se utilizan como materia prima de las vinificaciones.

**Tabla 2.** Características fisicoquímicas de la uva *Niágara Rosada* de Misiones

Parámetros (a 20 °C)	Valores (medios)
Niágara Rosada	Sin número de registro (INV, 2006)
Fecha de cosecha	20/12/2006
Color	rosado claro
Peso de 200 bayas	628 g
Peso medio de 200 bayas	3,14 g baya <sup>-1</sup>
Volumen de 200 bayas	595 mL
Volumen medio de 200 bayas	2,97 mL baya <sup>-1</sup>
Rendimiento de extracción	55,65% (g mosto/g uva)
Densidad del mosto (a 15 °C)	1.080 g L <sup>-1</sup>
SST	19 °Brix
Contenido de azúcares en el mosto	183 g L <sup>-1</sup>
<sup>a</sup> Grado alcohólico probable en vino blanco	10,7% (v/v)
<sup>b</sup> Acidez total (en ácido tartárico)	6,71 g L <sup>-1</sup>
<sup>c</sup> pH	3,24
<sup>d</sup> ICO	2,83 [°Brix (g/L ácido tartárico) <sup>-1</sup> ]
IVR	61,56 (°Brix upH)

<sup>a</sup>Valor obtenido de la Tabla 3 de Pszczółkowski (2006)  
<sup>b</sup><sup>c</sup>Valores apropiados para variedades de *Vitis vinifera* durante las fermentaciones.  
<sup>b</sup>Entre 5,5 y 8,5 según Jackson (2000); <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 *Vitis vinifera* según Rosier (1995)

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

En los Anexos 18, 19 y 20, se presentan los valores medios de la densidad, °Brix y pH en función del tiempo para la fermentación isotérmica a 24 °C en mostos de uva NR con levaduras nativas o con *S. bayanus*.

En esta etapa se comparan la variación de la densidad, °Brix, pH, población, PF, AF y RF de las levaduras nativas contra las *S. bayanus* a cada temperatura en fermentaciones alcohólicas isotérmicas en condiciones enológicas a 18, 22, 26 y 30 °C en mostos de uvas IT y a 24 °C para NR cultivadas en Misiones. (Miño Valdés y col., 2012)

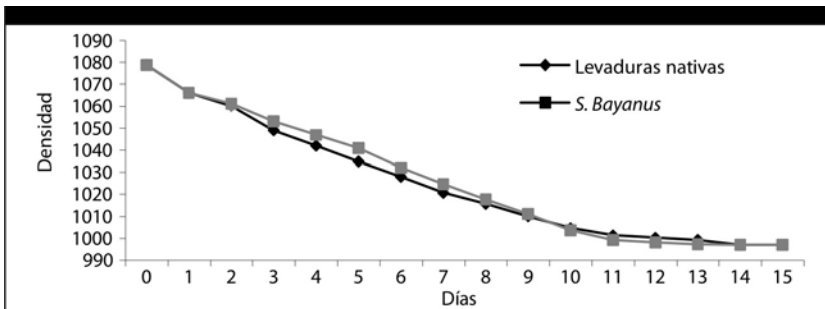
**Densidad:** en la Figura 11 se presentan las curvas de densidad en función del tiempo para la fermentación a 18°C en mostos de *Isabella*

tinto con levaduras Nativas y *S. bayanus*. La fermentación demoró 15 días en ambos casos.

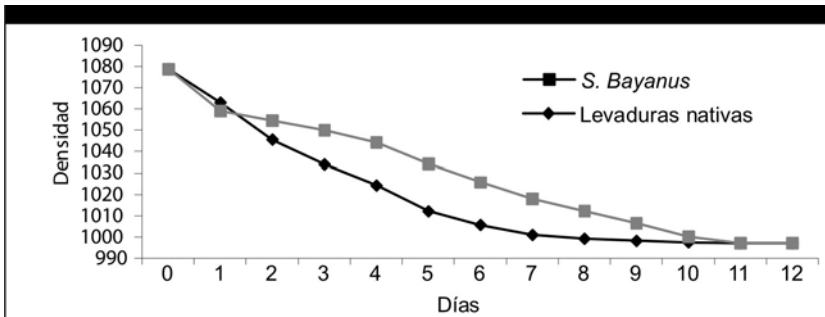
En el Figura 12 se presentan las curvas de la densidad en función del tiempo para la fermentación a 22 °C en mostos de *Isabella* tinto con levaduras Nativas y *S. bayanus*. La fermentación demoró 12 días en ambos casos.

En la Figura 13 se presentan los valores de la densidad en función del tiempo para las levaduras nativas y *S. bayanus* en mostos de uva *Niágara* tinto a 24 °C. La fermentación demoró 11 días en ambos casos.

**Figura 11.** Densidad contra tiempo en mostos de *Isabella* a 18 °C

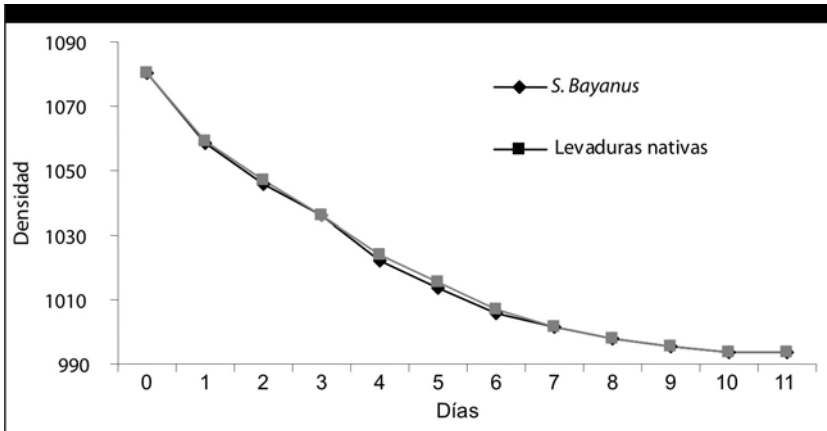


**Figura 12.** Densidad contra tiempo en mostos de *Isabella* a 22 °C



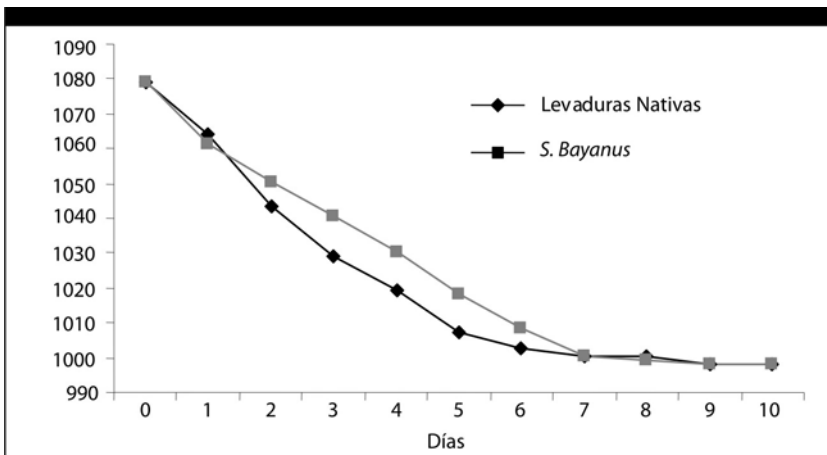


**Figura 13.** Densidad contra tiempo en mostos de *Niágara* a 24 °C



En la Figura 14 se presentan las curvas de la densidad en función del tiempo para la fermentación a 26 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *Bayanus*.

**Figura 14.** Densidad contra el tiempo en mostos de *Isabella* a 26°C

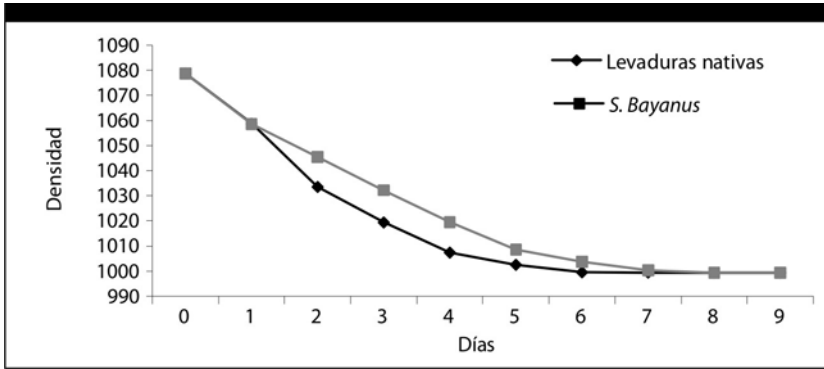


En la Figura 15 se presentan las curvas de la densidad en función del tiempo para las fermentaciones a 30 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras Nativas y *S. Bayanus*.

Las densidades corregidas a 15 °C, tuvieron un comportamiento similar, fueron descendiendo a lo largo del tiempo durante la microvi-

nificación isotérmica a 18, 22, 24, 26 y 30 °C tanto para las levaduras nativas como para las *S. Bayanus*.

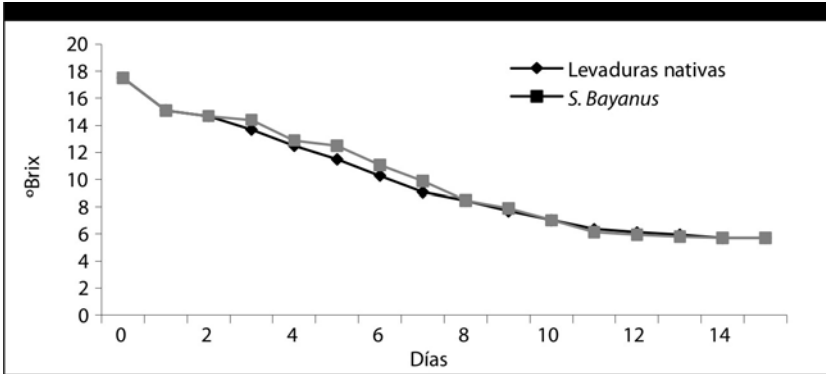
**Figura 15.** Densidad contra tiempo en mostos de *Isabella* a 30 °C



La rapidez del cambio en la densidad, desde el inicio al final de las fermentaciones, fueron directamente proporcional a las temperaturas.

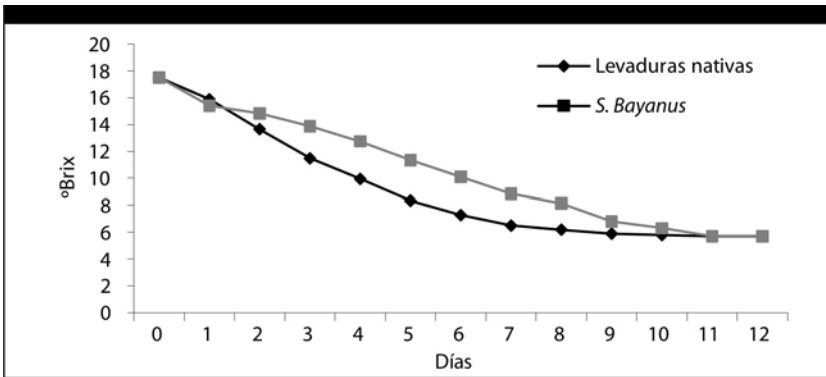
La densidad en las Figuras 11 a 15 a medida que aumentó la temperatura disminuyó el tiempo de la fermentación. A medida que transcurrieron las fermentaciones isotérmicas el contenido de azúcar fue disminuyendo y por ello también la densidad a todas las temperaturas estudiadas, como era de esperar. Todas las fermentaciones que se iniciaron con levaduras nativas o con *S. bayanus* en mostos de IT a 18, 22, 26 y 30 °C tuvieron igual valor inicial de densidad (1.078,8 g L<sup>-1</sup> corregido a 20 °C); y al comparar los valores medios finales de densidad de nativas contra *S. bayanus* a 18 °C: 997 y 996,2; a 22 °C: 997,2 y 997,1; a 26 °C: 998,3 y 998,1; a 30 °C: 999,4 y 999,3; respectivamente, fueron similares a la misma temperatura de vinificación (ver Anexo 6 y 14). En las fermentaciones con NR a 24 °C los valores iniciales de densidad (1.080,3 g L<sup>-1</sup> corregido a 20 °C) fueron iguales; y al comparar los valores finales de nativas contra *S. bayanus* a 24 °C: 5,61 y 5,71; respectivamente, fueron similares (ver Anexo 19). **Grados Brix:** en la Figura 16 se presentan las curvas de °Brix en función del tiempo para las fermentaciones a 18 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *S. bayanus*.

**Figura 16.** °Brix contra tiempo en mostos de *Isabella* a 18 °C



En la Figura 17 se presentan las curvas de °Brix en función del tiempo para las fermentaciones a 22 °C de mostos de uva *Isabella* con levaduras Nativas y *S. Bayanus*.

**Figura 17.** °Brix contra tiempo en mostos de *Isabella* a 22 °C

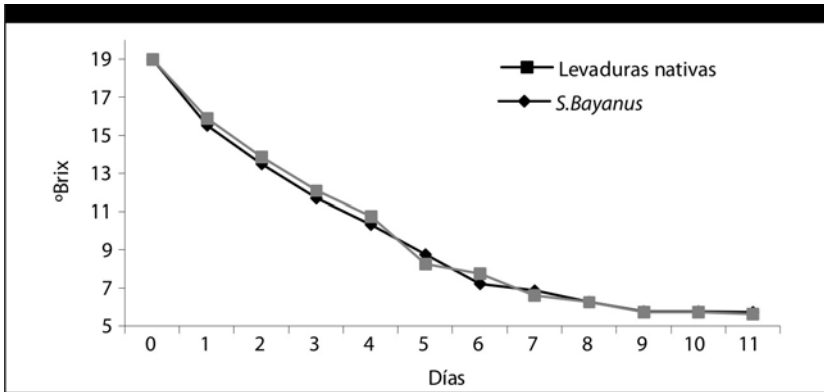


En el Figura 18 se presentan las curvas de °Brix en función del tiempo para las fermentaciones a 24 °C de mostos de uva *Niágara* con levaduras nativas y *S. Bayanus*.

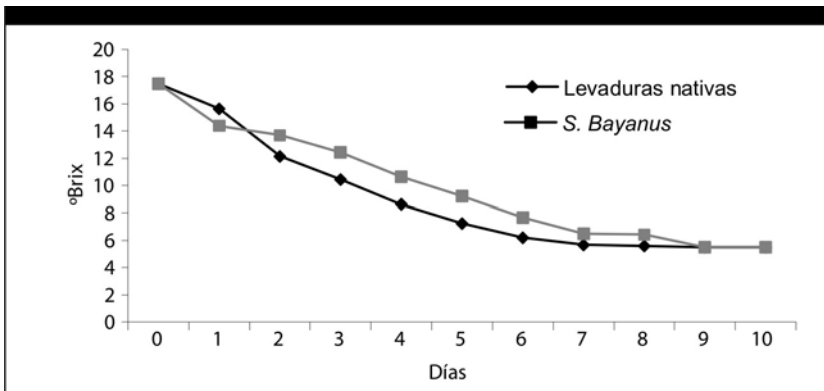
En la Figura 19 se presentan las curvas de °Brix en función del tiempo para las fermentaciones a 26 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *S. bayanus*.

En la Figura 20 se presentan las curvas de °Brix en función del tiempo para las fermentaciones a 30 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *S. bayanus*.

**Figura 18.** °Brix contra tiempo en mostos de *Niágara* a 24 °C



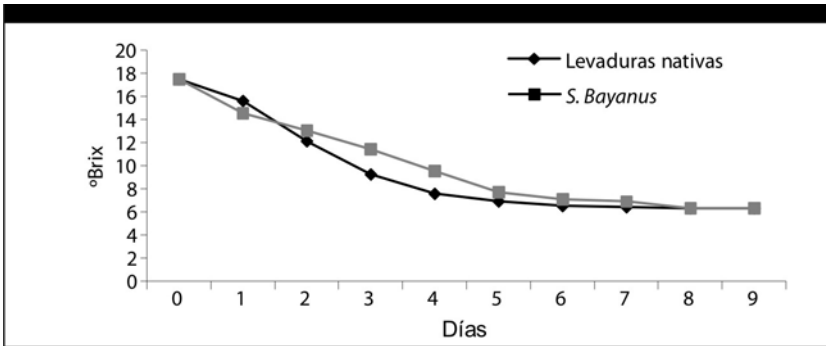
**Figura 19.** °Brix contra tiempo en mostos de *Isabella* a 26 °C



Se observó en las Figuras 17 a 21 que a mayor temperatura fue menor el tiempo de las fermentaciones. Los grados Brix corregidos a 20 °C, tuvieron un comportamiento similar, fueron descendiendo a lo largo del tiempo durante las vinificaciones isotérmicas a 18, 22, 24, 26 y 30 °C tanto para las levaduras *S. bayanus* como para las nativas.

La variación de °Brix se mantuvo en descenso, en todos los casos estudiados, hasta que transcurrido un cierto tiempo fue constante; este hecho señaló que el proceso había finalizado.

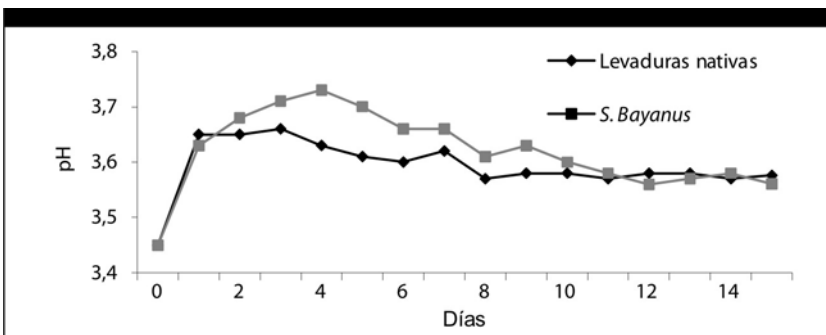
**Figura 20.** °Brix contra tiempo en mostos de *Isabella* a 30 °C



Todas las fermentaciones que se iniciaron con levaduras nativas o con *S. bayanus* en mostos de IT a 18, 22, 26 y 30 °C tuvieron igual valor inicial de SST (17,5°Brix corregido a 20 °C); y al comparar los valores finales de nativas contra *S. bayanus* a 18 °C: 5,7 y 5,4; a 22 °C: 5,7 y 5,5; a 26 °C: 5,5 y 5,3; a 30 °C: 6,3 y 6; respectivamente, fueron similares a la misma temperatura de vinificación (ver Anexo 7 y 15); con NR a 24 °C los valores iniciales fueron iguales a 19°Brix (corregido a 20 °C) y al comparar sus valores finales fueron similares: 5,61 y 5,71 (Anexo 19)

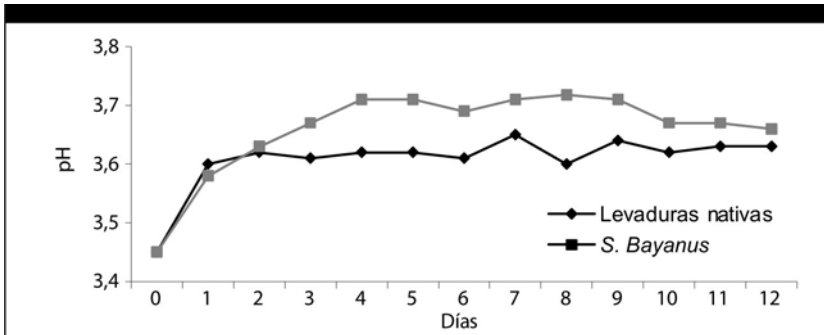
**pH:** en la Figura 21 se presentan las curvas de pH en función del tiempo para las fermentaciones a 18 °C de mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *S. bayanus*.

**Figura 21.** pH contra tiempo en mostos de *Isabella* a 18 °C



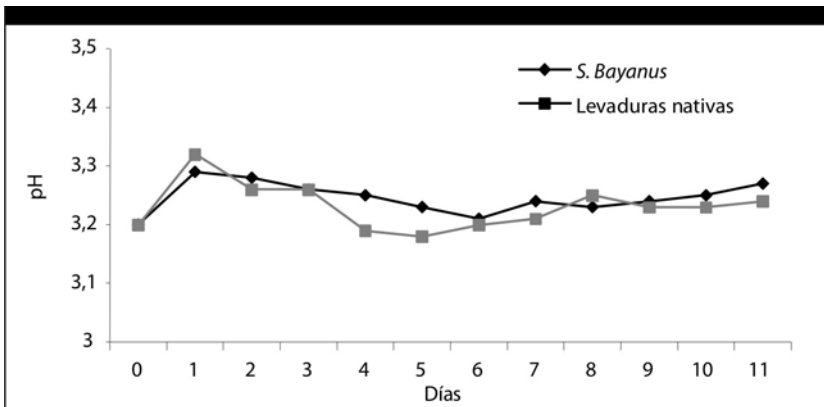
En la Figura 22 se trazan las curvas de pH en función del tiempo para las fermentaciones a 22 °C de mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *S. Bayanus*.

**Figura 22.** pH contra el tiempo en mostos de uva *Isabella* a 22 °C

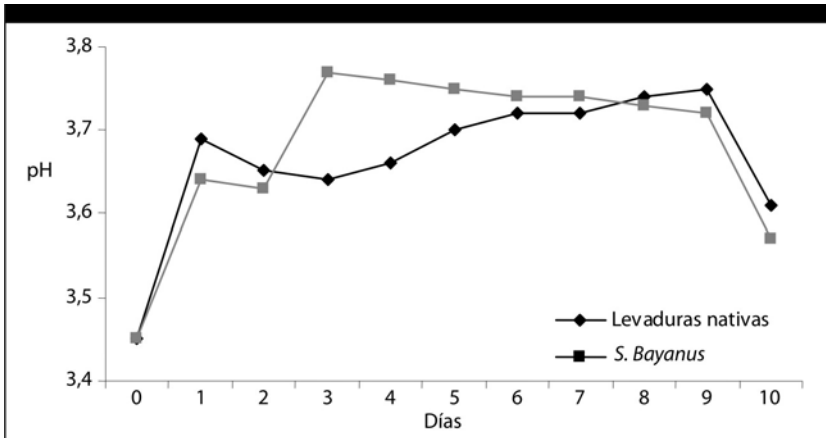


Los valores del Anexo 20 se presentan en la Figura 23, las curvas del pH en función del tiempo para las fermentaciones a 24 °C de mostos de uva *Niágara* con nativas y *S. bayanus*.

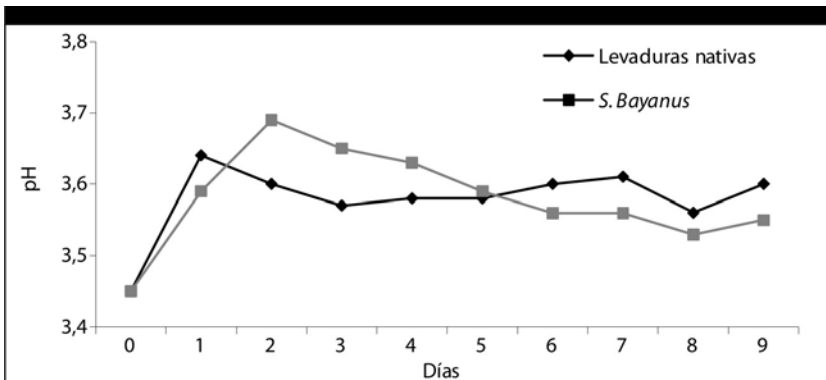
**Figura 23.** pH contra tiempo en mostos de uva *Niágara* a 24 °C



En la Figura 24 se graficaron las curvas de pH en función del tiempo para las fermentaciones a 26 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *S. Bayanus*.

**Figura 24.** pH contra tiempo en mostos de *Isabella* a 26 °C

En la Figura 25 se trazaron las curvas de pH en función del tiempo para las fermentaciones a 30 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas y *S. Bayanus*. Entre 3,4-3,8 en mostos de uva *Isabella* y entre 3,15-3,35 en mostos de uva

**Figura 25.** pH contra tiempo en mostos de *Isabella* a 30 °C

Según las Figuras 21 a 25 en las fermentaciones isotérmicas el rango de variación del pH se mantuvo entre 3,45-3,74 para vinificaciones con IT y levaduras nativas (Anexo 8); entre 3,45 y 3,77 para vinificaciones con IT con *S. bayanus* (Anexo 16) y para vinificaciones con NR entre 3,2-3,29 para *S. bayanus* y entre 3,29-3,32 con nativas (Anexo 20).

Comparando con el rango de variación 3,1-3,6 como el más indicado para vinificación con *Vitis viniferas* y *S. cerevisiae* según Flanzky (2003),

los rangos de pH registrados en mosto de NR con levaduras nativas o *S. bayanus* están dentro del rango y los mostos de IT con levaduras nativas y *S. bayanus* son similares.

Este hecho se presenta como favorable para la fermentación con levaduras nativas o *S. bayanus* en mostos de uvas no viníferas IT y NR ya que según Bordeau (2006a) una acidez alta limita el crecimiento de bacterias lácticas y favorece el desempeño de las levaduras vínicas.

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

- A diferentes temperaturas, no presentaron diferencias significativas los pH medios de las levaduras nativas al compararlos entre sí en mostos de IT (Anexo 8).
- A diferentes temperaturas, no presentaron diferencias significativas los pH medios de *S. bayanus* al compararlos entre sí en mostos de IT (Anexo 16).
- A diferentes temperaturas, no presentaron diferencias significativas los pH medios de los mostos de IT con *S. bayanus* (Anexo 16) al compararlos con los pH medios de los mostos de IT con levaduras nativas (Anexo 8).
- A 24 °C, no presentó diferencia significativa el pH medio de las levaduras nativas al compararlo con el pH medio de *S. bayanus* en mosto de NR (Anexo 20). **Poder fermentativo (PF)** se expresa como el porcentaje de alcohol formado respecto del alcohol esperado cuando la fermentación ha concluido.

En la Tabla 3 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 mostos de IT a cada temperatura estudiada el PF de *S. bayanus* respecto de las nativas fue (a 18, 22 y 26 °C) mayor en un 9,1%, 4,1% y 5% respectivamente; sin embargo a 30 °C las nativas tuvieron una diferencia a su favor del 8% respecto de *S. bayanus*.

También se observó que el PF de la *S. bayanus* fue un 2,8% mayor al de las nativas a 24 °C en mostos de uva NR. En las vinificaciones realizadas (Tabla 3) según el test t para un nivel de confianza del 95% que:

- 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 compararlos 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 alcanzó su mayor valor relativo.

**Tabla 3.** Poder fermentativo de levaduras en mostos de uva *Isabella* y *Niágara*

Fermentación Uva Temperatura	Inóculo	Alcohol % 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> DE: 0,48
	Nativas	9,9	8,9	Valor medio: 89,8 <sup>*B</sup> DE: 0,66
IT; 22 °C	<i>S. bayanus</i>	9,9	9,3	Valor medio: 93,9 <sup>*C</sup> DE: 0,86
	Nativas	9,9	8,9	Valor medio: 89,8 <sup>*B</sup> DE: 0,68
IT; 26 °C	<i>S. bayanus</i>	9,9	9,5	Valor medio: 95,9 <sup>*D</sup> DE: 1,05
	Nativas	9,9	9,0	Valor medio: 90,9 <sup>*B</sup> DE: 1,02
IT; 30 °C	<i>S. bayanus</i>	9,9	8,2	Valor medio: 82,8 <sup>*E</sup> DE: 1,12
	Nativas	9,9	9,0	Valor medio: 90,8 <sup>*B</sup> DE: 1,14
NR; 24 °C	<i>S. bayanus</i>	10,7	10,3	Valor medio: 97* DE: 0,489
	Nativas	10,7	10,05	Valor medio: 94* 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

**Actividad fermentativa (AF)** se expresa como g azúcar fermentado/tiempo de fermentación.

En la Tabla 4 se presentaron los valores iniciales y finales de azúcar medidos en mosto antes y después de la fermentación. Como las fermentaciones se iniciaron simultáneamente las concentraciones iniciales de azúcar (a 20 °C) en los mostos fueron iguales y las concentraciones finales similares a la misma temperatura. La AF aumentó con la temperatura de la fermentación isotérmica, como se observa en la Tabla 4, de 18 a 22 °C la AF se incrementó un 2,8%, de 22 a 26 °C un 2,8% y de 26 a 30 °C un 1,8%.

En las vinificaciones realizadas (Tabla 4), 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 4.** Actividad fermentativa de levaduras en mostos de uva *Isabella* y *Niágara*

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> DE: ± 0,046
		Nativas	168	1,70	Valor medio: 11,08 <sup>A</sup> DE: ± 0,057
IT	22°C; 12 días	<i>S. bayanus</i>	168	1,69	Valor medio: 13,86 <sup>B</sup> DE: ± 0,048
		Nativas	168	1,71	Valor medio: 13,85 <sup>B</sup> DE: ± 0,062
IT	26°C; 10 días	<i>S. bayanus</i>	168	1,68	Valor medio: 16,63 <sup>C</sup> DE: ± 0,038
		Nativas	168	1,69	Valor medio: 16,62 <sup>C</sup> DE: ± 0,061
IT	30°C; 9 días	<i>S. bayanus</i>	168	1,68	Valor medio: 18,48 <sup>D</sup> DE: ± 0,048
		Nativas	168	1,69	Valor medio: 18,47 <sup>D</sup> DE: ± 0,054
NR	24°C; 11 días	<i>S. bayanus</i>	183	1,84	Valor medio: 16,47 <sup>E</sup> DE: ± 0,046
		Nativas	183	1,85	Valor medio: 16,46 <sup>E</sup> DE: ± 0,042

DE: desviación estándar

<sup>ABCDE</sup>Sin diferencias significativas según el test t (a = 0,05) para la misma letra

<sup>ABCDE</sup>Con diferencias significativas según el test t (a = 0,05) para distintas letras

**Fuente:** Elaboración propia

**Rendimiento fermentativo (RF)** se expresa como el cociente entre los gramos de azúcar inicial y el grado de alcohol obtenido al finalizar la fermentación.

En la Tabla 5 se presenta el valor medio del RF de las levaduras en mostos de IT y NR. Para una cantidad dada de azúcar inicial a mayor cantidad de etanol producido fue menor el cociente y por lo tanto mejor fue el rendimiento de la vinificación.

**Tabla 5.** Rendimiento fermentativo de levaduras en mostos de uva *Isabella* y *Niágara*

Fermentación Isotérmica	Inóculo	Azúcar inicial g L <sup>-1</sup>	Alcohol final % v/v	RF g azucar/ °Alcohol
<i>Isabella</i> tinto		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> DE: ± 0,244
	Nativas	168	8,9	Valor medio: 18,87 <sup>B</sup> DE: ± 0,242
22°C; 12 días	<i>S. bayanus</i>	168	9,3	Valor medio: 18,06 <sup>C</sup> DE: ± 0,163
	Nativas	168	8,9	Valor medio: 18,87 <sup>B</sup> DE: ± 0,166
26°C; 10 días	<i>S. bayanus</i>	168	9,5	Valor medio: 17,68 <sup>A</sup> DE: ± 0,224
	Nativas	168	9,0	Valor medio: 18,66 <sup>B</sup> DE: ± 0,245
30°C; 9 días	<i>S. bayanus</i>	168	8,2	Valor medio: 20,48 <sup>D</sup> DE: ± 0,164
	Nativas	168	9,0	Valor medio: 18,66 <sup>B</sup> 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> DE: ± 0,143
	Nativas	183	10,3	Valor medio: 17,76 <sup>F</sup> DE: ± 0,162

DE: desviación estándar

ABCDEF Sin diferencias significativas según el test t (a = 0,05) para la misma letra

ABCDEF Con diferencias significativas según el test t (a = 0,05) para distintas letras

**Fuente:** Elaboración propia

Desde este punto de vista del resultado *S. bayanus* tuvo mayor rendimiento respecto de las nativas en 18, 22, 24 y 26 °C mientras que a 30°C el mejor RF fue para las nativas respecto de *S. bayanus*.

En las vinificaciones realizadas (Tabla 5), 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.

## Población de levaduras

En la Tabla 6 se presentan los valores medios de (levaduras nativas  $\text{mL}^{-1}$ ) al inicio, al final y el máximo alcanzado para cada temperatura de fermentación isotérmica en mostos de uva IT.

**Tabla 6.** Población de levaduras nativas en mostos de uva *Isabella* a 18, 22, 26 y 30°C

Vinificación		Levaduras nativas			
Isotérmica (°C)	Duración (días)	Población inicial $\times 10^3 \text{ mL}^{-1}$	Generación inicial	Población $\times 10^3 \text{ mL}^{-1}$	Generación
30	9	12	1	F: 23,7	7-8
				M: 53	8-9
26	10	12	1	F: 17,3	7-8
				M: 52,5	8-9
22	12	12	1	F: 23,4	7-8
				M: 49,3	8-9
18	15	12	1	F: 12,5	6-7
				M: 32	8-9

F: final; M: máxima (ver **Anexo 16**)

**Fuente:** elaboración propia

En la Tabla 7 se presentan los valores medios de *S. bayanus*  $\text{mL}^{-1}$  al inicio, al final y el máximo alcanzado para cada temperatura de fermentación isotérmica en mostos de uva IT.

Según las Tablas 6 y 7 las poblaciones de levaduras medidas (en generaciones) para mostos de IT:

-A todas las temperaturas, las generaciones máximas alcanzadas fueron menores para las levaduras nativas con 8-9 respecto de *S. bayanus* con 10-11 a 18 y 22°C y con 9-10 a 26 y 30°C.

-A todas las temperaturas, las generaciones finales alcanzadas fueron menores para las levaduras nativas respecto de *S. bayanus* con valores de (8-9 y 9-10) a 18 °C; (7-8 y 8-9) a 22 °C; (7-8 y 9-10) a 26 °C; (7-8 y 8-9) a 30 °C respectivamente.

Considerando que la población inicial (generación 1) sembrada fue de  $12 \cdot 10^3$  nativas  $\text{mL}^{-1}$  el doble respecto de  $6 \cdot 10^3$  *bayanus*  $\text{mL}^{-1}$  se infie-

re 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 viníferas* 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 120-130.  $10^6$  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*.

**Tabla 7.** Población de *S. bayanus* en mostos de uva *Isabella* a 18, 22, 26 y 30 °C

Vinificación		<i>Saccharomyces bayanus</i>			
Isotérmica (°C)	Duración (días)	Población inicial $\times 10^3 \text{ mL}^{-1}$	Generación inicial	Población $\times 10^5 \text{ mL}^{-1}$	Generación
30	9	6	1	F: 18,2	8-9
				M: 93,8	10-11
26	10	6	1	F: 34,7	9-10
				M: 94,1	10-11
22	12	6	1	F: 20,9	8-9
				M: 47,9	9-10
18	15	6	1	F: 25,9	8-9
				M: 65	9-10

F: final; M: máxima (ver **Anexo 24**)

**Fuente:** Elaboración propia

Estos valores umbrales para iniciar fermentaciones alcohólicas en condiciones enológicas con estas levaduras en mostos de no viníferas no estaban reportadas en la bibliografía científica según Miño Valdés y col., (2011).

## ETAPA C: MODELADO MATEMÁTICO DE LA FERMENTACIÓN EN CONDICIONES ENOLÓGICAS

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

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

$C_A$ : 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.

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

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:  $k_{ob}$ : 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: *Glu cosa* → *Fructosa* → *Sacarosa*

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):  $dX/dt = \mu_m X (1 - X / X_m)$

Donde: t (en h) es el tiempo; X (en g L<sup>-1</sup>) es la concentración de biomasa

X<sub>m</sub> (en g L<sup>-1</sup>) es la concentración máxima de biomasa

X<sub>o</sub> (en g L<sup>-1</sup>) es la concentración inicial de biomasa

μ (en h) es el tiempo de crecimiento específico medio

μ<sub>m</sub> (en h<sup>-1</sup>) es el máximo crecimiento específico medio en las condiciones de fermentación

S (en g L<sup>-1</sup>) es la concentración del sustrato; S<sub>o</sub> (en g L<sup>-1</sup>) es la concentración inicial de sustrato

Integrando la ecuación logística (1) cuando t tiendo a 0, X = X<sub>o</sub>, S = S<sub>o</sub> 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):  $X = (X_o X_m e^{\mu m t}) / (X_m - X_o + X_o e^{\mu m t})^{-1}$

Esta última ecuación muestra la relación entre la biomasa y el tiempo de fermentación, el parámetro μ<sub>M</sub> 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, (Δt), 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):  $(dP/dt) = Y_{p/x} dX [d(t - \Delta t)]^{-1}$

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

Δt (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):  $P = Y_{p/x} [(X_0 X_m e^{\mu_m (t-\Delta t)} / X_m - X_0 + X_0 e^{\mu_m (t-\Delta t)}) - X_0 X_m e^{-\mu_m \Delta t} / X_m - X_0 + X_0 e^{-\mu_m \Delta t}]$

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:  $\mu_M = 0,04 \text{ h}^{-1}$ ;  $m = 0,02 \text{ g glucosa / g biomasa h}$

$Y_{x/s} = 0,2 \text{ g biomasa (g glucosa)}^{-1}$ ;  $\Delta t = 14,56 \text{ h}^{-1}$ ;  $Y_{p/x} = 5,78 \text{ g etanol / g biomasa}$

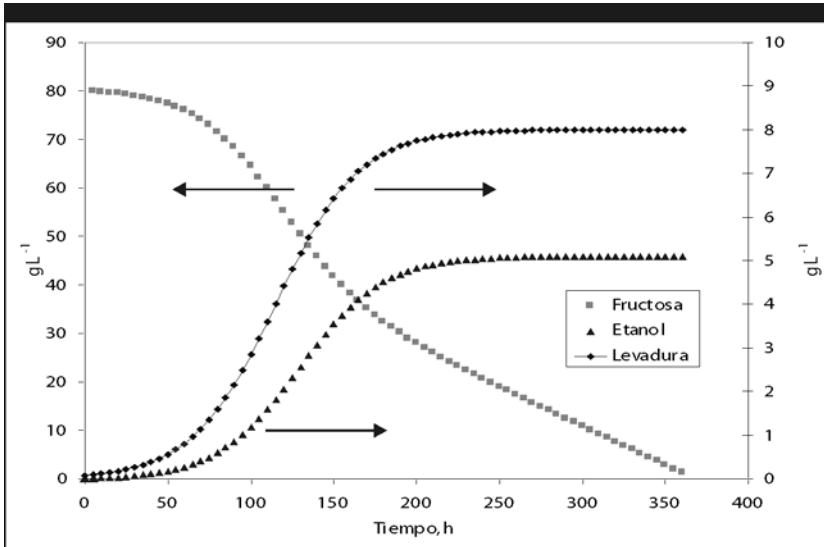
Para ello se utilizó el software matemático SAS System 8.01, 5 Iterative Search Techniques, que incluye Newton-Gauss, Marguardt, Gradient y Dud Technique, utilizados para minimizar y evaluar la suma de cuadrados de los residuos. En la Figura 26 se graficaron las curvas simuladas del consumo de glucosa por *S. bayanus* en el modelo logístico.

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 26 para la fermentación del mosto de *Isabella tinto* a 18 °C con *S. bayanus*.

**Figura 26.** Curvas simuladas del consumo de glucosa por *S. bayanus* en el modelo logístico



El aporte fue del 50% del total de etanol producido, por lo cual se consideró que la simulación obtenida representó adecuadamente el fenómeno observado.

Para desarrollar una tecnología de vinificación en blanco con *Vitis no viníferas*, se consideró oportuno introducir estos elementos de cálculo, en forma preliminar, para predecir comportamientos numéricos en el cambio de escala, pronosticar y controlar el desempeño de la levadura, el consumo de azúcar y la producción de etanol en planta piloto o a nivel industrial.

## ETAPA D: VERIFICACIÓN DE LA APTITUD FISICOQUÍMICA DE LOS VINOS

En la Tabla 8 se presentan las características fisicoquímicas del vino blanco seco obtenido a diferentes temperaturas en vinificación isotérmica a escala laboratorio.

El etanol representa el producto principal de la fermentación alcohólica, y puede alcanzar concentraciones extracelulares de hasta 15% v/v de etanol en fermentación normal con *Vitis vinifera*. También es corriente admitir que la síntesis de un grado de etanol (1% v/v) en fermentación alcohólica en condiciones enológicas representa un consumo comprendido entre 16,5 y 17 g L<sup>-1</sup> de azúcares reductores (Bordeau, 2002).

**Tabla 8.** Características del vino blanco común seco obtenido en laboratorio

Uva temperatura del mosto	Inóculo	pH	°Alcohol (% v/v)	mg SO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> libre *	mg SO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> total	g acido L <sup>-1</sup> (tartárico) total	g acido L <sup>-1</sup> (acético) volátil
<i>Isabella tinto</i> 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> 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> 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> 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> 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 la Tabla 8 se presentaron los valores de etanol (en% v/v) obtenidos en vino blanco para mostos de IT a diferentes temperaturas, el rango obtenido con nativas fue de 8,9-9 y con *S. bayanus* de 9,8-8,2; en mosto de NR fue de 10,3 y 10,6 respectivamente. La baja graduación se debe al bajo contenido inicial de azúcares reductores en el mosto, que son característicos de 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*.

**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).

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 mas fresco, color mas 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 viníferas* tienen normalmente una acidez total entre 5-7 g de 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> (valores 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.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES DE LAS ETAPAS A, B, C y D

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 las etapas siguientes según las experiencias de la escala laboratorio y la bibliografía consultada, la elaboración de vino blanco seco en planta piloto 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.



## **ANEXOS**



## ANEXO I

### Viñedos y uvas en la región de Cerro Azul, Misiones

Viñedos		Localización	Variedades de uvas
A	EEA <sup>1</sup>	INTA <sup>2</sup> de Cerro Azul	Riesling
B	Nº 103.647 INV <sup>3</sup>	Lote 39-40 Olegario V. Andrade	<i>Niágara Rosada</i> <i>Isabella</i>
C	Nº 3.659 INV <sup>3</sup>	Lote 137 Cerro Azul	<i>Isabella Tinto</i> <i>Riesling – Syrah – Oberling –</i> <i>Niágara Blanca – Cerecita –</i> <i>Sultanina – Isabella Precoz –</i> <i>Cardinal – Niágara Rosada –</i> <i>Blanca Común</i>

<sup>1</sup>EEA Estación Experimental Agropecuaria, <sup>2</sup>INTA Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, <sup>3</sup>INV Instituto Nacional de Vitivinicultura

## ANEXO II

### Parámetros de la fermentación a 18 °C mostos de *Isabella* con levaduras nativas

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20 °C)	pH	Levaduras nativas x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,50	3,45	0,12
1	1.066,0	15,10	3,65	1,09
2	1.060,1	14,67	3,65	2,21
3	1.049,0	13,67	3,66	1,09
4	1.042,0	12,47	3,63	1,82
5	1.034,9	11,47	3,61	2,02
6	1.028,0	10,27	3,60	1,28
7	1.020,7	9,06	3,62	43,2
8	1.015,7	8,46	3,57	24,4
9	1.010,1	7,67	3,58	53,0
10	1.004,6	7,01	3,58	41,6
11	1.001,3	6,34	3,57	28,5
12	1.000,2	6,11	3,58	20,2
13	999,3	5,94	3,58	24,0
14	997,0	5,70	3,57	13,5
15	997,0	5,70	3,57	12,5

Fuente: elaboración propia

### ANEXO III

#### Parámetros de la fermentación a 22 °C en mostos de *Isabella* con levaduras nativas

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20 °C)	pH	Levaduras Nativas x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,50	3,45	0,12
1	1.063,1	15,87	3,60	4,19
2	1.045,7	13,65	3,62	1,50
3	1.034,1	11,47	3,61	0,84
4	1.024,3	9,94	3,62	4,13
5	1.012,2	8,34	3,62	1,63
6	1.005,8	7,28	3,61	1,34
7	1.001,1	6,50	3,65	25,0
8	999,3	6,20	3,60	52,5
9	998,3	5,90	3,64	43,5
10	997,6	5,80	3,62	19,5
11	997,2	5,70	3,63	46,4
12	997,2	5,70	3,63	23,4

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO IV

#### Parámetros de la fermentación a 26 °C en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20 °C)	pH	Levaduras Nativas x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,50	3,45	0,12
1	1.064,3	15,64	3,65	2,21
2	1.043,3	12,14	3,65	2,53
3	1.029,3	10,44	3,64	1,09
4	1.019,3	8,64	3,66	1,92
5	1.007,3	7,24	3,70	2,05
6	1.002,4	6,20	3,72	6,53
7	1.000,4	5,67	3,72	26,6
8	1.000,3	5,60	3,74	33,3
9	998,3	5,50	3,75	49,3
10	998,3	5,50	3,61	17,3

Fuente: Elaboración propia

**Anexo V****Parámetros de la fermentación a 30 °C en mostos de *Isabella* con levaduras nativas**

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20 °C)	pH	Levaduras Nativas x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,50	3,45	0,12
1	1.058,8	15,61	3,64	4,54
2	1.033,6	12,12	3,60	2,40
3	1.019,4	9,24	3,57	2,46
4	1.007,4	7,56	3,58	2,21
5	1.002,6	6,90	3,58	2,37
6	999,6	6,50	3,60	2,11
7	999,5	6,40	3,61	30,4
8	999,4	6,30	3,56	32,0
9	999,4	6,30	3,60	23,7

Fuente: Elaboración propia

**Anexo VI****Densidad contra tiempo en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas a 18, 22, 26 y 30 °C**

Tiempo (días)	Densidad (20 °C) g L <sup>-1</sup>			
	18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
0	1.078,8	1.078,8	1.078,8	1.078,8
1	1.066,0	1.063,1	1.064,3	1.058,8
2	1.060,1	1.045,7	1.043,3	1.033,6
3	1.049,0	1.034,1	1.029,3	1.019,4
4	1.042,0	1.024,3	1.019,3	1.007,4
5	1.034,9	1.012,2	1.007,3	1.002,6
6	1.028,0	1.005,8	1.002,4	999,6
7	1.020,7	1.001,1	1.000,4	999,5
8	1.015,7	999,3	1.000,3	999,4
9	1.010,1	998,3	998,3	999,4
10	1.004,6	997,6	998,3	
11	1.001,3	997,2		
12	1.000,2	997,2		
13	999,3			
14	997,0			
15	997,0			

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO VII**

**°Brix contra tiempo en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas a 18, 22, 26 y 30 °C**

Tiempo (días)	°Brix (20 °C)			
	18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
0	17,5	17,5	17,5	17,5
1	15,1	15,8	15,6	15,6
2	14,6	13,6	12,1	12,1
3	13,6	11,4	10,4	9,2
4	12,4	9,9	8,6	7,5
5	11,4	8,3	7,2	6,9
6	10,2	7,2	6,2	6,5
7	9,0	6,5	5,6	6,4
8	8,4	6,2	5,6	6,3
9	7,6	5,9	5,5	6,3
10	7,0	5,8	5,5	
11	6,3	5,7		
12	6,1	5,7		
13	5,9			
14	5,7			
15	5,7			

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXOVIII****pH contra tiempo en mostos de uva *Isabella* con levaduras nativas a 18, 22, 26 y 30 °C**

Estadígrafo	Tiempo (días)	pH			
		18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
n = (nº datos)					
1	0	3,45	3,45	3,45	3,45
2	1	3,65	3,60	3,65	3,64
3	2	3,65	3,62	3,65	3,60
4	3	3,66	3,61	3,64	3,57
5	4	3,63	3,62	3,66	3,58
6	5	3,61	3,62	3,70	3,58
7	6	3,60	3,61	3,72	3,60
8	7	3,62	3,65	3,72	3,61
9	8	3,57	3,60	3,74	3,56
10	9	3,58	3,64	3,74	3,60
11	10	3,58	3,62	3,61	
12	11	3,57	3,63		
13	12	3,58	3,63		
14	13	3,58			
15	14	3,57			
16	15	3,57			
n		16	13	11	10
Valor medio		*3,59	*3,60	*3,65	*3,57
Desv. estándar		± 0,049	± 0,047	± 0,08	± 0,048
Rango de variación		3,45-3,66	3,45-3,65	3,45-3,74	3,45-3,64
*No hay diferencias significativas según el test t para varianzas iguales (a = 0.05)					

**Fuente:** Elaboración propia

## ANEXO IX

### Levaduras nativas contra tiempo en mostos de *Isabella* a 18, 22, 26 y 30 °C

Tiempo de fermentación (días)	levaduras nativas x 10 <sup>5</sup> (en células mL <sup>-1</sup> )			
	18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
0	0,12	0,12	0,12	0,12
1	1,09	4,19	2,21	4,54
2	2,21	1,50	2,53	2,40
3	1,09	0,84	1,09	2,46
4	1,82	4,13	1,92	2,21
5	2,02	1,63	2,05	2,37
6	1,28	1,34	6,53	2,11
7	43,2	25,0	26,6	30,4
8	24,4	52,5*	33,3	32,0*
9	53,0*	43,5	49,3*	23,7
10	41,6	19,5	17,3	
11	28,5	46,4		
12	20,2	23,4		
13	24,0			
14	13,5			
15	12,5			
* Valores máximos de población de levaduras				

**Fuente:** Elaboración propia



**ANEXO X****Parámetros de la fermentación a 18 °C en mostos de *Isabella* y *S. bayanus***

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20 °C)	pH	Levaduras x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,5	3,45	0,06
1	1.066	15,07	3,63	2,08
2	1.061,1	14,67	3,68	1,57
3	1.053	14,39	3,71	9,28
4	1.046,9	12,87	3,73	2,08
5	1.040,9	12,47	3,70	1,54
6	1.032	11,07	3,66	2,85
7	1.024,7	9,87	3,66	93,8
8	1.017,7	8,46	3,61	102
9	1.011,1	7,87	3,63	36,2
10	1.003,6	7,01	3,60	10,1
11	999,3	6,14	3,58	23,0
12	998,2	5,96	3,56	20,8
13	997,3	5,81	3,57	23,4
14	997	5,7	3,58	25,9
15	997	5,7	3,56	18,2

**Fuente:** Elaboración propia

### ANEXO XI

#### Parámetros de la fermentación a 22 °C en mostos de *Isabella* y *S. bayanus*

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20 °C)	pH	Levaduras x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,5	3,45	0,06
1	1.059,1	15,40	3,58	2,21
2	1.054,6	14,82	3,63	6,46
3	1.050,1	13,87	3,67	2,27
4	1.044,3	12,74	3,71	1,95
5	1.034,3	11,34	3,71	3,33
6	1.025,8	10,09	3,69	5,98
7	1.018,1	8,87	3,71	94,1
8	1.012,3	8,14	3,72	36,3
9	1.006,7	6,8	3,71	61,4
10	1.000,3	6,3	3,67	40,3
11	997,2	5,7	3,67	38,9
12	997,2	5,70	3,66	34,7

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO XII

#### Parámetros de la fermentación a 26 °C en mostos de *Isabella* y *S. bayanus*

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20 °C)	pH	<i>Bayanus</i> x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,5	3,45	0,06
1	1.061,1	14,40	3,64	2,18
2	1.050,4	13,7	3,63	1,28
3	1.040,3	12,44	3,77	1,60
4	1.030,3	10,64	3,76	1,38
5	1.018,3	9,24	3,75	1,66
6	1.008,4	7,67	3,74	47,9
7	1.000,4	6,5	3,74	24,3
8	999,2	6,43	3,73	20,8
9	998,3	5,5	3,72	44,8
10	998,3	5,5	3,57	20,9

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO XIII

#### Parámetros de la fermentación a 30°C en mostos de uva *Isabella* con *S. bayanus*

Días	Densidad g L <sup>-1</sup>	SST (°Brix) (20°C)	pH	<i>S. bayanus</i> x 10 <sup>5</sup>
0	1.078,8	17,50	3,45	0,06
1	1.058,6	14,53	3,59	3,55
2	1.045,6	13,03	3,69	3,01
3	1.032,3	11,44	3,65	3,26
4	1.019,6	9,52	3,63	2,82
5	1.008,6	7,71	3,59	2,05
6	1.003,8	7,1	3,56	1,60
7	1.000,4	6,9	3,56	65,0
8	999,4	6,3	3,53	36,5
9	999,4	6,3	3,55	25,9

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO XIV

#### Densidad contra tiempo en mostos de *Isabella* con *S. Bayanus* a 18, 22, 26 y 30 °C

Tiempo (días)	Densidad g L <sup>-1</sup> (a 20 °C)			
	18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
0	1.078,8	1.078,8	1.078,8	1.078,8
1	1.066	1.059,1	1.061,1	1.058,6
2	1.061,1	1.054,6	1.050,4	1.045,6
3	1.053	1.050,1	1.040,3	1.032,3
4	1.046,9	1.044,3	1.030,3	1.019,6
5	1.040,9	1.034,3	1.018,3	1.008,6
6	1.032	1.025,8	1.008,4	1.003,8
7	1.024,7	1.018,1	1.000,4	1.000,4
8	1.017,7	1.012,3	999,2	999,3
9	1.011,1	1.006,7	998,1	999,3
10	1.003,6	1.000,3	998,1	
11	999,3	997,1		
12	998,2	997,1		
13	997,3			
14	996,2			
15	996,2			

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 15**

**°Brix vs Tiempo en mostos de uva *Isabella* con *S. bayanus* a 18, 22, 26 y 30 °C**

Tiempo (días)	° Brix (a 20°C)			
	18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
0	17,5	17,5	17,5	17,5
1	15,0	15,4	14,4	14,5
2	14,6	14,8	13,7	13,0
3	14,3	13,8	12,4	11,4
4	12,8	12,7	10,6	9,5
5	12,4	11,3	9,2	7,7
6	11,0	10,0	7,6	7,1
7	9,8	8,8	6,5	6,7
8	8,4	8,1	6,4	6
9	7,7	6,8	5,3	6
10	7,1	6,3	5,3	
11	6,1	5,5		
12	5,9	5,5		
13	5,8			
14	5,4			
15	5,4			

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO XVI****pH contra el tiempo en mostos de *Isabella* con *S. bayanus* a 18, 22, 26 y 30 °C**

Estadígrafo n = (nº datos)	Tiempo (días)	pH			
		18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
1	0	3,45	3,45	3,45	3,45
2	1	3,63	3,58	3,64	3,59
3	2	3,68	3,63	3,63	3,69
4	3	3,71	3,67	3,77	3,65
5	4	3,73	3,71	3,76	3,63
6	5	3,7	3,71	3,75	3,59
7	6	3,66	3,69	3,74	3,56
8	7	3,66	3,71	3,74	3,56
9	8	3,61	3,72	3,73	3,53
10	9	3,63	3,71	3,72	3,55
11	10	3,6	3,67	3,57	
12	11	3,58	3,67		
13	12	3,56	3,66		
14	13	3,57			
15	14	3,58			
16	15	3,56			
n		16	13	11	10
Valor medio		*3,61	*3,66	*3,68	*3,58
Desv. estándar		± 0,068	± 0,071	± 0,095	± 0,063
Rango de variación		3,45-3,73	3,45-3,72	3,45-3,77	3,45-3,69
* No hay diferencia significativa según el test t para varianzas iguales ( $\alpha = 0.05$ )					

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO XVII**  
**S. bayanus** contra tiempo de fermentación  
 en mostos de IT a 18, 22, 26 y 30 °C

Tiempo de Fermentación (Días)	Levaduras <i>S. bayanus</i> x 10 <sup>5</sup> (en células mL <sup>-1</sup> )			
	18 °C	22 °C	26 °C	30 °C
0	0,06	0,06	0,06	0,06
1	2,08	2,21	2,18	3,55
2	1,57	6,46	1,28	3,01
3	9,28	2,27	1,60	3,26
4	2,08	1,95	1,38	2,82
5	1,54	3,33	1,66	2,05
6	2,85	5,98	47,9*	1,60
7	93,8*	94,1*	24,3	65,0*
8	102	36,3	20,8	36,5
9	36,2	61,4	44,8	25,9
10	10,1	40,3	20,9	
11	23,0	38,9		
12	20,8	34,7		
13	23,4			
14	25,9			
15	18,2			

\* valores máximos de población de levaduras

**Fuente:** Elaboración propia

**ANEXO XVIII**  
**Densidad** contra tiempo en mostos de *Niágara* a 24°C

Tiempo Días	Densidad g L <sup>-1</sup> (20°C)	
	<i>S. bayanus</i>	Nativas
0	1.080,3	1.080,3
1	1.058,6	1.058,8
2	1.045,8	1.046,7
3	1.035,8	1.035,8
4	1.021,9	1.023,7
5	1.013,7	1.015,7
6	1.005,6	1.006,7
7	1.001,7	1.001,4
8	997,7	997,7
9	995,7	995,6
10	993,5	993,6
11	993,5	993,6

**ANEXO XIX****°Brix contra el Tiempo en mostos de Niágara a 24°C con levaduras nativas y *S. bayanus***

Tiempo Días	°Brix (20°C)	
	<i>S. bayanus</i>	Nativas
0	19,0	19,0
1	15,5	15,89
2	13,4	13,85
3	11,6	12,09
4	10,3	10,75
5	8,75	8,25
6	7,21	7,75
7	6,84	6,60
8	6,24	6,24
9	5,74	5,71
10	5,74	5,71
11	5,71	5,61

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO XX****PH contra el Tiempo en mostos de Niágara a 24°C con levaduras nativas y *S. bayanus***

Estadígrafo n = (n° datos)	Tiempo (días)	pH	
		<i>S. bayanus</i>	Nativas
1	0	3,20	3,20
2	1	3,29	3,32
3	2	3,28	3,26
4	3	3,26	3,26
5	4	3,25	3,19
6	5	3,23	3,18
7	6	3,21	3,20
8	7	3,24	3,21
9	8	3,23	3,25
10	9	3,24	3,23
11	10	3,25	3,23
12	11	3,27	3,24
n		12	12
Valor medio		3,24*	3,23*
Desv. estándar		± 0,025	± 0,037
Rango de variación		3,2-3,29	3,2-3,32
* Sin diferencia significativa según el test t para varianzas iguales (a = 0.05)			

Fuente: Elaboración propia





## BIBLIOGRAFÍA

- Area M.C. (2004).  
Metodología de la Investigación. Facultad de Ciencias Exactas UNaM, Argentina. Editorial Universitaria, pp. 50-80.
- Bakos P. (2007).  
“Cosecha 2006”, Diario el Territorio, Posadas (03/04/2007). Suplemento Económico, pp.4., Misiones Argentina.
- 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). Suplemento Económico pp.8. Misiones, Argentina.
- Bluoin J., Peynaud E. (2006).  
Enología Práctica: conocimiento y elaboración del vino. 4ta Edición Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. pp.354.
- 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. (2005).  
*S. bayanus* en condiciones Enológicas. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Pp. 65. Mendoza, 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.
- Bordeau E. (2007).  
Fermentación Alcohólica en condiciones enológicas. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. p. 28, 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.
- Caro I.; Pérez L.; Cantero D. (1991).  
Development of a kinetic model for the alcoholic fermentation of must. Journal Biotechnol.Bioeng. (38): 742-748.
- Chang R. (2002).  
Química. Ed. Mc Graw Hill. 3ta. Ed. pp. 61-65.

Díaz Peralta E. (2008).

Química de la Fermentación Alcohólica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Editorial Univ. UNCu. 1ra edición, pp.34. Mendoza, Argentina.

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. Univ. pp.56. Mendoza, Argentina.

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Exp. Cerro Azul. (2009).

<http://www.inta.gov.ar/region/misiones/boletines/plan-frutal.htm>; (acceso 10/02/2009). Misiones, Argentina.

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> (acceso 25/03/2008).

INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura (2006).

Mendoza Argentina. Código de Variedades pp.4. <http://www.inv.gov.ar/pdf/parametros/variedad.pdf> (acceso 22/07/2006).

INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura (2005).

Mendoza Argentina. Técnicas Analíticas pp.1-10. <http://www.inv.gov.ar/pdf/normativas/tecnicasanaliticas.pdf> (acceso 02/04/2005).

INV. Instituto Nacional de Vitivinicultura (2004).

Mendoza Argentina. Analíticas pp.5-6. <http://www.inv.gov.ar/pdf/normativas/analisis.pdf> (acceso 05/06/2004).

- Jackson R.S. (2000).  
Wine science: principles, practice, perception. 2<sup>nd</sup> Ed. San Diego  
Academic press, p. 648.
- Marín M.R. (1999).  
Alcoholic fermentation modeling: current state and perspectives.  
Am. Journal Enol.Vitic., 50 (2): 166-178.
- 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. (2011).  
Microvinificación en blanco de *Isabella tinto* y *Niágara rosada* cultivadas en Misiones. 2ra. 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).
- Perez Caram, E. (2009).  
Mostos concentrados. Maestría en Viticultura y Enología. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, Argentina. 1ra.Ed. Edit.Univ.pp.67.

- 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. (2004).  
Vinificación en blanco . Cátedra de Enología II. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile. Editorial Univ. 2ra. Edición. pag.34-35
- Pszczolkowski P. (2006).  
Manual de Microvinificación. Cátedra de Enología I. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile. Editorial Univ. pag. 49-50.
- Rosier J.P., (1995).  
Manual de elaboración de vino para pequeñas cantinas. 2da.ed. Florianópolis, Brasil, EPAGRI, p.72.
- Wang D., Xu Y., (2002).  
Fermentation kinetics of different sugars by wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*. J Inst Brew, 109 (3), 233.

Wang D., Xu Y., Hu J., Zhao G. (2004).

Fermentation kinetics of different sugars by apple wine yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *J Inst Brew*, 110 (4), 340.



Este libro se presenta como un pequeño aporte para la elaboración de vino blanco común con mostos de uvas de mesa Niagara rosada e Isabella tinto cultivadas en el clima subtropical de Misiones, en el marco de un desarrollo tecnológico.



Universidad Nacional  
de Misiones

ISBN 978-950-579-259-7

