

## LA INCIDENCIA DEL CLIMA ÁRIDO EN LA DEMANDA ENERGÉTICA EN DOS INSTANCIAS DE VINIFICACIÓN

A. Ramos Sanz<sup>1</sup>, E. Kuchen<sup>2</sup>

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha) - Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) - Av. Ignacio de La Roza y Meglioli s/n- 5400 San Juan – Argentina Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 – Fax: +54(0)264 423 5397- <http://www.irpha.com.ar> – E-mails: [albitaramos@hotmail.com](mailto:albitaramos@hotmail.com), [ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar](mailto:ernestokuchen@faud.unsj.edu.ar)

Recibido 12/08/13, aceptado 30/09/13

**RESUMEN:** El estudio de tres muestras de bodegas elaboradoras de San Juan revela que la mayor demanda energética (DE) en la vinificación se vincula a los procesos térmicos que se desenvuelven en el interior de las envolventes de vinificación (EV). Estos procesos determinan la calidad del vino y se extienden desde la fermentación hasta la conservación del mismo, durante los cuales el producto demanda cierta rigurosidad térmica, a la cual refiere análogamente en este trabajo como *Confort del Vino*. Para determinar la incidencia del clima árido en las condiciones de confort del vino y en la consecuente DE en acondicionamiento térmico, se diseña una planilla de modelización. Mediante este instrumento se experimentan las situaciones de fermentación y conservación del vino en períodos cálidos (fermentación y conservación) y fríos del año (conservación). Los resultados confirman que el clima árido afecta considerablemente al confort en ambos procesos térmicos, con relevantes diferencias de sobrecarga de los sistemas de acondicionamiento térmico.

**Palabras clave:** eficiencia, clima, vinificación, modelización térmica, envolvente

### INTRODUCCIÓN

De los grandes consumidores, la industria representa el 38% de la demanda energética mundial y el 32% nacional. A su vez, la potencia instalada en el país (>30.000 MW; Secretaría de Energía de la Nación), supera la generación propia de energía, con lo cual es imperante conducir la eficiencia de los procesos industriales. Estas condiciones exigen considerar las demandas locales de energía en la industria vitivinícola comprendiendo los estadios de fermentación y conservación del producto, las envolventes constructivas de las vasijas contenedoras. Con el fin de abordar esta problemática se lleva a cabo un trabajo de campo, mediante el relevamiento término-energético de 12 casos de estudio de la industria local en San Juan. Esto permite evaluar los parámetros de confort del vino, se elaboran diagramas de calidad y categorías que permiten analizar la influencia del clima local en los procesos de fermentación y conservación. Estos diagramas permiten reconocer valores máximos, mínimos y medios de temperatura exterior y una estimación porcentual de ingreso en la zona de confort desarrollada. La demanda energética de la industria del vino involucra grandes consumos en refrigeración. Las sobrecargas del sistema de refrigeración se determinan a partir de dichas zonas de confort, pudiendo definir un (+) QR (Incremento de Carga de Refrigeración) y un (-) QR (Reducción de carga de refrigeración).

La vinificación implica los procesos térmicos de fermentación y de conservación. En el primero, luego de molido o prensado el grano de uva, el mosto inicia su proceso exotérmico en el cual la temperatura de la masa constituye el factor más importante para alcanzar un producto de calidad. Estos rangos térmicos se definen a partir de las condiciones adecuadas a la vida de las levaduras y bacterias: temperaturas interiores elevadas ponen en riesgo el proceso por paralización de la fermentación al promover la muerte anticipada de las levaduras. Una vez acabada esta transformación de mosto a vino, se procede a su conservación, cuyo período oscila entre los seis meses y los dos años<sup>3</sup>. En esta instancia el vino debe conservar una temperatura estable y dentro de un rango estricto, dado que una temperatura elevada (en verano) promueve infecciones en el vino por la proliferación de microorganismos y una temperatura baja (en invierno) propicia la decantación de sustancias, en detrimento de su transparencia y limpidez.

---

<sup>1</sup> Arquitecta egresada de la Universidad Nacional de San Juan (1997-2003). Ex-Becaria Doctoral del CONICET (Beca Interna de Postgrado Tipo I y II; 2008-2013). Investigadora Adscripta en el IRPha y Docente Adscripta en la materia Arquitectura Sustentable en la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan. Tesis Doctoral en evaluación (2012/13), titulada *El Confort del Vino en la envolvente industrial. Estudio de casos de casos de envolventes de vinificación de San Juan*, Obra Inédita registrada en la Dirección Nacional de Derechos del Autor, bajo expediente N° 5074151(2012).

<sup>2</sup> Investigador CONICET

<sup>3</sup> En vinos jóvenes son de pronta liberación y consumo, no siendo apropiados para el añejamiento, proceso en el cual transitan varios años de conservación dentro de la EV.

Reconocido el factor térmico sobre el confort de estos microorganismos encargados de hacer el vino, se define una zona de confort para la fermentación y una para la conservación anual, vinculadas a las condiciones ambientales del clima árido. En el primer caso, la zona de confort es dinámica y se subdivide entre zonas de confort óptimo, aceptable y malo. En el segundo, al no existir generación de energía exotérmica, la zona de confort no se desplaza pero conserva las mismas tipificaciones citadas para la fermentación.

Los resultados de este trabajo pretenden servir de aporte al conocimiento, mediante los cuales se pretende hacer más eficientes los sistemas y cuidar los recursos energéticos involucrados en el funcionamiento de la industria.

## 1. DESARROLLO

### 1.1 Objeto de estudio

Se toman tres establecimientos industriales, localizados en la Provincia de San Juan, -cuya Latitud Sur es de 31 ° y Longitud igual a 68 °-, contemplados en la zona bioambiental III a de la República Argentina (IRAM 11603). En ellas se toman doce casos diferentes de EV (ver Tabla 1), seleccionados por la diversidad de materiales utilizados, formas, ubicación y capacidades. Se persigue identificar las características físicas de estas EV que influyen en el incremento de la carga térmica en verano e invierno para las instancias de fermentación y de conservación del vino.

**Tabla 1:** Descripción de los casos; ubicación, material, capacidad, forma y relación con otras EV.

Caso	Ambiente	Forma planta	Relacion	Ubicación	Material	Capacidad (L)	Configuración
1	Cisterna de conservación		aislada	subterránea	ladrillón	>150000	
2	Tanque de conservación		aislada	sobrerasante	chapa	>150000	
3	Pileta de conservación		entre vasijas	sobrerasante	ladrillón	<40000	
4	Cisterna de conservación		entre vasijas	subterránea	adobe	<40000	
5	Pileta de conservación		entre vasijas	sobrerasante	ladrillón	40000 a 150000	
6	Pileta de conservación		entre vasijas	sobrerasante	ladrillón	40000 a 150000	
7	Cisterna de conservación		entre vasijas	sobrerasante	hormigón armado	40000 a 150000	
8	Pileta de fermentación		aislada	sobrerasante	hormigón armado	>150000	
9	Pileta de fermentación		entre vasijas	sobrerasante	hormigón armado	>150000	
10	Tanque de fermentación		aislada	sobrerasante cubierto	acero inox	<40000	
11	Tanque de fermentación		aislada	sobrerasante cubierto	chapa	<40000	
12	Tanque de fermentación		aislada	subterránea cubierto	chapa	<40000	

### 1.2 Metodología de relevamiento

El desarrollo de un Estudio de Casos 12 envoltorios de vinificación para conservación y fermentación del vino. relevamiento durante la molienda 2011 y 2012, el cual exige considerar aspectos arquitectónicos del edificio y de las envoltorios de vinificación, parámetros ambientales de influencia térmica (temperatura y humedad) y datos energéticos de demanda y consumo de las edificaciones. Para ello se colocan sensores de temperatura tipo HOBO en el interior de las EV. Se programan intervalos de medición de 30 minutos, durante 50 (cincuenta) días corridos (duración de la molienda), de Febrero a Abril. Estos valores se complementan con datos de temperatura zonas rurales y urbanas de la provincia de San Juan

(Papparelli et al, 2005), correspondiente a un período de once años<sup>4</sup> -desde el mes de Enero de 1993 hasta el mes de Diciembre de 2004. Para la comparación se elabora una matriz de análisis conteniendo los valores mes a mes.

Los valores de medición se comparan con datos de referencia., aporte de la literatura, y se determinan rangos de confort del vino para los procesos de fermentación y la conservación. Como indicador gráfico de confort se recurre a la estimación porcentual de la ocurrencia de temperaturas mes a mes, en la zona de confort.

Se confecciona una herramienta de modelización a partir de la definición semi-empírica de variables físicas afectadas a los coeficientes de intercambio térmico superficial exterior ( $h_e$ ), en contacto con el entorno climático, e interior ( $h_i$ ), en contacto con el vino y con el dióxido de carbono de las diversas clases de EV (de hormigón, adobe, ladrillón, metal) y de la envolvente de bodega. Esta herramienta posibilita la construcción experimental de los casos en diversas situaciones. Para fermentación se instrumentan variables de temperatura media exterior para períodos cálidos. Para conservación se instrumentan las mismas para períodos cálidos y fríos. Conociendo la demanda de frío y las pérdidas de calor en las EV durante los períodos considerados, se indican los momentos del año en los cuales la DE se incrementa por efecto de las condiciones climáticas. **2. RESULTADOS**

**1.3** A continuación se describen las condiciones térmicas adecuadas para la elaboración del vino común y del vino varietal, ambos en sus variedades tintas y blancas. Como variable de influencia se distingue a la temperatura y humedad que permiten el desarrollo adecuado de vinos comunes y varietales. La base de datos para establecer los límites de confort, se construye a partir del relevamiento a través mediciones con sensores en casos reales, de referencias bibliográficas sobre los parámetros térmicos de influencia en la elaboración del producto, ver (Larousse; 2002; Oreglia, F; 1978; entre otros) y de entrevistas a enólogos (Vargas, R; 2011; Romero J.; 2011). **Parámetros de confort térmico del vino**

### 2.1.1 Fermentación Alcohólica:

Esta acción química de transformación del azúcar de la fruta (uva), en alcohol, no excede los quince días. Generalmente, el enólogo especialista determina el fin de cada proceso. La humedad relativa recomendada (Larousse; 2002; Oreglia, F; 1978) es del 75 % para todos los casos. Los valores mínimos de temperatura de fermentación son los mismos para vinos comunes y varietales. Los valores máximos son diversos y a medida que se persigue mayor calidad los límites superiores de temperatura son más bajos. De los valores de medición en casos reales, se detectan desviaciones estándares importantes. Hay que destacar que la desviación estándar ( $\sigma$ ) es un valor indicador de la dispersión de datos recogidos y también el intervalo donde se encuentra casi el 70% de los datos de medición, o sea la zona más representativa de la muestra (Kuchen, et al.; 2011). Con lo cual se puede afirmar que en torno a los valores medios (ver Tabla 2), existe un rango donde la relación temperatura-humedad es óptima para el desarrollo de organismos encargados del proceso de fermentación, es decir la posibilidad de existencia de una zona de confort con valores variables.

**Tabla 2:** Promedios y valores estadísticos de datos teóricos y empíricos de temperaturas de fermentación y humedad relativa de vinificaciones en blanco y en tinto.

CONFORT	FERMENTACION	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	
	Envolvente de Vinificación [EV]	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
		[°C]	[+/- K]	[%]	[+/- %]
TINTOS	Caso 9	27,1	4,0	58,2	28,3
	Caso 11	23,7	4,9	39,5	9,5
	Caso 12	23,2	4,7	43,1	17,7
	Promedio recomendada literatura	28,5	4,5	75,0	20,0
	PROMEDIO	25,6	4,5	54,0	18,9
BLANCOS	Caso 9	27,1	4,0	58,2	28,3
	Caso 10	23,8	4,2	43,1	17,7
	Promedio recomendada literatura	19,8	1,8	75,0	20,0
	PROMEDIO	23,6	3,3	58,8	22,0

La Temperatura Máxima de Diseño (TMAXD), en fermentación de vinos comunes para vinificaciones blancas es de 26,9°C y de tintas 30,1°C. Entre las Temperaturas Mínimas de Diseño (TMIND) se definen 20,3 °C en el primer caso y 21,1 °C en el segundo. Los rangos definidos como óptimos para vinos blancos y tintos, se superponen: la Temperatura Media de Diseño para fermentaciones de mostos blancos es TMD=23,6 °C y presenta una desviación estándar de  $\pm 3,3$  K (Kelvin. Unidad en que se indica la variación, gradiente o diferencia de temperatura). En las fermentaciones de mostos tintos la TMD= 25,6 °C y la variación es de  $\pm 4,5$  K.

**2.1.2 Conservación del Vino:** En la Tabla 3, se sintetizan las temperaturas de conservación registradas en las diferentes EV monitoreadas. Estos constituyen los valores medios para la conservación de vinos comunes y varietales. Se contemplan los datos promediados con los valores empíricos. Se distingue la zona de confort entre períodos cálidos y fríos y una zona de transición para la conservación anual. El caso 6, es la única EV con registros térmicos de nueve meses (desde Febrero hasta

Octubre). En esta, se distinguen las variaciones para verano e invierno. Se diferencian las estaciones para los datos promediados. La temperatura media de diseño (TMD) para verano es 22,2 °C y para el invierno es 15 °C. La desviación estándar en ambos casos es de ± 1,9 K. La humedad relativa se conserva algo superior en invierno, pero en ambas estaciones no debe ser inferior al 80 %.

**Tabla 3:** Valores estadísticos empíricos de temperaturas de conservación en períodos cálidos y fríos del año.

RANGOS CONFORT	CONSERVACIÓN	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	
	Envoltorio de Vinificación [EV]	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
		[°C]	[+/- K]	[%]	[+/- K]
	Caso 1	23,2	0,9	80,0	7,7
Caso 2	23,2	7,4	41,8	8,2	
Caso 3	23,2	1,2	92,4	10,7	
Caso 4	22,9	0,4	92,4	2,3	
Caso 5	23,5	2,0	60,0	17,8	
Caso 6 período cálido	23,0	0,5	95,6	2,3	
Caso 6 período frío	17,1	2,4	99,0	5,2	
Caso 7	22,5	1,7	93,3	6,4	
Caso 8	22,5	1,7	93,3	16,1	
Recomendada promedio período cálido	15,7	1,4	75,0	10,0	
Recomendada promedio período frío	12,8	1,4	75,0	10,0	
PERIODO CÁLIDO	22,2	1,9	80,4	9,1	
PERIODO FRÍO	15,0	1,9	87,0	7,6	

#### 1.4 Zonas de confort

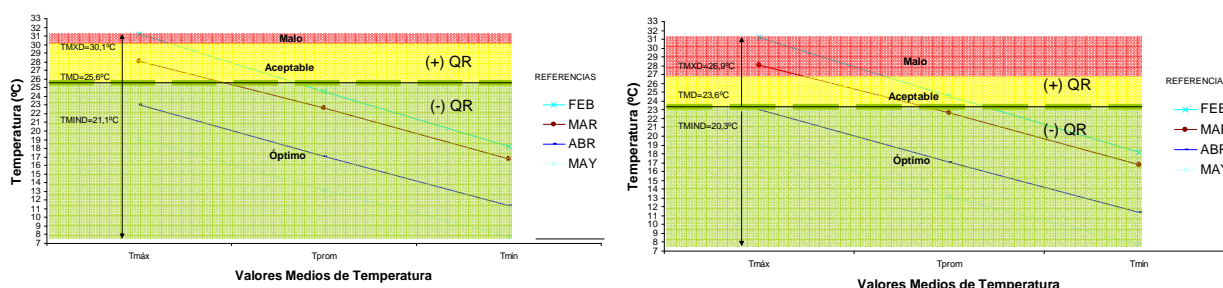
A nivel internacional, los estándares dedicados a definir ambientes térmicos adecuados, emplean categorías y colores para determinar el grado de bondad de las condiciones higro-térmicas (ver también ISO7730:2004 e ISSO74:2004)). La necesidad de definir zonas de confort locales, en pos de lograr mayor eficiencia energética en los sistemas edilicios (Kuchen, 2008), conduce a tomar dichos estándares como referencia. En base a las observaciones empíricas en este trabajo de campo, se propone el desarrollo de diferentes Zonas de Confort, con diferencias de colores (verde=óptimo, amarillo=aceptable y rojo=malo), para los procesos de fermentación y conservación en la industria del vino.

**2.2.1 Fermentación Alcohólica:** Al tratarse de un fenómeno que induce una progresión térmica, se detecta una secuencia de valores de temperatura óptimos, aceptable y malos, para la actividad de las levaduras involucradas en el proceso de fermentación. En fermentación, la Zonas de Confort son del tipo ascendente ya que al tratarse de una reacción química exotérmica (liberación de calor), los valores más “bajos” de temperatura indican la zona de confort óptimo (en verde), luego la zona de confort aceptable (en amarillo) y finalmente la zona de confort malo (en rojo). La progresión térmica máxima se estima en + 20 K. Para el análisis, se relacionan las necesidades de confort del vino con las condiciones climáticas locales mes a mes (valores medios, máximos y mínimos) y su influencia en la DE en acondicionamiento térmico para refrigeración. A partir de ello, se definen los momentos del año que ofrecen las mejores condiciones térmicas para una vinificación con baja DE en climatización asistida. Las vinificaciones tintas, también llamadas fermentaciones violentas<sup>5</sup> (FV) tienen un porcentaje de valores térmicos dentro de la zona de confort que supera a las blancas o fermentaciones lentas<sup>6</sup> (FL). De las observaciones empíricas se puede asegurar que la zona de confort en variedades tintas es más amplia. A continuación se describen observaciones mes a mes.

**Febrero:** (celeste): Se observa que el 60 % de los valores de temperatura del aire del mes se encuentran dentro de la zona de confort de las vinificaciones tintas y un 45 % dentro de la zona de confort de las blancas. En este período la sobrecarga del sistema de frío se estima en un 40 % adicional para las FV y de un 55 % para las FL. La reducción de la DE se produce en horas de la noche, cuando la temperatura mínima alcanza los 18,2 °C (ver Figura 5).

<sup>5</sup> Consumo de azúcar a una tasa igual a 7 g/h y L de mosto.

<sup>6</sup> Consumo de azúcar a una tasa de 2 g/h y L de mosto.



**Fig. 1:** Delimitación de las zonas de condiciones térmicas adecuadas para vinos tintos, con los umbrales empíricos obtenidos. Las líneas constituyen los datos climáticos de los meses de molienda y fermentación.

**Fig. 2:** Delimitación de las zonas de condiciones térmicas adecuadas para vinos blancos, con los umbrales empíricos obtenidos. Las líneas constituyen los datos climáticos de los meses de molienda y fermentación.

*Marzo* (en marrón): las temperaturas medias son 2 K más bajas que en el mes de Febrero. Esto explica que los valores térmicos para ambas vinificaciones dados en condición de (-) QR sean mayores, lo cual se manifiesta entre un 15 y un 20 % de diferencia de reducción de la DE, respecto del período. En este, la sobrecarga de los sistemas de refrigeración en las FV es igual a cero. Sin embargo, para garantizar una reducción de la DE se debe iniciar el proceso en el momento más fresco de la jornada (ver Figura 5).

*Abril* (en azul): la temperatura media es 5 K inferior al mes de Marzo. La totalidad de la línea ingresa en la zona de confort óptimo y promueve una reducción de la DE durante todo el mes (ver Figura 5).

*Mayo* (en celeste claro): también ingresa un 100 % en la zona de confort óptimo. Los valores máximos del mes se registran en horas del mediodía, siendo el momento ideal para la vendimia. En horas de la noche las temperaturas medias mínimas son excesivamente bajas, alcanzando los 7,7 °C. Con estos valores se recomienda que en el mes de Mayo se lleven a cabo fermentaciones en EV con cierta inercia térmica, a fin de evitar la paralización del proceso fermentativo por bajas temperaturas nocturnas (ver Figura 5).

**2.2.2 Conservación del Vino:** En la estabilización o conservación, los vinos jóvenes pueden transitar las cuatro estaciones del año dentro de una misma EV. Las zonas de confort se definen según se trate de períodos cálidos o fríos; los meses comprendidos dentro del período cálido son aquellos cuya TM es superior a la TM anual, igual a 18,3 °C. Este valor se obtiene promediando los datos medios de temperatura de cada mes en zonas rurales y urbanas de la provincia de San Juan (Papparelli et al, 2005). Entre los meses cálidos se mencionan Enero (Ene), Febrero (Feb), Marzo (Mar), Octubre (Oct), Noviembre (Nov) y Diciembre (Dic). Los meses comprendidos en el período frío son Abril (Abr), Mayo (May), Junio (Jun), Julio (Jul), Agosto (Ago) y Septiembre (Sep).

A diferencia de la zona de confort de fermentación, la zona de confort del vino en conservación es estática. Durante los meses de frío la humedad relativa media es del 50,4 % y en el verano del 42,2 %. Estos son bajos respecto de los que considera la literatura (Larousse; 2002; Oreglia, F; 1978). En período fresco todos los meses presentan porcentajes similares de confort térmico dentro del área de conservación del vino. Se destacan;

*Julio* (verde): con un 15 % de valores térmicos dentro de la zona de confort. Este mes es particularmente frío con un 85 % de valores térmicos en (+)  $Q_{cal}$ , promoviendo un incremento de pérdida de energía térmica (ET) en el vino, por lo cual es necesario utilizar sistemas de acondicionamiento térmico

*Abril* (azul): produce las menores pérdidas de ET en el vino, con un 20 % de los valores térmicos en (-)  $Q_{cal}$ . En este período una EV asoleada puede cubrir las pérdidas de ET.

En período cálido se destacan el mes de *Enero*, *Febrero* y *Diciembre*. Estos presentan más de la mitad de los valores térmicos sobrepasando las temperaturas máximas de confort del vino en conservación. En Enero se debe accionar un sistema de enfriamiento del vino durante la jornada completa, ya que las temperaturas mínimas dentro del área de confort, no inducen un refrescamiento del vino. El mes de Diciembre se comporta de manera similar. En *Octubre*, la conservación se puede llevar a cabo dentro de una EV de gran resistencia térmica, sin necesidad de recurrir a sistemas de enfriamiento mecánico. Presenta los menores porcentajes de sobrecarga térmica entre los meses de período cálido.

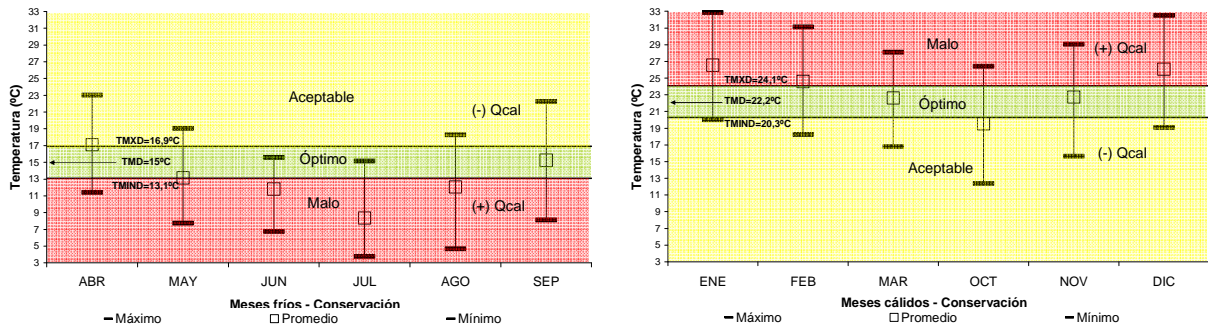


Fig. 3: Delimitación de las condiciones higrotérmicas adecuadas para vinos comunes y varietales para períodos cálidos

Por diversas razones biológicas y químicas, algunos vinos permanecen más de un período cálido y un período frío completos, dentro de la EV. Dado que es imposible establecer límites rígidos entre períodos cálidos y fríos, entre ambos sucede una transición en donde la zona de confort óptimo se expande, integrando los rangos de confort aceptable durante el período cálido con los de confort aceptable del período frío en una zona de confort óptimo de transición anual cuya TMD = 18,6 °C con una desviación estándar ( $\sigma$ ) es de +/- 3,6 K.

### Temperaturas de Confort Conservació Anual

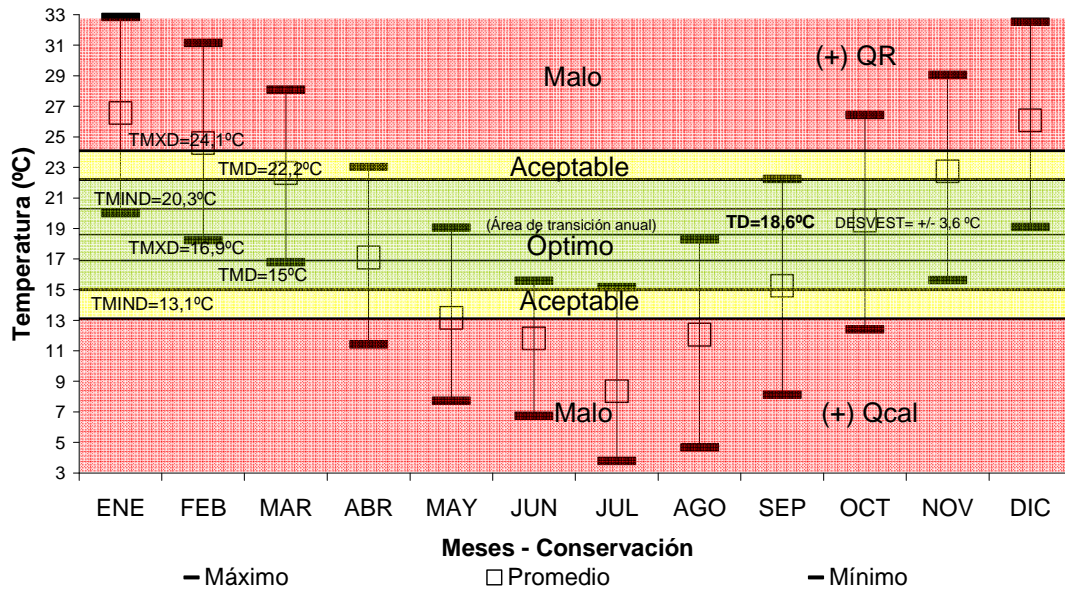


Fig. 4: Delimitación de las condiciones higrotérmicas adecuadas para vinos comunes y varietales para períodos intermedios.

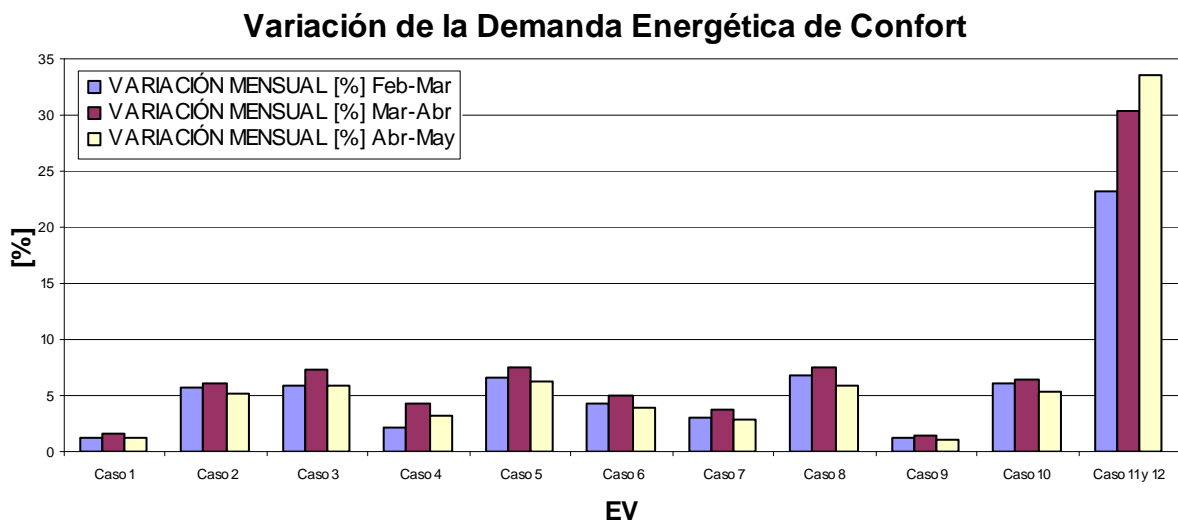
Contemplando esta zona intermedia, la zona de confort de estos vinos anuales se modifica con lo cual *Marzo, Abril, Octubre y Noviembre* integran el 80 % de valores térmicos entre las zonas de confort óptimo y aceptable. El restante 20 % constituye un incremento en la DE en climatización. Esto indica que solamente durante cuatro meses del año se obtienen las temperaturas adecuadas para la conservación del vino. Destacables son el mes de *Enero*, con el 68 % de los valores fuera de las zonas de confort y el mes de *Julio* que por instancias extremas, el 85 % son valores térmicos que podrían afectar el proceso de conservación.

### 1.5 Demanda de climatización en función del clima

2.3.1 *Fermentación Alcohólica*: Para definir la incidencia del factor climático sobre la DE en la fermentación se considera la carga total, igual a QEDILICIA + QR. Asimismo se analiza particularmente la FL, dado que en ella las propiedades de la EV y las características climáticas afectan el total de la carga térmica (QT). Debido a la considerable disminución de temperatura del aire desde Febrero hasta Mayo, una molienda tardía constituye una reducción de la DE en refrigeración, dependiendo de las características físicas de la EV. Según el caso, existe una constante porcentual de reducción de la DE de un mes al otro. Entre las EV analizadas, las menos afectadas por la variación mensual de la temperatura del aire son los casos 1 y 9 (ver Tabla 1). El primero de los casos se trata de una cisterna que ofrece un único elemento de intercambio térmico con



el exterior (cubierta) y el segundo caso tiene relación a que la mayor QT proviene de la insolación de su superficie ( $Q_R$ )<sup>7</sup>. Ambos casos además ofrecen una importante inercia térmica. En estos, la carga térmica está gobernada por la capacidad de la masa fermentativa. Las cargas externas son incipientes en el caso 1, mientras en el caso 9 la insolación favorece el incremento de la carga pero de manera constante mes a mes.



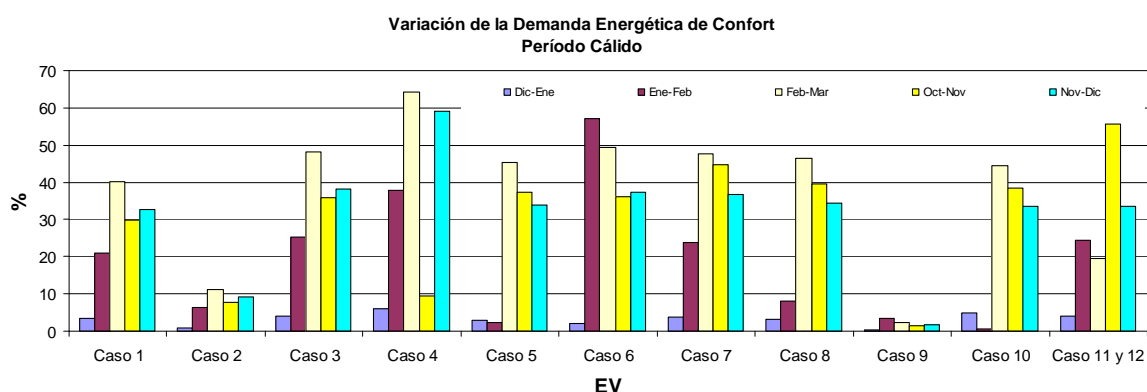
**Fig. 5:** Variación porcentual de la DE en refrigeración según el mes y el tipo de EV.

Entre las EV más afectadas por esta variación se mencionan los casos 5, 8, 11 y 12. Estas EV se encuentran en un estado de mayor intercambio térmico con el exterior, dado que tienen gran superficie de envolvente expuesta. Entre éstos, el 11 y 12 se destacan (23, 30 y 34 %) a causa de su gran conductividad térmica y su escaso volumen contenido. En los casos 1 y 9 se puede decir que la DE de fermentación es indistinta al mes que se trate. Por el contrario, los casos 11 y 12 quedan afectados a la ocurrencia climática, aunque sería factible reducir la DE mediante vendimias tardías.

*Conservación del Vino:* Durante el período cálido, las variaciones mensuales de la carga térmica son elevadas, excepto entre Diciembre y Enero, que no superan el 5 % dado que tienen temperatura similares. En promedio, la mayor variación se observa entre Febrero y Marzo, con un 38 % medio. Los casos 9 y 2 parecen tener menor variación de la DE en climatización en todos los meses. Esto se debe a que están altamente afectados por las condiciones térmicas de manera constante, presentando cargas térmicas elevadas a lo largo del período. Los casos 4 y 6 presentan elevadas variaciones en todos los meses, señalando la menor DE en climatización en el mes de Marzo. En general, en todos los casos las variaciones entre las cargas térmicas de los meses de Marzo y Octubre no son significantes y además constituyen los períodos en los cuales la climatización es casi innecesaria.

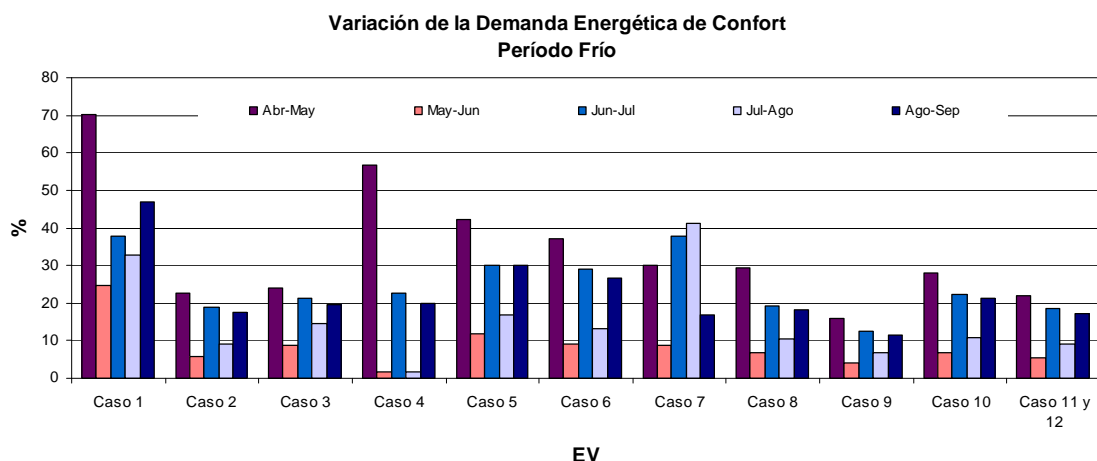
En período frío las mayores variaciones mensuales de la demanda de climatización se observan entre los meses de Abril y Mayo con un 34 % medio. Las menores variaciones corresponden a los meses de Mayo y Junio, con un 8 % medio, dada su similitud térmica. Entre Julio y Agosto, la diferencia es poca (15 % medio), pero superior a la de los meses de Mayo y Junio. Los casos 2 y 9 presentan grandes demandas en cargas térmicas, constantes entre un mes y el siguiente. Las variaciones promedio en período cálido y frío para dichas EV no superan el 11 % medio en el caso 2 y el 6 % medio en el caso 9. Esto indica que el vino permanece a temperaturas constantes -elevadas o bajas, según sea el período cálido o frío, respectivamente- durante el período completo.

<sup>7</sup>  $Q_R$  se refiere a la carga térmica por radiación solar, mientras  $Q_R$  representa la carga de refrigeración, es decir la totalidad de las cargas consideradas.



**Fig. 6:** Variación de la DE en función del cambio de temperatura del ambiente exterior durante el período cálido.

Por otra parte, se puede suponer que el contenido de los casos 2 y 9 es la razón de esta invariación térmica en el vino. Ambas EV disponen de una capacidad superior a 150000 L, lo cual promueve la inercia térmica del contenido (vino). Por supuesto, grandes masas tardan más tiempo en variar su condición térmica. Entonces qué ocurre en los casos 1 y 8, cuyas capacidades son también mayores a 150000 L pero las variaciones mensuales alcanzan un 34 % y 22 % respectivamente; la insolación de las EV de los casos 2 y 9 determina la diferencia. Si bien ésta es mínima mes a mes dentro de un mismo período, la diferencia entre períodos cálidos y fríos es relevante. Las cargas térmicas de EV superiores a 150000 L son menores en el caso 1, seguidas del caso 8.



**Fig. 7:** Variación de la DE en función del cambio de temperatura del ambiente exterior durante el período frío.

En síntesis, en período cálido en las EV 2 y 9 la temperatura de confort es elevada y la DE en climatización se mantiene constante. En período frío, las temperaturas interiores son más bajas que en otros casos, pero la variación térmica es constante por lo cual el vino alcanza una temperatura similar a la temperatura media del aire en dicho período. En el caso 1 sucede lo contrario, a lo largo del período la variación de la temperatura interior es mínima, por lo cual a pesar de variar la QT considerablemente, el vino nunca se equilibra térmicamente con la temperatura exterior del período que se trate.

### 3. CONCLUSIONES FINALES

Durante la fermentación, los valores máximos y la desviación estándar son mayores en los vinos comunes que en los vinos varietales. Esto se explica porque los grandes volúmenes de producción –típicos de los vinos comunes– superan con frecuencia los valores mínimos y medios, dada la dificultad de enfriar tales masas. En general las bodegas elaboradoras de vinos comunes disponen de refrigerantes por agua que logran temperaturas muy superiores a las alcanzadas por los equipos de frío. En vinos varietales los rangos de temperatura máxima y desviación estándar son menores, aunque en la fermentación de variedades tintas se inducen temperaturas elevadas sobretodo porque existe un sistema de frío capaz de gobernar la fermentación. Esto explica la diferencia de temperaturas manejadas entre los casos 9 (refrigerantes con agua) y 10, 11 y 12 (sistema de frío). Se observa que los valores de temperatura de confort durante la fermentación dependen fundamentalmente de la tecnología de frío.



En la conservación también se indican temperaturas más bajas para los vinos de mayor calidad. En bodegas elaboradoras de vinos finos los ámbitos de conservación suelen abastecerse de humidificadores y equipos de acondicionamiento térmico. Sin embargo, en el caso de los vinos comunes se destaca la incidencia que presenta la estación del año sobre los rangos de confort. Se observa una diferencia de + 7,2 K entre las temperaturas medias de confort en período cálido y período frío.

Tanto las EV de vinos varietales como de vinos comunes son afectados por el clima, pero la diferencia radica en la tecnología de frío que disponga la bodega; en el caso de que el problema se resuelva únicamente con equipos de frío, se reconoce el hecho de la gran intensidad de la DE de dicha tecnología. Aun así para ambas calidades de vinos es fundamental la elección de una EV cuyas características físicas garanticen el confort –o estabilidad térmica-, y promuevan una reducción de la DE.

En los meses de molienda, las temperaturas más bajas del aire en Abril y Mayo alcanzan un 100 % de los valores dentro de la zona de confort óptimo de las vinificaciones blancas (FL) y tintas (FV), reduciendo al máximo la DE en refrigeración.

Los valores térmicos de las vinificaciones tintas (FV) ingresan un 14 % más dentro de la zona de confort óptimo que las blancas (FL), dado que éstas requieren de temperaturas más bajas.

Solamente el mes de Febrero constituye el momento de disconfort de las vinificaciones tintas (FV), con un 6 % de los valores térmicos en la zona de confort malo. En cambio, el 30 % de los valores térmicos de este mes constituyen condiciones adecuadas (aceptables y óptimas) a las vinificaciones blancas (FL).

En la conservación anual del vino, prácticamente en todos los meses los valores de temperatura del aire ingresan en la zona de confort inaceptable. Solamente los meses de Abril, Mayo, Octubre y Noviembre ingresan en un 20 % medio en las zonas de confort, el resto supera esta medida y con frecuencia el 50% de los valores térmicos ingresa en la zona de confort malo. En este sentido, el desempeño de la EV en la conservación de la temperatura interior de confort es fundamental para lograr la estabilidad térmica del vino.

En la conservación, las condiciones climáticas afectan principalmente a las EV de reducida capacidad. Las grandes masas están gobernadas por la inercia de su propio volumen de vino, y esto es un factor común tanto para la fermentación como para la conservación.

En este sentido, la reducción de la DE en climatización es factible sobretodo en la elaboración de vinos finos y varietales, los cuales se encuentran en EV de reducida capacidad. En el caso de los vinos comunes, generalmente elaborados en grandes contenedores (más de 150000 L) la posibilidad de reducir la DE en la fermentación mediante moliendas tardías es irrelevante. Sin embargo, el clima determina la temperatura interior del vino en conservación aún cuando se trate de grandes capacidades, pero cuyas características físicas de la EV promueven la DE en climatización. En verano estas grandes EV conservan temperaturas elevadas y en invierno mantienen temperaturas muy bajas.

## LISTADO DE ABREVIATURAS

**EV** Envoltente de Vinificación  
**DE** Demanda Energética  
**FV** Fermentación Lenta  
**FL** Fermentación Violenta  
**M** Muestra

## LISTADO DE SÍMBOLOS

**QR** Carga de refrigeración  
**Q<sub>EDILICIA</sub>** Carga de refrigeración que ingresa por la envoltente  
**Q<sub>r</sub>** Carga debida a la insolación  
**K** Coeficiente de transmitancia térmica  
**Ė** Energía exotérmica  
**ΔT** Variación térmica horaria  
**h<sub>e</sub>** Coeficiente superficial de intercambio térmico en el exterior

## REFERENCIAS

Ramos Sanz, Alba I. (2013) Tesis Doctoral *El Confort del Vino en la Envoltente Industrial. Estudio de casos de vasijas vinarias de San Juan*. Universidad de Mendoza. Provincia de Mendoza, Argentina.

Oreglia, F. (1978) Enología Teórico-práctica, Capítulo XI Cualidades de las levaduras e influencia del medio. Ediciones Instituto Seliciano de Artes Gráficas, Buenos Aires. Págs.185-204.

Papparelli, A.; Kurbán, A. (2005) Efectos de la edificación en la variación histórica y espacial del clima urbano en zona árida. Proyecto de Investigación Triannual, código 21/A 310, Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Argentina.

Larousse (2002) Larousse de los vinos. Barcelona, España.

Ramos Sanz, Alba I.; Blasco Lucas, I. (2011) Condiciones Higrotérmicas de Fermentación de Vinos comunes y finos de variedades blancas y tintas. ASADES Vol. 15, págs 17-26.

Secretaría de Energía de la Nación (2013) Informe en línea; <http://energía3.meccon.gov.ar>

Kuchen E., Fisch M. N., Gonzalo G. E., Nozica G. N. (2011) Predição do Índice de Desconforto Térmico em Espaços de Escritório. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 39-53, jul./set. 2011, ISSN: 1678-8621, Brasil.

Kuchen E. (2008) Spot-Monitoring zum thermischen Komfort in Bürogebäude. PhD Thesis. Technische Universität Braunschweig. Institut für Gebäude- und Solartechnik, ISBN 978-3-89959-783-7, S. 203, Der Andere Verlag, Tönning, Alemania.

INSTITUUT VOOR STUDIE EN STIMULERING VAN ONDERZOEK ISSO 74 Thermische Behaaglijkheid, Publication 74, ISSO, Rotterdam, Holland, 2004.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG DIN EN ISO 7730 Ergonomie des Umgebungsklimas; Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV und des PPD- Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO/DIS 7730:2003). Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005.

**ABSTRACT:** The analysis of three samples of San Juan´ wineries shows that winemaking energy demand (ED) is related to thermal processes that take place inside the envelope of winemaking (EW). These processes define the quality of wine and extend from fermentation to its storage, instances when the product demand high thermal rigor. To define the incidence of arid climate on its thermal conditions -called as wine´s comfort- and its ED in thermal aconditioning, is constructed a thermal simulation work sheet. With this instrument there are simulated fermentation and storage instances during warm and cold periods of the year. The results confirm that arid climate greatly affect thermal comfort in both processes, with significant differences in the overload thermal conditioning´ systems.

**Key Words:** efficiency, climate, winemaking, thermal modelling, envelope