

# Clima de cambios

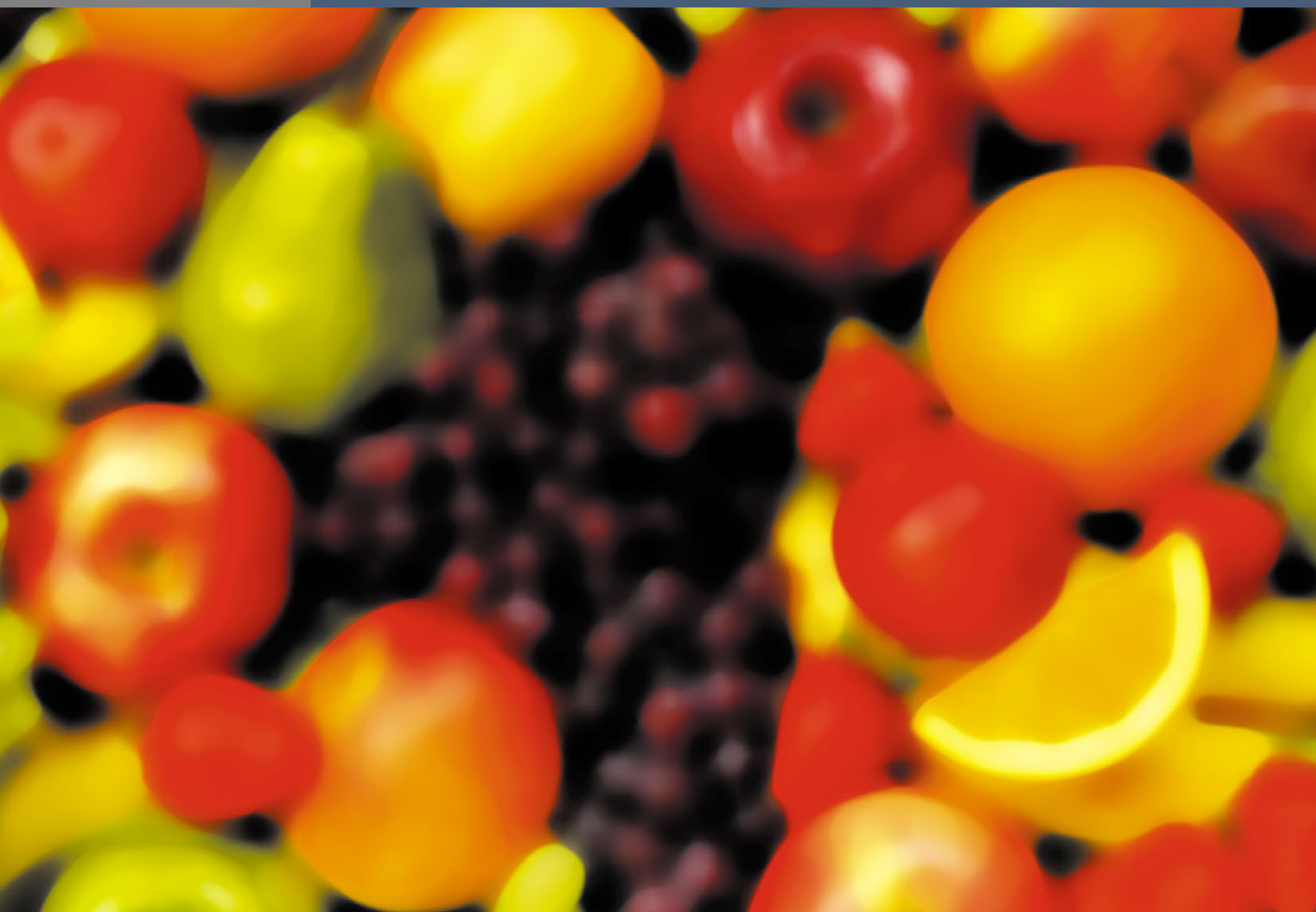
## NUEVOS DESAFÍOS DE ADAPTACIÓN EN URUGUAY

Resultado del proyecto: TCP/URU/3302 Nuevas Políticas para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático  
Elaborado por el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Universidad de la República



Volumen VI

Sensibilidad y capacidad adaptativa de la fruticultura  
y la vitivinicultura frente al cambio climático





# Clima de cambios

## NUEVOS DESAFÍOS DE ADAPTACIÓN EN URUGUAY

Volumen VI

Sensibilidad y capacidad adaptativa de la fruticultura  
y la vitivinicultura frente al cambio climático

Resultado del proyecto: TCP/URU/3302 Nuevas Políticas  
para la Adaptación de la Agricultura al Cambio Climático

Elaborado por: Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio  
y Variabilidad Climática, Universidad de la República



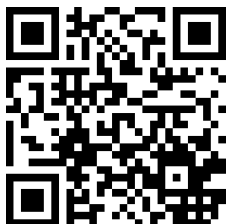
Autores

Este documento se debe citar como:

MGAP-FAO, 2013. Sensibilidad y capacidad adaptativa de la viticultura y la fruticultura frente al cambio climático. Volumen VI de Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay. Autores: Ferrer, Milka; Camussi, Gianfranca; Fourment, Mercedes; Varela, Victoria; Pereyra, Gustavo; Taks, Javier; Contreras, Soledad; Cruz, Gabriela; Astigarraga, Laura; Picasso, Valentín. Resultado del proyecto FAO TCP URU 3302, Montevideo.

El documento estará disponible en:

<http://www.fao.org/climatechange/84982/es>



Corrección de estilo: Malvina Galván  
Diseño: Esteban Grille

# Contenido

<b>Equipo del proyecto .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Marco conceptual.....</b>	<b>7</b>
<b>3. La fruticultura frente a los efectos del cambio y la variabilidad climática .....</b>	<b>9</b>
3.1. Situación actual y evolución reciente .....	9
3.2. Metodología para el estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática.....	12
3.3. Análisis de las variables climáticas relevantes y su impacto sobre el sistema productivo.....	13
3.4. Resultados.....	18
3.5. Factores principales que determinan la sensibilidad y matrices de sensibilidad.....	20
3.6. Factores principales que determinan la capacidad adaptativa y matrices de capacidad adaptativa.....	23
3.7. Opciones priorizadas para reducir la sensibilidad, aumentar la capacidad adaptativa y construir resiliencia.....	25
<b>4. La viticultura frente al cambio climático.....</b>	<b>27</b>
4.1. Situación actual y evolución reciente .....	27
4.2. Metodología para el estudio de la sensibilidad a la variabilidad climática.....	30
4.3. Resultados.....	33
4.4. Factores principales que determinan la sensibilidad y matrices de sensibilidad.....	46
4.5. Opciones priorizadas para reducir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa.....	51
<b>5. Conclusiones generales .....</b>	<b>53</b>
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>55</b>

## Equipo del proyecto

**Tomás Lindemann**

Oficial de Recursos Naturales, Instituciones

**Vicente Plata**

Representante Asistente (Programas) FAO-Uruguay

**Walter Oyhantçabal**

Director de la Unidad Agropecuaria de  
Cambio Climático, OPYPA-MGAP

**Diego Sancho**

Consultor Nacional  
FAO Uruguay

# Introducción

# 1

Clima de cambio: sensibilidad y capacidad adaptativa de la fruticultura y la vitivinicultura frente a los efectos del cambio y la variabilidad climática; es la sexta entrega de la serie de estudios que se realizaron en el marco del proyecto: Nuevas Políticas de adaptación de la agricultura al Cambio Climático (TCP-URU-3302), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su sigla en inglés) y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Uruguay (MGAP).

El estudio, coordinado por el Centro Interdisciplinario en Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática de la Universidad de la República (CIRCVC-UDELAR), integra aportes de las Facultades de Agronomía, Ingeniería, Ciencias Sociales, Humanidades y Ciencias de la Educación, así como de otras organizaciones: el Instituto Plan Agropecuario (IPA) y Centro de Investigaciones Económicas (CINVE).

El cambio climático y la variabilidad se estudian en función de tres variables: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. El estudio sobre la exposición, que se realizó en la primera fase del proyecto, relativizó la hipótesis planteada con anterioridad: existe un aumento de la variabilidad climática, con mayores frecuencias e intensidades de eventos extremos como por ejemplo la sequía. En un contexto de cambio climático, donde no se verificó un incremento de frecuencia o intensidad de sequías, se trabajó sobre una segunda premisa: los agroecosistemas productivos se están haciendo más sensibles a la variabilidad climática, por razones tecnológicas, económicas, o sociales.





## Marco conceptual

# 2

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) define vulnerabilidad como el grado en el que un sistema es susceptible de o incapaz de soportar efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad y los extremos climáticos (McCarthy et al., 2001). La utilidad mayor de conocer la vulnerabilidad de un sistema consiste en establecer su vínculo con la estimación de riesgos.

Vulnerabilidad = f (Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptativa)

La exposición es la naturaleza y grado en que un sistema experimenta estrés ambiental o socio-político. Las características de éstos incluyen la magnitud, frecuencia, duración y extensión superficial del riesgo (Burton et al., 1993). La sensibilidad es el grado en el que un sistema se modifica o afecta por perturbaciones. En tanto la capacidad adaptativa es la habilidad de un sistema de evolucionar para responder a riesgos ambientales o cambios en políticas, y de expandir el rango de variabilidad que puede soportar.

Por otra parte, algunos autores proponen que la resiliencia es el opuesto a vulnerabilidad (Darnhofer et al 2008). La resiliencia, definida originalmente por Holling (1973), es una medida de la persistencia de un sistema (ecológico) y su habilidad de absorber cambios e impactos para lograr mantener en iguales términos las relaciones entre sus componentes.

A pesar que la comunidad científica internacional no ha resuelto las equivalencias conceptuales entre los abordajes sobre vulnerabilidad, riesgo y resiliencia, para este estudio, se consideró que los conceptos de resiliencia y capacidad adaptativa se distinguen en que la

capacidad adaptativa implica necesariamente la acción humana, mientras que la resiliencia puede manifestarse en términos biofísicos solamente (sin intervención humana).

Por último, para este trabajo se utiliza una definición laxa del concepto de agro-ecosistema, y se usa en forma relativamente intercambiable con el de rubro o sistema de producción. Los agro-ecosistemas se entienden como ecosistemas con un objetivo de producción agropecuaria, y en ese sentido, pueden incluir diversidad de producciones, cultivos o animales, es decir, múltiples rubros. El equipo de investigación discutió largamente las ventajas y desventajas de integrar predios con diferentes rubros en el análisis, alimentado por la hipótesis de que la diversificación de rubros puede ser una alternativa para manejar el riesgo y la variabilidad climática. Sin embargo, se optó finalmente en aras de simplificar el trabajo, en concentrarse en agro-ecosistemas con un rubro de producción principal.

# 3

## La fruticultura frente a los efectos del cambio y la variabilidad climática

### 3.1. SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN RECIENTE

En Uruguay la producción de frutales de hoja caduca o de clima templado ocupa una superficie de 7500 hectáreas, según la última Encuesta Frutícola realizada por DIEA en 2009. Su aporte al valor bruto de producción (VBP) agrícola es del 2,4%, y se define como una producción intensiva por el elevado uso de los factores de producción: tierra, capital, mano de obra e información.

La producción de frutales de hoja caduca se caracteriza por la especialización de los productores, la concentración productiva en el sur del país y por estar orientada al mercado interno. (Panario, et. al., 2000) Se trata un sector con reducida diversificación, ya que el 90% de la producción consiste en tres productos: manzanas, duraznos y peras. Si se analiza el tipo de trabajo para el año 2004, se observa que de 3005 trabajadores permanentes, 271 fueron zafrales. De los permanentes tenemos: patrones 34%, capataces, 6%, peones 32% y trabajo familiar no remunerado 29%. (DIEA, 2004). El número de pequeños y medianos productores ha tenido una tendencia decreciente en los últimos años, debido a la baja adopción de tecnología o a su incorporación parcial (Fuster et. al., 2011).

La producción de frutales de hojas caducas, se concentra en la zona sur del país, en los departamentos de: Canelones, Montevideo, Colonia y San José. En Canelones y Montevideo se concentra el 85% de la producción total. Esta ubicación responde, por un lado, a la cercanía al gran mercado consumidor que representa la ciudad de Montevideo, y por otro,

a las características climáticas de estas especies que presentan un elevado requerimiento de frío invernal. En los últimos años ha existido un leve desplazamiento de la producción frutícola hacia San José, donde se encuentran suelos de mayor aptitud y abundancia de agua subterránea para el riego.

Dentro de estos frutales, el manzano es la principal especie, con alrededor de 3500 ha cultivadas. La oferta de manzana continúa a lo largo de todo el año gracias a la conservación frigorífica prolongada dada por la capacidad intrínseca de la fruta a ser conservada, a diferencia de lo que ocurre con el durazno.

El segundo frutal en importancia es el duraznero. En general esta especie se concentra en productores de pequeña escala frutícola y con baja infraestructura, debido a que los costos de producción anuales son menores y el manejo de los montes y su sanidad es más fácil.

En los últimos quince años viene ocurriendo una reducción en el número de productores frutícolas, sobre todo en la franja de los que poseen el menor número de plantas, y en particular la producción de durazneros. Por otra parte, existe un crecimiento de productores con mayor número de plantas, posiblemente debido a la necesidad de una escala de producción que permita la sustentabilidad económica del predio.

No se han detectado mayores variaciones en el período 1990-2000 sobre la forma de tenencia de la tierra. Este aspecto es tradicional y característico de las producciones intensivas a largo plazo, se trata de más de un 80% de superficie en propiedad del usuario, seguido por un 11% de diferentes formas de arrendamiento (suele tratarse de cesiones de predios dentro de las familias).

El duraznero es el frutal de hoja caduca menos longevo de los que se cultivan en Uruguay. Los montes pierden su vigor y capacidad productiva en, aproximadamente, quince años de vida. La poca longevidad explica las altas tasas de renovación que se encuentran al analizar el ciclo de evolución de la especie a lo largo de los años.

En manzano, se observa una leve retracción en superficie pero un aumento en el número de plantas. Ello se debe a que durante el período analizado ocurrió una gran adopción de tecnología que involucra al aumento de números de plantas por unidad de superficie, gracias al uso de portainjertos de menor vigor, o al uso de variedades de tipo *spur* (de bajo porte). El cambio tecnológico puede atribuirse al impulso del Programa de Reconversión de la Granja (PREDEG) que estimuló el arranque de montes de baja o mala producción y la plantación de montes de mayor densidad, con variedades identificadas como "aptas", con el uso de sistemas apoyados (con postes y alambres).

La oferta de manzana tradicionalmente estuvo compuesta en un alto porcentaje por las variedades pertenecientes a la familia de las Red Delicious, por ser este tipo de manzana el más valorado por el mercado interno y porque se adapta a la estrategia comercial de regular la oferta a lo largo del año. A partir de mediados de la década de los noventa, comienzan a cultivarse variedades "nuevas" con objetivo de exportación como las del grupo Royal Gala y Fuji, con lenta y difícil aceptación en el mercado interno.

El manzano es una especie de alternancia productiva, en la cual la sobrecarga de fruta lleva a una restricción hormonal en el momento de la inducción de las yemas a flor para la temporada siguiente. Esto determina que se deban aplicar medidas de raleo importantes para reducir este efecto, a pesar de lo cual, y sumado a razones climáticas, no se tiene un

volumen de producción estable a lo largo de los años, lo que a nivel comercial repercute en el precio de la manzana y por lo tanto, en la rentabilidad del cultivo.

Para el duraznero, entre 1996 y 2002, es clara la influencia del Programa de Reconversión de la Granja (PREDEG), ya que las plantaciones realizadas con subsidio económico deben cumplir una serie de normas técnicas para ser aprobadas (inspecciones post-plantación): uso de plantas certificadas y con variedades autorizadas, mayor densidad de plantas por hectárea, uso de riego, uso de cortinas rompevientos, obligación de llevar cuaderno de campo, uso de fitosanitarios permitidos y respeto por los tiempos de espera en las aplicaciones, capacitación del personal aplicador, etc. En igual período comienza la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ, por su sigla en alemán) a impulsar la producción integrada, creándose la Asociación de Fruticultores en Producción Integrada (AFRUPI). El efecto entonces es una tecnificación del cultivo para los productores que ingresan sus proyectos de reconversión al PREDEG, pero que también influye en el resto de los productores.

El durazno es una especie cuya fruta es muy perecedera, y la conservación frigorífica limitada -no supera los 15 días-, lo que condiciona la oferta, ya que el durazno se comercializa fresco, y tiene poca sobrevida una vez ingresado al circuito comercial. Esta característica limita las distancias a las que el producto puede ser exportado, siendo en el mundo una especie de comercio de tipo regional y no interoceánico. La ventaja de una oferta obtenida a través de más de una variedad, es que se puede minimizar el riesgo productivo por eventos climáticos puntuales, tales como granizo o helada tardía, ya que no todas las variedades se verán afectadas por igual.

## **Caracterización y evaluación de las amenazas climáticas y percepción ambiental del tiempo-clima en los frutales de hoja caduca**

Sensibilidad al clima:

- Insuficiente frío invernal: tienen consecuencias productivas como mala brotación, flores imperfectas, poco cuajado, entre otras. En el mercado existen productos compensadores de frío y el INIA en su página de clima informa sobre la ocurrencia y sumatoria de frío efectivo a nivel decádico.
- Alta humedad atmosférica y períodos lluviosos durante la floración: comprometen la polinización, por empastar el polen y retrasar el vuelo de abejas polinizadoras.
- Frecuencia de lluvias desde la brotación, principios de octubre hasta fines de diciembre: este es un período crítico para el manzano, ya que el hongo *Venturia inequalis*, (sarna del manzano) ataca flores, pequeños frutos y hojas. Para evitar este daño, que puede llevar a pérdidas totales, este sector posee un fuerte equipamiento en tractores y máquinas atomizadoras, ya que es necesario proteger la totalidad de los montes antes o después de una lluvia o ingresar a éstos una vez terminada la lluvia según estrategia tomada por el productor y según sus plazos para realizar el total de la cobertura.

En algunos años se han reportado hasta 18 aplicaciones fitosanitarias para el control de sarna. Este es uno de los aspectos que más comprometen la rentabilidad del cultivo, si se lo compara por ejemplo con Argentina y Chile, donde no llueve durante este período.

- Granizo: afecta mayormente según el tamaño de fruto.
- Déficit hídrico: la fruticultura nacional presenta elevados porcentajes de superficie bajo riego, sobre todo en los montes más tecnificados, de alta densidad de plantas. La sensibilidad al déficit hídrico se manifiesta en aquellos años de sequía hidrológica, cuando se ven comprometidas las fuentes de agua.
- Quemado de sol: es cada vez más frecuente observar daño por quemado de sol, sobre todo en algunas variedades nuevas y con sistemas de conducción de alta densidad donde la fruta queda más expuesta.

Se realizó a algunos productores y técnicos del sector frutícola la pregunta sobre la percepción que tenían del tiempo/clima, sin ninguna pretensión de encuesta o entrevista. La respuesta fue unánime: no notan cambios sustanciales, tales como aumento de temperatura o mayores o menores lluvias, pero sienten que los eventos climáticos extremos son cada vez más variables en su ocurrencia y los sienten más intensos, y sortearlos afecta la ecuación económica del rubro.

Para los agroecosistemas frutícolas surgen las siguientes preguntas: ¿La variabilidad observada y las tendencias climáticas afectan la producción más que los factores estructurales socio-económicos o de manejo?

¿Qué regiones y tipos de productores son los más sensibles a la variabilidad y cambio climático? ¿Qué frutas hay que priorizar en estudios de adaptación?

### **3.2. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

#### **Bases de datos utilizadas**

Dentro de los rubros que integran esta producción, se han elegido dos por su importancia: manzano y duraznero.

Los Censos Generales Agropecuarios (CGA) son una fuente de información insustituible, sobre todo para la caracterización socio-económica de los rubros, y el nivel de infraestructura y aspectos tecnológicos. Otra fuente de información valiosa la constituye la Encuesta Frutícola, que realiza DIEA de manera regular desde 1997, aunque metodológicamente debe considerarse una aproximación estimada a la realidad, a diferencia de los datos censales. Se han utilizado otras fuentes secundarias de información: publicaciones puntuales de la Junta Nacional de la Granja (JUNAGRA) actual Dirección General de la Granja (DIGEGRA), informes del PREDEG, etc. También se obtuvo información sobre producción y rendimiento de manzana y durazno de productores del grupo CREA frutícola, datos que se manejaron con la reserva del caso.

La variable que más fácilmente se obtiene es el rendimiento en kilogramos, sea por planta como por unidad de superficie. Entre 1995 y 2005 la fruticultura nacional incorporó cambios tecnológicos importantes que llevaron a una mayor densidad en la cantidad de plantas por hectárea. Esto afecta la variable rendimiento a nivel de producción por planta, ya que las plantas actuales son más pequeñas, de menor porte, para mejorar su manejo, por lo

tanto el potencial productivo es menor. Sin embargo, la producción por unidad de superficie no se ha visto afectada, o puede ser incluso mayor, por la mayor cantidad de plantas. La combinación variedad-portainjerto es clave para determinar el potencial productivo, sobre todo en manzano. Diferentes situaciones de variedad-portainjerto pueden llegar a enmascarar la sensibilidad a la variabilidad climática, porque se adaptan mejor a situaciones climáticas cambiantes.

Por otra parte, no se cuenta con investigación nacional respecto a daño del sol y el análisis de su ocurrencia, el impacto del clima sobre la maduración de la fruta (mejor o peor conservación frigorífica, calidad, etc.). Las cuantificaciones de daño por ataque de enfermedades a hongos tales como la sarna (*Venturia inequalis*) sólo se citan en años realmente problemáticos.

### **3.3. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS RELEVANTES Y SU IMPACTO SOBRE EL SISTEMA PRODUCTIVO**

El período de análisis abarca de 1994 a 2010, no existen datos productivos anteriores continuos, solo los contenidos en los CGA cada diez años. Este período de análisis claramente no es el adecuado ni suficiente para detectar variabilidad climática, ya que existe acuerdo entre los investigadores a nivel mundial, que el éste debe ser de 30 años.

Las series históricas de producción de duraznos y manzanas a nivel nacional, muestran que existen fuertes oscilaciones de rendimiento entre años, no siempre atribuibles al efecto clima, sobre todo en el manzano, que es una especie con características de ser alternante.

Al volumen cosechado se suma la importancia de la calidad obtenida, ya que la ecuación económico-productiva tiene en cuenta para la rentabilidad los precios obtenidos, donde aspectos de calidad influyen notoriamente para el logro de mejores precios.

Un aspecto que destaca del Plan estratégico de Fruticultura de Hoja Caduca (FHC) es el acuerdo de todos los actores del sector de que se está en el tope de la producción para mercado interno, en el punto de saturación, lo que explica que años de alta producción presentan precios muy bajos, y que la exportación parece ser el único camino viable.

Con los datos obtenidos, se cruzó la información con los datos climáticos para identificar:

- a) Ocurrencia de frío invernal y heladas
- b) Precipitaciones durante el período activo del frutal
- c) Sequía
- d) Granizo

En fruticultura de hoja caduca es difícil identificar el sistema de producción, ya que los cambios tecnológicos se incorporan en un predio de manera continua y subsisten a la vez montes tradicionales con las tendencias de alta densidad de plantas. A pesar de esto existen categorías de productores, que DIEA clasifica en función del número de plantas. Este criterio implica que a mayor número de plantas corresponde mayor especialización

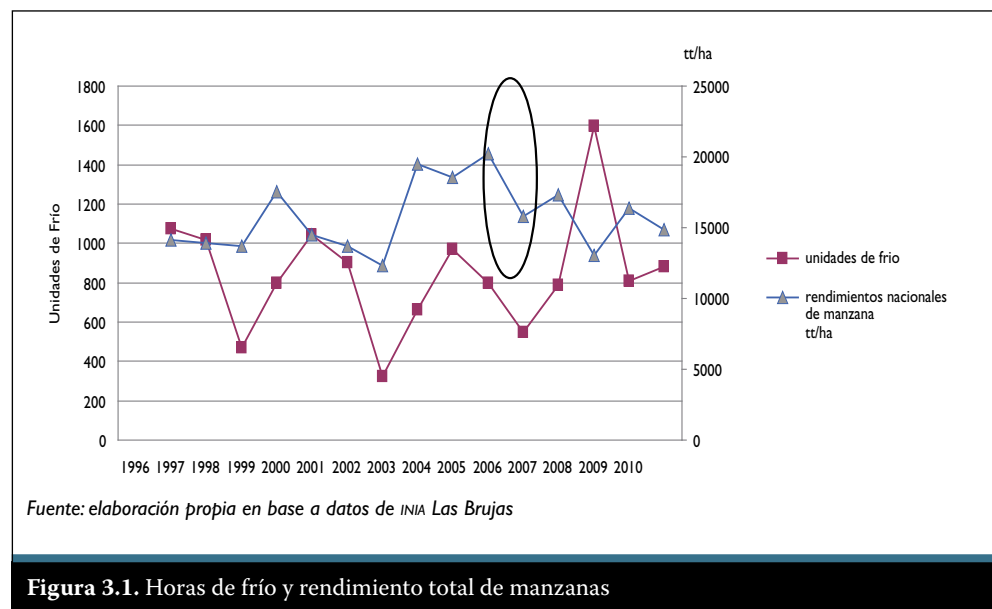
en el rubro y mayor uso de los factores de producción (tierra, capital, mano de obra e información).

### Frío invernal

La ocurrencia de frío invernal es determinante para el cumplimiento de la dormancia de los frutales de hoja caduca. Este aspecto climático reviste tal importancia que limita el área de difusión de las especies a nivel nacional. Los efectos negativos que se observan como consecuencia de la falta de frío invernal son: la brotación es desuniforme y se retrasa, las yemas vegetativas no brotan, hay poco desarrollo foliar; la floración se retrasa y es desuniforme, y ocurre mal cuajado. El efecto puede alcanzar a la siguiente temporada, por mala foliación (Frías, 2006).

Para manzanos la efectividad del frío invernal sólo es apenas suficiente en la zona sur del país. Existen diferentes metodologías de relevamiento del frío invernal, pero el método Richardson (1974) sigue ajustándose bien para las condiciones de Uruguay (Contarin y Curbelo, 1987), y es aplicado por el Grupo Agroclima y Sistemas de Información (GRAS) de INIA, actualizándose la sumatoria cada diez días.

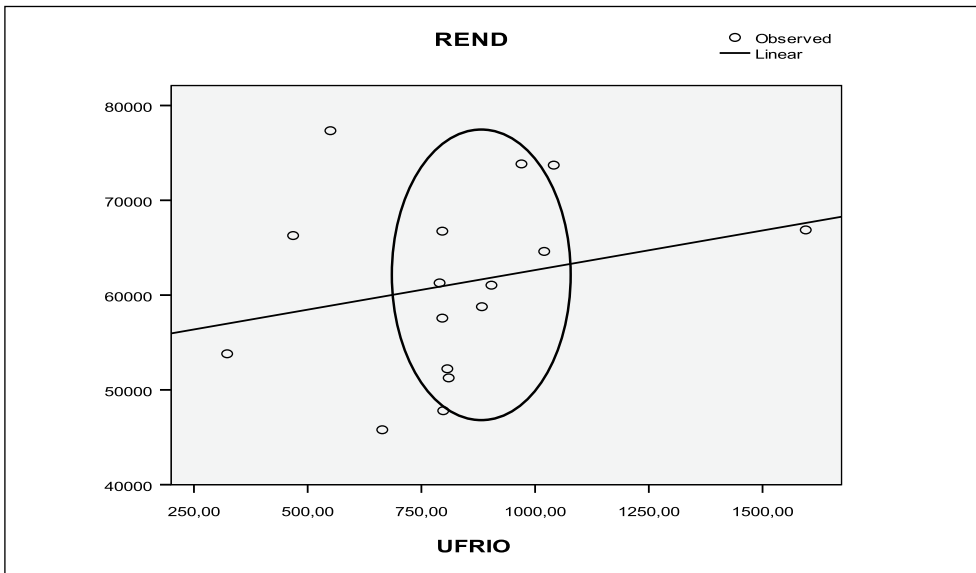
En la Figura 3.1 se observa la tendencia que a años de alta ocurrencia de frío corresponden años de buen rendimiento, a excepción de 2008-2009 donde el rendimiento se vio afectado por la sequía, a pesar de existir un alto porcentaje de montes con riego localizado.



**Figura 3.1.** Horas de frío y rendimiento total de manzanas

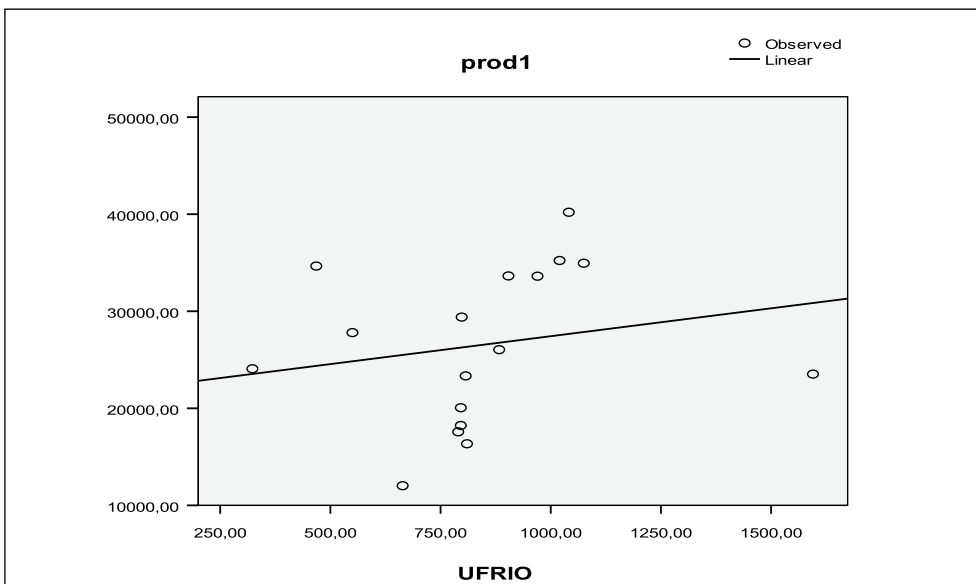
Como se observa en la Figura 3.2, entre 750 y 1000 unidades de frío (método Richardson) son suficientes y efectivas para el rompimiento de la dormancia. Menor ocurrencia de frío invernal provoca mala floraciones, flores deformes y afecta el rendimiento final.





**Figura 3.2.** Producción y ocurrencia de frío invernal en unidades de frío (Richardson) en el caso de la manzana, producción nacional total en miles de toneladas

El análisis del rendimiento de productores del grupo CREA frutícola (Tabla 3.1), que llevan registro de sus rendimientos promedio por hectárea, muestra que entre 750 y 1000 unidades de frío donde se concentra la mayor producción lo que valida la Figura 3.3. No se han encontrado correlaciones significativas a nivel estadístico entre las unidades de frío y el volumen cosechado, sin embargo la observación de los datos muestra que en años de muy baja



**Figura 3.3.** Rendimiento de manzana, en kilo por hectárea, y ocurrencia de frío invernal, a nivel de productor

**Tabla 3.1.** Unidades de frío por año, rendimiento total nacional y rendimiento en kg/ha de productores de manzana

Año	Unidades de frío	Rend. nacional total	Productor kg/ha
1994	798	47805	29400
1995	1075	sd	34950
1996	1020	64607	35230
1997	468	66281	34660
1998	796	57570	18230
1999	1041	73710	40200
2000	904	61046	33640
2001	323	53809	24076
2002	664	45794	12026
2003	970	73837	33614
2004	796	66744	20060
2005	550	77342	27800
2006	790	61285	17579
2007	1595	66874	23525
2008	810	51266	16347
2009	883	58775	26043
2010	807	52226	23341

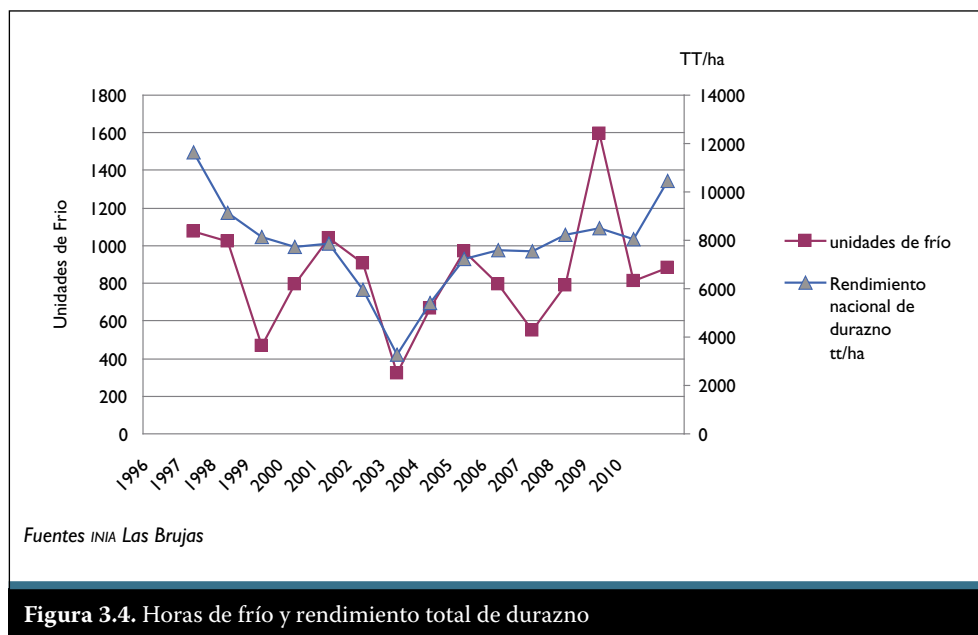
Fuente: elaboración propia en base a datos de inia, dia y productores

ocurrencia de frío, a nivel de un predio, el rendimiento es menor y se ve afectado el año siguiente.

Se correlacionaron los datos de producción de manzana de productores del grupo CREA con las unidades de frío, el resultado no fue estadísticamente significativo, porque existen muchos factores que explican el rendimiento anual del cultivo, sólo se puede evidenciar una tendencia.

El duraznero también se ve afectado por la ocurrencia de frío invernal. En el país ha ocurrido una evolución, desde el cultivo de variedades interesantes a nivel comercial pero de mal comportamiento por tener altas exigencias de frío, a la investigación y selección de variedades de mayor adaptación a las condiciones climáticas del país. La existencia de variedades de muy bajo requerimiento de frío ha permitido el desarrollo del cultivo en los departamentos de Artigas, Salto y Paysandú.

El relacionamiento entre producción y ocurrencia de frío (Figura 3.4), sin embargo a nivel estadístico no muestra correlación, porque la mortandad de plantas de duraznero ocurrida en el año 2000 y la consi-



guiente pérdida de plantas en producción, afecta fuertemente los datos de rendimiento en el período de análisis

## **Heladas**

Las heladas que pueden afectar a los frutales, son las denominadas tardías o posteriores al inicio de brotación, tomándose como fecha límite el 15 de setiembre. Según el trabajo de Agroseguro (2005) que evaluó el riesgo de daño por helada en frutales, tanto el manzano como el peral -por tener una brotación tardía-, serían menos afectables que el duraznero, que inicia su ciclo anual a fines de agosto. El reporte de daños por heladas tardías en durazneros es más frecuente en la zona litoral norte.

## **Exceso de agua en el suelo o lluvias frecuentes**

El exceso de agua en el suelo durante la brotación de los durazneros provocó asfixia radical y muerte de plantas, en la primavera del año 2000. Este hecho no ocurría desde las famosas inundaciones de 1959.

Por otra parte, primaveras lluviosas afectan la producción de todos los frutales, sobre todo por un mayor ataque de las enfermedades a hongos. Esto determina un gran descarte de fruta afectada que no es remitida tan siquiera a la industria, y que es difícil de cuantificar. Según los diferentes reportes analizados (anuarios OPYPA) esto ocurrió en los años 1993-1994, 2002-2003, 2007-2008 y podría explicar en parte los bajos rendimientos de esos años.

El exceso de agua en el suelo es un elemento tenido en cuenta por parte de los productores al momento de seleccionar la ubicación de un monte y la especie a implantar. Además del diseño de desagües, es ya una práctica difundida, la plantación de frutales en camellones, para permitir un mejor drenaje a nivel de las raíces de las plantas en suelos arcillosos.

El caso extremo ocurrido por condiciones climáticas de lluvia y días nublados, ocurrió en la primavera 2009, donde se reportó una caída inusual de manzanas luego del cuajado (INIA, 2009).

## **Sequía**

En la actualidad más del 60 % de la superficie frutícola se encuentra bajo riego, fundamentalmente localizado y por goteo. Sin embargo, en el Plan Estratégico de FHC, los productores sienten como la principal limitante climática las fuentes de agua, considerándolas insuficientes, sobre todo en el departamento de Canelones. La búsqueda de mejor abastecimiento de agua es una de las razones del crecimiento de superficie frutícola en el departamento de San José.

Este aspecto fue notorio en la gran sequía del año 2008, donde muchas fuentes de agua no fueron suficientes, o los reservorios no tenían agua acumulada durante el invierno.

## **Granizo**

La adversidad más temida por los productores es claramente el granizo, que se demuestra por el hecho de que se contratan anualmente seguros contra este evento climático. El

efecto que causa el granizo en los frutales está directamente relacionado con la época de ocurrencia, la intensidad y el tamaño del mismo.

Los perales y manzanos pueden registrar hasta un 4,4% de pérdidas que, en el caso del durazno, suponen más del 9,5% de la cosecha (MGAP, 2005).

### **3.4. RESULTADOS**

El análisis de la información existente sobre la producción frutícola en el período bajo estudio (1994 a 2011) no es suficiente para poder realizar afirmaciones sobre la sensibilidad a la variabilidad climática. Sin perjuicio de ello, se ha trabajado tratando de identificar los principales aspectos climáticos que según técnicos y productores son los de mayor impacto en la producción.

Los modelos de escenarios probables señalan, entre otras tendencias, la posibilidad de aumento de lluvia en primavera y verano. Esta situación haría replantear en consecuencia el actual paquete tecnológico: en lugar de ser prioritario el riego, lo debería ser la elección del sitio a plantar, su ubicación topográfica, y la construcción de buenos drenajes, mientras que el riego sería, en ese caso, de tipo suplementario para ocasionales déficit hídricos. Otro aspecto relacionado con la importancia de las aplicaciones fitosanitarias para proteger los frutales de enfermedades a hongos, es la necesidad de contar con maquinaria adecuada. Este aspecto suele llevar a un sobredimensionamiento en el número de HP (Horse Power) por unidad de superficie de tractores, y mayor número de máquinas atomizadoras, para poder cubrir de manera veloz toda la superficie de manzanas y perales en las horas previas, o posteriores, a una lluvia, según la estrategia de protección fitosanitaria. No es un tema menor, y puede ser la causa de la expulsión de pequeños y medianos productores de la producción frutícola, por escasa capacidad de inversión en maquinaria.

El aumento de temperatura media mensual observado en los últimos 30 años, puede explicar el comentario de algunos técnicos e investigadores sobre la ocurrencia de plagas en la fruticultura, donde se observa, con mayor frecuencia y precocidad en la temporada de crecimiento de los frutales, el ataque de insectos de comportamiento tropical, tales como

Amenazas/ Eventos	Sensibilidad	Momento de ocurrencia	Ubicación	Efectos negativos	efectos positivos/ oportunidades
Falta de frío invernal		más sensible		mala floración, mal cuajado menor producción, mayor costo	
	muy alta	Invierno	toda superficie cultivada		mejores precios
Helada tardía	Según variedad, mo- mento y topografía	Primavera	lomas bajas y bajos	quemado de fruta, menor cosecha	
Granizo	según momento e intensidad:		ocurrencia localizada		
	a-invierno/baja intensidad	invierno/baja intensidad		daño leve en madera	
	b- invierno/alta intensidad	invierno/alta intensidad		daño fuerte en madera	
	c- primavera/baja intensidad	primavera/baja intensidad		daño leve en fruta pequeña	
	d- primavera/alta intensidad	primavera/alta intensidad		daño fuerte en fruta	
	e- hasta cosecha/ baja intensidad	hasta cosecha/baja intensidad		daño fuerte en fruta	
	f- hasta cosecha/alta intensidad	hasta cosecha/alta intensidad		pérdidas totales	
Lluvias en primavera	muy alta	a partir de brotación	toda superficie	sarna, enfermedad fúngica	mejores precios
				mal cuajado por poco vuelo de abejas	
				mal cuajado por polen empastado	
				menor producción, mayor descarte de	
				fruta en cosecha por man- cha, inculo	
				para el siguiente año, ma- yor costo de	
				producción, alta inversión en maquinaria	
Altas tem- peraturas en verano		Enero	variedades sensibles	quemado de frutos ex- puestos al sol	
			frutos muy expuestos		

la mosca de la fruta. Sin embargo no se han logrado aún evidencias científicas concluyentes de respuestas negativas o positivas a este aumento.

Para algunos técnicos, y para algunos productores, la variabilidad climática se percibe, no tanto en la ocurrencia sistemática de eventos, sino en la intensidad de ocurrencia de los mismos, y la mayor dificultad que les representa responder a los mismos.

### **3.5. FACTORES PRINCIPALES QUE DETERMINAN LA SENSIBILIDAD Y MATRICES DE SENSIBILIDAD**

Los productores de pequeña escala productiva, inferior a 3000 plantas, son los más vulnerables frente a toda coyuntura adversa, sea climática como productiva o comercial, según se declara en el Plan Estratégico de la Fruticultura (Caputti y Canessa, 2012). Dentro de las dos especies estudiadas, los productores de poca superficie, y a su vez más dedicados a la producción de duraznos, son los más vulnerables, por tener menor capacidad de respuesta adaptativa, tanto por recursos económicos como por falta de información.

El bajo promedio nacional en rendimiento es explicado por un déficit en las empresas menos tecnificadas o de peor dotación de recursos, particularmente agua (Caputti y Canessa, 2012).

En general, para los eventos climáticos adversos más frecuentes en el país, tales como falta de frío invernal, períodos secos durante el verano y primaveras lluviosas, los productores manejan numerosas medidas paliativas para reducir la incidencia de éstos.

La información referida a la acumulación de unidades de frío, por el Método Utah de Richardson et al. (1974), y las horas de frío, método Weinberger, está disponible y es de libre acceso en la página web del INIA Las Brujas en su boletín agroclimático, que posee actualización cada diez días. Por otra parte, aún los productores de menores recursos tecnológicos pueden evaluar pragmáticamente la calidad del invierno y tomar las medidas necesarias. Existen en el mercado diferentes productos para compensar la dormancia, y su elección y momento de aplicación dependerá del asesoramiento técnico recibido. Puede existir una limitante económica al momento de seleccionar productos, ya que los más efectivos son a su vez los más costosos. Los rendimientos mostrados en el punto anterior muestran que el uso de compensadores de frío logra paliar solo en parte el problema, y que un año de bajo frío invernal tendrá repercusión en la producción.

## Manzano

Amenazas/Eventos	Sensibilidad	Momento de ocurrencia	Ubicación	Efectos negativos	efectos positivos/ oportunidades
		mas sensible		mala floración, mal cuajado	
Falta de frío invernal	muy alta	invierno	toda superficie cultivada	menor producción, mayor costo	mejores precios
Helada tardía	según variedad, momento topografía	primavera	lomas bajas y bajos	quemado de fruta, menor cosecha	
Granizo	según momento e intensidad:		ocurrencia localizada		
	a- invierno/baja intensidad	invierno/baja intensidad		daño leve en madera	
	b- invierno/alta intensidad	invierno/alta intensidad		daño fuerte en madera	
	c- primavera/baja intensidad	primavera/baja intensidad		daño leve en fruta pequeña	
	d- primavera/alta intensidad	primavera/alta intensidad		daño fuerte en fruta	
	e- hasta cosecha/ baja intensidad	hasta cosecha/baja intensidad		daño fuerte en fruta	
	f- hasta cosecha/alta intensidad	hasta cosecha/alta intensidad		pérdidas totales	
Lluvias en primavera	muy alta	a partir de brotación	toda superficie	sarna, enfermedad fúngica	mejores precios
				mal cuajado por poco vuelo de abejas	
				mal cuajado por polen empastado	
				menor producción, mayor descarte de	
				fruta en cosecha por mancha, inculo	
				para el siguiente año, mayor costo de	
			producción, alta inversión en maquinaria		
Altas temperaturas en verano		enero	variedades sensibles frutos muy expuestos	quemado de frutos expuestos al sol	

A diferencia del duraznero, el exceso de agua en el suelo no ha sido tan importante, aunque se reportan algunas muertes de plantas por suelos anegados, sin constituir un hito como en el duraznero. Sin embargo, las lluvias a partir del momento de brotación son causa de la propagación de la principal enfermedad fúngica que ataca el manzano, la sarna. Proteger el cultivo contra la sarna, junto con la inversión en maquinaria, constituyen los costos más significativos para el rubro.

### Matriz de sensibilidad del manzano en las regiones de San José y Canelones

Amenazas/ Eventos	Sensibilidad	Momento de ocurrencia	Ubicación	Efectos negativos	efectos positivos/ oportunidades
		mas sensible			
Falta de frío invernal	alta según variedad y fecha de brotación y floración	salida del invierno	toda superficie cultivada	mala floración, mal cuajado	mejores precios en fruta grande
				menor producción, mayor costo	
Helada tardía	según variedad, momento topografía	primavera	lomas bajas y bajos	quemado de fruta, menor cosecha	mejores precios para quienes no se vieron afectados
Granizo	según momento e intensidad:		ocurrencia localizada		
	a- invierno/baja intensidad	invierno/baja intensidad		daño leve en madera	mejores precios para quienes no
	b- invierno/alta intensidad	invierno/alta intensidad		daño fuerte en madera	se vieron afectados
	c- primavera/baja intensidad	primavera/baja intensidad		daño leve en fruta pequeña	
	d- primavera/alta intensidad	primavera/alta intensidad		daño fuerte en fruta	
	e- hasta cosecha/baja intensidad	hasta cosecha/baja intensidad		daño fuerte en fruta	
f- hasta cosecha/alta intensidad	hasta cosecha/alta intensidad		pérdidas totales		
Exceso de lluvia	según momento e intensidad	previo a brotación	suelos degradados y lomas bajas y bajos	muerte de ramas y/o plantas	eventualmente, mejores precios
		durante floración y cuajado	todo	mayor ataque de enfermedades a hongos	
Sequía	según momento e intensidad	invierno	toda ubicación	ninguno	ninguno
		primavera hasta cuajado	suelos degradados	menor tamaño potencial de fruta	leve aumento de precios
		cuajado a cosecha	suelos degradados	menor calibre de fruta en cosecha	buen precio para calibres grandes



## Duraznero

Se citan los eventos climáticos de mayor incidencia, y la sensibilidad de la especie a su ocurrencia, según una escala, donde el rojo representa la situación más difícil. El exceso de agua en el suelo, por lluvias, durante el período de brotación, no es frecuente, sin embargo representa un hito en la fruticultura por la pérdida de plantas que ocurrió en 1959 y en el 2000.

### Matriz de sensibilidad al clima del duraznero, zona de Canelones

### 3.6. FACTORES PRINCIPALES QUE DETERMINAN LA CAPACIDAD ADAPTATIVA Y MATRICES DE CAPACIDAD ADAPTATIVA

## Manzano

Amenaza	Tipo de productor	Respuestas posibles	Respuestas posibles	Respuestas posibles	Información		
		No toma medidas	Razón	Toma medidas	Decisor	Necesaria/ Disponible	
Falta de frío invernal	a	no toma medidas	económica, desconocimiento	usa compensadores		productor/ técnico	boletín agroclimático
	b			usa compensadores		productor/ técnico	del INIA, evolución
	c			usa compensadores			c/10 días, on-line
Helada tardía	a	no toma medidas	poco riesgo de ocurrencia				
	b	no toma medidas					
	c	no toma medidas					
Lluvias en primavera	a			protección fitosanitaria		productor	productos adecuados,
	b			protección fitosanitaria	agrega colmenas	técnico	estrategia de protección,
	c			protección fitosanitaria	agrega colmenas	técnico	conocimiento del ciclo enfermedad
Altas temperaturas en verano	a	no toma medidas	no tiene manera de mitigar				pocos datos nacionales
	b	no toma medidas		elimina variedades			condiciones predisponentes
	c	no toma medidas		elimina variedades			poca investigación nacional sobre productos paliativos
Granizo	a	evento imprevisto	poco probable que contrate seguro				
	b	evento imprevisto		contratar seguro		productor	no hay previsión de ocurrencia
	c	evento imprevisto		contratar seguro	uso de redes antigranizo	productor	BSE, aseguradoras privadas
Sequía en verano	a	no toma medidas	no tiene fuente de agua	Riego	manejo de suelo	productor	
	b	no toma medidas	no tiene fuente de agua	Riego	manejo de suelo	productor/ técnico	
	c	no toma medidas	no tiene fuente de agua	Riego	manejo de suelo	productor/ técnico	

Se utilizaron iguales situaciones de productores y consideraciones que para el duraznero. Es de destacar que un productor pequeño es posible que evite cultivar manzana y pera, por el riesgo de la sarna y la necesidad de tractor y atomizadora para proteger el cultivo.

Cuando se citan variedades sensibles al quemado de sol, es Fuji, que en parte ha sido eliminada por la imposibilidad de mitigar. También algunos sistemas de conducción exponen más la fruta al sol y se tendría mayor daño, pero no existen reportes sobre las pérdidas reales que se producen por quemado, por lo que no se profundiza en este tema.

### Matriz de capacidad adaptativa para el manzano, según escala o tipo de productor

Amenaza	Tipo de productor	Respuestas posibles		Información			Información necesaria	
		No toma medidas	Razón	Toma medidas		Decisor	Necesaria/ Disponible	
Falta de frío invernal	a	no toma medidas	económica, desconocimiento	usa compensadores	uso variedades bajo requerimiento	productor/ técnico		boletín agroclimático del INIA actualizado c/10 días, on line
	b			usa compensadores		productor/ técnico		
	c			usa compensadores				
Helada tardía	a	no toma medidas	desconocimiento del riesgo	quema de materiales	evita zonas bajas	productor		seguimiento temperaturas nocturnas
	b	no toma medidas	desconocimiento del riesgo	riego sobre copa	evita zonas bajas	técnico		
	c	no toma medidas	desconocimiento del riesgo	riego sobre copa	evita zonas bajas	técnico		
Granizo (momento e intensidad)	a	evento imprevisto	poco probable que contrate seguro					no hay previsión de ocurrencia
	b	evento imprevisto		contratar seguro		productor	costo moderado	BSE, aseguradoras privadas
	c	evento imprevisto		contratar seguro	uso de redes antigranizo	productor	costo muy alto	antecedentes en otros países
Exceso de lluvia en primavera (evento puntual con poca frecuencia)	a			evitar zonas bajas	evitar suelos muy degradados	productor		bibliografía nacional, hito de la fruticultura la muerte de plantas por asfixia en 1959 y 2000
	b			evitar zonas bajas	evitar suelos muy degradados	productor		
	c			evitar zonas bajas	evitar suelos muy degradados	productor		
Sequía en primavera hasta cuajado	a	no toma medidas	falta o insuficiencia de fuente de agua	riego		productor		uso de información sobre riego: lámina a aplicar
	b			riego		productor/ técnico		balance, demanda atmosférica, etc.
	c			riego		productor/ técnico		
Cuajado a cosecha	a	no toma medidas	falta o insuficiencia de fuente de agua	riego	manejo de suelo	productor		
	b			riego	manejo de suelo	productor/ técnico		
	c			riego	manejo de suelo	productor/ técnico		

## Duraznero

Se utilizaron tres situaciones de productores, según escala de número de plantas en cultivo, no necesariamente de la misma variedad. Se asume que el productor de menos de 3000 frutales en cultivo es pequeño, posiblemente tenga un sistema de producción donde combina la fruticultura con otros rubros, y su capacidad económica-empresarial para resolver eventos climáticos adversos es menor. La matriz se ha construido en base al escenario de que el productor no toma medidas frente a la ocurrencia o posible ocurrencia del evento climático, sea por falta de algún recurso -como lo es el agua para riego-, sea por desconocimiento o no disponibilidad de recursos económicos para mitigar el daño.

### Matriz de capacidad adaptativa para el duraznero, según escala o tipo de productor

#### Tendencias climáticas esperables a largo plazo según escenario.

	Observadas (30 años o más)	Proyección futura según Escenario y Horizonte temporal					
		A2 20	A2 50	A2 80	B2 20	B2 50	B2 80
Temperatura media mensual							
Temperatura máxima mensual		Inconsistencia entre modelos					
Temperatura mínima mensual							
Ocurrencia heladas tardías		No es modelado por los GCM					
Frío invernal		No es modelado por los GCM					
Lluvia mensual (primavera y verano)							
ETP mensual	Variable según localidad	No es modelado por los GCM					

### 3.7. OPCIONES PRIORIZADAS PARA REDUCIR LA SENSIBILIDAD, AUMENTAR LA CAPACIDAD ADAPTATIVA Y CONSTRUIR RESILIENCIA

Los frutales de hoja caduca no pueden ser cultivados en todo el país, por limitantes en el normal desarrollo del período de dormancia, y para la mayoría de las especies, el clima es un factor restrictivo. La elevada pluviometría implica una muy alta aplicación de productos fitosanitarios para la protección de las plantas, que eleva los costos de producción, si se los compara con otras zonas frutícolas del hemisferio sur. Sin embargo, los predios frutícolas revisten una importancia socio-económica importante para el país, por tratarse, por un lado, de empresas básicamente de tipo familiar, con alto uso de mano de obra, y por otro, por producir alimentos cada vez más necesarios para una nutrición humana equilibrada. El abastecimiento al principal mercado, la ciudad de Montevideo, y la mayor ocurrencia de frío invernal, los concentra en los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y parte en Colonia. Es un sector productivo que utiliza mucha tecnología para reducir el impacto adverso del clima, por lo que un escenario de variabilidad climática puede poner en riesgo el resultado económico de las empresas. Los productores construyen resiliencia de manera continua y buscan alternativas para no perder su capital productivo, sobre todo porque se trata de una producción a largo plazo -con permanencia del cultivo de entre 15

a 30 o más años- con un elevado costo inicial de instalación y mantenimiento durante la fase improductiva de los árboles.

El principal evento climático que afecta a los frutales de hoja caduca, y condiciona su ubicación geográfica, es la ocurrencia de frío invernal, que afecta la calidad y cantidad de floración y posterior cuajado: inviernos deficitarios en frío implican menor cantidad de fruta en la siguiente temporada. A nivel productivo, y como medida a corto plazo, dentro del año problemático, existen productos químicos que actúan como compensadores de frío, con los inconvenientes de: incrementar los costos de producción, no ser de fácil manejo en situaciones climáticas adversas (ocurrencia de períodos cálidos durante el invierno que provocan que las yemas tiendan a abrirse y pueden ser quemadas por el producto compensador) y no estar al alcance de todos los productores (por razones económicas o por falta de conocimiento sobre su uso). Los compensadores de frío mitigan el daño, pero no lo anulan por completo. Otra medida para mitigar el daño, es el uso de variedades de bajo requerimiento de frío. Esto es posible sobre todo en el duraznero; mientras que las variedades disponibles a nivel internacional para la manzana, cuya producción de fruta es de buena calidad, son de medio a alto requerimiento, es así entonces que el seguimiento de la ocurrencia de frío invernal puede ser más importante para manzana que para durazno.

Los modelos de escenarios probables señalan, entre otras tendencias, la posibilidad de aumento de lluvia en primavera y verano. Esta situación haría replantear el actual paquete tecnológico, donde, en lugar de ser prioritario el riego, lo debería ser la elección del sitio a plantar, su ubicación topográfica, y la construcción de buenos drenajes, y el riego sería en ese caso suplementario para ocasionales déficit hídricos.

El aumento de temperatura media mensual observado en los últimos 30 años, puede explicar el comentario de algunos técnicos e investigadores sobre la ocurrencia de plagas en la fruticultura, donde se observan con mayor frecuencia y precocidad en la estación, los ataques de insectos de comportamiento tropical, tales como la mosca de la fruta. No se han logrado evidencias de respuestas negativas o positivas a este aumento.

Para algunos técnicos y para algunos productores, la variabilidad climática se percibe, no tanto en la ocurrencia sistemática de eventos, sino en la intensidad de ocurrencia de los mismos, y la mayor dificultad que les representa responder a ellos.

# 4

## La viticultura frente al cambio climático

### 4.1. SITUACIÓN ACTUAL Y EVOLUCIÓN RECIENTE

El sector aporta el 1,8 % del VBP agropecuario, ocupa alrededor de 8000 hectáreas, de las cuales más del 80 % son de propiedad de los viticultores. En el año 2011 se declararon 1878 explotaciones, con una población residente estimada en 7000 personas, además de la importante cantidad de mano de obra permanente y sazonal (INAVI, 2012). Los empleos directos e indirectos de la cadena se estiman en 70 000.

La viticultura se reparte en dos zonas principales de producción: la zona sur y norte del país. La región sur es la de mayor importancia (tanto en uva de vino como en uva de mesa) donde se concentra el 96% de las explotaciones. Montevideo y Canelones tienen el 80% de las plantas totales y aportan el 78% de la producción (DIEA, 2003b).

Echeverría (2003) realizó un agrupamiento de productores en función de las variables: superficie, número de plantas, cosecha 2003, composición del viñedo según tipo de variedades (*V. viníferas*), productividad por hectárea, fuerza de trabajo (permanentes vs sazonales, familiar vs asalariado), reconversión, nivel tecnológico (sistema conducción, marco de plantación, criterio de poda, manejo de suelos, seguimiento de la maduración, uso de botrycidas, etc.) y nivel de vinculación con el medio. Se identificaron y caracterizaron cuatro grupos de productores, dos de los cuales presentan características opuestas:

El grupo I es el más sustentable, el más importante en área y producción y el IV el más sensible.

### Grupo I: “Empresarial”

- Superficie extensa: promedio 76 ha por establecimiento
- Mayor cosecha absoluta
- Base productiva: *Vitis vinifera*
- Menor proporción de trabajo familiar
- Su superficie vitícola se encuentra en expansión
- Bien tecnificado, abiertos a la innovación tecnológica

### Grupo IV: Grupo Muy Débil con Manejo Tradicional

- Baja superficie: promedio 5 ha
- Escaso peso en la producción total
- Casi sin *Vitis vinifera*
- La superficie vitícola se mantiene igual o baja levemente
- Tienen el peor manejo en sistema de conducción y las menores densidades por ha
- Manejo de suelo “tradicional” y fertilización solo según posibilidades económicas

La viticultura uruguaya durante los últimos quince años, sufrió un fuerte proceso de reconversión varietal y en aspectos tecnológicos que abarcan también la adopción de maquinaria de bodega.

Se verifica un notorio arranqué de plantas de variedades de baja calidad enológica: frutilla e híbridos productores directos. Al mismo tiempo se incrementan notoriamente las variedades para la producción de vino fino, vino de calidad preferente (V.C.P.), principalmente: Tannat, Merlot y Cabernet Sauvignon, que representan el 47,3% de las variedades tintas. En el período 1994-2011 hubo un descenso del número de plantas del entorno del 48% como consecuencia de los nuevos sistemas de conducción que requieren menor número de plantas por hectárea.

El conjunto de las técnicas de cultivo y la mejora del material vegetal permitieron un aumento de los rendimientos medios por hectárea, que pasaron de 10 000 kg en el 1994 a 14 000 kg en el 2011. El volumen de vino en el mismo período varía según la producción de uva de cada año, ubicándose en promedio en 90 millones de litros por año. En igual período el consumo *per cápita* pasó en el año 1994 de 32 litros a 24,7 en el año 2011, comparable al de Argentina.

Al igual que para los frutales de hoja caduca, se ejecutó un Plan de reconversión de viñedos, primero a nivel de Instituto Nacional de Vitivinicultura (INAVI) y luego centralizado en PREDEG (MGAP).

El sector está fuertemente regulado, y fiscalizado en lo referente a la producción de vinos. En 1988 se unifican las tareas de varias instituciones creándose el INAVI, con roles tales como el control, fiscalización, y promoción de la vitivinicultura.

El principal destino de la producción vitícola (90%) es la vinificación dirigido mayormente al mercado interno. La exportación de vino uruguayo es aún incipiente, sobre todo en las categorías de calidad alta, por el desconocimiento del mercado de Uruguay como país productor de vino.

La imagen positiva del consumidor del vino uruguayo, entre otras medidas, permitió que las importaciones se mantuvieran relativamente constantes en volumen.

Actualmente el sector bodeguero consta de 170 bodegas, que se clasifican según su capacidad de elaboración. En la producción de vino se debe diferenciar en vino de mesa y vino fino o VCP, ya que se trata de productos con diferentes estrategias y canales comerciales. En el caso del vino VCP Uruguay ha ganado medallas en concursos internacionales que le han permitido establecer un mercado de exportación y reconocimiento en el mercado interno, sobre todo basado en los vinos elaborados con la variedad Tannat.

### **Instituciones de relevancia**

El INAVI, que se encarga de la regulación, fiscalización y promoción de todo lo relativo al rubro, tiene representación de los Ministerios de Ganadería, Agricultura y Pesca, Economía, e Industria, Energía y Minería, y de las diferentes agremiaciones.

Enseñanza e investigación: Universidad de la República (UDELAR), Escuela de Enología del Consejo de Educación Técnico Profesional (CETP)- que forma técnicos enólogos- y el INIA.

Agremiaciones: Asociación de Bodegas Exportadoras (marca: Wines of Uruguay), Asociación de Turismo Enológico (marca: Los Caminos del Vino), Asociación de Bodegueros, Gremial de Viticultores, Asociación de Viveristas del Uruguay, Centro de Viticultores, Federación Uruguaya de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (FUCREA). El sector presenta un fuerte dinamismo en cuanto a productores asociados en grupos CREA, llegando a tener tres grupos vitícolas operativos en el país. Estos grupos han sido tradicionalmente quienes más han exigido investigación nacional para superar obstáculos.

### **Principales amenazas climáticas**

Las principales amenazas climáticas incluyen: heladas tardías, bajas temperaturas nocturnas (feb < 16°C), días con temperaturas > 30°C, déficit hídrico en (noviembre y enero-febrero), y lluvias en exceso-déficit (noviembre-diciembre y enero-febrero). Estas amenazas afectan la producción y composición de la uva.

Para los agro-ecosistemas vitícolas surgen las siguientes preguntas: ¿La variabilidad observada y las tendencias climáticas afectarán la localización posible del cultivo? ¿Las variedades implantadas se adaptarán a la nueva situación? ¿Qué regiones y tipos de productores son los más sensibles a la variabilidad y cambio climático?

## 4.2. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA SENSIBILIDAD A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

### Bases de datos utilizadas

Para analizar el impacto de la variabilidad climática se utilizaron variables productivas del rubro. Se trabajó a dos escalas: una escala macro, con base de datos de INAVI, de registros de producción nacional y departamental (se considera solamente el departamento de Canelones), y una escala predial, con los resultados de los experimentos del Grupo de Viticultura de la Facultad de Agronomía (FAGRO-UDELAR) en predios comerciales de Canelones. La base de datos utilizada fue aquella recabada por proyectos de investigación del Grupo de Viticultura FAGRO, información obtenida durante el periodo 1994-2011. Los ensayos fueron realizados sobre tres viñedos comerciales del departamento de Canelones. La variedad estudiada fue Tannat injertada sobre el portainjerto SO<sub>4</sub>. El sistema de conducción era espaldera y con tipo de poda larga. La densidad de plantación en todos los casos fue de 3748 plantas/ha (2,3m\*1,25m). Se dispone de información de los componentes de rendimiento, las fechas fenológicas de maduración, variables de respuesta de la planta y composición de la baya en cosecha. Las observaciones se realizaron en las mismas parcelas a lo largo de los años y se siguieron protocolos aceptados mundialmente, lo que constituye una metodología de tipo "observatorio".

Las variables analizadas fueron:

- Variables productivas: rendimiento-hectárea, rendimiento-planta, producción de madera-planta, la relación entre producción de uva y madera (indicadores de equilibrio – Índice de Ravaz) y el tamaño de grano (g).
- Variables de comportamiento: fechas fenológicas de envero (comienzo de cambio de color en los granos de uvas) y madurez tecnológica, momento en qué se cosecha según datos analíticos de las uvas.
- Variables de composición de la uva: sólidos solubles (g/l), acidez titulable (mg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/l), pH y polifenoles (años para algunos)

La oportunidad de analizar una cantidad significativa de variables de cultivo de la vid, ayuda a comprender su comportamiento y a analizar en detalle qué fase o proceso fisiológico se ve más afectado por determinadas situaciones climáticas del año.

El "efecto año" se observa en su fenología, en la composición final de la uva y en el rendimiento. Se hace un especial énfasis en la composición final de la uva, por estar asociada al producto final vino.

### Análisis de las variables climáticas relevantes

Para la vid, existe un sinnúmero de índices bio-climáticos relacionados directamente al cultivo. La riqueza de estos índices, radica en su aplicación: se puede inferir desde la actividad fotosintética (producción de azúcares), hasta regionalizar el cultivo a nivel mundial. Para citar algunos ejemplos, se separan los índices según el componente del clima que considera: índices térmicos e índices hídricos.



## Índices térmicos

**Los Grados Día de Winkler (Amerine y Winkler, 1944).** En general, la temperatura base para la vid se estima en 10°C y las temperaturas por arriba de ese umbral son consideradas como temperaturas activas (Duchêne et al., 2005). El índice de Winkler (1974) o el "Growing Degree Days" (GDD) es el cálculo de la suma de temperaturas medias diarias por encima de 10°C (cero fisiológico del cultivo). La suma de esos valores es calculada por el período del 1° de setiembre al 28 de febrero (en nuestras condiciones de acuerdo al ciclo del cultivo).

**Índice Heliotérmico de Huglin (IH)** mide la cantidad de calor recibido por la planta durante el período vegetativo (fotosintéticamente activo), temperaturas favorables a la fotosíntesis (Huglin, 1978). Fue desarrollado para encontrar una mejor relación entre las condiciones climáticas y el tenor en azúcares de la uva (Ribéreau-Gayon et al., 2000). Al integrar en su fórmula un coeficiente de latitud, toma en cuenta el largo del día. Se calcula a partir de las temperaturas máximas y medias superiores a 10°C de cada día. La suma de estos valores se acumula desde el 1° de setiembre hasta el 28 de febrero (en nuestras condiciones de acuerdo al ciclo del cultivo).

Su fórmula es:  $IH = \sum \{(T_{med} - 10) + (T_{Max} - 10)\} / 2 \cdot k$

Dónde  $T_{Med}$  = temperatura media del aire (°C),  $T_{Max}$  = temperatura máxima del aire (°C),  $k$  = coeficiente largo del día.

**Índice de Frescor de Noches (IF)** (Tonietto, 1999): evalúa las potencialidades cualitativas de las regiones vitícolas y tiene en cuenta la elaboración de los metabolitos primarios por la etapa oscura de la fotosíntesis y los secundarios (antocianos y aromas). Varios estudios demostraron la influencia de la temperatura nocturna sobre los componentes de la uva, sobre todo: ácido málico, antocianos y aromas (Kliewer y Torres., 1972; Tonietto y Carbonneau, 2001; Neethling et al 2011). La combinación de este índice con el IH proporciona una mejor estimación del medio vitícola (Carbonneau, 2000). Se calcula como la media de la temperatura nocturna del mes de maduración.  $IF =$  Temperatura mínima del aire del mes de febrero ( $H_5$ ).

**Temperatura media del mes más cálido** (Prescott, 1969): en las condiciones del país el mes más cálido es enero y caracteriza las temperaturas al comienzo de la maduración de la uva. También es utilizado el número de días con temperaturas mayores a 30°C de noviembre a febrero.

## Índices hídricos

**Índice de Balance Hídrico potencial de Riou, llamado Índice de Sequía (IS)** (Tonietto, 1999), es la resultante de los aportes y pérdidas en agua calculados sobre un período determinado en un volumen de suelo (de setiembre a febrero, en nuestras condiciones de acuerdo al ciclo del cultivo).

Su fórmula es  $IS = W = W_0 + P - T_v - E_s$ .

Donde  $W$  = estimación de la reserva hídrica del suelo en un período dado;  $W_0$  = reserva hídrica inicial útil del suelo, explorable por las raíces;  $P$  = pluviometría;  $T_v$  = transpiración potencial del viñedo;  $E_s$  = evaporación directa a partir del suelo.  $IS$  es calculado sobre un período de seis meses, mes por mes, a partir de los valores mensuales de:  $P$ , Evapotranspiración Potencial ( $ETP$ ),  $T_v$  y  $E_s$ .

## **Umbrales de temperatura por órgano y momento del ciclo y precipitaciones**

### **Necesidades de temperatura - Umbrales Térmicos**

La vid, a diferencia de los frutales de hoja caduca, tiene escasos requerimientos de temperaturas bajas que dependen de la variedad y requerimientos de temperaturas altas para que ocurran determinados procesos fisiológicos a la interna de la yema. (Pouget, 1988; Mohamed et al. 2010; Di Lena et al. 2012). García de Cortazar, (2006) propone un método de cálculo de estas necesidades térmicas a partir de los modelos de Bidabe (1965) y Richarson (1974). Entre febrero y julio (HN) se suman las necesidades de bajas temperaturas y para las necesidades de temperaturas altas (superiores al cero fisiológico de 10°C) de julio a setiembre (HN). Según este autor, en general los requerimientos en temperaturas bajas, no son limitantes para el cultivo ya que son cuantitativamente mínimos.

El óptimo para la actividad de fotosíntesis está estimado en 15°C nocturna /25°C diurna (Hunter y Bonnardot, 2011), con detención del proceso a temperaturas superiores a 35°C. Para el crecimiento vegetativo, Lebon (2002) determinó temperaturas de entre 15 a 25°C de setiembre a abril (HS).

Para otros procesos fisiológicos:

- Crecimiento radicular: la temperatura mínima es de 10°C, con un óptimo de entre 20 °C y 30°C (Champagnol, 1984, Huang et al., 2005).
- Inducción temperaturas comprendidas entre 20°C y 25°C de acuerdo a la variedad (noviembre).
- Floración-cuajado temperaturas comprendidas entre 20 °C y 25°C (15 °C -25°C nocturna/diurna), con efecto negativo con T° < 12°C (Noviembre-diciembre) (Keller et al., 2010).
- Crecimiento de la baya: T° elevada disminuye tamaño: efecto sobre multiplicación y agrandamiento celular (Kliewer, 1977). Óptimo: 20 °C y 25°C (diciembre-febrero).
- Composición de la uva T° > 35°C se afecta el contenido en antocianos, azúcares y ácidos, el régimen térmico durante este período 25 °C-15 °C diurno/nocturno, siendo el óptimo de 20 °C (Mori et al., 2007; Goto-Yamamoto et al., 2010).

Cuando se refiere a la temperatura del aire como riesgo, se hace referencia al perjuicio que puede ocasionar la ocurrencia de temperaturas por encima de las máximas o por debajo de las mínimas críticas. En especial la ocurrencia de bajas temperaturas del aire es un aspecto relacionado con el clima, que provoca importantes pérdidas económicas en la agricultura de zonas templadas y subtropicales. En Uruguay, las heladas (helada meteorológica se define como temperatura del aire menor o igual a 0°C en casilla meteorológica y 1,5 m de altura) son en su gran mayoría por procesos de enfriamiento radiactivo. En el caso de la viticultura, las heladas que resultan particularmente problemáticas son las heladas tardías o de primavera. Esto es por la mayor sensibilidad de las plantas de vid en los primeros estados de desarrollo vegetativo y reproductivo a la ocurrencia de bajas temperaturas (Pedocchi y Ferrer, com. pers.)

### **Umbrales hídricos**

La lluvia juega un rol indirecto sobre el desarrollo vegetativo y sobre la maduración de la uva, determinándose el régimen hídrico de la vid, por la reserva hídrica del suelo. El cre-

cimiento estará limitado en situaciones de déficit hídrico (Zufferey y Murisier, 2004), afectando el desarrollo radicular; el crecimiento vegetativo y generalmente baja la producción (Hulgin y Scheneider, 1998). Estudios sobre el efecto del estado hídrico en la vid, muestran el efecto positivo del estrés hídrico moderado sobre la acumulación de azúcares, polifenoles, la degradación de ácido málico, la producción de bayas pequeñas y la disminución del rendimiento (Ojeda et al, 1999; Van Leeuwen et al., 2004). La tolerancia al déficit hídrico depende de la variedad, porta-injerto y su efecto puede ser negativo sobre el potencial aromático en uvas blancas (Schultz, 2000; Sousa et al., 2006). Para evaluar el estado hídrico de la planta se puede calcular el índice de sequía, el cuál muestra mediante categorías, cuándo estaría sucediendo estrés hídrico.

En referencia a los umbrales en este cultivo hay que considerar los excesos de lluvias que se registran en particular en el período de maduración, es una limitante fundamental en la composición y la sanidad de la uva.

### 4.3. RESULTADOS

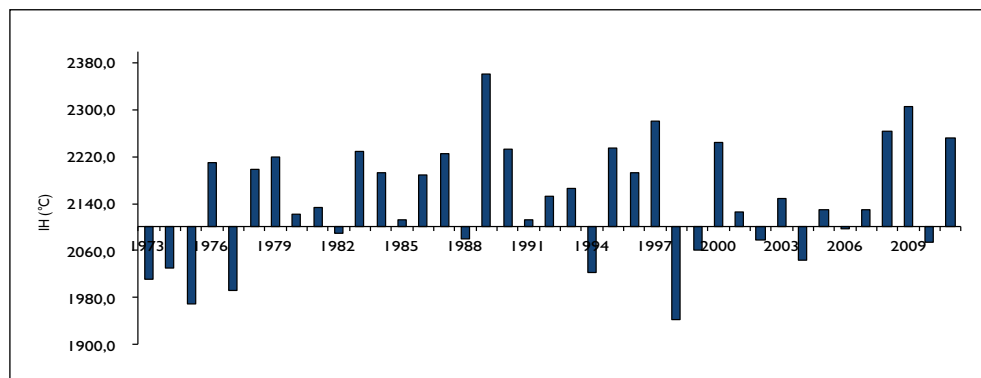
A continuación se muestra la evolución temporal de los principales componentes de clima (temperatura y precipitaciones), como también la de aquellos índices bioclimáticos adaptados al cultivo de la vid. La base de datos climáticos utilizada fue la de la Estación del INIA Las Brujas, tomándose una serie de años del 1972 a 2012.

#### Caracterización de la variabilidad climática relevante

##### Componente Térmica

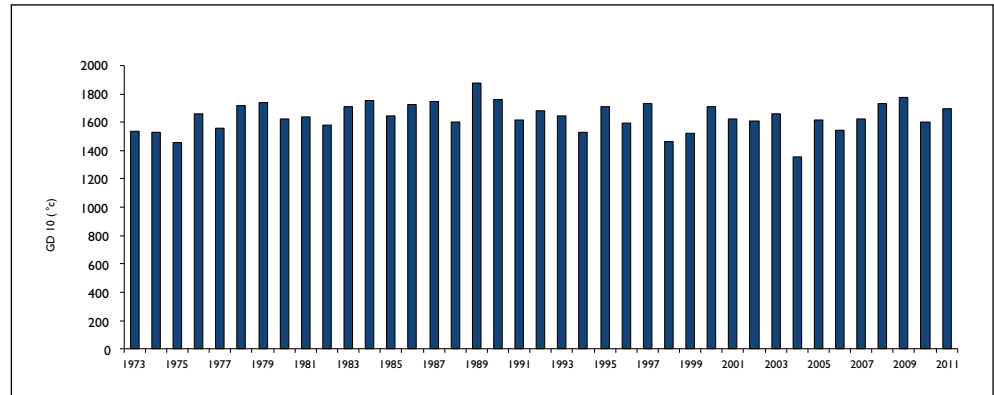
Los valores del IH (Huglin, 1978) están estandarizados para definir tipos climáticos comparables entre regiones y años (Figura 4.1). El valor histórico para la zona sur del país es de 2100 que según la clasificación climática del IH, corresponde al tipo climático “templado”.

A partir de las variaciones del Índice se pueden estimar las climáticas, así índices superiores a 2100 corresponden al tipo de clima “templado a cálido”. Para la serie de años estudiada, la mayoría de los años se encuentran superando la clase climática de templada, tal como lo citan Neethling et al. (2011).



**Figura 4.1.** Evolución del Índice Heliotérmico de Huglin (IH) respecto a la valor histórico 2100, para el período 1972-2011

La suma de esos valores de GDD (Winkler et al., 1974) es calculada para el período del 1 de setiembre al 28 de febrero correspondiente al ciclo del cultivo.

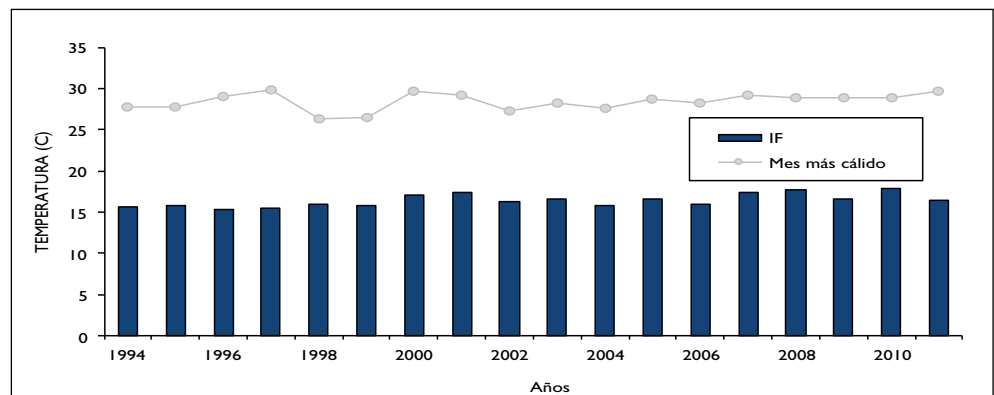


**Figura 4.2.** Evolución de los Grados Día Base 10 (GD) para el período 1972-2011

Los Grados Día en base 10 es un índice muy relacionado a IH, que presenta como limitante la sub-estimación de temperaturas elevadas durante el día. En la Figura 4.2 se puede observar la evolución de los GDD. Los años más calurosos fueron aquellos que superan el valor de 1667 de GD de regiones cálidas. Para las condiciones del país, no hubo ningún año de la serie que corresponda a la región muy cálida, con valores mayores a 1945 GD acumulados en la temporada.

La temperatura, expresada en los próximos casos como suma térmica (GD o IH), indica como transcurren los procesos fisiológicos. Cuando mayor es la acumulación diaria, más cortos serán los estados fenológicos como por ejemplo la etapa de maduración (Agenis, 2005; Tomasi et al., 2011). Como consecuencia de esto, la composición de la uva se puede modificar.

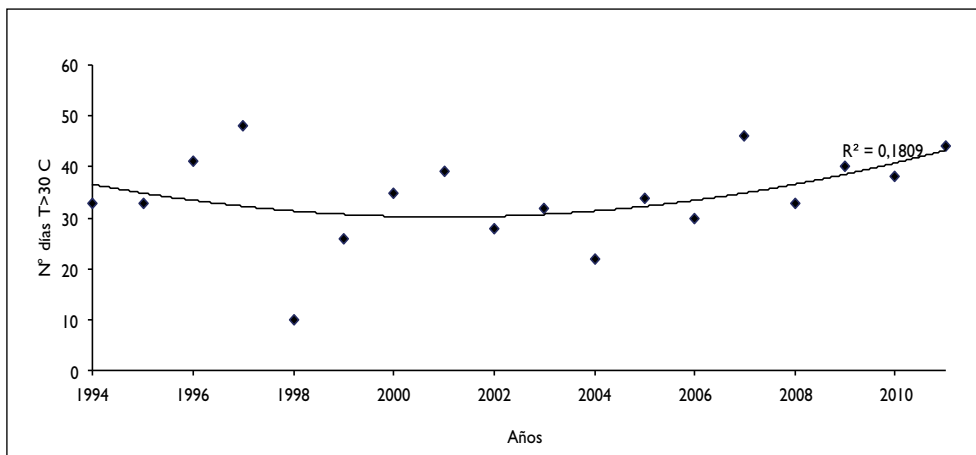
La evolución del IF (Tonietto, 1999; Tonietto y Carbonneau, 2001), que estima la influencia de la temperatura nocturna sobre los componentes de la uva, se muestra en la Figura 4.3.



**Figura 4.3.** Evolución del Índice de Frescor nocturno (IF) y Temperatura media máxima del mes más cálido (enero) para el período 1994-2011

Se observa que la evolución del IF junto con la Temperatura media máxima (°C) del mes más cálido registran un aumento en las temperaturas nocturnas que puede conducir a la pérdida de calidad de la cosecha, entre otros factores, se reduce: la acidez, el potencial aromático y el contenido de azúcares (Duchêne y Schneider, 2005).

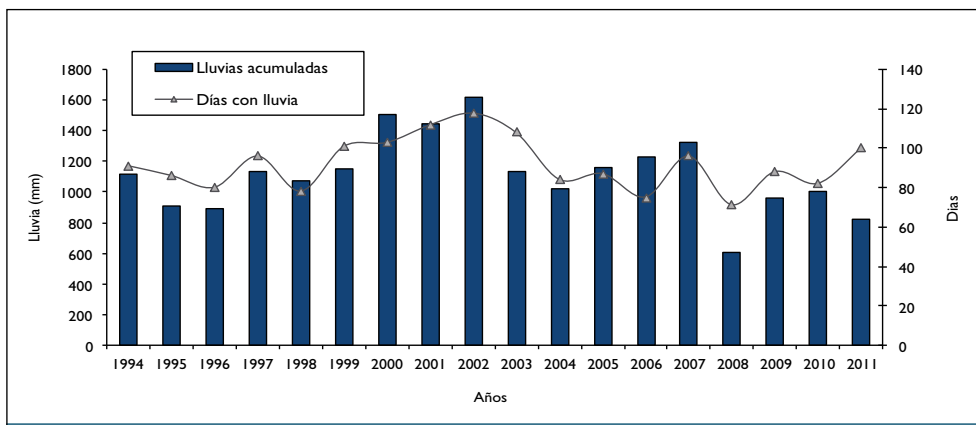
Es importante analizar el número de días con temperaturas mayores a los 30°C, debido a que las temperaturas extremas aceleran la degradación de antocianos y la disminución de la acidez (Keller et al., 2010). Se puede apreciar el 1998 con muy pocos días con altas temperaturas, y en el extremo, están los años 1997, 2007 y 2011 con veranos muy calurosos (Figura 4.4)



**Figura 4.4.** Número de días con temperatura mayor a 30° C para el período 1994-2011

### Componente Hídrica

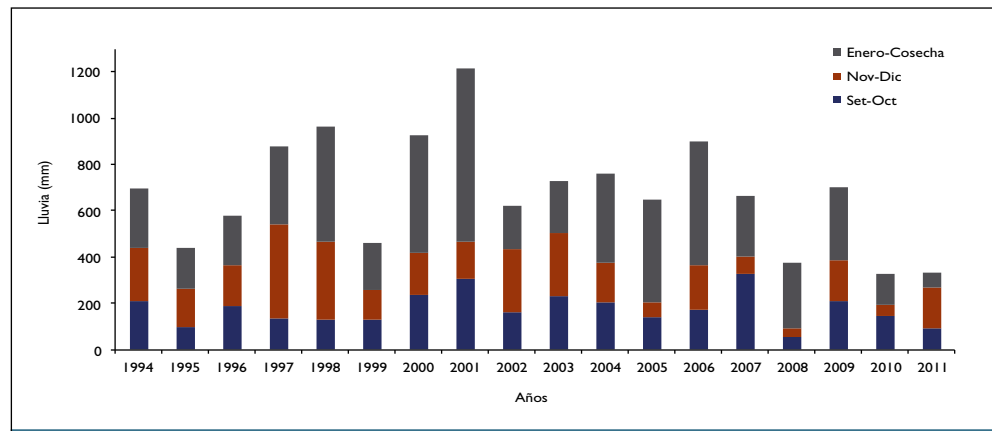
En cuanto a la componente hídrica, se analizan las precipitaciones acumuladas (mm) durante todo el año y el número de días con lluvias (Figura 4.5). Para el período estudiado,



**Figura 4.5.** Precipitaciones acumuladas (mm) y número de días con lluvias durante el ciclo del cultivo para el período 1994-2011

se destacan años con precipitaciones cercanas a los 1500 mm y más de 100 días con ocurrencias de lluvias. El 2011 fue un año con muchos días de ocurrencias de lluvias pero de baja intensidad.

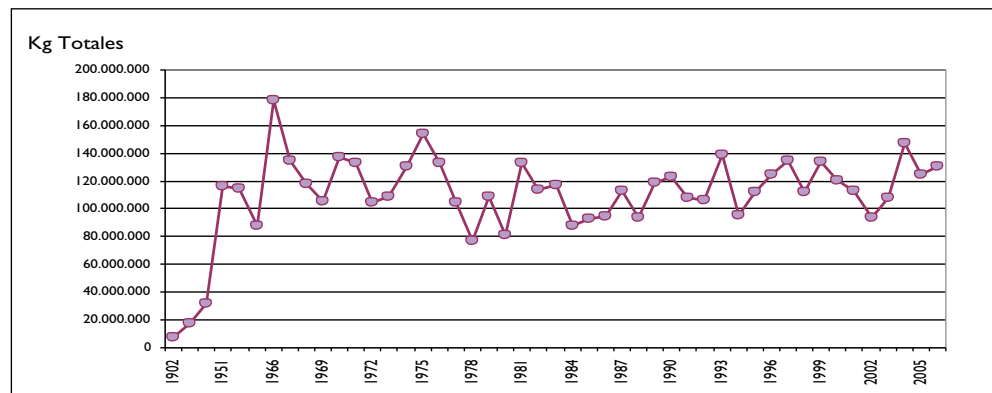
Al observar las precipitaciones durante el ciclo del cultivo, se pueden distinguir los años más lluviosos de los más secos. Es muy importante saber la distribución de las precipitaciones durante el ciclo, ya que las lluvias durante el período de enero a marzo no son favorables para una correcta maduración (Van Leeuwren *et al.*, 2004). Ejemplos extremos son los encontrados en los años 2010 y 2011, en los cuales la acumulación de lluvias durante enero hasta la cosecha fue de 132 mm y 67 mm respectivamente.



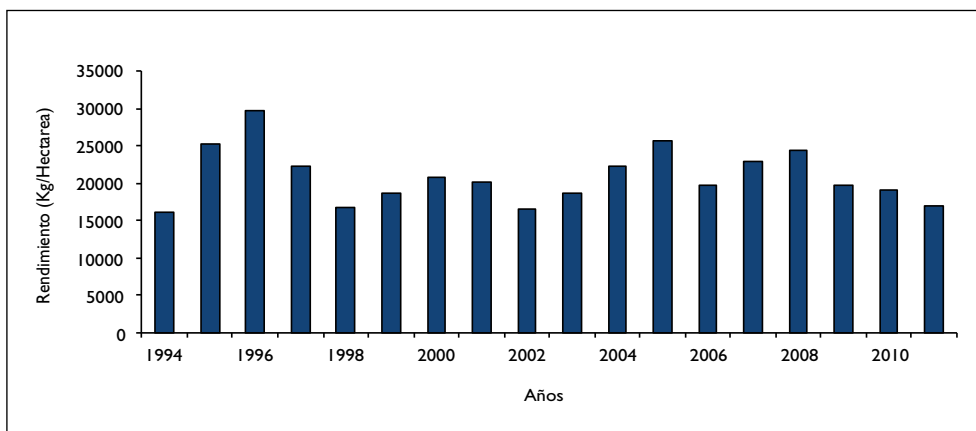
**Figura 4.6.** Precipitaciones acumuladas (mm) durante el ciclo del cultivo según períodos críticos, para el período 1994-2011

### Análisis de la variabilidad del rendimiento

Para ilustrar la variabilidad del rendimiento anual, se presenta la evolución de una serie de años totales de INAVI y de las parcelas de ensayo de la FAGRO que serán utilizadas para analizar el “efecto año” (Figuras 4.7 y 4.8).



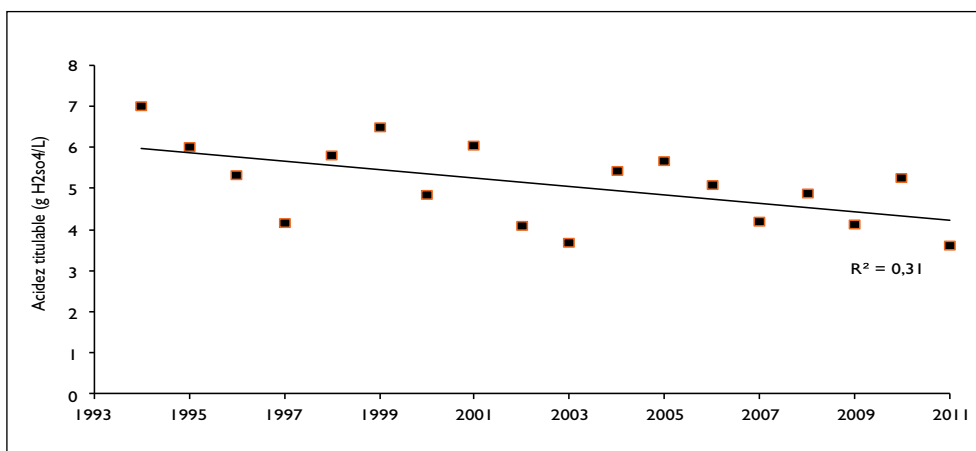
**Figura 4.7.** Evolución del Rendimiento total nacional en kilos. Fuente: INAVI, 2006



**Figura 4.8.** Rendimiento por hectárea del cv. Tannat de las parcelas de ensayos Facultad de Agronomía – Viticultura

### Evolución de la composición de la uva en cosecha

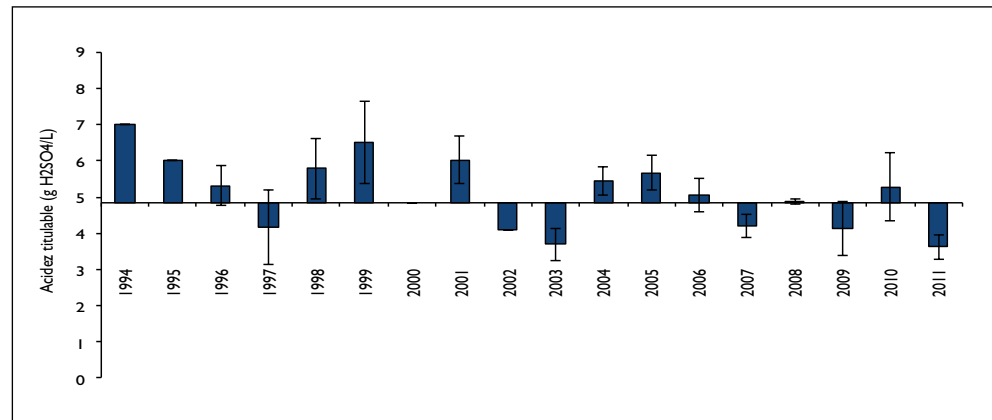
Para observar la evolución de la composición de la uva de Tannat en los últimos 18 años, se muestran los resultados de los contenidos en acidez ( $\text{g H}_2\text{SO}_4/\text{l}$ ), sólidos solubles ( $\text{g/l}$ ) y pH de uvas de Tannat al momento de la cosecha (Figura 4.9).



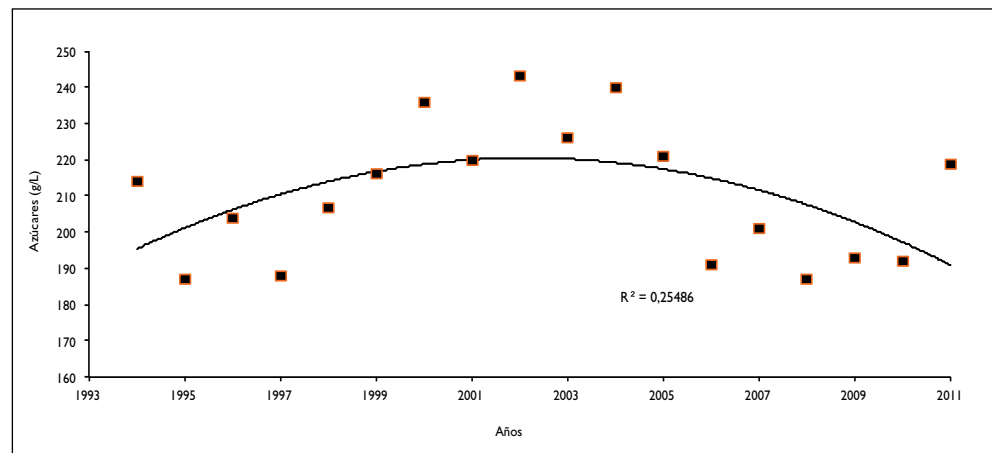
**Figura 4.9.** Evolución de la acidez titulable ( $\text{g H}_2\text{SO}_4/\text{L}$ ) en uvas de Tannat durante el periodo 1994 a 2012

Las composición ácida de las uvas se explican por la presencia de los ácidos tartárico y málico mayormente (representan más del 90% de los ácidos de la uva), y son sintetizados principalmente en las bayas. Los ácidos descienden su concentración durante la maduración, lo que depende del ácido y sucede por diferentes mecanismos. El ácido málico es activamente metabolizado durante la maduración, como sustrato del proceso de respiración. Este último proceso de respiración, muy dependiente de la temperatura, es el que determina la composición final en ácidos débiles en uvas (ácido málico). En contrapartida,

la disminución en la concentración en ácido tartárico es debida, principalmente, a dilución y salificación (principalmente con potasio) (Bergquist et al., 2001).



**Figura 4.10.** Variación de la Acidez titulable de la uva de Tannat en relación a la media (4,85 gH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/L) para el período 1994-2011



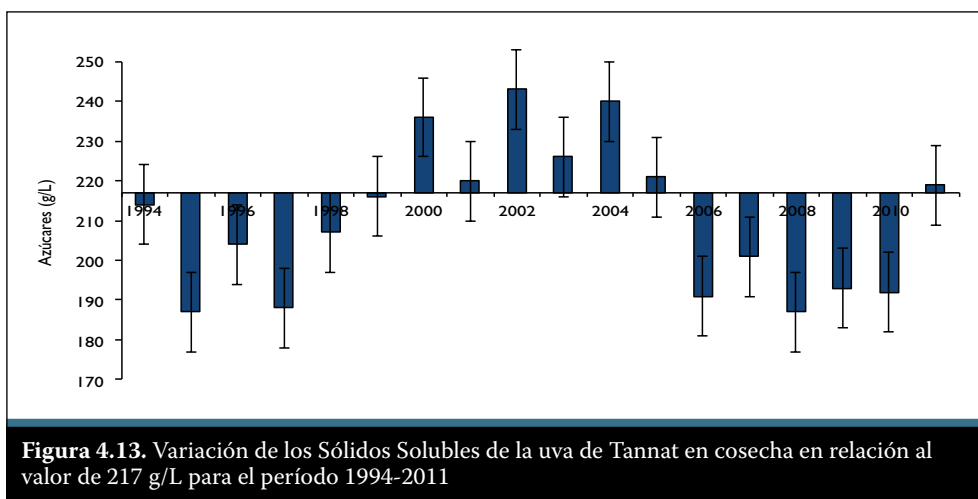
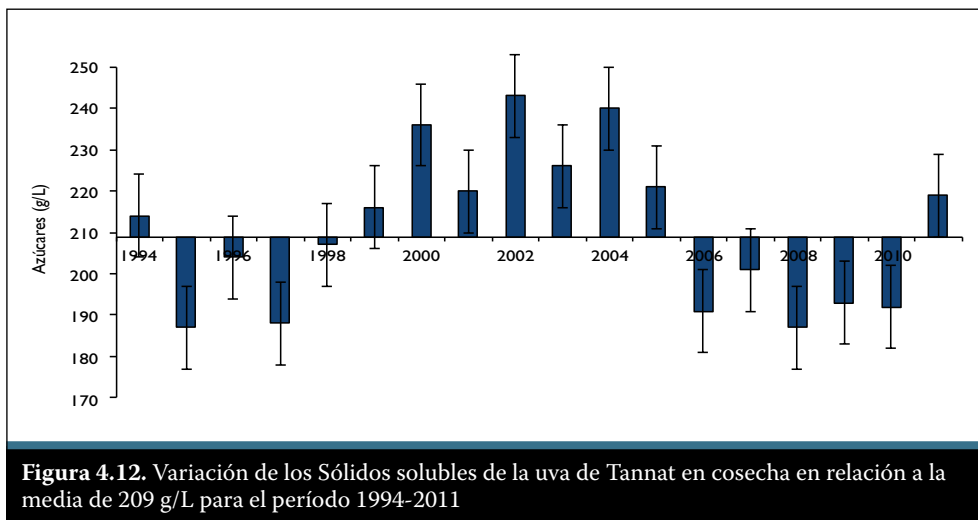
**Figura 4.11.** Evolución de los sólidos solubles (g/L) en uvas de Tannat durante el periodo 1994 a 2011

La evolución de la acidez titulable al momento de la cosecha presentó una tendencia significativa a disminuir ( $R^2 = 0,31$ ;  $p = 0,0164$ ), tal como indican otros autores (Lebon, 2002; Duchêne y Schneider, 2005; Bock et al., 2011). Cuando se observan los desvíos con respecto a la media, se puede constatar la tendencia a la baja.

La evolución del contenido de sólidos solubles (g/L) muestra la variabilidad de este componente que depende del año. Para este compuesto, no se encuentra ninguna tendencia ( $R^2 = 0,01$ ;  $p = 0,766$ ), como muestran otros trabajos con tendencia a un aumento de este compuesto (Lebon, 2002; Duchêne y Schneider, 2005).



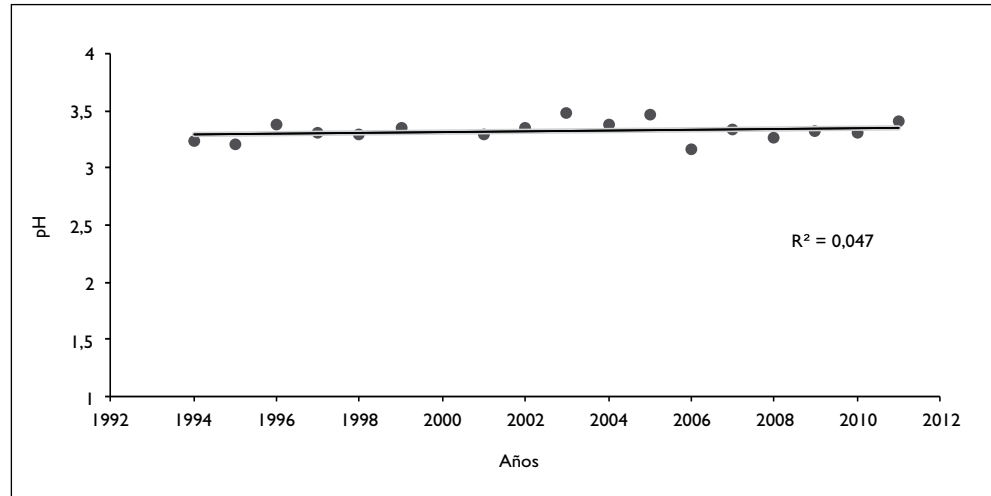
El desvío de sólidos solubles en función a la media, muestra la gran variación de este compuesto para el mismo año (variabilidad dentro de los productores). A su vez, se observan claramente ciclos de baja acumulación de azúcares, contra un grupo de años de mayor acumulación (años del 1999 a 2005).



En las figuras se muestran los desvíos en sólidos solubles finales de uvas Tannat en relación al promedio del período (209 g/L) y en relación al valor mínimo de sólidos solubles a alcanzar para elaborar un vino de categoría vCP (217 g/L).

El valor de 180 g/L de sólidos solubles en uva equivalen a 10 % v/v de alcohol potencial, que es el valor mínimo para la elaboración de vino. En todos los años de la serie se alcanzó ese valor. Sin embargo, si se considera que el producto a realizar será comercializado como vCP., las exigencias están en el entorno de los 12 % v/v que corresponde aproximadamente a 217 g/L. Para la mayoría de los años no se alcanzan valores necesarios de azúcares.

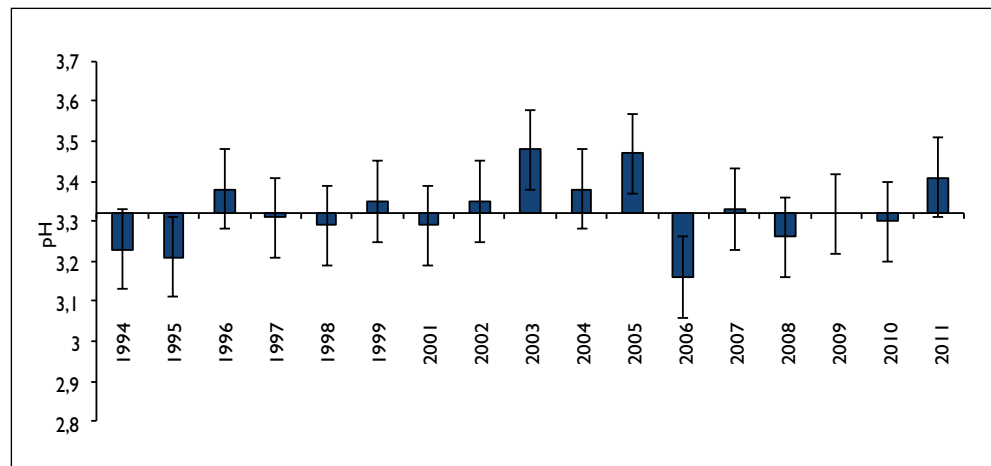
La variación del pH en uvas de Tannat no es muy elevada, debida mayormente a que su valor es una de las variables que determinan el momento de cosecha ( $R^2 = 0,05$ ;  $p = 0,403$ ).



**Figura 4.14.** Evolución del pH en uvas de Tannat durante el período 1994 a 2012

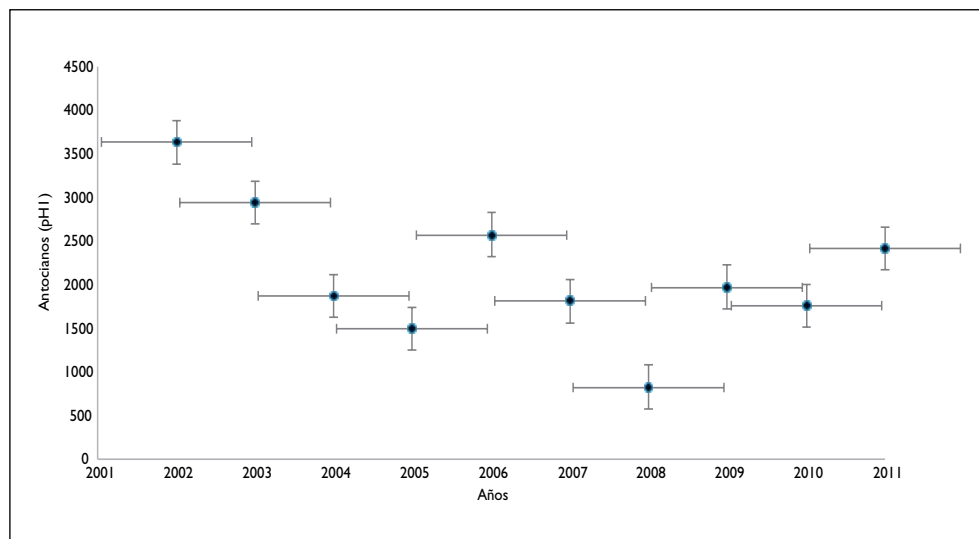
Para la variedad Tannat valores de pH en torno a 3,3 - 3,4 son utilizados como decisión de cosecha bajo un criterio de índice de madurez tecnológica.

Un pH muy elevado del mosto es negativo al momento de la vinificación por una posible inestabilidad microbiológica, inestabilidad de color, condiciona la eficiencia de los aditivos (anhídrido sulfuroso) y también a nivel sensorial (vinos poco ácidos). Esta situación conlleva muchas veces a realizar mayores correcciones a nivel de bodega. Ejemplos de estas situaciones son los valores de pH alcanzados los años 2003 y 2005.



**Figura 4.15.** Variación del pH de la uva de Tannat según la media de 3,32 para el período 1994-2012

Los tenores en antocianos en las uvas tintas son fundamentales en determinar la calidad de sus vinos ya que determinan el color. El balance y la degradación de estos compuestos están determinados, entre otros factores por las condiciones térmicas del año. En la Figura 4.16 se pueden diferenciar años de alto tenor en estos compuestos (2002) en relación al 2008. Esta diferencia entre años significa el valor del vino, que en el 2002 alcanzó una calidad excepcional.

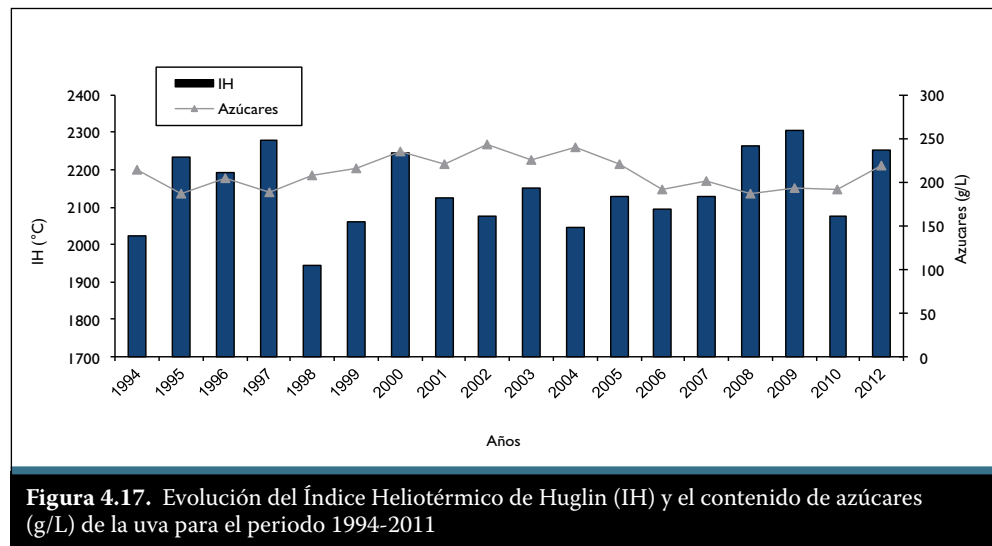


**Figura 4.16 .** Evolución y variación de los Antocianos de las uvas de Tannat durante el periodo 2002 a 2011

### Análisis de la relación clima - vid

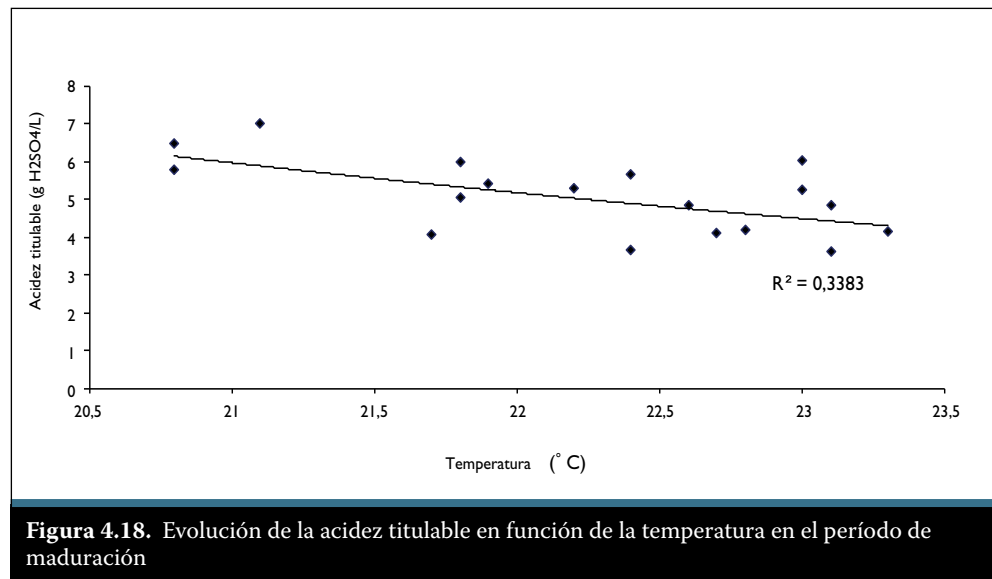
Huglin y Schneider (1998) y Zorer et al. (2005), demuestran la correlación existente entre la temperatura y los sólidos solubles, utilizado para regionalizar del punto de vista de la acumulación de azúcares y por lo tanto la potencialidad de madurar la uva en Europa (Roiu, 1994). Ferrer (2007) determinó una correlación de  $R^2 = 0,70$  entre el IH y el contenido de sólidos solubles de uvas Tannat, Cabernet Sauvignon y Merlot provenientes de los diferentes departamentos del Uruguay. Las relaciones entre el contenido final de sólidos solubles de la uva y el IH ( $R^2 = 0,11$ ;  $p = 0,172$ ) muestran que no se mantiene la correlación que citada por estos autores.

En la Figura 4.17 se puede observar el efecto de la temperatura del mes más cálido en el tenor en antocianos. De acuerdo con Mori et al (2007) temperaturas elevadas significan que el balance en antocianos es negativo por la degradación de estos compuestos a altas temperaturas. En la misma gráfica se puede observar que los rangos en que estos compuestos son sensibles son muy estrechos. Cualquier aumento en la temperatura significa una disminución de estos compuestos. La falta de color en los vinos como consecuencia de esta disminución, no puede ser corregida en bodega.

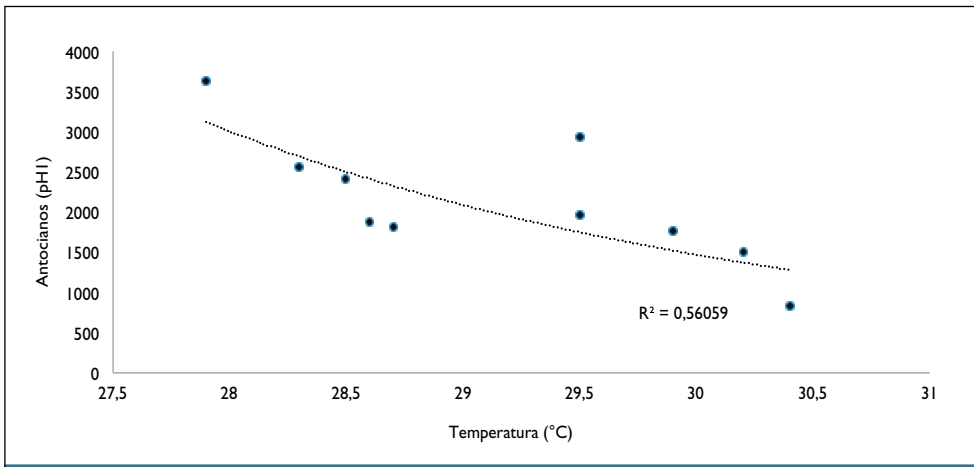


**Figura 4.17.** Evolución del Índice Heliotérmico de Huglin (IH) y el contenido de azúcares (g/L) de la uva para el periodo 1994-2011

En la Figura 4.18 se puede observar la tendencia a la disminución del contenido final de acidez cuando las temperaturas en el período de maduración son elevadas. Ello se determinó en el trabajo de Sadras y Petrie (2011) quienes concluyen que el cambio de la composición de la uva en cosecha se explica al adelanto de la maduración.



**Figura 4.18.** Evolución de la acidez titulable en función de la temperatura en el período de maduración

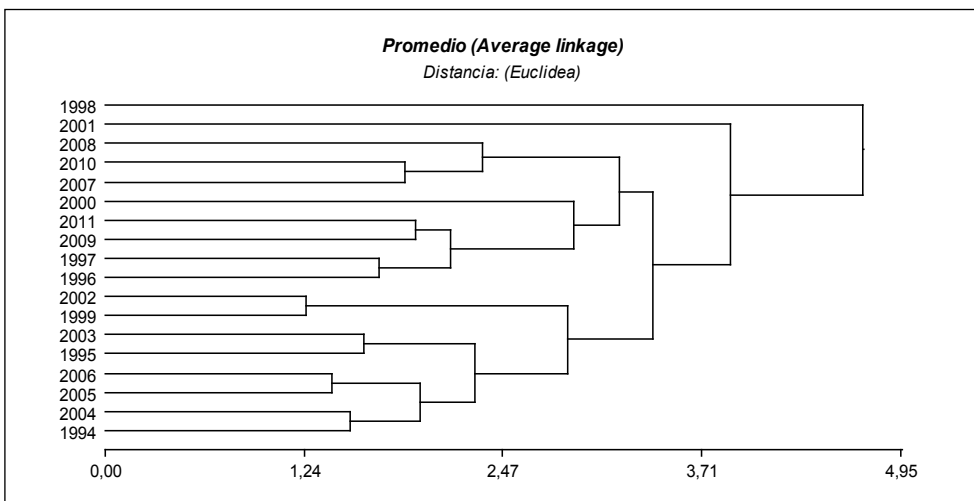


**Figura 4.19.** Evolución del tenor en antocianos en función de la temperatura del mes más cálido (Enero)

### Cluster variables clima y de la vid

El análisis de clusters es utilizado como método exploratorio de datos obteniéndose así un mayor conocimiento sobre la estructura y el relacionamiento entre las variables en estudio. Cabe aclarar que el proceso de agrupamiento conlleva una pérdida de información, pero esta manera de agrupar los datos facilita la visualización entre las variables.

Se presenta un cluster relacionado a través de las variables de clima estudiadas y agrupadas según el año. De dicho cluster se observa que el año 1998 se separa del resto de los años en estudio.



**Figura 4.20.** Dendrograma con las variables del clima

Para evaluar qué variables climáticas tienen mayor peso y estarían explicando ese agrupamiento diferencial, se compara lo sucedido en el 1998 con respecto a otros años que se agrupan de forma diferente (1999 y 2002). En este sentido se detallan índices, temperaturas y la relación entre el rendimiento de la producción de fruta y madera (IR) y el peso de la baya. (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Comparación entre variables de clima entre años contrastantes

Años	GD (°C)	IH (°C)	IF (°C)	Mes más cálido –Enero (°C)	N° días T°>30 Durante la maduración	N° días con precipitaciones de maduración a cosecha	Volumen de precipitaciones de maduración a cosecha (mm)
1998	1467,6	1942,0	16,03	26,32	10	21	497,6
1999	1523,1	2060,8	15,87	26,48	26	30	203,4
2002	1610,5	2077,4	16,24	27,33	28	34	186,8

**Tabla 4.2.** Comparación entre variables de la vid entre años contrastantes

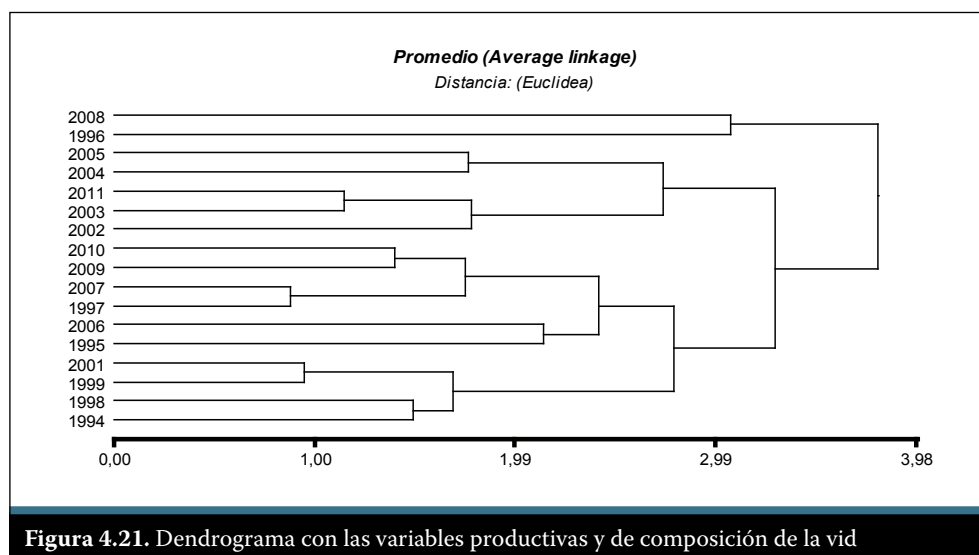
Años	Azúcares (g/L)	Acidez (gH2SO4/L)	pH	Rendimiento (kg/ha)	IR	Peso de la baya (g)
1998	207	5,79	3,29	16719	6,31	1,08
1999	216	6,5	3,35	18699	10,79	1,81
2002	243	4,1	3,35	16621	8,03	1,89

Se verifican diferencias de años, explicadas mayormente por variaciones en temperatura (GD, IH y también número de días con temperaturas mayores a 30°C) y a la acumulación y número de días con precipitaciones. En estos años contrastantes se observaron diferencias en la acumulación de azúcares en cosecha y en el peso final de la baya.

Las precipitaciones y la temperatura, tienen un efecto sinérgico sobre la evolución de la acidez y sobre el pH del fruto. La temperatura elevada provoca la aceleración de degradación de los ácidos, en tanto que las lluvias generan su dilución como consecuencia del agrandamiento del fruto debido a la entrada de agua o por la mayor absorción de potasio (Fregoni, 1999; Hunter y Bornnardot 2002; Conde *et al.* 2007). Según Rouchard (2003) el componente hídrico es el factor más pertinente para explicar la composición en ácido málico de la uva y éste se utiliza para diferenciar el “efecto año y sitio”.

Mayores temperaturas determinan mayor transpiración que ocasionan una mayor translocación de azúcares hacia el fruto y a su vez, se produce una concentración de compuestos por pérdida de agua, lo que estaría explicando entre otras cosas, un aumento en la concentración de azúcares (Dokoozlian *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2003; Jones *et al.*, 2005; Greer, 2012). Sin embargo, Coombe (1987) muestra como la concentración de azúcares se puede ver afectada por temperaturas extremas, viéndose mayor efecto de temperaturas extremas en la acidez que en los sólidos solubles, como se muestra el resultado del estudio.

Se representa un cluster que muestra como se agrupan los años según las variables productivas y de composición del cultivo.



Para comprender qué variables del cultivo son las que explican este agrupamiento entre años se comparan los años 1996 y 2008 (similares entre sí) y 1998 que está en el extremo, el resto de los años de la serie se expresan los valores en promedio.

**Tabla 4.3.** Comparación entre variables del cultivo

Años	Azúcares (g/L)	Acidez (gH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L)	pH	Rendimiento (kg/ha)	IR	Peso de la baya (g)
Media 1996 – 2008	195,5	5,1	3,32	26997	19,8	1,44
1998	207,0	5,8	3,29	16719	6,30	1,08
Resto	211,8	5,2	3,30	20040	9,50	1,70

**Tabla 4.4.** Comparación entre variables del clima para los mismos años

Años	GD (°C)	IH (°C)	IF (°C)	Mes más cálido – Enero (°C)	N° días T°>30 Durante la maduración	N° días con precipitaciones de maduración a cosecha	Volumen de precipitaciones de maduración a cosecha (mm)
Media 1996 – 2008	1661,9	2228,0	16,5	29,0	37,0	22,5	247,5
1998	1467,6	1942,0	16,0	26,3	10	21	497,6
Resto	1592,0	2115,4	16,4	28,3	33,1	23,8	317,3

Al analizarse los años según las variables del cultivo, se desprende que las variables correspondientes a la composición de la uva (azúcares y acidez), como también las variables de rendimiento (IR) son las que más discriminan los años, siendo importante la variación del rendimiento por hectárea. El año 1998 es el más fresco (temperaturas diurnas y nocturnas más bajas y menor número de días con temperatura > a 30°C) y lluvioso, lo que explica

el menor rendimiento, mostos más ácidos y bayas mas chicas. En el opuesto, 1996 y 2008 son años cálidos (temperaturas diurnas y nocturnas más altas y mayor número de días con temperatura > a 30°C) y con déficit hídrico durante la maduración. El conjunto de estas condiciones explicarían el tenor bajo en azúcares por una detención de la fotosíntesis y un rendimiento importante con un menor crecimiento vegetativo, el que se puede evaluar por el valor del Índice de Ravaz (IR).

#### **4.4. FACTORES PRINCIPALES QUE DETERMINAN LA SENSIBILIDAD Y MATRICES DE SENSIBILIDAD**

El efecto del adelanto de la maduración, provoca un cambio en la composición de las uvas en cosecha. El resultado más significativo se observa en la acidez final de la uva, lo que nos interpela a cambios en la gestión de la vinificación.

Sensibilidad	
Alta	Red
Media	Amarillo
Baja	Verde

Se diseñaron las matrices para evaluar sensibilidad del cultivo de la vid según las amenazas climáticas que más afectan al cultivo: altas temperaturas, heladas y lluvias de verano. Para todas las matrices se utiliza para calificar el nivel de sensibilidad la siguiente categorización:

#### **Factores principales que determinan la capacidad adaptativa y matrices de capacidad adaptativa**

En este caso, la capacidad adaptativa del predio se relaciona con:

- El contar o no con asesoramiento técnico.
- Nivel de acceso a medios de comunicación.
- Adopción de tecnologías.
- Tipo de explotación, dividiéndolos en familiar y empresarial.



## Matrices de sensibilidad

Amenaza: Altas temperaturas diurnas y nocturnas

Factor: Sensibilidad

Decisor: Productor

	Internos						Externos			
	Variedad		Sistema Conducción		Riego		Destino final uva		Tipo suelo	
	Uva tinta	Uva blanca	Lira	Espaldera	Si	No	Uva vino común	Uva vino fino	Mayor capacidad reserva de agua	Menor capacidad reserva de agua (lámina < 110mm)
<b>Variedad</b>										
Uva tinta				Afecta composición: antocianos	En un sistema de riego complementario, favorece la composición (acidez)		Tener una calidad menor no afecta la elaboración de vino común	Afecta la composición final de la uva (polifenoles)		
Uva blanca			Puede provocar quemado de uvas al estar más expuestas	Afecta composición: menor acidez	En un sistema de riego complementario, favorece la composición (acidez)		Tener una calidad menor no afecta la elaboración de vino común	Afecta la composición final de la uva (acidez)		
<b>Sist. Cond.</b>										
Lira					Favorece vigor. Mayor superposición de follaje. Mayor Humedad y menor T. Afecta composición final de la uva (mayor acidez)	Mayor evapotranspiración. HR es menor		Si se dispone de mano de obra para mantener el sistema, no sería muy sensible		Más restringida que Espaldera por el área foliar (mayor ETP). Hay que prever riego
Espaldera					Se favorece el crecimiento vegetativo, y por lo tanto la superposición. Esto afecta la composición de la uva (mayor acidez)	Mayor superposición de follaje. Mayor Humedad y menor T. Afecta composición final de la uva (mayor acidez)		Se superpone mano de obra para manejar los racimos expuestos		
<b>Irrigación</b>										
Si								Con un sistema de riego racional que no favorezca el crecimiento vegetativo		
No							Baja el rendimiento de uva para vino común si no hay disponibilidad de riego			
<b>Destino final Uva</b>										
Vino común										
Vino fino										Se debe favorecer un estrés hídrico moderado para obtener calidad en la composición final de la uva
<b>Tipo suelo</b>										
Mayor capacidad reserva de agua										
Menor capacidad reserva de agua (lámina < 110mm)										

Amenaza: Bajas temperaturas, últimas heladas

Factor: Sensibilidad

Decisor: Productor

	Internos								Externos			
	Variedad		Momento poda		Tipo de poda		Sistema Conducción		Manejo de suelos		Situación topográfica	
	Brotación temprana	Brotación Tardía	Temprano	Tardía	corta	larga	Lira	Espaldera con tronco bajo (menor a 60cm)	Cortes sucesivos de pasto + control malezas fila	Sin cortes sucesivos de pasto y/o sin control malezas fila	Alto	Bajo
Variedad												
Brotación temprana			Podar temprano provoca la brotación temprana y por lo tanto, mayor exposición a la ocurrencia de heladas	Podar más tarde favorece una brotación más tardía	Con este sistema de poda se adelanta la brotación	Este sistema de poda atrasa la brotación	Si la helada es muy severa, puede causar daño aunque los brotes estén más elevados	Brotos más expuestos en zonas más bajas		Mayor daño por helada al no favorecer la ventilación a la altura del suelo		Mayor probabilidad de heladas en zonas bajas y mayor daño en variedades tempranas
Brotación Tardía			Se puede provocar un adelanto de la brotación y por ende, mayor exposición		Igual adelanta la brotación					El incorrecto manejo de malezas provoca mayor exposición al daño		En esta situación topográfica hay mayor riesgo de daño, a pesar de que las plantas broten más tarde
Momento Poda												
Temprano							Brotos sensibles pero con mayor altura, por lo tanto no tan expuestos	Brotos más expuestos en zonas más bajas	Si la helada es muy severa, puede causar daño por el tipo de brotación	Mayor daño por helada al no favorecer la ventilación a la altura del suelo en brotaciones tempranas	Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño	Mayor probabilidad de heladas en zonas bajas y mayor daño con podas tempranas
Tardía										Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño		Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño
Tipo de poda												
corta										Mayor daño por helada al no favorecer la ventilación a la altura del suelo en brotaciones tempranas	Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño	Mayor probabilidad de heladas en zonas bajas y mayor daño con brotaciones tempranas
larga										Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño		Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño
Sistema de Conducción												
Lira												Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño
Espaldera											Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño	Brotos bajos en situaciones bajas presentan mayor riesgo a sufrir daños
Manejo de suelos												
Cortes pasto + control malezas												
Sin corte pasto y/o sin control malezas											Si hay ocurrencia de helada muy tardía, puede igualmente causar daño	
Topografía												
Alto												
Bajo												

Amenaza: Precipitaciones en verano (enero y febrero)

Factor: Sensibilidad

Decisor: Productor

Internos												Externos	
Variedad		Sistema Conducción		Tipo de poda		Manejo en verde		Fertilización Nitrogenada		Tipo suelo			
Uva tinta	Uva blanca	Lira	Espaldera	Corta	Larga	Mejora micro-clima	No mejora Micro-clima	Alta (más de 60 UN por ciclo)	Consumo cultivo (menos de 60 UN por ciclo)	Vertisoles	No Vertisol		
Variedad													
Uva tinta			Problemas de sanidad por humedad en racimos	La poda corta provoca un crecimiento de brotes más juntos, por lo tanto los racimos se encuentran en condiciones de alta humedad, aunque la mayoría de uvas tintas tengan menor tendencia a pudrirse			Asociado con la humedad en los racimos y por ende, su tendencia a pudrirse	Mayor vigor por las altas dosis nitrogenadas ayudan a presentar graves problemas sanitarios		Existen graves problemas de sanidad en suelos arcillosos			
Uva blanca		Problemas de sanidad por sensibilidad de las uvas blancas, a pesar de tener micro-clima más favorable (racimos péndulos)	Problemas de sanidad por humedad en racimos, además de mayor tendencia a pudrirse en uvas blancas	La poda corta provoca un crecimiento de brotes más juntos, por lo tanto los racimos se encuentran en condiciones de alta humedad	La poda larga permite un crecimiento de brotes menos juntos, por lo tanto los racimos se encuentran en condiciones de menor humedad	Estas uvas son más sensibles a los problemas de sanidad asociados a las lluvias en maduración	Asociado con la humedad en los racimos y por ende, su tendencia a pudrirse	Mayor vigor por las altas dosis nitrogenadas ayudan a presentar graves problemas sanitarios		Existen graves problemas de sanidad en suelos arcillosos, más acentuado en uvas blancas			
Sistema Con.													
Lira				Mayor efecto de tipo de poda por micro-clima de racimos, independiente del sistema de conducción			Sin manejo en verde, se puede provocar un ineficiente tratamiento fitosanitario, por ejemplo, por la falta de penetración de producto	Mayor vigor afecta la sensibilidad sanitaria		Suelos arcillosos junto a racimos más sueltos tienen menores problemas de podredumbres			
Espaldera				Mayor efecto de tipo de poda por micro-clima de racimos, independiente del sistema de conducción			Racimos maduran en malas condiciones: alta humedad, poca ventilación y poca eficiencia de tratamientos fitosanitarios por poco contacto	Racimos maduran en malas condiciones fomentado por el alto vigor		Suelos arcillosos junto a racimos de espalderas tienen más problemas de podredumbres			
Tipo de poda													
Corta							Sin manejo en verde con poda corta, el micro-clima de los racimos es muy propenso a podredumbres	Racimos maduran en malas condiciones fomentado por el alto vigor		Racimos maduran en malas condiciones fomentado por el alto vigor			
Larga							La poda larga mejora un poco más el micro-clima de racimos	El vigor fomentado por la fertilización, aumenta la incidencia de enfermedades en hojas y racimos		Suelos arcillosos son más propensos a enfermedades criptógamas			
Manejo verde													
Mejora Micro-clima								El vigor fomentado por la fertilización, aumenta la incidencia de enfermedades en hojas y racimos		Suelos arcillosos son más propensos a enfermedades criptógamas			
No mejora Micro-clima								Racimos maduran en malas condiciones fomentado por el alto vigor e inadecuado manejo	Sin manejo en verde, se provocan malas condiciones de maduración de racimos: alta humedad y poca ventilación	La tendencia de aumento de podredumbres en suelos arcillosos, sumado al poco manejo en verde, hace que los racimos sean muy susceptibles a podredumbres			
Fertilización Nitrogenada													
Alta										Racimos maduran en malas condiciones fomentado por el alto vigor	El vigor genera mayor susceptibilidad a enfermedades en hojas y racimos		
Normal										Suelos arcillosos son más propensos a enfermedades criptógamas			
Tipo suelo													
Vertisoles													
No Vertisol													

## Matriz de capacidad adaptativa

Factor: Capacidad adaptativa

Decisor: Viticultor

	Acceso asesoramiento		Posibilidad de agruparse (Gremiales, Grupo de productores, Asociaciones)		Acceso comunicación y servicios			Posibilidad de adoptar tecnologías (maquinaria, etc.)		Tipo explotación	
	Si	No	Si	No	Buena	Regular	Mala	Total	Parcial	Familiar	Empresarial
<b>Acceso asesoramiento</b>											
Si			Los grupos o asociaciones presentan técnicos que pueden contribuir a aumentar la capacidad adaptativa	Los grupos o asociaciones presentan técnicos que pueden contribuir a aumentar la capacidad adaptativa	El asesoramiento facilita la comunicación y el productor mediante el acceso a la comunicación y servicios puede adoptar medidas adaptativas	Si bien el asesoramiento facilita la comunicación, si el productor no tiene fácil acceso a la comunicación y servicios, la capacidad adaptativa disminuye	Si bien el asesoramiento facilita la comunicación, si el productor no tiene fácil acceso a la comunicación ni a los servicios, la capacidad adaptativa disminuye	El asesoramiento facilita la adopción de técnicas adaptativas al cambio y la variabilidad climática	El asesoramiento facilita la adopción de técnicas adaptativas al cambio y la variabilidad climática, pero si el viticultor no puede adoptar parte de dichas técnicas, pierde capacidad adaptativa	El asesoramiento facilita la adopción de técnicas adaptativas al cambio y la variabilidad climática	El asesoramiento facilita la adopción de técnicas adaptativas al cambio y la variabilidad climática
No					La falta de asesoramiento muchas veces limita la capacidad de interpretación de información	La falta de asesoramiento muchas veces limita la capacidad de interpretación de información	Estos viticultores quedan aislados para adoptar medidas adaptativas	Un viticultor que puede adoptar tecnologías, tiene una elevada capacidad adaptativa	La ausencia de asesoramiento y posibilidad parcial de adoptar tecnología disminuye la capacidad adaptativa	Estos viticultores muchas veces quedan aislados para adoptar medidas adaptativas, pero el tipo de explotación (familiar) ayuda a tener una capacidad adaptativa media, al por ejemplo, tener menor escala	Estos viticultores muchas veces quedan aislados para adoptar medidas adaptativas, pero el tipo de empresa ayuda a tener una capacidad adaptativa media, al por ejemplo, tener más capital
<b>Acceso comunicación</b>											
Buena								Un viticultor que puede adoptar tecnologías, tiene una elevada capacidad adaptativa	En este caso, el buen acceso a comunicación y servicios puede ayudar más a aumentar la capacidad adaptativa	El buen acceso a comunicación y servicios puede aumentar la capacidad adaptativa, independientemente del tipo de explotación	El buen acceso a comunicación y servicios puede aumentar la capacidad adaptativa, independientemente del tipo de explotación
Regular								Un viticultor que puede adoptar tecnologías, tiene una elevada capacidad adaptativa	Un viticultor que puede parcialmente adoptar tecnologías, tiene una capacidad adaptativa intermedia.	Un viticultor que tiene un acceso regular a la comunicación y a servicios, tiene una capacidad adaptativa intermedia, independientemente del tipo de explotación.	Un viticultor que tiene un acceso regular a la comunicación y a servicios, tiene una capacidad adaptativa intermedia, independientemente del tipo de explotación.
Mala								Un viticultor que puede adoptar tecnologías, tiene una elevada capacidad adaptativa. Sin embargo, el mal acceso a la comunicación puede llevar a adoptar una tecnología inadecuada	Un bajo acceso a comunicación y servicios junto a la oportunidad parcial de adoptar una tecnología provoca una muy baja capacidad adaptativa	Un viticultor que tiene un acceso malo a la comunicación y a servicios, tiene una capacidad adaptativa intermedia, independientemente del tipo de explotación.	Un viticultor que tiene un acceso malo a la comunicación y a servicios, tiene una capacidad adaptativa intermedia, independientemente del tipo de explotación.
<b>Adopción Tecnologías</b>											
Total										Un viticultor, sea familiar o empresarial, que puede adoptar tecnologías, tiene una elevada capacidad adaptativa	Un viticultor, sea familiar o empresarial, que puede adoptar tecnologías, tiene una elevada capacidad adaptativa
Parcial										Un viticultor, sea familiar o empresarial, que no puede adoptar tecnologías fácilmente, tiene menor capacidad adaptativa. Ej.: necesidad de adoptar un determinado manejo que requiera una herramienta especial y no poder tenerla.	Un viticultor, sea familiar o empresarial, que no puede adoptar tecnologías fácilmente, tiene menor capacidad adaptativa.
<b>Tipo explotación</b>											
Familiar											
Empresarial											

#### **4.5. OPCIONES PRIORIZADAS PARA REDUCIR LA SENSIBILIDAD Y AUMENTAR LA CAPACIDAD ADAPTATIVA**

Cuando se observa la matriz socio-económica, se puede destacar que las situaciones más sensibles se constatan en los predios sin asesoramiento, con poco acceso a la información y con poca o nula capacidad de adoptar tecnologías.

Una forma de reducir la vulnerabilidad en estos casos, puede llegar a ser el agrupamiento de productores, en donde por lo general se cuenta con profesionales, lo que facilita el relacionamiento el acceso a información actualizada de las diferentes técnicas de cultivo, tendientes a gestionar de forma racional el uso de los recursos disponibles.



# 5

## Conclusiones generales

### FRUTICULTURA

El análisis de la información existente sobre la producción frutícola en el periodo bajo estudio (1994 a 2011) no es suficiente para poder realizar afirmaciones sobre efectos medibles sobre la producción a causa de la variabilidad climática. Esto no significa que no existan, simplemente que los datos productivos a disposición no son suficientes en cantidad y calidad para detectar tendencias. Sin perjuicio de ello, se ha trabajado tratando de identificar los principales aspectos climáticos que según técnicos y productores son los de mayor impacto en la producción.

Existen varias fuentes de información a nivel del MGAP, y las demás Instituciones que aportan a la comprensión del sector pero no a su diagnóstico frente a la capacidad adaptativa que pueda presentar el sistema de producción frutícola. La variable sobre la que existe mayor información, es el volumen de producción, y salvo algunas pocas excepciones, no existen datos sobre la calidad de cada zafra, así como no existen reportes de pérdidas ocurridas a nivel de predio por adversidades climáticas, con excepción clara del granizo.

Por tal sentido, la principal conclusión y recomendación es que se tienda a armonizar la información generada en las diferentes Instituciones y/o reparticiones, para que sea posible el monitoreo climático a efectos de poder estudiar mejor el impacto del efecto año y la adopción de medidas para reducir los riesgos. Por otro lado, es necesario que se investigue más sobre el efecto del clima y su variabilidad, sobre las especies y variedades cultivadas en el país, para poder recomendar medidas mitigadoras (por ejemplo, no existe información

nacional sobre las causas que producen daño por quemado de sol en algunas especies). La investigación debería propender a identificar las variedades de las diferentes especies de mejor adaptación a las situaciones de cultivo, en el actual contexto y en el escenario de variabilidad climática.

El sector frutícola de hoja caduca atraviesa una crisis de baja rentabilidad, manifestada en su reciente Plan Estratégico, donde los costos de producción tienen buena parte de la responsabilidad de este hecho. Un incremento de adversidades climáticas puede llevar a la expulsión de productores de este sistema, sobre todo de aquellos de menor capacidad de ajuste, o de inversión. Estos son básicamente productores de pequeña escala frutícola.

## VITICULTURA

En el cultivo de la vid, se pudo analizar en base a la información generada de los ensayos de la FAGRO de los últimos quince años (tres predios comerciales de Canelones), y se determinó una tendencia, para la variedad Tannat, de un período de maduración más corto y a obtener valores más bajos en la acidez titulable en cosecha. Este parámetro de la composición está fuertemente asociado de forma negativa con la temperatura y positiva con las precipitaciones. El efecto del adelanto de la maduración, provoca un cambio en la composición de las uvas en cosecha. El resultado más significativo se observa en la acidez final de la uva, lo que nos interpela a cambios en la gestión de la vinificación.

Estos cambios significan un interesante aporte a la reflexión de técnicas de cultivo asociadas a las condiciones del año y más puntualmente en el período de maduración. Elevadas temperaturas que pueden afectar la composición final de la uva, deben ser gestionadas a nivel de la canopia ya que se dispone de técnicas del cultivo que pueden favorecer las condiciones del microclima.

Se recomienda, como existen en la mayoría de los países vitícolas, la instrumentación de un “Observatorio Vitícola” que permita anualmente relevar la información climática y de cultivo que tenga por objetivo realizar recomendaciones para mitigar algunos de los efectos adversos a través de la instrumentación técnicas de cultivo en el viñedo o de elaboración en bodega. En los países donde existe un Observatorio la responsabilidad está a cargo de instituciones públicas en asociación con grupos de productores.

Una segunda recomendación es instrumentar seguros vitícolas. Este seguro vitícola debería incluir la sanidad, en particular las pérdidas causadas por “pudriciones de racimos”, ya que ocurren próximas a cosecha, afectan la calidad del vino y son altamente dependientes de las condiciones ambientales.



## Bibliografía

# 6

AGENIS-NEVERS, M. 2005. *Impacts du changement climatique sur les activités Viti-vinicoles*. In Obseatoire National sur les effets du réchauffement climatique. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

AMERINE, M.A. Y A.T. WINKLER, 1944. *Composition and quality of musts and wines of California grapes*. Hilgardia (University of California) 15: 493–673.

BERGQVIST, J., N. DOKOOZLIAN, Y N. EBISUDA. 2001. *Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California*. Am. J. Enol. Vitic. 52:1-6.

BIDABE B., 1965. *L'action des températures sur l'évolution des bourgeons de l'entrée en dormance à la floraison*. In CR 96ème Congrès Pomologique. 51-56 pp.

BOCK, A.; T. SPARKS; N. ESTRELLA; A. MENZEL, 2011. *Changes in the phenology and composition of wine from Franconia, Germany*. Climate Research. 50: 69-81.

BRIN, J (ed.), 2006. *Las organizaciones de productores y el desarrollo de la granja: oportunidades y desafíos*. Montevideo: IICA/ JUNAGRA.

BURTON, R, S. PEOPLES. 2008. *Learning from past adaptations to extreme climatic events: a case study of drought*. Part A. Summary Report. AgResearch.

CAMM-Mercado Modelo. *Precios de frutas*. Consultado en junio 2012 en [www.mercadomodelo.net](http://www.mercadomodelo.net)

CAPUTTI, P., CANESSA, S. 2012. *Plan estratégico para los frutales de hoja caduca*, 89p, disponible en [www.mgap.gub.uy](http://www.mgap.gub.uy)

CARBONNEAU, A. 2000 *Climat et sol: critères d'évaluation et effets sur le comportement de la vigne*. In CR. III Simposio Internacional Zonación Vitivinícola, 8-12 Mayo 2000, Tenerife (España).

CARBONNEAU, A., A. MOUEIX, N. LECLAIR, J. RENOUX, 1991. *Proposition d'une méthode de prélèvement de raisin à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep*. Bull. OIV 727/728: 679 – 690.

CARBONNEAU, A., A. DELOIRE, P. COSTANZA, 2004. *Le potentiel hydrique foliaire : sens des différentes modalités de mesure*. J. Int. Sci. Vigne Vin, 38, 1, 15-19.

CEPAL, 2010. *La economía del cambio climático en el Uruguay*. En: *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe, Síntesis 2010*. CEPAL, noviembre de 2010.

CHAMPAGNOL, F. 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et viticulture générale*. Imp. Dehan, Montpellier 351p.

CHIAPPE, M.; D., PIÑEIRO, 1994. *El sector frutícola en el Uruguay: efectos del cambio técnico sobre la fuerza de trabajo*. Ponencia presentada en la XVIII Conferencia Internacional de LASA- Atlanta, USA. Marzo 10- 12, 1994

CONDE, C.; P. SILVA; N. FONTES, 2007. *ACP DIAS, Y RM. TAVARES. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality*. Food, 1(1):1–22.

CONTARIN, S.E. Y L.A. CURBELO, 1987. *Aporte para la regionalización del cultivo de frutales de hoja caduca en el país según la ocurrencia de frío invernal para el rompimiento del receso*. Facultad de Agronomía. Uruguay. Tesis Ing. Agr., 116p.

COOMBE, B.G. 1987. *Influence of temperature on composition and quality of grapes- Acta Horticulturae*. 206, 23-36.

DI LENA, B., SILVESTRONI, O., MARIANI, L., PARISI, S., F. ANTENUCCI, 2012. *European climate variability effects on grapevine harvest date time series in Abruzzi (Italy)*. Acta Hort. (ISHS) 931:63-69

DARNHOFER, I., S. BELLON, B. DEDIEU, R. MILESTAD (2008). *Adaptive farming systems - A position paper*. In: B. Dedieu and S. Sasser-Bedoya (eds.) *Empowerment of the rural actors: A renewal of the farming systems perspective*. Proceedings of the 8th European IFSA Symposium held July 2008 in Clermont Ferrand, pp. 339-351.

DIEA 2003b *La vitivinicultura en Uruguay: contribución a su conocimiento*. [www.mgap.gub.uy](http://www.mgap.gub.uy)

DIEA, 2010. *Estimación del impacto de una eventual sequía en la ganadería nacional y bases para el diseño de políticas de seguros*. Anuario Estadístico Agropecuario 2010, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

DIEA, 2011. *Anuario Estadístico 2011*. Disponible en [www.mgap.gub.uy](http://www.mgap.gub.uy).

DIEA, 2012. *Anuario Estadístico Agropecuario 2012*, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

DIEA-MGAP. Encuesta frutícola de hoja caduca: 1994, 1996 a 2009. Disponible en [www.mgap.gub.uy](http://www.mgap.gub.uy)

DOKOOZLIAN, N.K., J.A. BERGQVIST, 2001. *Influence of sunlight exposure on the berry growth and composition of two red wine grape cultivars*. In: C. R. XII GESCO Montpellier-France. 77-84.

DUCHÊNE, E., C. SCHNEIDER, 2005. *Grapevine and climatic changes: a glance at the situation in Alsace*. Agron. Sustain. Dev. 25. 93–99 pp.

ECHEVERRÍA, G. 2003. *Luces y sombras en el desarrollo de la competitividad vitícola de Uruguay: un enfoque evolucionista*. Tesis de Maestría en Viticultura, enología y gestión de empresas. Facultad de Agronomía /UDELAR Uruguay, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Francia 130p

FERRER, M. 2007. *Étude du climat des régions viticoles de l'Uruguay, des variations climatiques et de l'interaction apportée par le microclimat et l'écophysiologie des systèmes de conduite Espalier et Lyre sur Merlot*. Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique – Université de Montpellier II. France. 360p.

FREGONI, I 1999. *Viticultura di qualità*. Ed. L'Informatore Agrario Srl. 777p.

FRIAS, M. 2006. *Requerimiento de frío en frutales*. Centro de Pomáceas, Universidad de Talca, Chile. Pomáceas (6) 4:4p

FUSTER REBELLATO, A. F., DE HEGEDEUS P., GRAVINA, M.V. (2011) *Tipología de subjetividades relacionadas con la baja adopción de tecnología en fruticultura*. Agrociencia Uruguay, VI5, 2: 158- 163

GARCÍA DE CORTAZAR, A. 2006 *Adaptation du modele STICS a la vigne (Vitis vinifera L.). Utilisation dans le cadre d'une étude d'impact du changement climatique á l'échelle de la France*. Thèse Doctorat École Nationale Supérieure Agronomique – Université de Montpellier II. France. 349p

GOTO-YAMAMOTO, N., MORI, K., NUMATA, M., KOYAMA, K., M. KITAYAMA, 2010 *Effets of temperatures and water regimes on flavonoid contents and composition in the skin of red-wine grapes*. J. Int. Sci. Vigne Vin, special issue Macrowine, June 2010, 75-80

GREER, D. H. 2012. *Modelling leaf photosynthetic and transpiration temperature-dependent responses in Vitis vinifera cv. Semillon grapevines growing in hot, irrigated vineyard conditions*. AOB PLANTS

GUNDERSON L.H., C.S. HOLLING (eds).2002 *Panarchy.Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press. USA.

HUANG, X., A.N. LAKSO, D.M. EISENSTAT. 2005. *Interactive effects of soil temperature and moisture on 'Concord' grape root physiology*. J. Experimental Botany 56(420): 2651-2660.

HUGLIN P. 1978. *Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole*. Comptes Rendues de l'Académie d'Agriculture. 1117-1126.

HUGLIN, P.; C. SCHNEIDER, 1998. *Biology et ecology de la vigne*.Lavoiser. Paris, France. 370p.

HUNTER, J. J., V. BONNARDOT, 2011. *Suitability of Some Climatic Parameters for Grapevine Cultivation in South Africa, with Focus on Key Physiological Processes*. S. Afr. J. Enol. Vitic., Vol. 32, No. 1 137-154.

INAVI, 2012. Sitio Oficial: [www.inavi.com.uy](http://www.inavi.com.uy)

INIA GRASS. Servicio de clima, INIA Las Brujas. Seguimiento del frío invernal, método Richardson y Weinberger. Disponible en [www.inia.org/clima](http://www.inia.org/clima)

JONES G.V., M.A. WHITE COOPER, O. R. STORCHMANN K. 2005. *Climate Change and Global Wine Quality*. Climatic Change. 73(3):319-343.

KELLER, M., J. M. TARARA, L. J. MILLS, 2010. *Spring temperatures alter reproductive development in grapevines*. Australian Journal of Grape and Wine Research 16, 445–454, 2010

KLIEWER, W. M. 1977. *Influence of temperature solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes*. Am. J. Enol. Vitic. 28 ( 2) 96-102

KLIEWER W.M., R.E. TORRES, 1972. *Effect of controlled day and night temperatures on grape coloration*. Amer. J. Enol Vitic. 23(2):71-77.

LEBON, E. 2002. *Changements climatiques: quelles conséquences prévisibles sur la viticulture?* 6èmes Rencontres Rhodaniennes. Ed. Inst. Rhodanien. Orange, France. 31-36pp.

MCCARTHY, J.J., CANZIANI O.F., LEARY N.A., DOKKEN D.J., WHITE K.S. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1032pp. Disponible en: [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/)

MGAP. Anuario OPYPA, de 1993 a 2010, Capítulos: situación actual y perspectivas de la fruticultura de hoja caduca.

MOHAMEND, H.B., A. VADEL, J. GEUNS, H. KHEMIRA, 2010 *Biochemical changes in dormant grapevine shoot tissues in response to chilling: possible role in dormancy release*. Scientia Horticulturae 124, 440-447

MORI, K., N. GOTO-YAMAMOTO, M. KITAYAMA, K. HASHIZUME 2007 *Loss of anthocyanins in red-wine grape under high temperature* Journal of Experimental Botany, Page 1 of 11

NEETHLING E., G. BARBEAU, H. QUENOL, C. BONNEFOY, 2011. *Evolution du climat et de la composition des raisins des principaux cépages cultivés dans le Val de Loire*. Climatologie, vol. 8, 77-90.

OJEDA, H. A. DELOIRE, A. CARBONEAU, A. GEORGES, C. ROMIEU, 1999. *Berry development of grapevines: relations between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement*. Vitis 28 (4) : 145 – 150

PANARIO, D, M. ACHKAR, J. P. AICARDI, 2000 *Sector agropecuario: diagnóstico y escenarios sustentables*. En Uruguay sustentable. Una propuesta ciudadana Redes AT Montevideo, Uruguay.

POUGET R., 1988. *Le débourrement des bourgeons de la vigne : méthode de prévision et principes d'établissement d'une échelle de précocité de débourrement*. Conn. Vigne-Vin., 22(2):105-123.

PRESCOTT, J. 1969. *The climatology of the Vine (Vitis vinifera L.)*. Transactions of the Royal Society of South Australia. 93: 1-15 pp.

RASMUSSEN, P., 1963. Relaciones intersectoriales. Editorial Aguilar, Madrid.

RIBÉREAU-GAYON, P., D. DUBOURDIEU, B.DONÈCHE, A. LONVAUD. *Varietal aroma 2000*. In Handbook of enology. Vol 2: The Chemistry of Wine. Stabilization and Treatments, RibéreauGayon, P., Ed. John Wiley & Sons: Chichester, England.; Vol. 2, pp 205-230.

RICHARDSON, E. A.; S. D. SEELEY Y D. R. WALKER, 1974. *A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Elberta" Peach trees*. HortScience, 9(4):331-332.

RIOU, CH, 1994. *Le déterminisme climatique de la maturation du raisin : application au zonage de la teneur en sucre dans la communauté européenne*. Luxembourg Office des Publications Officielles des Communautés Européennes 322p.

ROUCHARD, E. 2003. *Characterization of the notion of typicité through the expression of ecological factors*. Wine internet, Technical Journal p. 16.

SADRAS, V.O., P.R. PETRIE, 2011. *Quantifying the onset, rate and duration of sugar accumulation in berries from commercial vineyard in contrasting climates of Australia*. Australian Journal of Grape and Wine Research 17, 190-198.

SCHULTZ, H.R. 2000 *Climate change and viticulture: a European perspective on climatology, carbon dioxide, and UV-B effects*. Aust. J. GRAPE AND WINE RESEARCH 6: 2-12.

RASMUSSEN, P., 1963. Relaciones intersectoriales. Editorial Aguilar, Madrid.

TOMASI, D., G.V. JONES, M. GIUSTR, L. LOVAT, F. GAIOTTI, 2011 *Grapevine Phenology and Climate Change: Relationships and Trends in the Veneto Region of Italy for 1964-2009*. Am. J. Enol.Vitic.62:3 (2011) 329-339

TONIETTO, J. 1999. *Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimat sur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le sud de la France*. Tesis de Doctorado ENSA Montpellier. 233p

TONIETTO J. Y A. CARBONNEAU, 2001. *Régime thermique en période de maturation du raisin dans le géoclimat viticole Indice de Fraicheur des nuits-IF et Amplitude thermique* www.cnpuv.embrapa.br

VAN LEEUWEN, C., P. FRIANT, M.E. JAECK, S. KUHN, O. LAVIALLE, 2004 *Hierarchy of the role of climate, soil and cultivar in terroir effect can largely be explained by vine water status*. In: C.R. Inter vitic zoning cape town-south Africa 433-439.

WANG, Z.P.; A. DELOIRE, A. CARBONNEAU, B.FEDERSPIEL, F. LOPEZ, 2003. *An in vivo experimental system to study sugar phloem unloading in ripening grapes berries during water deficiency stress*. Annals of Botany. 92: 523-528.

WINKLER, A. J., J. COOK, W.M.KLIEVER, L. A. LIDER, 1974. *General viticulture*. Univ. California. Press. Berkeley. Los Angeles. 710p.

ZORER, R., T. COBELLI, L. ZULINI, M. BERTAMINI, 2005. *Effect of temperature and light availability on ripening of Vitis vinifera L. cv. Chardonnay*. In: C.R. XIV GESCO Vol. 2 Greisenheim - Allemagne. 319-325.

ZUFFEREY V., F. MURISIER, 2004. *Étude des terroirs viticoles vaudois : comportement de la vigne en fonction des conditions pedo-climatiques*. Agroscope RAC Changins Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully. Rapport Final 222 p.

