



ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL VALLE DEL TULUMÁN
FRUTAS ESPECIALES Y TRASTALES DEL VALLE DEL TULUMÁN

INSTITUTO AGROPECUARIO

ESTADOUNIDENSE

DE INVESTIGACIONES

Y DESARROLLO

AGROPECUARIO

Y ALIMENTARIO

DE LOS ESTADOS UNIDOS

San Juan

San Juan

Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum



San Juan

Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum

**Autoridades del Consejo Federal
de Inversiones**

Asamblea de Gobernadores

Junta Permanente

Secretario General
Ing. Juan José Ciácerá

San Juan

Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum

Consultora

Fundación ArgenINTA

Ing. Agr. (M. Sc.) Germán Babelis, Ing. Agr. Facundo Vita Serman e Ing. Agr. Eduardo Sierra

Colaboradores

Ing. Agr. Gabriel Manzano, Lic. Sonia Silva, Téc. Elsa López, Lic. Silvina Alday, Téc. Hídr. Mario Liotta; Téc. Qco. Pedro Gil, Ing. Agr. Maximiliano Battistella, Ing. Agr. Juan Manuel Raigón, Ing. Agr. Georgina Lémole, Ing. Agr. María Eugenia Gallego y Analista Programador Martín Lollini.

SEPTIEMBRE DE 2013

Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum.

Autores

Fundación ArgenINTA

Ing. Agr. (M. Sc.) Germán Babelis, Ing. Agr. Facundo Vita Serman e Ing. Agr. Eduardo Sierra

Colaboradores

Ing. Agr. Gabriel Manzano, Lic. Sonia Silva, Téc. Elsa López, Lic. Silvina Alday, Téc. Hídr. Mario Liotta; Téc. Qco. Pedro Gil, Ing. Agr. Maximiliano Battistella, Ing. Agr. Juan Manuel Raigón, Ing. Agr. Georgina Lémole, Ing. Agr. María Eugenia Gallego y Analista Programador Martín Lollini.

1.ª Edición

500 ejemplares

Consejo Federal de Inversiones

San Martín 871 – (C1004AAQ)

Buenos Aires – Argentina

54 11 4317 0700

www.cfired.org.ar

Babelis, Germán Claudio

Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum / Germán Claudio Babelis ; Alberto Facundo Vita Serman ; Eduardo Mario Sierra ; con colaboración de Gabriel Manzano ... [et.al.]. - 1a ed. - Buenos Aires : Consejo Federal de Inversiones, 2013.

180 p. : il. ; 30x21 cm. - (Estudios y proyectos provinciales)

ISBN 978-987-510-230-9

1. Agricultura. 2. Climatología. I. Vita Serman, Alberto Facundo II. Sierra, Eduardo Mario III. Manzano, Gabriel, colab. IV. Título CDD 630

Fecha de catalogación: 13/09/2013

© 2013 CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723

Impreso en Argentina - Derechos reservados.

No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito de los editores. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446

Imprenta:

Rivolín Hnos. S.R.L.

Salta 236, C1074AAF, Ciudad de Buenos Aires

Impreso en:

Ciudad de Buenos Aires, septiembre de 2013

Al lector

El Consejo Federal de Inversiones es una institución federal dedicada a promover el desarrollo armónico e integral del país.

Su creación, hace ya cinco décadas, provino de la iniciativa de un grupo de gobernadores provinciales democráticos y visionarios, quienes, mediante un auténtico Pacto Federal, sentaron las bases de una institución que fuera, a la vez, portadora de las tradiciones históricas del federalismo y hacedora de proyectos e iniciativas capaces de asumir los desafíos para el futuro.

El camino recorrido, en el marco de los profundos cambios sociales de fin y principio de siglo, motivó al Consejo a reinterpretar las claves del desarrollo regional, buscando instrumentos innovadores e identificando ejes temáticos estratégicos para el logro de sus objetivos.

Así surge en su momento el crédito a la micro, pequeña y mediana empresa, la planificación estratégica participativa, la difusión de las nuevas tecnologías de información y comunicaciones, las acciones de vinculación comercial y los proyectos de infraestructura para al mejoramiento de la competitividad de las producciones regionales en el comercio internacional. Todo ello, con una apuesta creciente a las capacidades sociales asociadas a la cooperación y al fortalecimiento de la identidad local.

Entre los instrumentos utilizados por el Consejo, el libro fue siempre un protagonista privilegiado, el vehículo entre el conocimiento y la sociedad; entre el saber y la aplicación práctica. No creemos en el libro como "isla", principio y fin del conocimiento, lo entendemos—a la palabra escrita y también a su extensión digital— como una llave para generar redes de conocimiento, comunidades de aprendizaje.

Esta noción del libro como medio, y no como un fin, parte de una convicción: estamos inmersos en un nuevo paradigma donde solo tiene lugar la construcción

del conocimiento colectivo y de las redes. En esta concepción, los libros son insumos y a la vez productos de la tarea cotidiana.

En un proceso virtuoso, en estos últimos años, el CFI se abocó a esa construcción social del conocimiento, mediante el trabajo conjunto y coordinado con los funcionarios y técnicos provinciales, con profesionales, productores, empresarios, dirigentes locales, estudiantes, todos aquellos interesados en encontrar soluciones a los problemas y en asumir desafíos en el ámbito territorial de las regiones argentinas.

Con estas ideas hoy estamos presentes con un conjunto de publicaciones que conforman la **Colección "Estudios y proyectos provinciales"** y que están referidas a las acciones de la cooperación técnica brindada por nuestra institución a cada uno de sus estados miembro.

Este título: **"Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum"** que hoy, como Secretario General del Consejo Federal de Inversiones, tengo la satisfacción de presentar, responde a esta línea y fue realizado por solicitud de la provincia de San Juan.

Damos así un paso más en esta tarea permanente de promoción del desarrollo de las regiones argentinas, desarrollo destinado a brindar mayores oportunidades y bienestar a su gente. Porque, para nosotros, "CFI, DESARROLLO PARA TODOS" no es una "frase hecha", un eslogan, es la manifestación de la vocación federal de nuestro país y el compromiso con el futuro de grandeza y equidad social que anhelamos todos los argentinos.

Ing. Juan José Ciácerá
Secretario General
Consejo Federal de Inversiones

Agradecimientos

Agradecemos al Gobierno de la provincia de San Juan, por elegir este estudio para su publicación, y al Consejo Federal de Inversiones, por hacerlo posible.

Asimismo, la realización de este trabajo ha tenido, a lo largo del año de estudio, innumerables aportes personales y de instituciones que han colaborado de alguna u otra manera en asegurar el logro del mismo. Es por esto que no queremos dejar de agradecer el indispensable aporte de cada uno de ellos:

A los productores y las empresas, que con muy buena voluntad permitieron alojar y cuidar los elementos de medición distribuidos por el Valle.

Al Lic. Marcelo Alós, por tener la iniciativa para generar información trascendental para el desarrollo de la olivicultura sanjuanina y a la Lic. Iliana Brant, por su constante participación en todas las actividades llevadas a cabo durante el estudio.

Al Ing. Agr. Luis Bueno, por los continuos aportes brindados sobre el cultivo del olivo en San Juan.

A Omar Morales y Daniel Aballay por estar siempre dispuestos a concretar las actividades de campo.

Al Laboratorio de SIG y Teledetección del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), San Juan, por la edición de todos los mapas presentados en el proyecto bajo soporte ArcGis.

A todo el personal del Laboratorio de Suelos y Riego del INTA San Juan: Lisandro Bustos, Sergio Mundana y Pablo Estesio, por las determinaciones analíticas realizadas para desarrollar la caracterización fisicoquímica de los suelos y del agua del área de estudio.

Al personal del Centro Regional de Aguas Subterráneas, Delegación San Juan, especialmente a los ingenieros Gerardo Salvioli y Silvia Mérida, por proporcionar información valiosa hidrológica del Valle del Tulum.

Índice

11	Prólogo
13	Introducción
21	Geomorfología y Fisiografía del área de estudio
25	Procedimientos de investigación
33	Caracterización agroclimática y fisiográfica de la zona
55	Estudios de suelos y unidades cartográficas
69	Fenología del cultivo del olivo en el área de investigación
73	Evaluación microclimática del régimen de heladas de la zona
89	Elaboración de un mapa de suelo a nivel de semidetalle
93	Clasificación por aptitud de áreas, según tipo de suelo y clima
99	Análisis de alternativas productivas en zonas marginales o no aptas para el cultivo del olivo
111	Conclusiones
115	Bibliografía

Prólogo

El conocimiento de la adaptación agroclimática de un cultivo a un sitio específico resulta clave para lograr una aceptable rentabilidad con bajo impacto sobre el medio ambiente. En el Valle del Tulum se han implantado olivos en zonas no apropiadas para alcanzar las metas mencionadas; y por esto la planificación estratégica del uso de las tierras debe ser el eje fundamental en la toma de decisiones empresariales.

El presente trabajo tuvo como objetivo general: Identificar y clasificar zonas por su aptitud agroecológica para el desarrollo del cultivo del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum, provincia de San Juan.

Y como objetivos específicos:

- Identificar zonas o sectores sin limitantes de suelo, clima o disponibilidad de agua para el cultivo.
- Actualizar el mapa de suelos del Valle del Tulum.
- Obtener un mapa de aptitud del cultivo del olivo bajo riego para la zona de estudio.

De este modo, la finalidad del proyecto -que dio origen al presente libro- fue identificar, delimitar y clasificar áreas, por su aptitud agroecológica, para el desarrollo del cultivo del olivo, y ofrecer otras especies frutales alternativas para las zonas marginales dentro del Valle del Tulum.

Este trabajo brinda información de base para el desarrollo de políticas provinciales de promoción agrícola, que podrán tener impacto en todo el universo productivo de la actividad frutihortícola de San Juan.

Mediante los datos obtenidos en la campaña de medición de temperaturas 2012, se estudió el proceso de generación de masas de aire frío y su drenaje altitudinal (movimiento de masas de aire frío), a fin de determinar los distintos grados de exposición a las heladas. Además, se recopiló y relevó información de suelos de 434.630 ha.

En este sentido, se generó una ecuación ponderada y escalonada que tuvo en cuenta los factores críticos y se obtuvo así un "Índice de Aptitud" para cada punto del mapa generado.

El estudio permitió concluir que: un 5,2% de la superficie es Muy Apta para el desarrollo del olivo y un 15,3% es Apta por presentar leves limitaciones para dicho cultivo.

Esto significa que existen alrededor de 89.361 ha donde el olivo resulta una alternativa económica viable. Si bien parte de esta superficie se encuentra actualmente en uso, las posibilidades de expansión del olivo solo en este Valle resultan muy promisorias.

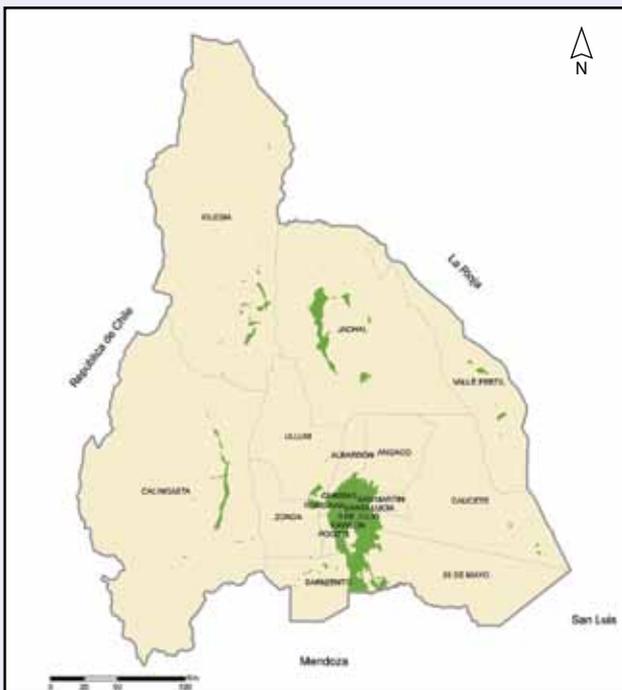
Por otra parte, el 79,5% restante del área evaluada resultó Marginalmente Apta y No Apta para asegurar un adecuado desarrollo de este cultivo. Esto representa una superficie de aproximadamente 300.078 ha con posibilidades agrícolas y 45.191 ha no aptas para la agricultura. Como alternativas para estas zonas, se describieron dos potenciales opciones productivas: vid, mosto y vinos básicos; y pistacho. Cabe destacar que, si bien estos cultivos se presentan como mejor adaptados a climas rigurosos y suelo con severas limitaciones, esto no implica que sean aptos para la mayoría del área relevada. En el futuro se deberán realizar trabajos de zonificación específicos para estas especies frutales.

Introducción

El Valle del Tulum

Por su extensión y actividad socioeconómica, el Valle del Tulum es el principal oasis productivo de la provincia de San Juan. El mapa que a continuación presentamos (Fig.1) permite dar una dimensión comparativa de este valle respecto del resto de los presentes en la provincia.

Figura 1. Oasis de la provincia de San Juan.
OASIS DE REGADÍO DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN



Referencias

SIGNOS CARTOGRÁFICOS

	Oasis
	Límite departamental
	Límite provincial

Proyección Gauss Krüger Faja 2 Marco de Referencia: Campo Inchauspe 69 Sistema de Referencia: Internacional 1924
 Fuente: Elaboración propia en base a la fuente Atlas Socio-económico San Juan, UNSJ.

Debido principalmente al bajo régimen de lluvias, estas áreas se encuadran entre las zonas áridas de tipo desértico. Las necesidades de riego de los cultivos son totalmente provistas por las aguas provenientes del río San Juan, y a través del almacenaje en la presa embalse Ullum; y, en menor grado, por la extracción del agua de los acuíferos subterráneos.

La superficie total cultivada en el Valle supera las 75.000 ha, que se desagregan de la siguiente forma:

- 1) El principal cultivo es la vid que, con 49.492 ha, representa el 21,65% de la viticultura argentina (Instituto Nacional de Vitivinicultura - INV, 2010).
- 2) En segundo lugar, el cultivo del olivo, con 19.500 ha implantadas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina- SAGPyA, 2009).
- 3) En tercer lugar, se ubican las hortalizas, que suman unas 15.000 ha, si bien no se cuenta con estadísticas que contemplen todas las especies cultivadas en su conjunto.
- 4) En una superficie significativamente menor, podemos agrupar frutales como pistacho y almendras, entre otros.

En las últimas tres décadas, el crecimiento poblacional y la necesidad mundial de producir alimentos provocaron un desplazamiento de la agricultura hacia zonas que fueron utilizadas poco o no fueron utilizadas nunca. Dentro de éstas, se destaca la zona de piedemonte de Cañada Onda-El Acequión, donde actualmente se encuentra uno de los más activos desarrollos de plantaciones olivareras del país. En gran medida, la tecnología de riego presurizado y la expansión de redes de distribución de energía hicieron posible dicho desplazamiento de la frontera agrícola.

El olivo en la Argentina

El olivo (*Olea europea L*) figura entre las primeras plantas introducidas desde España en Las Antillas y luego en el continente americano. Éstas fueron adquiridas al Sr. Juan de Baena en un lugar cerca de Sevilla, y remitidas en tinas por la Casa de Contratación en 1520.

Una Cédula Real de agosto de 1531 dice: "Todos los maestros que fueren a Las Indias lleve cada uno de ellos en su navío la cantidad que les pareciere de plantas de viñas y olivos, de manera que ninguno partiese sin llevar alguna cantidad". Desde México el olivo llega a California, mientras que es llevado directamente desde Sevilla a Lima, Perú, por Don Antonio de Rivera.

Existen distintas versiones acerca del modo en que se introdujo el olivo en la Argentina. Una de las teorías sostiene que su llegada fue a través de una expedición militar desde Chile al mando del Capitán Diego de Alvarado, se diseminó por todo el Norte del territorio, y se adaptó perfectamente a diversos lugares. Otra versión indica que fue introducido por el Capitán Don Pedro de Alvarado en La Rioja, directamente desde España, en el año 1558¹. Lo cierto es que los olivos comenzaron a multiplicarse, y la producción inquietó a los españoles por su magnitud y calidad. Según algunos historiadores, el Rey Carlos III mandó a talar todos los olivares de La Rioja, por la competencia que estos mantenían con los de Sevilla. Si bien existen dudas acerca de la veracidad de tal mandato, es sabido que el Rey Carlos III instó al Virrey Vértiz a consentir que no se plantaran viñas y olivares ni que se elaboraran paños en la Colonia.

En este sentido, las autoridades extremaron las medidas para que esta norma no fuera violada. Pero en La Rioja -en Arauco, más precisamente- la Señora Expectación de la Fuente de Ávila salvó una planta, tapándola con una batea. Esa planta, con el correr de los años, se transformaría en el "Padre de la Olivicultura", ya que a partir de ésta se multiplicaron innumerables ejemplares que pueblan el Valle de Arauco.

Este olivo, que se salvó de la mencionada tala, perdura y es conocido como "Olivo Cuatricentenario". Se encuentra en el Distrito Arauco región, del cual toma su nombre la única variedad argentina, que figura en el Catálogo Mundial de Variedades de Olivo (1995), publicado por el Consejo Oleícola Internacional (COI).

El desarrollo del cultivo no tuvo lugar, sin embargo, hasta finales del siglo XIX, como consecuencia de la fuerte inmigración latina que no encontraba suficiente aceite en el mercado argentino. En 1953 llegó a estimarse en 7,5 millones los olivos plantados en el país; algunos de estos olivares se mantienen cerca de los cascos urbanos (Fig. 2).

1. Vita Serman, F.; Matías, C. Zonas Olivícolas de la Argentina, Contexto y Prospectiva de la Cadena Olivo. Documentos de INTA Programa Nacional Frutales del INTA, 2013. <http://inta.gov.ar/documentos/zonas-olivícolas-de-la-argentina-contexto-y-prospectiva-de-la-cadena-olivos>

Figura 2. Olivar tradicional de Changlot Real de unos 40 años, implantado 10 x 10 m, regado a manto. Pocito, San Juan.

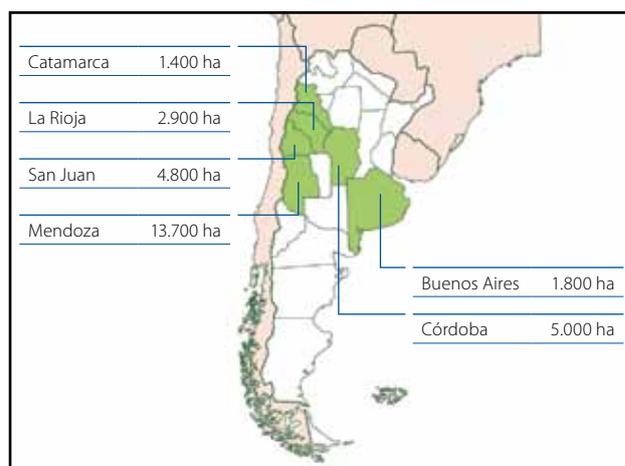


Fuente: Bueno, L. 2009

A partir de 1960 se inició, no obstante, una decadencia de la olivicultura argentina, como consecuencia de la competencia con los aceites de girasol y maíz, de los que se decía que eran más sanos y baratos. Esto provocó la caída de la rentabilidad de las explotaciones; y, en consecuencia, el abandono de plantaciones, o la reconversión mediante injerto con variedades de mesa o de doble aptitud. En 1984 se cultivaban tan solo 3,72 millones de plantas, muchas en condiciones inadecuadas (Gómez del Campo et al., 2010).

Como se puede observar en la Fig. 3, esta situación cambió radicalmente a principio de la década de 1990, época en la que la superficie cultivada en Argentina no superaba las 30.000 ha.

Figura 3. Distribución de la superficie olivícola (ha) en la Argentina, a principio de los años 90.



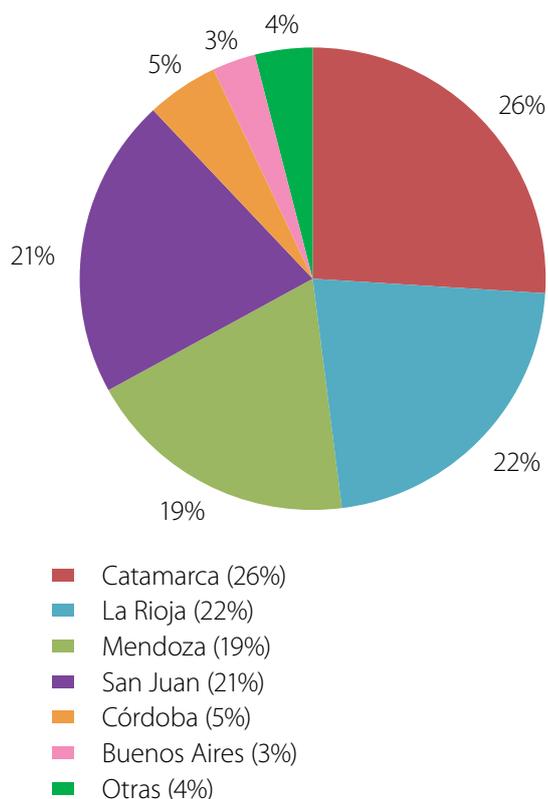
Fuente: SAGPyA, 2009

Desde entonces, dicha superficie ha mostrado un crecimiento continuo, debido no solo al aumento de la rentabilidad de la producción oleícola por el precio del aceite de oliva, y a las campañas de información sobre el beneficio para la salud humana de su consumo, sino también a las medidas de apoyo adoptadas por el gobierno argentino.

En este sentido, se destacan particularmente las leyes de diferimientos impositivos para emprendimientos industriales, agrícolas, ganaderos y turísticos - Ley N° 22.021, en La Rioja; Ley N° 22.702, en Catamarca; y Ley N° 22.973, en San Juan - que comenzaron a aplicarse en el ámbito agrícola a principio de la década de 1990 y finalizaron en 2008.

Dichas leyes impulsaron el desarrollo de nuevas plantaciones olivícolas en las provincias del Noroeste (Catamarca, La Rioja y San Juan), aumentando notablemente su participación en el total de la superficie implantada nacional, como muestra la Fig. 4.

Figura 4. Distribución de la superficie olivícola (ha) en Argentina



Fuente: SAGPyA, 2009

Muchos de los nuevos inversores eran ajenos al sector agropecuario, ya que las leyes les permitían a las empresas argentinas diferir el pago de impuestos durante diecisiete años en el caso del olivo. El dinero diferido se devolvía posteriormente en cinco años, mediante el pago de cuotas anuales, consecutivas e iguales, y sin ningún interés.

El mapa olivícola argentino actual está integrado principalmente por las provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza. En ellas, las áreas olivereras más importantes son: Valle Central, Pomán y Tinogasta, en Catamarca; Chilecito, Aimogasta y La Rioja Capital, en La Rioja; Valle del Tulum, Jáchal y Ullum-Zonda, en San Juan; y los departamentos del Este mendocino, Maipú, Junín, San Martín y otros; y Lavalle, en Mendoza.

Otras provincias donde se cultiva el olivo son Córdoba y Buenos Aires. Recientemente han surgido, además, nuevos proyectos de expansión del cultivo en Río Negro, San Luis, Neuquén y Salta.

Las cifras hablan por sí solas: a principios de la década de 1990, las principales provincias olivereras eran Mendoza, San Juan y Córdoba. En ellas se concentraba aproximadamente el 80% de la superficie cultivada, estimada en 30.000 ha, localizadas fundamentalmente en los departamentos de Pocito, Rawson, Rivadavia y Zonda, en San Juan, Junín; Maipú, Lavalle y Junín, en Mendoza; y Cruz del Eje, en Córdoba.

En estos casos, se trataba de plantaciones tradicionales, caracterizadas en general por contar con un tamaño medio de 5-15 ha, marcos de plantación de 10 x 10 m, poda a varios brazos principales y sistema de riego por inundación. La variedad principal era la arauco, por su buena producción, gran tamaño del fruto y doble aptitud.

La producción nacional se estimaba en 30.000 t de aceituna de mesa y 8.000 t de aceite, y el destino prioritario era el mercado interno. En algunos casos, los aceites eran defectuosos (atroje y borras), por la falta de fábricas modernas y de almacenamiento adecuado. En 1998 ya se cultivaban en Argentina 71.000 ha de olivo: el 70% consistía en variedades destinadas a la elaboración de aceite; y el restante 30%, a aceituna de mesa.

Según las últimas estadísticas oficiales, provistas por la SAGPyA, las hectáreas cultivadas en 2009 han llegado

hasta las 90.100 (más del 90% en regadío), de las cuales el 60%, aproximadamente, era para aceite; y el restante 40%, para aceituna de mesa. Esto ha situado a la Argentina en la posición 13ª a nivel mundial, en cuanto a superficie cultivada (Gómez del Campo et al., 2010).

Cabe aclarar que muchas de las nuevas plantaciones se realizaron en zonas donde no se conocía del todo el comportamiento agronómico e industrial de las variedades de olivo importadas de Europa. Esto ha contribuido a que una parte de la superficie plantada, acogiéndose a las leyes de diferimientos impositivos, haya sido improductiva por daños de heladas y problemas edáficos y sanitarios, o se haya cambiado la variedad.

En los últimos años, la Argentina ha consolidado fuertemente su rol de principal productora y exportadora de aceites y aceitunas de mesa de América Latina. Su superficie ha aumentado en forma sostenida debido a la creciente demanda internacional de aceites de oliva y aceitunas de mesa.

En los últimos diez años, el aceite de oliva se mantuvo con una tasa de aumento de consumo del 3% anual. Proyecciones para el 2020 indican que serán necesarias 1,2 millones de hectáreas nuevas en el mundo, solo para satisfacer la demanda mundial.

En este contexto, y analizando las posibilidades de desarrollo del cultivo en el mundo, la Argentina surge como un país de gran potencial para el crecimiento de la actividad productiva de la olivicultura, por contar con aptitud de suelo, clima y, especialmente, con recurso hídrico disponible para riego.

Según se plantea en el Plan Estratégico Olivícola Argentino 2020 (CFI, 2008), la meta es incrementar la facturación anual de 188 a 645 millones de dólares, con una suba de actividad económica en aceituna de mesa del 164%; y en aceites, del 361%.

A su vez, se propone aumentar la cantidad de aceite de oliva comercializado en forma fraccionada, desde un 30% a un 50%. Para lograr este objetivo, no solo se deberán mejorar los aspectos productivos, sino que también será necesario incorporar nuevas zonas productivas, tanto en las provincias tradicionales como en otras que presentan aptitud agroecológica.

La olivicultura en San Juan

Del estudio sobre la Cadena Olivícola de San Juan realizado por el INTA (Cáceres et al., 2009), la provincia, de acuerdo a datos del Censo Nacional Agropecuario 2002 (CNA), tiene 8.509 explotaciones agropecuarias (EAPs), cuya superficie total es de 756.225 ha. La superficie cultivada total de la provincia es de 80.166 ha.

Según este censo, el olivo -empleado tanto para aceite como para aceituna en conserva- ocupa una superficie de 14.868 ha. Esto representa un 19% de la superficie cultivada total. Estimaciones sobre el crecimiento de la superficie implantada desde 2012 a la actualidad sostienen que la superficie actual es cercana a las 19.500 ha. En la provincia hay 168 EAPs con más del 70% de la superficie cultivada ocupada con olivos, lo que corresponde a una superficie de 13.122 ha; es decir que estas 168 EAPs -cuya actividad principal es el olivo- representan el 88% de la superficie implantada con este cultivo.

En el Cuadro 1 se exponen las explotaciones con una superficie implantada con olivos, mayor al 70% de la superficie cultivada total, por departamento y por escala de superficie. Haciendo un análisis de la superficie total cultivada con olivo y la escala de superficie de las EAPs, se observa que las EAPs de más de 20 ha concentran el 98% de la superficie con olivo en las fincas con las características ya mencionadas (70% de la superficie cultivada con olivo). Si solo se tienen en cuenta las EAPs con más de 100 ha, se desprende que éstas reúnen el 70% de la superficie.

Del mismo cuadro se desprende que las EAPs de más de 20 ha cuentan con empleados asalariados, tienen un carácter empresarial y no registran ningún caso de mano de obra familiar.

Por el contrario, en las explotaciones de menos de 20 ha, no se contrata mano de obra asalariada y se registra mano de obra familiar. El departamento Santa Lucía constituye una excepción, ya que en 5 de las 12 EAPs, con una superficie media cultivada con olivo por EAP de 1,4 ha, hay contratación de mano de obra asalariada.

La superficie máxima promedio que registra trabajo familiar es de 12,6 ha. De este modo, las EAPs de mayor magnitud se caracterizan por la contratación de mano de obra asalariada.

De las 168 EAPs, el 72% contrata mano de obra asalariada, el 26% es de tipo familiar y el 2% lleva adelante la producción con mano de obra familiar no asalariada.

ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL OLIVO Y OTRAS ESPECIES FRUTALES EN EL VALLE DEL TULUM

Cuadro 1. Tipo de mano de obra, superficie implantada y cantidad de EAPs con olivo en la provincia de San Juan según estrato de superficie, por Departamento

Escala de superficie	Departamento	SUPERFICIE TOTAL CON OLIVO (HA)				CANTIDAD DE EAPs			SUPERFICIE / CANTIDAD DE EAPs				
		Fam (1)	No Fam (2)	No Fam s/r (3)	Total	Fam	No Fam	No Fam s/r	Total	MANO DE OBRA			
										Fam	No Fam	No Fam s/r	Total
Menos de 5 ha	Albardón	0,5	1,5	0,5	2,5	1	1	1	3	0,5	1,5	0,5	0,8
	Chimbas			4,0	4,0			1	1			4,0	4,0
	Jáchal	21,5			21,5	6			6	3,6			3,6
	Santa Lucía	9,2	7,2		16,4	7	5		12	1,3	1,4		1,4
	San Martín	1,5			1,5	1			1	1,5			1,5
	Sarmiento	2,5			2,5	2			2	1,3			1,3
	Zonda		0,4		0,4		1		1		0,4		0,4
	25 de Mayo	2,0			2,0	1			1	2,0			2,0
Menos de 5 ha		37,2	9,1	4,5	50,8	18	7	2	27	2,1	1,3	2,3	1,9
5 a 10 ha	Pocito	102,2			102,2	19			19	5,4			5,4
	Rawson	21,7			21,7	3			3	7,2			7,2
de 5 a 10 ha		123,9	-	-	123,9	22	-	-	22	5,6	-	-	5,6
10,1 a 20 ha	Rivadavia	22,5		19,0	41,5	2		1	3	11,3		19,0	13,8
	Valle Fértil	28,0			28,0	2			2	14,0			14,0
de 10,1 a 20 ha		50,5	-	19,0	69,5	4	-	1	5	12,6	-	19,0	13,9
20,1 a 50 ha	Caucete		151,7		151,7		5		5		30,3		30,3
	Pocito		1.328,3		1.328		33		33		40,3		40,3
	Rivadavia		116,5		116,5		4		4		29,1		29,1
20,1 a 50 ha		-	1.596,5	-	1.596,5	-	42	-	42	-	38,0	-	38,0
50,1 a 100 ha	San Martín		82,0		82,0		1		1		82,0		82,0
	Rawson		1.835,1		1.835		22		22		83,4		83,4
	9 de Julio		213,5		213,5		3		3		71,2		71,2
50,1 a 100 ha		-	2.130,6	-	2.130	-	26	-	26	-	81,9	-	81,9
Más de 100 ha	Jáchal		1.429,0		1.429		5		5		285,8		285,8
	Sarmiento		2.777,4		2.777		18		18		154,3		154,3
	Ullum		1.606,0		1.606		2		2		803,0		803,0
	25 de mayo		3.338,7		3.338		21		21		159,0		159,0
Más de 100 ha		-	9.151,1	-	9.151	-	46	-	46	-	198,9	-	198,9
Total provincial		211,6	12.887,3	23,5	13.122	44	121	3	168	4,8	106,5	7,8	78,1

- (1) Mano de obra familiar
- (2) Mano de obra no familiar
- (3) Mano de obra no familiar sin remuneración.

Fuente: elaboración propia en base a datos CNA 02 - Unidad Conjunta INTA-INDEC, IES - INTA

El sector productivo olivícola de la provincia de San Juan se ha conformado de distintas maneras, de acuerdo a las épocas en que fueron realizadas las plantaciones. Pueden distinguirse claramente dos etapas²:

- Productores tradicionales.
- Productores nuevos, con inversión realizada por diferimiento agrícola.

Los productores tradicionales se dedican a la explotación del olivo desde hace 50 años o más; y por esto las tierras tienen características particulares:

- Abarcan una superficie aproximada de 3.860 ha cultivadas.
- Los niveles productivos son aceptables (5.000-8.000 kg/ha) cuando el olivar está en producción.
- La producción se destina fundamentalmente a aceituna de conserva en una proporción aproximada de 90%; y el restante 10%, a aceite de oliva.
- Las variedades implantadas para conserva son: Arauco, Changlot real, Empeltre, Manzanilla, entre otras.
- Las variedades implantadas para aceite de oliva son: Arbequina, Manzanilla aceitera, Nevadillo, entre otras.
- Los productores por lo general utilizan poca tecnología: riego, cosecha y otros.
- La zona de producción se encuentra fundamentalmente en los departamentos Pocito, Rawson y Rivadavia; y Sarmiento, Albardón Angaco y Jáchal, en menor medida.

La superficie de los nuevos productores, que ingresaron en la actividad a partir del año 1993 a través de diferimiento impositivo agrícola, tiene las siguientes características:

- Es de aproximadamente 15.000 ha.
- Los niveles productivos, salvo excepciones, son de regulares a malos (2.000 a 5.000 kg/ha).
- Aproximadamente el 40% de las variedades se destina para conserva; y el 60%, para aceite de oliva.
- Las variedades implantadas para aceituna de conserva son fundamentalmente: Manzanilla, con sus

distintos clones; Aloreña; y otras como Hojiblanca, Changlot real, Empeltre, entre otras.

Se eligió como variedad casi única la Manzanilla, debido a su forma esférica. Esto facilita el buen descarozado del fruto, cualidad que se solicita con insistencia en los mercados más exigentes.

Los objetivos propuestos para esta variedad son: el óptimo descarozado y la elaboración de aceitunas rellenas, fileteadas, elaboración de pasta, etc., que cobra una creciente importancia en el mercado mundial.

Las variedades implantadas para aceite de oliva son, entre otras: Picual, Hojiblanca, Coratina, Frantoio, Arbequina; esta última es la más importante de acuerdo a la superficie comprometida.

- La zona de producción se encuentra en la mayoría de los departamentos, entre los cuales se destacan: Rawson, con el 9%; Sarmiento, con el 24%; Ullum con el 9%; 25 de Mayo, con el 34%; y luego superficies en otros departamentos como Caucete, Jáchal, 9 de Julio, Pocito, Rivadavia, San Martín, Zonda, etc.

Se destaca que gran parte de esta superficie se encuentra en las zonas bajas del Valle del Tulum.

El cultivo del olivo

El olivo (*Olea europaea* L.) es una especie adaptada a clima mediterráneo de tipo templado, y que por sus características de perennidad de follaje presenta cierta sensibilidad a las temperaturas mínimas extremas invernales.

Tanto la duración como la intensidad del fenómeno de heladas puede afectar la producción y, en algunos casos, la supervivencia de la planta.

El Valle del Tulum en la provincia de San Juan se encuentra en la faja de aptitud de cultivo del olivo (Fig. 5), según se describe en la Enciclopedia Mundial del Olivo (COI, 1996). Sin embargo, las posibilidades de sustentabilidad económico-productiva de la actividad olivícola queda sujeta a la disponibilidad de zonas con condiciones agroecológicas adecuadas.

2. Adaptación de "Planificación Estratégica de las Cadenas Productivas en San Juan", informe final de la Cadena Productiva de Aceite de Oliva y Aceitunas en Conserva de San Juan. Proyecto PNUD ARG, julio 2001.

Figura 5. Áreas de distribución del cultivo del olivo en el mundo.



Fuente: Barranco, D.; Fernández, E. R.; Rallo, L. El cultivo del olivo. 6ª Ed. Madrid, Edición Mundi Prensa y Junta de Andalucía. 2008, p., 846.

Las heladas de radiación constituyen el tipo más recurrente en los valles frutihortícolas del Oeste argentino. Estas heladas son el resultado de un proceso termodinámico de enfriamiento de las capas bajas de la atmósfera, que se produce tan solo en condiciones atmosféricas específicas: cielo despejado y ausencia de brisas significativas.

Bajo estas condiciones, las diferencias de temperatura a una misma altura sobre el suelo y en diferentes localizaciones en planta, son causadas predominantemente por los flujos y la acumulación de aire frío.

El aire frío, al ser más denso que el aire caliente, tiende a fluir por las laderas y los cauces, para luego concentrarse en las zonas más bajas. Por esto, las zonas bajas suelen ser más frías que las altas y, en general, sufren mayor daño por helada.

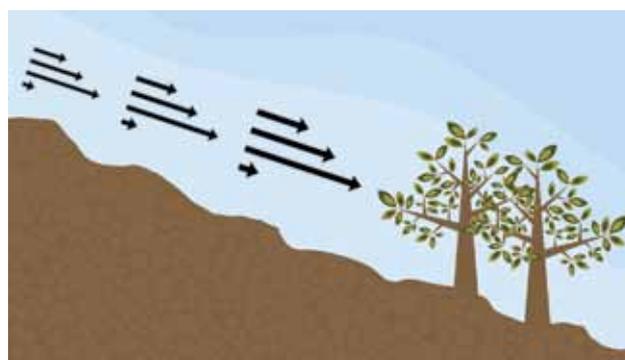
De esta manera, el factor causante de diferencias espaciales de temperaturas más notorio dentro de un área o finca es el drenaje de aire frío hacia las zonas bajas. En la Fig. 6 se muestra un diagrama de flujo simplificado del drenaje de aire frío hacia la parte inferior del terreno.

Asimismo, en dicha figura se puede apreciar cómo tanto la altura como la intensidad del flujo de aire frío se incrementan a medida que el viento de pendiente se desarrolla aguas abajo. Este flujo de aire frío, o viento de pendiente, puede ser represado o desviado, según los distintos obstáculos que aparecen: monte

natural, rutas, diversos terraplenes, cortinas vegetales, entre otros. Se generan así diferencias de variada magnitud entre las temperaturas que se registran en un mismo predio.

A su vez, la topografía específica de cada zona tiene un efecto determinante en el desarrollo y evolución del drenaje del aire frío hacia las porciones bajas del terreno.

Figura 6. Representación esquemática del movimiento de una masa de aire frío a lo largo de una ladera con pendiente.



En adición al riesgo climático, es necesario identificar zonas con disponibilidad de recurso hídrico para riego, condiciones de suelo y topográficas adecuadas, que aseguren un desarrollo rentable y sostenible de la actividad olivícola.

Geomorfología y fisiografía del área de estudio

El área de estudio está ubicada en la parte centro-sur del territorio sanjuanino y comprende en su totalidad el Valle del Tulum, provincia de San Juan.

El área tiene una superficie aproximada de 500.000 ha con ubicación: 31°55'31.36" latitud Sur y 68°28'49.07" longitud Oeste, y una altitud que va desde los 540 a los 950 msnm (Fig. 7). El Valle se puede separar en dos sub-áreas:

- Oeste o pedemontona**, con una superficie aproximada de 210.000 ha y una altitud de entre los 550 y 950 msnm., incluyendo de Norte a Sur los departamentos de Albardón, Chimbas, Capital, Rivadavia, Rawson, Pocito, y Sarmiento.
- Este**, con una superficie aproximada de 290.000 ha y una altitud de entre los 550 y 600 msnm, incluyendo de Norte a Sur los departamentos de Albardón, Angaco, San Martín, 9 de Julio, Santa Lucía, Caucete, Rawson, Pocito, 25 de Mayo y Sarmiento.

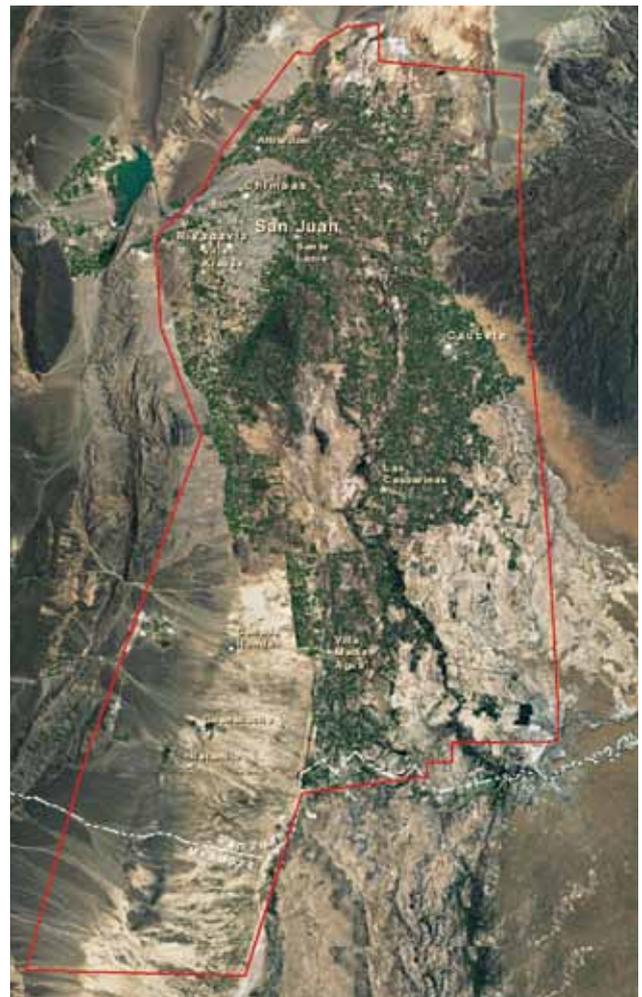
Geológicamente, el Valle del Tulum es una depresión intermontana de origen tectónico, rellena por depósitos de sedimentos no consolidados de Edad Cuaternaria, por donde discurren las aguas del río San Juan.

El Valle está ubicado en el centro Sur de la provincia de San Juan, entre las regiones morfoestructurales de la Precordillera y de las Sierras pampeanas. En esta depresión se ponen en contacto dos sistemas de fallamiento: uno hacia el Oeste, correspondiente al de Precordillera oriental andina; y otro hacia el Este, correspondiente al Sistema pampeano occidental.

El Valle está integrado por tres grandes unidades fisiográficas que son el cauce fluvial del río San Juan, los cordones montañosos y el Valle propiamente dicho. Es característico que las faldas orientales de estos cordones sean tendidas, así como abruptas las occidentales.

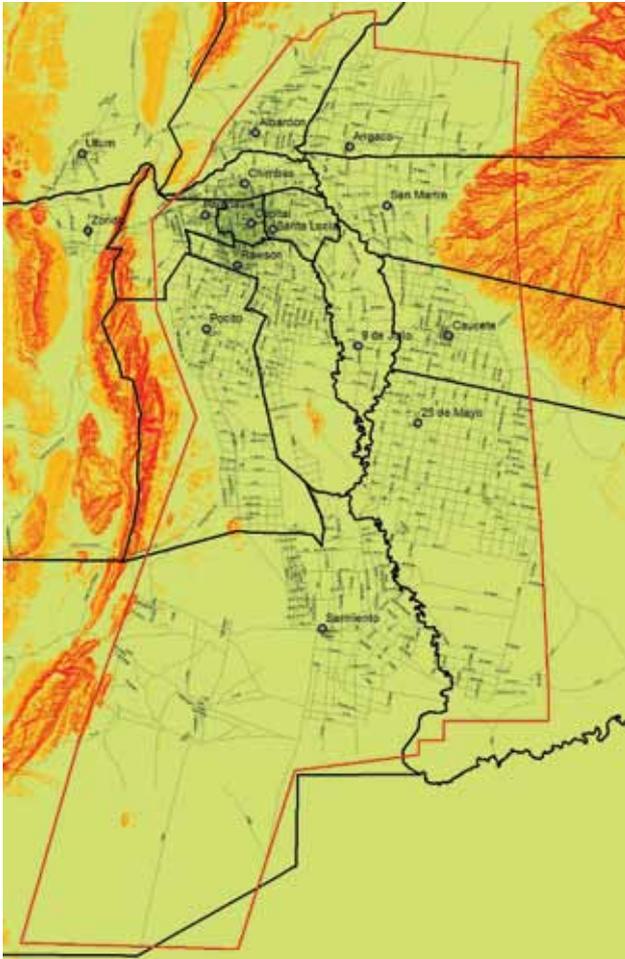
La pendiente de los piedemontes permite el movimiento de las masas de aire frío hacia el fondo de los valles, aspecto especialmente relevante en las zonas más frías, concretamente en San Juan y Mendoza. La Fig. 7 y la Fig. 8 presentan el Valle en vista satelital y croquis urbano, con la delimitación del área relevada por el presente estudio, que fue de 436.879 ha.

Figura 7. Imagen satelital del Valle del Tulum, con la delimitación del área de trabajo.



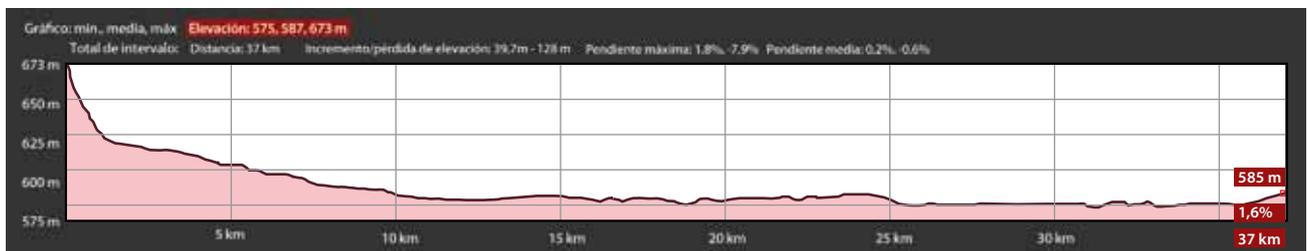
Fuente: Elaboración propia, en base a imagen satelital.

Figura 8. Mapa físico político del Valle del Tulum con la delimitación del área de trabajo. Las zonas con pendientes mayores al 3% están resaltadas con color naranja y donde el relieve es plano o levemente inclinado se corresponde con el Valle (verde claro).



Fuente: Manzano, G. 2013

Figura 9. Vista de perfil topográfico sentido O-E del Valle del Tulum en la localidad de Villa Aberastain, departamento Pocito (Lat 31° 39' S), elaborado con Google Earth 7.1.



Fuente: Babelis, G. 2012

Desde un enfoque edafogenético, puede decirse que los suelos de la región andina tuvieron una evolución fuertemente marcada por los factores formadores clima y relieve. La Fig. 9 presenta un perfil topográfico del Valle con orientación Oeste-Este que permite apreciar la pendiente de las áreas pedemontanas y las planicies bajas.

El área seleccionada en este estudio queda comprendida en un rango de alturas que va desde los 540 msnm, hasta los 950 msnm, con una destacada variación de pendientes, relieve y suelos, lo que permite inferir características agroecológicas diferentes dentro del Valle.

Como se observa en la Fig. 9, el área de estudio tiene un relieve típicamente de valle, con áreas montañosas en sus bordes; y luego transición entre zonas pedemontanas; zonas bajas y planas; y áreas de cauce de río. Esta diversidad de ambiente motivó al gobierno provincial a llevar adelante un estudio de suelos y clima que permita inferir el efecto de la altitud y posición de un punto sobre la rigurosidad de las bajas temperaturas invernales.

Procedimientos de investigación

Recopilación de información agroclimática y fisiográfica

Datos Meteorológicos

Se procedió a elaborar una base de datos que comprendió series de valores mensuales y diarios- medios y extremos- para las siguientes variables, durante el período 1951-2012:

- Precipitación
- Temperatura de superficie
- Humedad relativa de superficie
- Velocidad del viento
- Heliofanía efectiva (Es posible emplear como sustitutos la nubosidad y la radiación de onda larga saliente.)

Para este fin, se han recopilado los datos procedentes de distintas fuentes locales, que contaban con registros de, por lo menos, los últimos cinco años. Las fuentes utilizadas fueron, entre otras:

- Servicio Meteorológico Nacional
- Red de observaciones de INTA San Juan
- Red de observaciones de la provincia de San Juan
- NOAA/CIRES Climate Diagnostics Center
- National Climate Data Center
- European Center for Medium Range Forecast

Los datos así obtenidos han sido sometidos a un análisis de consistencia e integrados a una base de datos que se fue empleando para desarrollar los distintos ítems del estudio.

Caracterización del valor medio y la variabilidad del régimen agroclimático del área en sus aspectos de:

- Precipitaciones
- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad del viento
- Nubosidad

Cálculo del régimen de evapotranspiración de la zona:

Se procesaron las series mensuales del área para el período 1951-2008, calculando la Evapotranspiración Potencial (EP) por el método de Penman, y la Evapotranspiración del Cultivo (ETc).

Régimen de adversidades agroclimáticas

Se efectuó la caracterización del régimen de adversidades agroclimáticas del área, en sus aspectos de:

- Granizo
- Vientos

Esta información se ha utilizado para modelizar la expresión de las adversidades, en función de la topografía y exposición del área considerada.

Cambio Climático

Dado que durante los tres últimos años climáticos se han observado eventos extemporáneos de gran intensidad, se identificaron los posibles procesos que actúan sobre el clima del área en los aspectos de:

- Posible respuesta al calentamiento global.
- Respuesta al fenómeno de "El Niño Oscilación del Sur".
- Existencia de ciclos periódicos que pueden actuar sobre el agroclima del área.

Estudios de suelos, planialtimétricos y unidades cartográficas

La provincia de San Juan cuenta con información sistemática de reconocimiento y clasificación de los suelos y condiciones de drenaje del Valle del Tulum, en una escala 1:10.000, que permitió conocer en detalle: las características fisicoquímicas del suelo, la topografía en los distintos ambientes y la presencia de manto freático, entre otros aspectos de interés.

Dicha información surge del “Estudio de suelos y drenaje del Valle del Tulum” (1976) que, sumado a trabajos preliminares, generó 146 cartas de suelo de todo el Valle. Este estudio fue encomendado al INTA por el Gobierno provincial, a raíz de la necesidad urgente de establecer pautas de manejo de suelos bajo riego, que tiendan a reducir los problemas de salinización, y a evitar así las consecuentes pérdidas de productividad de tierras tan valiosas para la economía regional.

Un mapa básico de suelos a escala 1:75.000, donde está condensada la distribución de las distintas unidades cartográficas presentes en el Valle, constituye hasta la actualidad una herramienta de consulta permanente para muchos interesados de distintas ramas, como: investigadores, asesores técnicos, empresarios, corredores inmobiliarios, estudiantes y productores agropecuarios.

La descripción del área de estudio analizada no solo abordó la caracterización o génesis del perfil fisicoquímico del suelo, sino también el de la geología, fisiografía, clima y vegetación, finalizando con el uso actual de la tierra.

Se ha conformado un mosaico o grilla sobre la totalidad del Valle, generándose las 146 fotocartas antes mencionadas. Cada una de ellas contiene una superficie de 25 km², cubriendo en total una superficie de 365.000 ha.

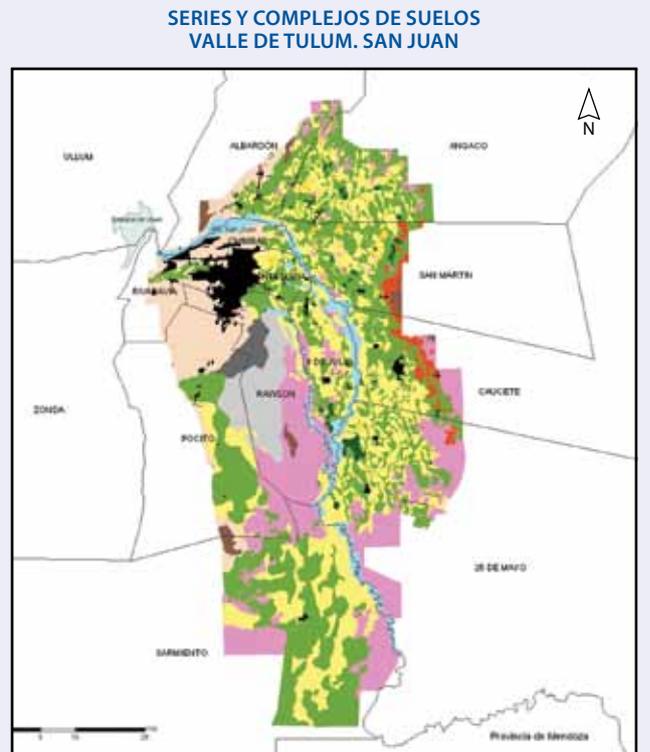
Este estudio focalizó sus recursos en el relevamiento solo de la superficie que, en aquellos años, podía estar disponible para llevar adelante alguna actividad agrícola; es decir que dispusiera de agua para riego, ya sea de origen superficial o subterráneo. La superficie realmente relevada fue entonces de 251.700 ha, dentro de las cuales se efectuaron unas 46.000 observaciones de suelo y se analizaron parámetros fisicoquímicos en 415 muestras de suelo provenientes de calicatas o pozos de observación, abiertos para tal fin.

Como resultado de muchos años de trabajo de campo y gabinete, desarrollado entre 1972 y 1976, se logró identificar seis series y cuatro complejos de suelo.

En el marco de actividades del Proyecto Regional “Apoyo para mejorar el uso y gestión de los recursos naturales y el ordenamiento del territorio rural”, ejecutado por INTA San Juan entre los años 2009 y 2012, se ha tomado dicho estudio y se ha generado un mapa temático de las Series y Complejos de Suelos del Valle del Tulum.

Metodológicamente, se procedió a georreferenciar las cartas de suelo y su posterior digitalización con SIG. Como resultado final, se obtuvo el mapa presentado en la Fig. 10, que ha constituido una herramienta para numerosos trabajos, y ha sido utilizada hasta la fecha.

Figura 10. Mapa de suelos del Valle del Tulum del año 1976 y sus divisiones departamentales. Trabajo digitalizado en 2012.



Referencias

SERIES

	Mitre
	Belgrano
	Canal Puntilla
	Pie de Palo
	Sarmiento
	Cortinez
	Roca
	Tierras Misceláneas

COMPLEJOS

	El Salado
	Ramón Franco
	Médano de Oro
	Fluvial

SIGNOS CARTOGRAFICOS

	Límite administrativo
--	-----------------------

Fuente: Estudio de Suelos y Drenaje del Valle de Tulum. EEA INTA San Juan, 1976

Provincia de San Juan - República Argentina



EEA San Juan

PTR: Recursos Naturales
Laboratorio de SIG y Teledetección
Año 2012

Fuente: Alday, S. 2012

Dotación y calidad de agua para riego

En el Valle del Tulum están empadronadas con derecho a riego aproximadamente 160.000 ha; y otras 5.000 ha lo están para otros usos distintos al agropecuario. De esta superficie, en los últimos años se cultivan en promedio entre 87.500 ha y 92.000 ha, que representan el 55% de la superficie empadronada con derecho o dotación de riego.

Con respecto a estas cifras, cabe destacar que el número de hectáreas empadronadas con derecho a riego supera la capacidad de distribución y de derrame en las dos principales cuencas, y a la infraestructura disponible. En ese contexto, adquiere relevancia el aprovechamiento del agua subterránea.

En San Juan se dispone de un número estimativo de 8.000 pozos, de los cuales un 75% son de tipo parcelarios (en fincas privadas), un 20% son comuneros (compartidos por varios productores) y un 5% son usados para abastecer a industrias y proveer de agua potable. No todos los pozos son funcionales, de hecho el DH identifica un total de 839 pozos abandonados o rotos.

El registro histórico del Departamento de Aguas Subterráneas del DH indica autorizaciones de perforaciones por un total de 7.156 pozos, de los cuales una mínima cantidad, 241, son oficiales, y el resto particulares.

La mayor parte de los pozos se utiliza para reforzar las dotaciones de riego superficial distribuidas por el sistema de riego. Sin embargo, en los departamentos 25 de Mayo y Sarmiento, principalmente, hay una superficie que se estima que supera las 15.000 ha y que no tiene derecho de riego; es decir que hay plantaciones de olivo, vid y pistachos, en ese orden de importancia, que son irrigados exclusivamente con agua subterránea de variable calidad.

Si se considera la creciente explotación de los acuíferos aprovechables en el Valle, se torna imprescindible, para proteger el medio ambiente, mantener actualizados los registros de pozos funcionales, conocer la aptitud para uso agrícola (calidad), los niveles de recarga, y su uso actual y potencia.

En virtud de lo expuesto, en el presente libro, se ha procedido a realizar dos trabajos de recopilación de información:

- Digitalización del mapa de Isoconductividad de aguas subterráneas³.
- Recopilación de 146 resultados analíticos de calidad de aguas de pozos (salinidad y pH), cuyo uso está destinado exclusivamente a riego⁴ agrícola. Estos están ubicados dentro del área de estudio de este proyecto, y se han informado otros datos de perforaciones cercanas al área mencionada.

Evaluación microclimática del régimen de heladas en la zona

Diseño e instalación de una red de observación agroclimática

Se diseñó e instaló una red de observación agroclimática, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de los elementos (variables) a ser observados, con especificación de atributos y periodicidad.
- Elección de los puntos de observación según opciones de máxima, media y mínima densidad.
- Definición de la base de datos, en la que se integran los elementos observados.
- Definición de las variables a ser derivadas por cálculo a partir de los elementos observados.
- Diseño de reportes, especificando tipo, periodicidad y alcance.
- Selección del tipo de estaciones automáticas de observación empleadas en el proyecto.
- Instalación y puesta en marcha de la red.

Se ha adquirido un total de 63 termómetros (*Temperature Logger iButton With 8kB Datalog Memory*), además del lector de sensores (*USB Single F5 iButton Holder with Protective*). Por otro lado, se ha construido una protección para estos, con el fin de instalarlos definitivamente en campo.

3. Fuente consultada: Mercado, N.; Silva, M. Evolución Hidrológica e Hidroquímica de las cuencas subterráneas de Tulum y Ullúm-Zonda. San Juan, Centro Regional de Aguas Subterráneas, 1988.

4. Fuente consultada: Laboratorio de Suelos y Riego de la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Juan, Período 2003-2013.

Observación del régimen de heladas de la zona durante el período frío de 2012

Dado que durante los últimos tres años las irrupciones de aire polar capaces de causar heladas comenzaron en el mes de mayo y se extendieron hasta mediados de noviembre, se llevaron a cabo observaciones desde mayo de 2012 hasta el mismo mes del 2013, a fin de contar con un detallado registro de la marcha térmica.

Estudio de la influencia del mecanismo de generación de heladas en la manifestación de éstas en la zona

Mediante los datos obtenidos en la campaña de medición de temperaturas 2012, se estudió el proceso de generación de masas de aire frío y su drenaje altitudinal, y el movimiento de esas masas de aire, a fin de determinar los distintos grados de exposición a las heladas, en duración e intensidad.

Se caracterizaron las frecuencias (blanca o negra) y el tipo genético (advectivo o radiativo) del régimen de heladas de la zona.

Monitoreo permanente del régimen de heladas de la zona

Como parte del estudio, mediante la red de observaciones instalada, se está en condiciones de continuar con el monitoreo del régimen de heladas de la zona, a fin de detectar cambios y de proveer pronósticos que contribuyan al control de esta adversidad.

Elaboración de un mapa de suelo a nivel de semidetalle (1:25.000)

Con el transcurso de los años y con el desarrollo de tecnologías adecuadas, se produjo un notable avance y desplazamiento de la frontera agrícola, promovida en gran medida por el crecimiento urbano. Esto indujo a la necesidad de estudiar y mapear suelos de nuevas áreas, generando información de suelos en lugares que han sido considerados, hasta no hace mucho tiempo, no aptos para agricultura, por la imposibilidad de ser dotados de agua para riego.

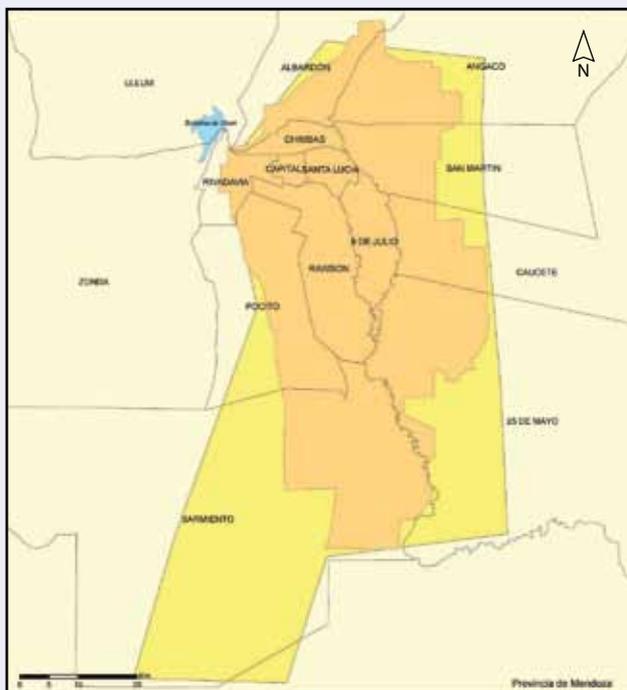
En su mayor parte, estos estudios han sido conducidos por inversiones privadas, por eso la información no ha sido sistematizada ni de dominio público. La expansión de la olivicultura y de la viticultura fue la que impulsó más fuertemente estos estudios de suelo, en áreas en las que no se contaba con información.

La elaboración del mapa de suelos consistió específicamente en la obtención, clasificación y posterior mapeo de información, proveniente del trabajo de reconocimiento de suelos. Este fue efectuado en numerosos sitios, durante la ejecución de este proyecto, y a partir de la búsqueda de información proveniente de estudios de suelo particulares.

Esto último se logró gracias a la buena predisposición de consultores y empresas que, en aras de aportar a la investigación, cedieron con gusto datos que permitieron ahorrar recursos. La Fig. 11 muestra la zona de ampliación del estudio de suelo y su dimensión con respecto al anterior estudio de 1976.

Figura 11. Área de cobertura de los estudios de suelos de 1976 y de 2013, en los departamentos que conforman el Valle del Tulum, provincia de San Juan.

ÁREA DE EXPANSIÓN DEL ESTUDIO DE SUELOS DEL VALLE DE TULUM, SAN JUAN



Referencias

ÁREA DE ESTUDIO

	Área de cobertura 1976
	Área de cobertura 2013

SIGNOS CARTOGRÁFICOS

	Límite administrativo
--	-----------------------

Provincia de San Juan - República Argentina



EEA San Juan

Laboratorio de SIG y Teledetección
Año 2012

Fuente: Alday, S. 2013

Como se mencionó anteriormente, el proyecto prevé trabajar sobre un área de 436.879 ha. Si a esa superficie se le resta el área relevada en la década de 1970, la ampliación del estudio de suelos es del orden de 185.000 ha.

Asimismo, el 64% de esta superficie se encuentra en el sector Suroeste del departamento Sarmiento, ya que allí se produjo el mayor crecimiento y desarrollo de proyectos agrícolas en la última década.

Por procedimiento habitual, el trabajo de reconocimiento de suelos se realizó siguiendo las normas del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Soil Survey Manual et al., 1993).

Dado que el área engloba una extensa superficie, se calculó la escala de trabajo más acorde a los recursos disponibles; es decir que la ampliación de estudio tiene un nivel de detalle menor respecto del proyecto anterior. No obstante, en el presente, es posible obtener mucha información de las imágenes, que ayuda a determinar los límites de cada tipo de suelo.

Las observaciones de reconocimiento se realizaron mediante el uso de una pala barreno, en los casos en que no había impedimentos del tipo de grabas de gran tamaño; o directamente se evaluó en perfil; o en pequeñas calicatas; o en el talud de barrancas naturales.

En campo, se realizaron las siguientes actividades:

- Descripción morfológica de los suelos observados.
- Descripción de la topografía y la vegetación presente en el lugar.
- Textura al tacto de la/s capa/s de suelo.
- Toma de muestras de suelo para análisis fisicoquímico.

Las determinaciones analíticas fueron efectuadas en el laboratorio de Suelos del INTA San Juan y las técnicas de análisis utilizadas se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Determinaciones analíticas utilizadas para caracterizar las propiedades químicas de los suelos relevados

DETERMINACIÓN	MÉTODO	REF. BIBLIOGRÁFICA
Conductividad eléctrica	Conductividad eléctrica específica en pasta de suelo saturada	U.S. SALINITY LABORATORY STAFF 1962
pH	Vía potenciométrica en extracto de saturación	JACKSON 1964
Nitrógeno total	Kjeldahl	BREMNER 1960
Fósforo disponible	Técnica Arizona con extracción carbónica relación 1:10	MC GEORGE 1939
Potasio intercambiable	Acetato de amonio 1N pH 7	PRATT 1954
Materia orgánica	Walkley & Black	BROADBENT 1965
Textura de diferentes capas	Volumen de sedimentación	NIJENSOHN y PILASI 1962

Respecto a la clasificación taxonómica de los suelos, se utilizó el sistema localmente empleado para el “*Estudio de suelos y drenaje del Valle del Tulum*” (Salcedo et al., 1976), basado en el sistema propuesto por FAO (2006), y se consideran ciertas modificaciones específicas para suelos aluvionales.

Mediante el apoyo de soporte SIG, el trabajo de reconocimiento de suelos fue volcado a un mapa digitalizado del área relevada.

El producto resultante es un mapa cartográfico base con una serie de capas que contienen toda la información recolectada en campo.

Análisis y clasificación por aptitud de áreas según tipo de suelo y clima

La evaluación de tierras es el proceso de determinación y predicción de su comportamiento, utilizado para fines específicos. Constituye una de las herramientas necesarias para llevar adelante una planificación racional de los recursos naturales y humanos, entendiendo que el propósito de ésta es que cada área sea utilizada de manera tal que provea el máximo beneficio para la sociedad, sin degradar los recursos.

Esta clasificación intenta diferenciar las tierras por grado de aptitud. Se trata de la potencialidad de uso específico de un suelo, sobre una base sostenida o sustentable.

En este tipo de estudios se consideran *Cualidades de la tierra*, que engloban *Características de la tierra*. Éstas a su vez representan atributos simples y medibles del suelo y del clima.

El Cuadro 3 presenta, a modo de ejemplo, un esquema simplificado de interpretación de atributos medibles del suelo.

El esquema para la Evaluación de Tierras (ET) para usos específicos de la FAO (1976) es considerado un sistema estándar de referencia en todo el mundo, y ha sido aplicado tanto en países desarrollados como en zonas del tercer mundo. Metodológicamente, consiste en la comparación de los niveles de *características del suelo y clima* con *los requerimientos del cultivo, bajo un manejo específico*.

Cuadro 3. Cualidades típicas de un suelo y sus características medibles

QUALIDAD DE LA TIERRA	CARACTERÍSTICA DE LA TIERRA
Textura de capa superficial	Capacidad de retención de agua
	% de Materia Orgánica
	Disponibilidad de nutrientes
	Riesgo de erosión
Profundidad de suelos	Capacidad de retención de agua
	Disponibilidad de nutrientes
	Disponibilidad de oxígeno
Pendiente del paisaje (%)	Riesgo de erosión
Salinidad en los 1 ^{eros} 50 cm. de suelo	Conductividad eléctrica
	pH
	RAS, PSI

El esquema FAO para la ET no es un sistema propiamente dicho, pero constituye una serie de principios y conceptos a partir de los cuales puede ser creado un sistema de evaluación de tierras para una región determinada, en concordancia con los requerimientos físicos y socioeconómicos específicos de la región.

Es por esto último que el esquema permite *usar criterios de utilidad local* para la toma de decisiones; y que *las experiencias* que productores, técnicos, investigadores y docentes aportan sobre la adaptación del cultivo a las diferentes zonas del Valle resultan muy importantes en el proceso de elaboración del trabajo.

A los fines de evaluar la productividad de tierras en un área específica, Schulz y colaboradores (2012) utilizaron una metodología denominada Índice de Productividad, (IP). Éste aplica método paramétrico multiplicativo, para evaluar la productividad actual y potencial del suelo.

Para el cálculo se utilizan tablas que representan las relaciones causa – efecto de los parámetros, en función de regiones climáticas homogéneas, donde cada una presenta una fórmula específica (Nakama & Sobral, 1987). Con las debidas modificaciones en cuanto al tratamiento de los aspectos climáticos, la metodología del cálculo del IP ha sido utilizado en el presente trabajo.

El objetivo específico de este estudio, en cuanto al análisis de aptitud, fue clasificar los suelos del Valle del Tulum para la producción de olivo bajo riego, destinado a elaboración de aceite.

Los pasos propuestos para dicha clasificación fueron:

- 1) Determinación del criterio de requisitos del cultivo de olivo para la zona.
- 2) Listado de las características del suelo y clima de mayor relevancia para el cultivo del olivo bajo riego en el Valle.
- 3) Asignación de niveles a cada característica elegida del suelo y clima. Cada nivel tiene un rango de valores esperables, propios de cada característica.
- 4) Elaboración de una ecuación de tipo paramétrica.
- 5) Obtención de un valor, Índice de Aptitud (IA), para cada punto del área evaluada.
- 6) Interpretación del IA y generación de mapa de aptitud.

Caracterización agroclimática y fisiográfica de la zona

Datos meteorológicos: recopilación de información climática general

Se consultó el archivo del *National Climate Data Center* (NCDC) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) de los EE.UU., institución que mantiene el archivo de datos públicos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Debido a la escasa población de la región, existen pocos puntos de observación climatológica, de manera que solo el Aeropuerto de San Juan y el Observatorio del INTA en Pocito cuentan con series adecuadas de

datos, correspondientes a las proximidades del área en estudio.

Por otra parte, estas estaciones climatológicas poseen las ventajas de que cuentan con prolongadas series de observaciones, instrumental estándar, y son atendidas por personal del Servicio Meteorológico Nacional Argentino. Por lo tanto, sus datos pudieron ser tomados como referencia para contrastarlos con los que se obtuvieron dentro del proyecto.

A continuación, el Cuadro 4 presenta la ubicación de las estaciones climatológicas disponibles para llevar a cabo el estudio.

Cuadro 4. Ubicación de las estaciones automáticas disponibles en el Valle de Tulum, San Juan

ESTACIÓN	PROVINCIA	COORDENADAS			SERIES	OBSERVACIONES
		LATITUD (SUR)	LONGITUD (OESTE)	ALTITUD (MSNM)		
San Juan Aero	San Juan	35° 29'	69° 35'	597	1967-2010	SMN
Pocito	San Juan	38° 25'	68° 56'	423	Instalada en marzo de 2010	Estación del proyecto

Fuente: Silva, S. 2012

Estas estaciones climatológicas contaron con toda la información periódica para el desarrollo del estudio meso-climático de la zona, que se describe a continuación:

- Presión atmosférica (a nivel de la estación y reducida a nivel del mar)
- Temperaturas a 1,5 metros de altura (máxima, media y mínima)
- Punto de rocío (promedio)
- Visibilidad (promedio)
- Velocidad del viento (promedio, máximo y racha)
- Precipitación (acumulado diario)
- Niebla (cualitativo)
- Garúa/llovizna (cualitativo)
- Nieve/Hielo (cualitativo)
- Granizo (cualitativo)
- Tormenta eléctrica (cualitativo)
- Tornado (cualitativo)

Los datos correspondientes a estas estaciones de apoyo cumplieron la función de correlacionarse con las observaciones efectuadas por las estaciones automáticas instaladas en San Juan, a fin de reconstruir la serie de esta última hacia el pasado, detectando la posible ocurrencia de fenómenos extremos.

Caracterización del valor medio y la variabilidad del régimen agroclimático del área

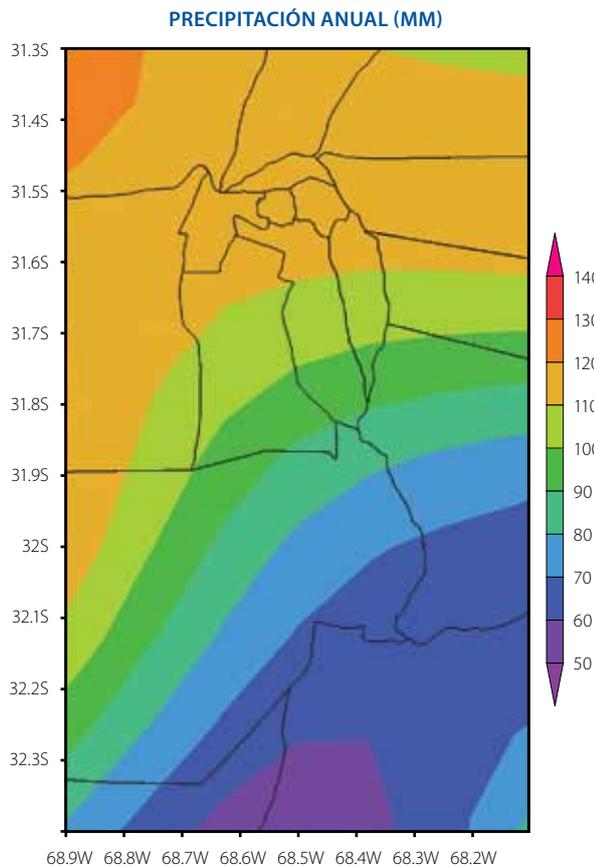
Precipitación de lluvia

La mayor parte de las precipitaciones que tiene lugar en el Valle del Tulum ocurre en forma líquida; es decir en forma de lluvia, aunque también se producen nevadas ligeras y granizo.

El clima pluviométrico del Valle del Tulum (Fig. 12) corresponde en su totalidad a una situación de desierto (BW en la clasificación de Koppen), con menos de 250 mm anuales, en toda su extensión.

Se nota un marcado gradiente negativo, desde el Noroeste del Valle, donde el efecto orográfico hace que se registren los mayores valores, hasta su extremo Sudeste, donde se observan los mínimos.

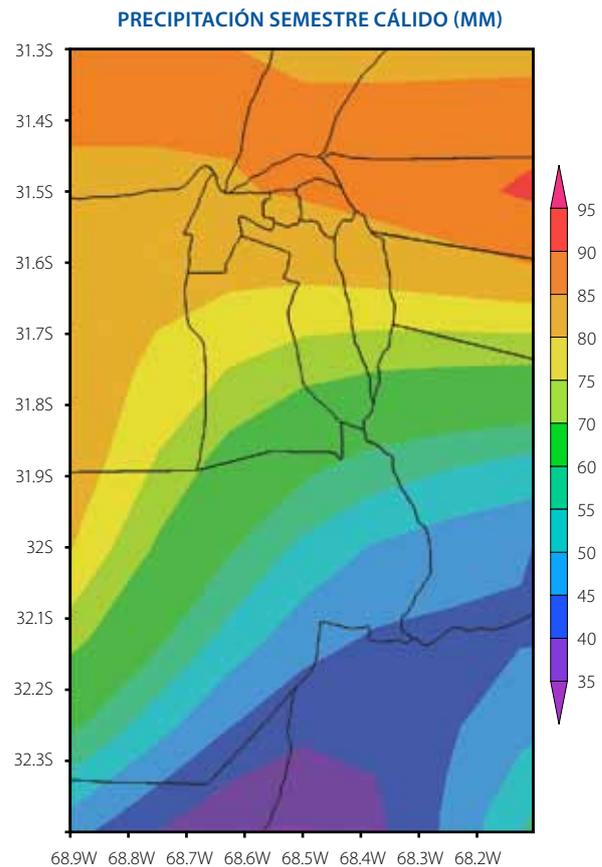
Figura 12. Precipitación anual en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

La mayor parte de las precipitaciones (hasta un 80%, según la subzona) se produce en el semestre cálido (octubre-marzo) cuando los vientos del trópico alcanzan su posición extrema Sur, aportando pequeñas cantidades de humedad a la atmósfera (Fig. 13).

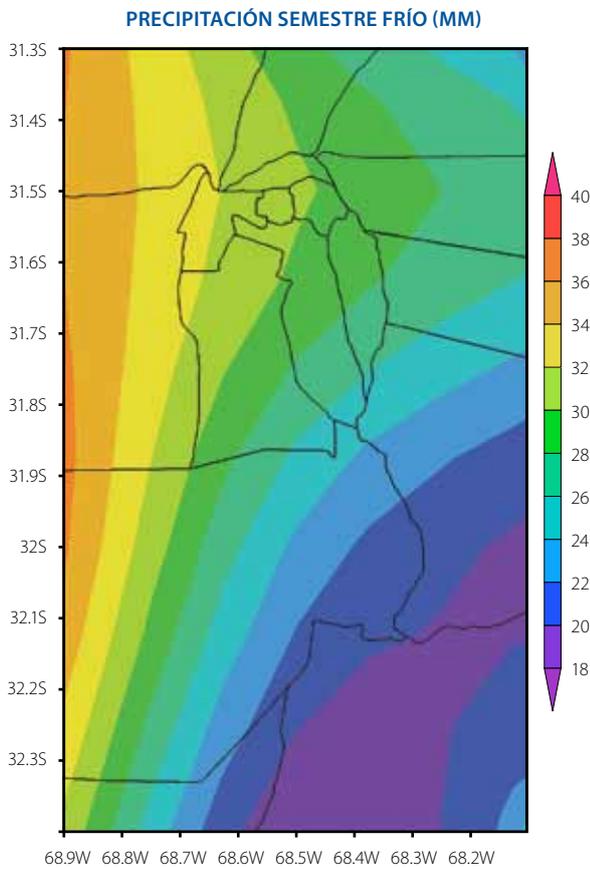
Figura 13. Eventos de precipitación durante el semestre cálido en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Contrariamente, en el semestre templado-frío (abril-septiembre), cuando predomina la circulación seca y fría proveniente del Sudoeste, se registran precipitaciones mucho menores (Fig. 14).

Figura 14. Eventos de precipitación durante el semestre templado-frío en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

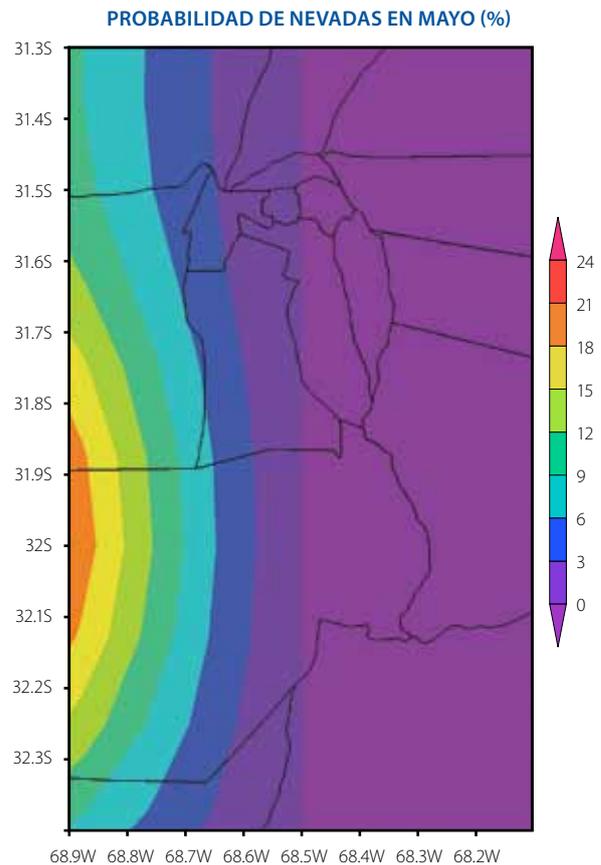
Precipitación de nieve

Las nevadas en el Valle del Tulum son poco frecuentes y muy irregulares. Esto se debe a que, solo en circunstancias muy especiales, la circulación en el semestre frío aporta masas de aire moderadamente frío y con baja humedad atmosférica, capaces de producir una nevada.

Cuando la circulación invernal rota al Sur se vuelve demasiado fría y seca como para producir nevadas; mientras que, cuando rota al Norte, aporta demasiada humedad, produciéndose lluvias. La probabilidad de nevadas es mínima en el extremo Sudeste del Valle, donde éste presenta su menor altura, incrementándose hacia el Noroeste, gracias al efecto de la elevación del terreno.

Durante mayo las nevadas (Fig. 15) quedan restringidas en la mitad occidental del Valle, aumentando desde nulas en su parte central, hasta una probabilidad máxima del 24% (una vez cada cuatro años) en su extremo occidental.

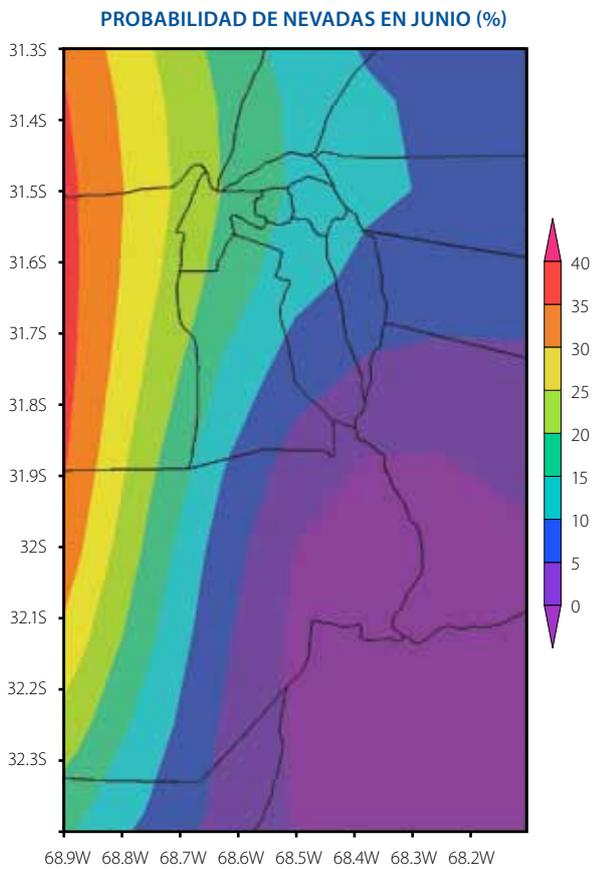
Figura 15. Probabilidad de ocurrencia de nevadas en el mes de mayo en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

En junio la probabilidad de nevadas (Fig.16) se incrementa, variando desde una probabilidad nula en el extremo Sudeste del Valle, hasta un máximo de 40% (una vez cada dos años y medio), en el Noroeste de su extensión.

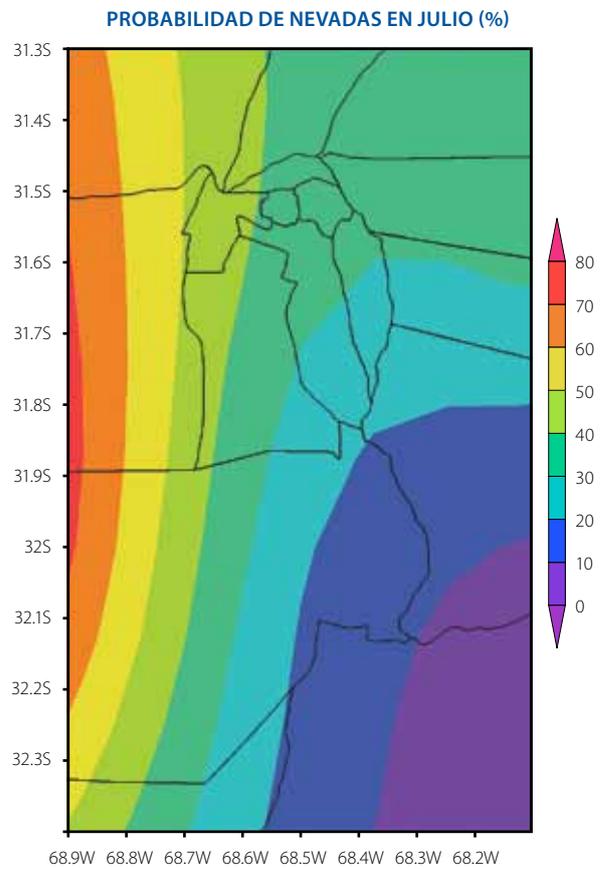
Figura 16. Probabilidad de ocurrencia de nevadas en el mes de junio en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Durante julio la probabilidad de nevadas alcanza su mayor expresión (Fig. 17), y varía desde un mínimo del 10% (una vez cada 10 años) en su extremo Sudeste, hasta un máximo del 80% (8 de cada 10 años) en el Oeste.

Figura 17. Probabilidad de ocurrencia de nevadas en el mes de julio en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

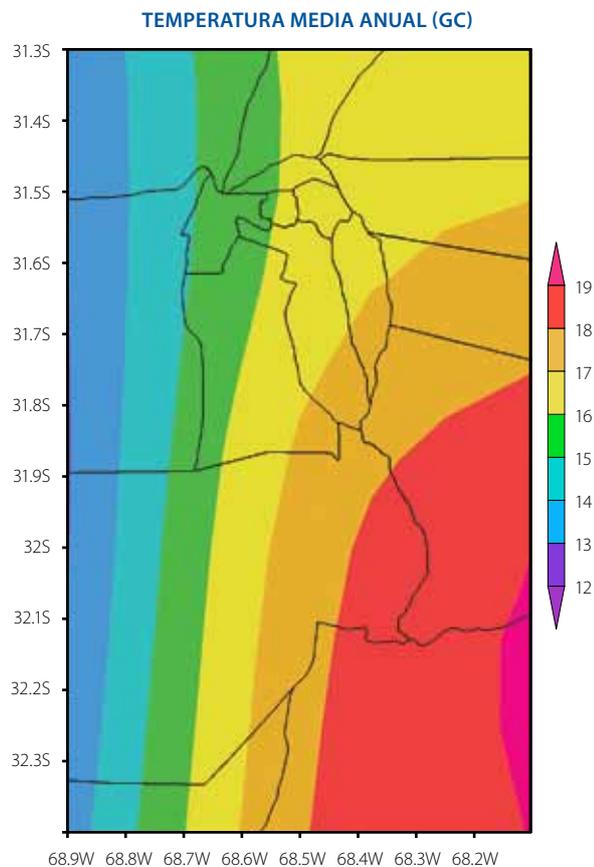
En agosto, cuando retorna la circulación subtropical, la probabilidad de nevadas desaparece abruptamente.

Temperatura de superficie

Promedio anual y amplitud térmica

El clima térmico del Valle del Tulum varía en función de la altura. El extremo Sudeste de su extensión, donde el terreno alcanza su menor altura, presenta un clima térmico propio de la estepa subtropical, con temperaturas medias del orden de los 19.0°C (Fig. 18).

Figura 18. Temperatura media anual en el Valle del Tulum.

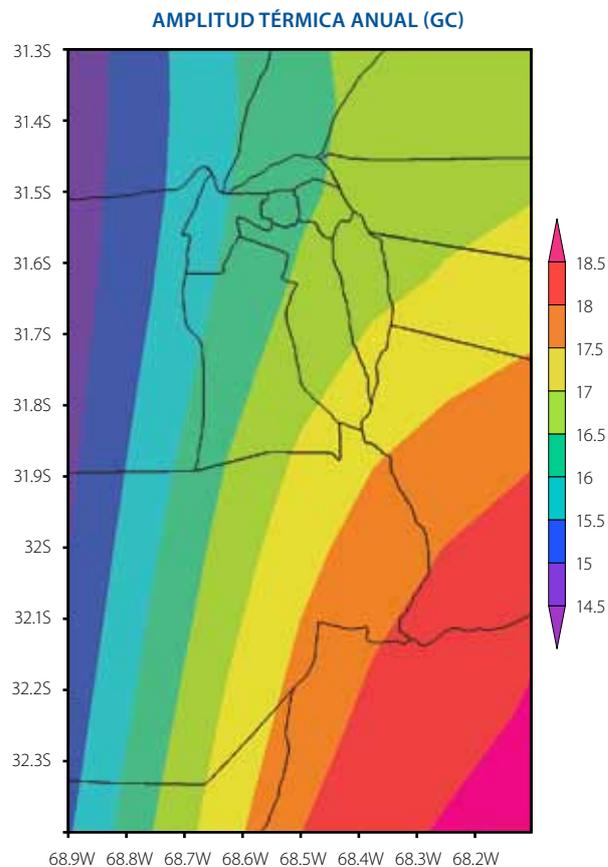


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

A medida que el terreno asciende hacia el Norte y hacia el Oeste, la temperatura media disminuye, hasta alcanzar un mínimo de 14.5°C, esto es característico de un desierto de mediana altura.

Debido al clima seco y a la proximidad de la cordillera, la amplitud térmica anual es considerable (Fig. 19). El extremo Sudeste del Valle alcanza un máximo de 18.5°C de amplitud térmica anual, mientras que hacia el Oeste, este valor disminuye moderadamente, hasta 14.5 °C.

Figura 19. Amplitud térmica media anual en el Valle del Tulum.



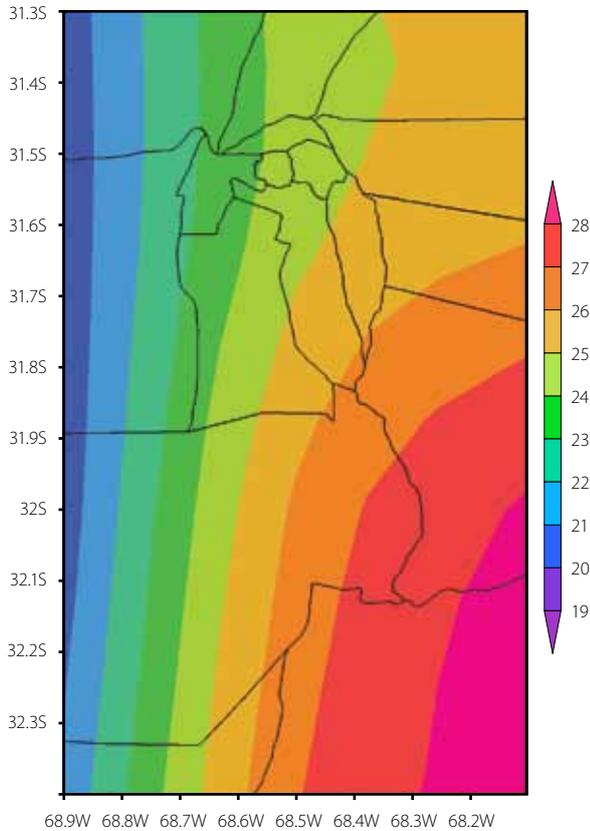
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Temperaturas medias de enero y julio

Debido al clima seco y a la elevada radiación solar veraniega, el mes de enero registra temperaturas medias sumamente elevadas (Fig.20), que van desde más de 28.0°C, en la parte más baja del Valle, hasta 19.0°C en su margen occidental.

Figura 20. Temperatura media del mes de enero en el Valle del Tulum.

TEMPERATURA MEDIA ENERO (GC)

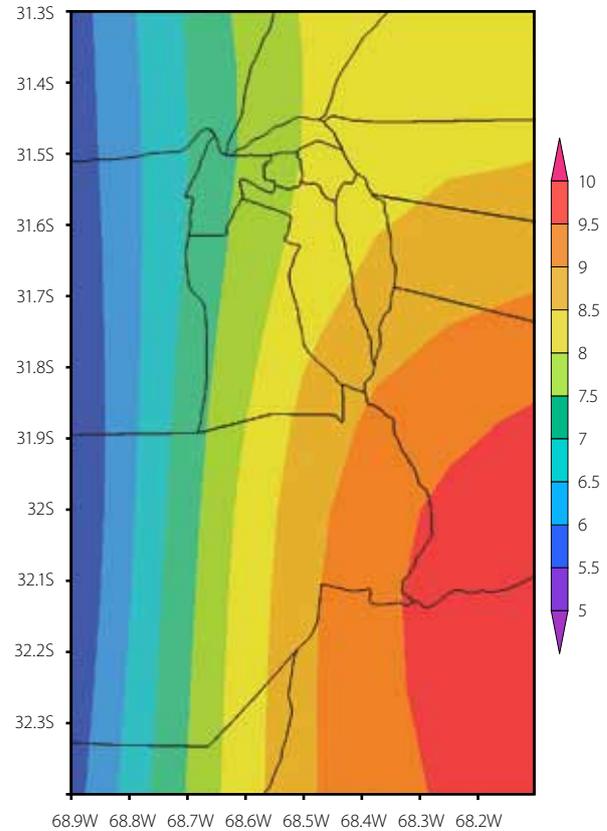


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Hacia el invierno, la reducción de la radiación solar y la escasa capacidad calorífica de los suelos secos hacen que la temperatura baje considerablemente (Fig. 21).

Figura 21. Temperatura media del mes de julio en el Valle del Tulum.

TEMPERATURA MEDIA JULIO (GC)



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

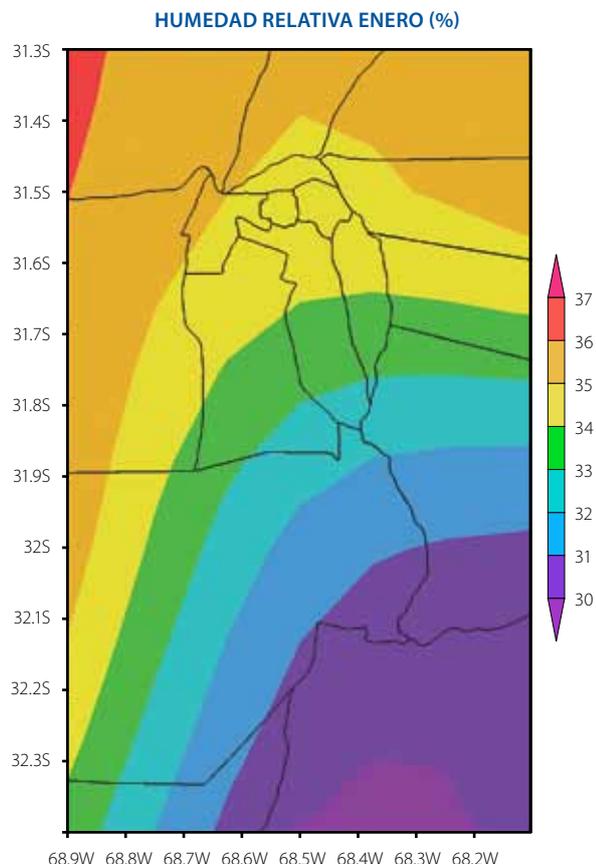
Por estas causas, el extremo Sudeste registra una temperatura media de julio del orden de los 10.0°C, propia de un invierno riguroso; mientras que su margen occidental experimenta valores de menos de 5.0°C, que indican condiciones aún más rigurosas.

Humedad relativa de superficie

Valores medios de enero y abril

Aunque enero es el mes más lluvioso del año, el magro aporte de humedad efectuado por la circulación atmosférica, unido a las elevadas temperaturas que registra este mes, producen que la humedad relativa descienda a valores muy bajos, propios del clima de árido a semiárido del área (Fig. 22).

Figura 22. Humedad relativa del mes de enero en el Valle del Tulum.

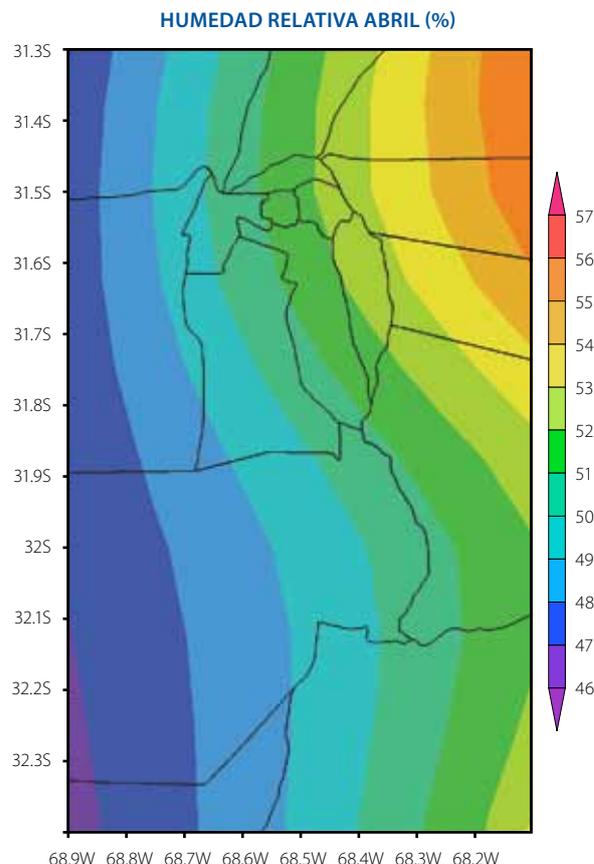


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

La porción más cálida del Valle, es decir su extremo Sudeste, solo registra valores del orden del 30% de humedad relativa; mientras que, hacia el Oeste, la disminución de la temperatura, producida por el incremento de la altura, hace que los registros suban un tanto, alcanzando el nivel del 37%.

La disminución de temperatura provocada por el inicio de la estación de otoño (Fig. 23) permite que el mes de abril registre un incremento de humedad relativa.

Figura 23. Humedad relativa del mes de abril en el Valle del Tulum.



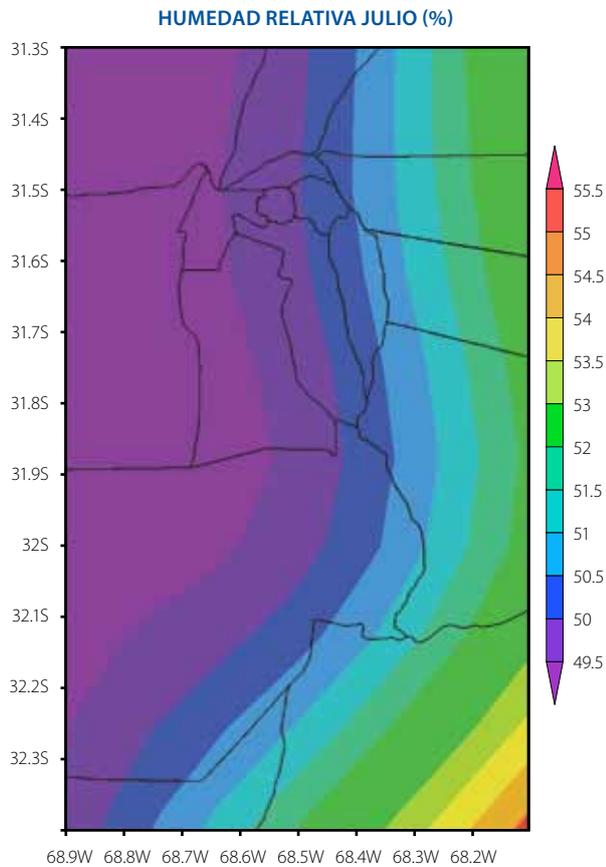
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Al mismo tiempo, la llegada de vientos del Oeste - que llegan fríos y extremadamente secos - invierte el gradiente de humedad, haciendo que el Oeste registre los menores valores, y el Nordeste los mayores.

Valores medios de julio y octubre

Al comenzar el invierno, la intensificación de los vientos del Oeste (Fig. 24) determina que julio registre un leve descenso de los niveles de humedad atmosférica, al mismo tiempo que se acentúe el gradiente negativo de Oeste a Este.

Figura 24. Humedad relativa del mes de julio en el Valle del Tulum.

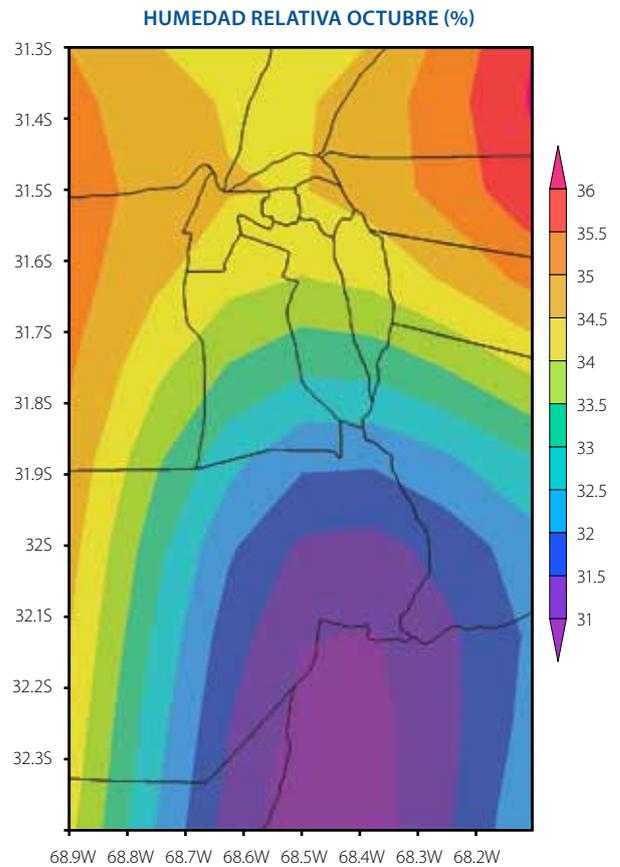


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

En ocasiones en que, a través de la Cordillera, se producen fuertes vuelcos de masas de aire procedentes del Océano Pacífico, tiene lugar el fenómeno del Viento Zonda. Durante éste, la humedad desciende a valores casi nulos, y además se registran temperaturas elevadas y se observan vientos intensos.

El incremento térmico provocado por la llegada de la primavera hace que el nivel medio de humedad atmosférica descienda considerablemente (Fig. 25), al mismo tiempo que la predominancia de vientos del trópico determina que los mayores valores se registren hacia el Norte; y los menores, hacia el Sur.

Figura 25. Humedad relativa del mes de octubre en el Valle del Tulum.

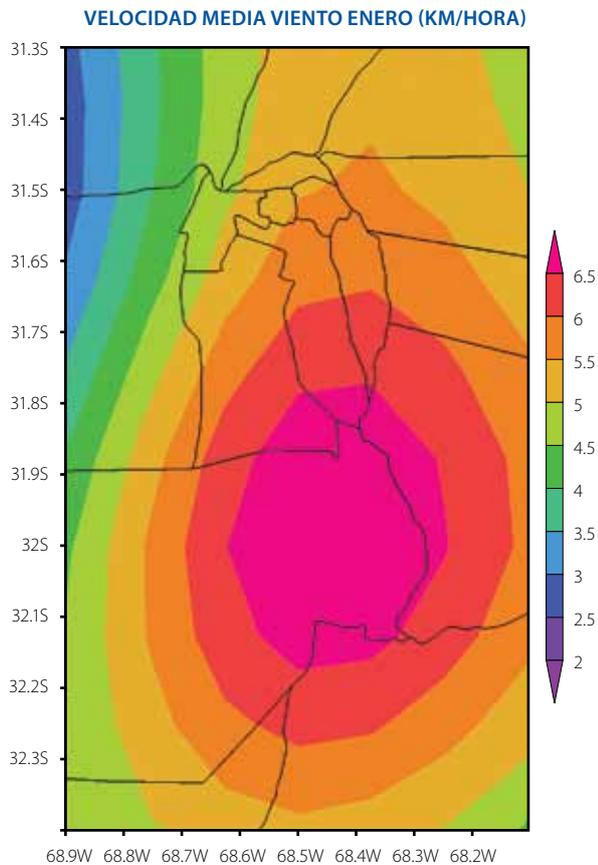


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Velocidad del viento

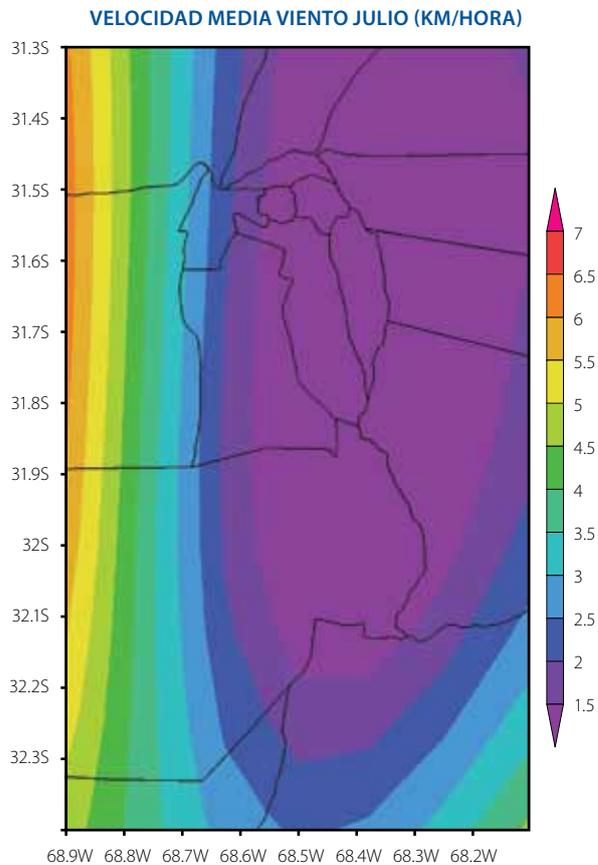
El régimen medio de vientos del Valle del Tulum se caracteriza por presentar valores medios moderados, tanto en verano (Fig. 26), como en invierno (Fig. 27). Paralelamente, se produce un cambio en el gradiente de circulación. Mientras que en el verano los mayores valores medios se observan en el centro del Valle, en el invierno los mayores promedios se observan hacia la Cordillera. Esto responde a la circulación predominante del Oeste en esa estación del año.

Figura 26. Velocidad media del viento de enero en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Figura 27. Velocidad media del viento de julio en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

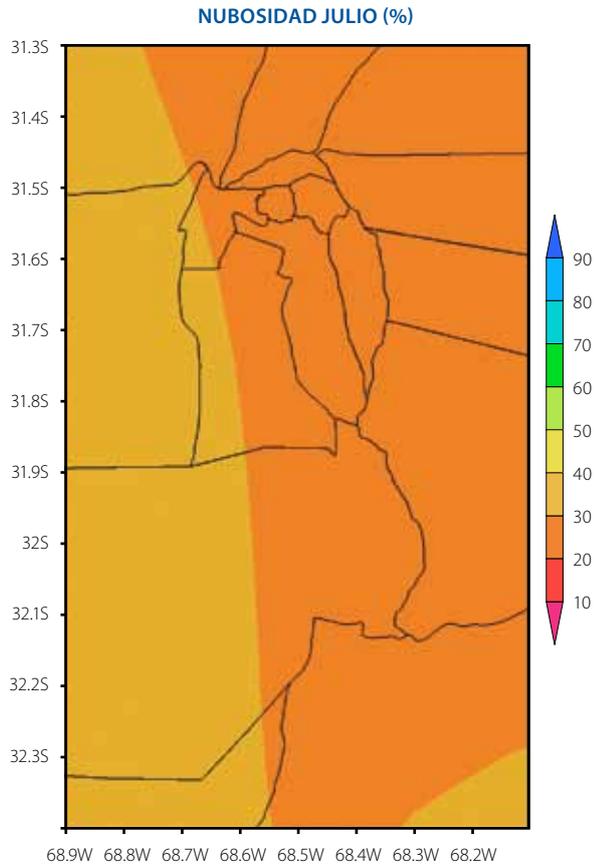
Como fue explicado en el punto de referencia en este libro, el régimen de vientos del Valle observa eventos extemporáneos de extrema intensidad.

Nubosidad

Tal como cabe esperar del clima semiárido a árido del Valle del Tulum, la nubosidad es baja a lo largo de todo el año, lo que provoca una notable proporción de días soleados con elevada radiación solar.

El mes de julio (Fig. 28) registra entre 20% y 30% de nubosidad en la mayor parte del Valle, con un foco de menos del 20% en su extremo Sur.

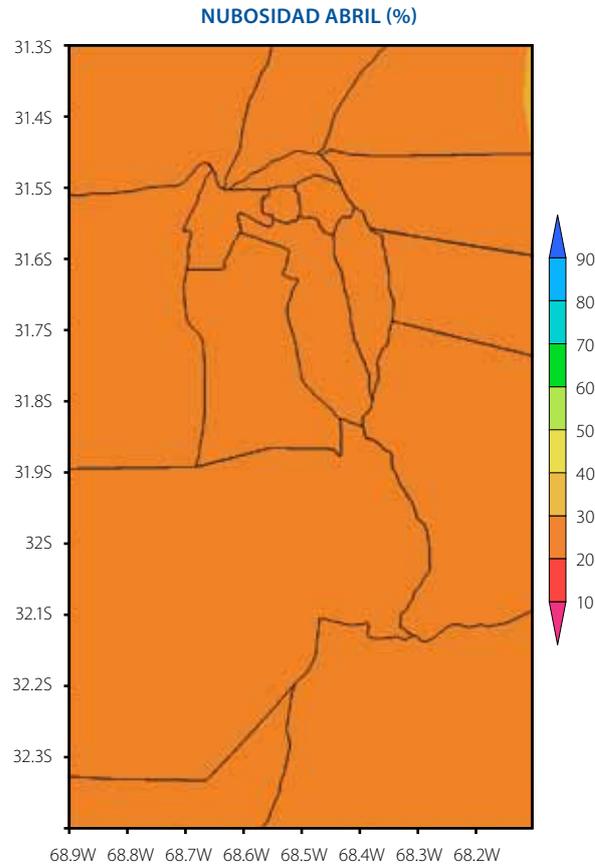
Figura 28. Nubosidad del mes de julio en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

La llegada del otoño no modifica dichos valores. Abril (Fig. 29) registra entre 20% y 30% de nubosidad en la mayor parte del Valle.

Figura 29. Nubosidad del mes de abril en el Valle del Tulum.



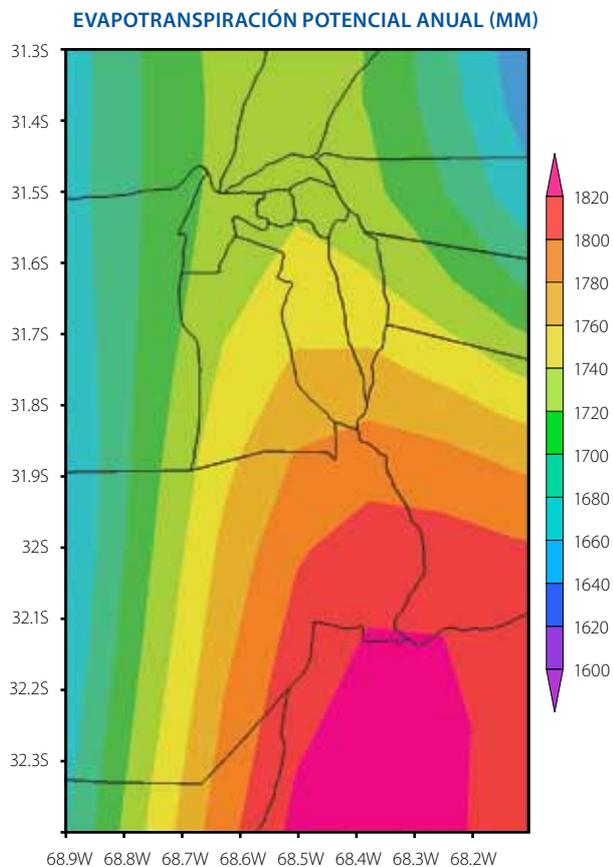
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

No obstante, cabe señalar que estos niveles de nubosidad son algo mayores que en otras zonas con climas similares; y llama la atención que la nubosidad no disminuya al iniciarse la estación seca.

Régimen de evapotranspiración de la zona

Debido a la combinación de abundante radiación solar, elevadas temperaturas, vientos constantes y la baja humedad atmosférica que presenta el área, la evapotranspiración potencial es sumamente elevada. Los valores acumulados anuales (Fig. 30), superan los 1800 mm en el Sur del Valle, y disminuyen levemente hacia los terrenos elevados.

Figura 30. Evapotranspiración potencial anual en el Valle del Tulum.

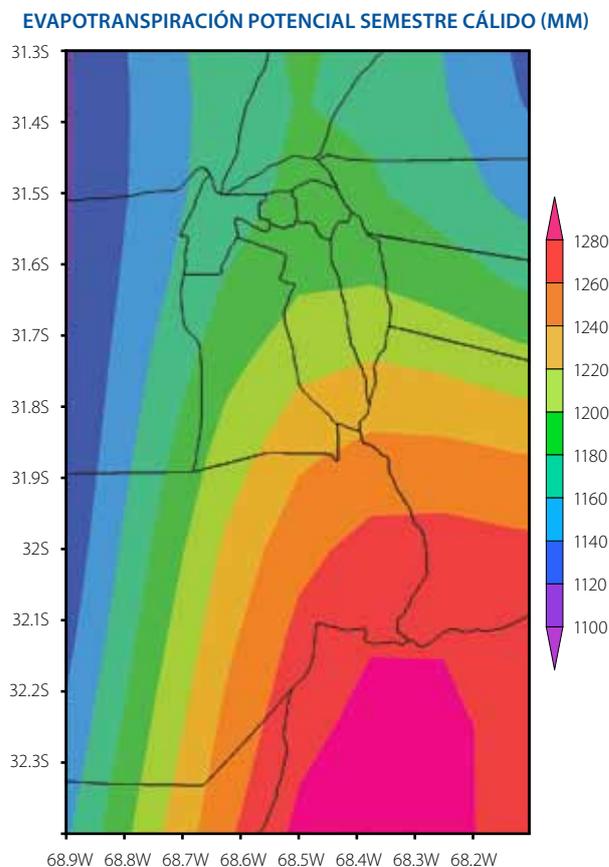


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Es notable que, incluso en las porciones más elevadas del área, la evapotranspiración potencial se mantiene elevada, porque la disminución de la temperatura es compensada por la elevada radiación solar, la baja humedad atmosférica y el viento.

Aproximadamente, dos tercios del total de evapotranspiración potencial tiene lugar durante el semestre cálido (Fig. 31), y el tercio restante durante el semestre frío (Fig. 32).

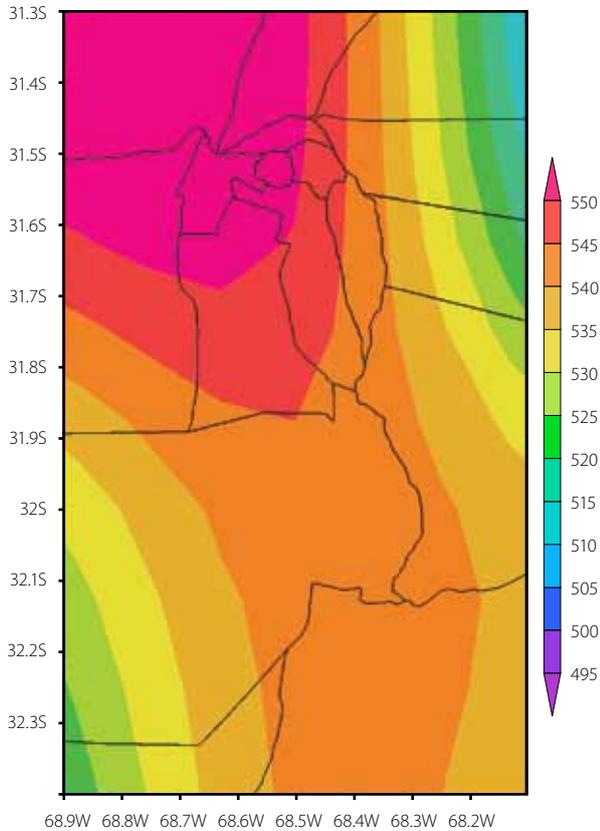
Figura 31: Evapotranspiración potencial semestre cálido en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Figura 32. Evapotranspiración potencial semestre frío en el Valle del Tulum.

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL SEMESTRE FRÍO (MM)



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

A pesar de que son mucho menores que los valores correspondientes al semestre cálido, los del semestre frío llaman la atención por su elevada intensidad, causada por la radiación solar, el viento y la baja humedad atmosférica.

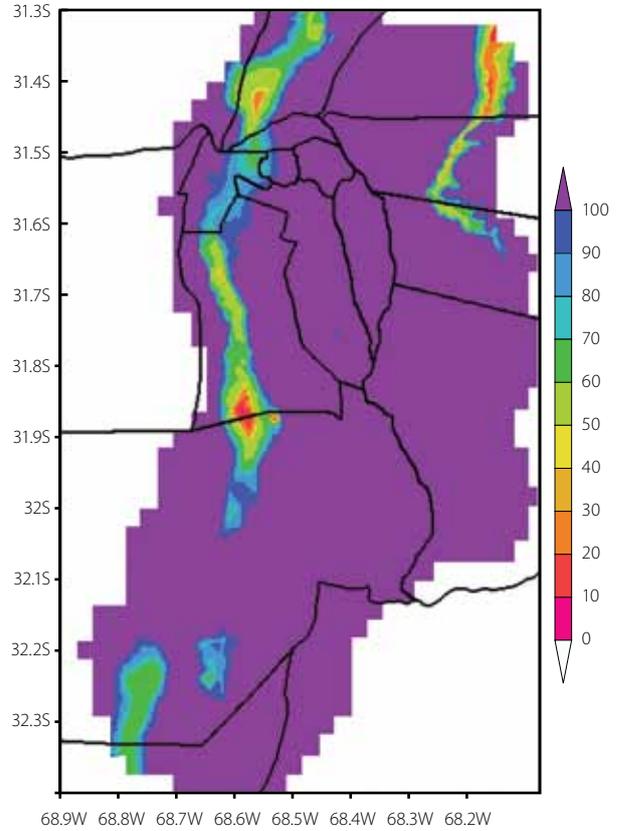
Régimen de adversidades agroclimáticas

Régimen de heladas

La Fig. 33 muestra que la mayor parte del Valle del Tulum presenta heladas meteorológicas, descensos térmicos iguales o inferiores al nivel de 0°C, en la totalidad de los años del período 1998-2012 considerado en el estudio.

Figura 33. Porcentaje de años con heladas (0°C) en el Valle del Tulum

PROB. ANUAL TEMPERATURA BAJA 0.0 (GC)



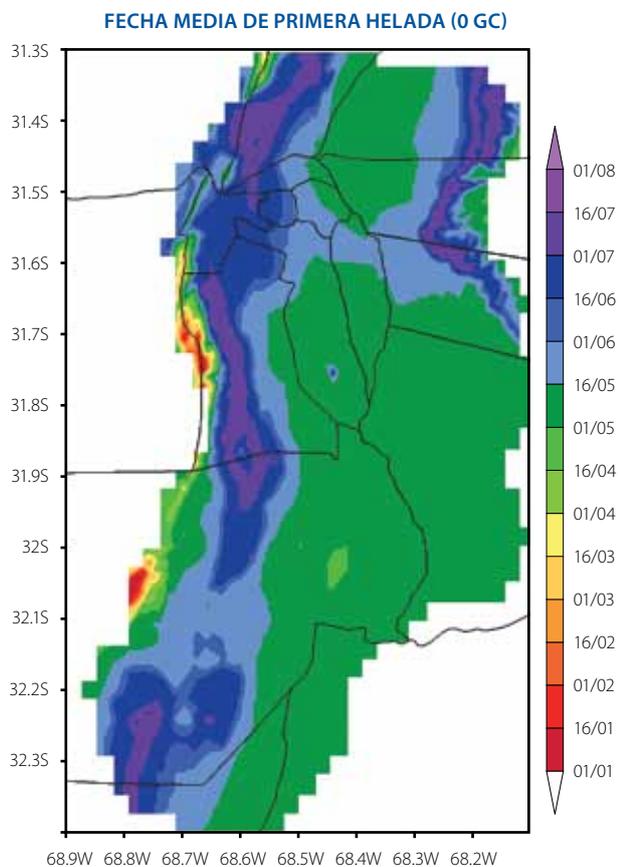
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Solo algunas franjas, situadas preferentemente en el nivel altitudinal más elevado del área agrícola del Valle, experimentan probabilidades menores, debido a su especial posición: a partir de ésta el aire frío drena hacia las áreas más bajas, mientras que no se reciben aportes desde áreas más elevadas.

La fecha media de comienzo de heladas muestra una considerable variación en sentido altitudinal. (Fig. 34)

Los terrenos ubicados hacia las laderas del valle son los que presentan las fechas de primera helada más tardías, éstas se producen entre el 16 de mayo y mediados de julio.

Figura 34. Fecha media de comienzo del período anual con temperaturas iguales o inferiores a 0°C.



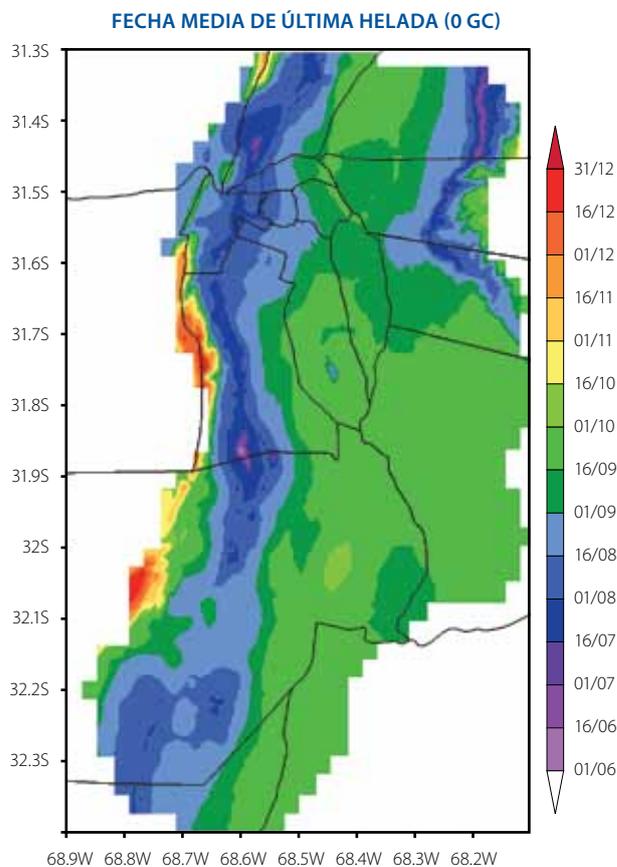
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

En cambio, las tierras ubicadas en la parte inferior del Valle, suelen observar la primera helada alrededor del 1 de mayo.

La fecha media de última helada muestra una variación similar en sentido altitudinal.

Los terrenos ubicados hacia las laderas del Valle son los que observan las fechas de última helada más tempranas: éstas se producen entre el 16 de julio y comienzos de septiembre (Fig 35).

Figura 35. Fecha media de final del período anual con temperaturas iguales o inferiores a 0°C.

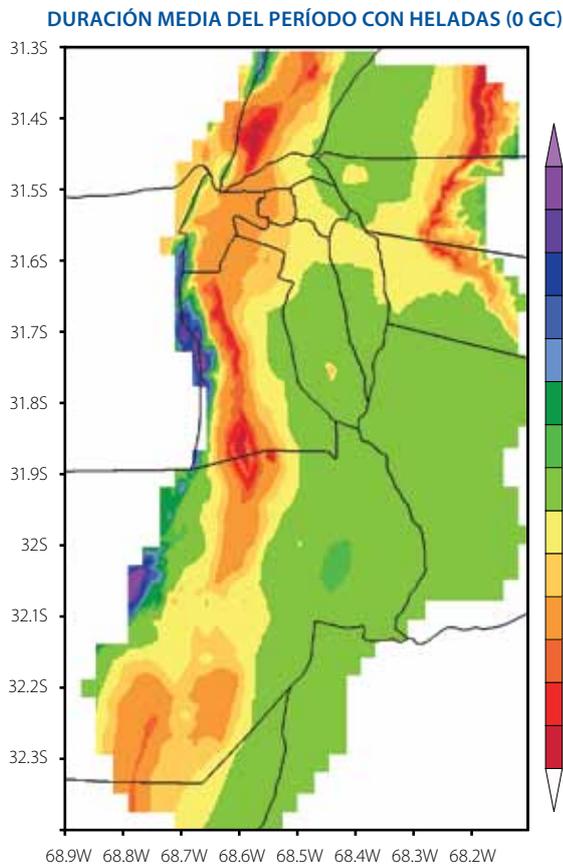


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

En cambio, en las tierras ubicadas en la parte inferior del Valle la finalización de la temporada de heladas suele ocurrir alrededor del 16 de septiembre.

Debido a lo expuesto, la duración del período medio con heladas se incrementa considerablemente desde los terrenos más altos del área agrícola del Valle (situadas entre los 600 y los 800 msnm), donde puede ser muy breve, hacia el fondo del Valle, donde su duración media es de alrededor de 120 días (Fig. 36).

Figura 36. Duración media del período anual con temperaturas iguales o inferiores a 0°C (en días).

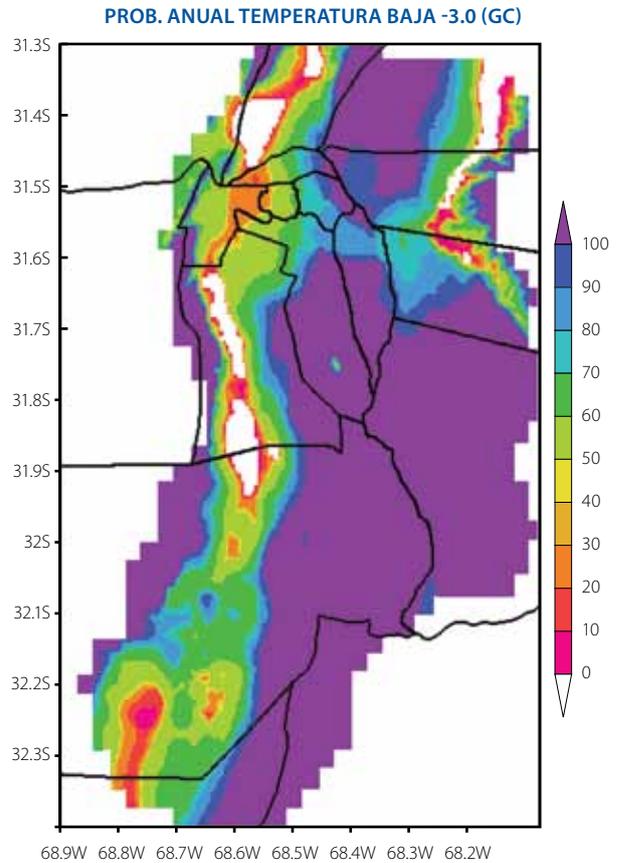


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Con respecto a los restantes niveles térmicos considerados, se observa una similar variación altitudinal.

Cuando se considera el nivel de -3°C, correspondiente a heladas de moderada intensidad, puede comprobarse que los mayores riesgos se dan hacia las porciones más bajas del Valle del Tulum, mientras que las zonas algo más elevadas, situadas entre los 600 y los 800 msnm registran probabilidades menores (Fig. 37).

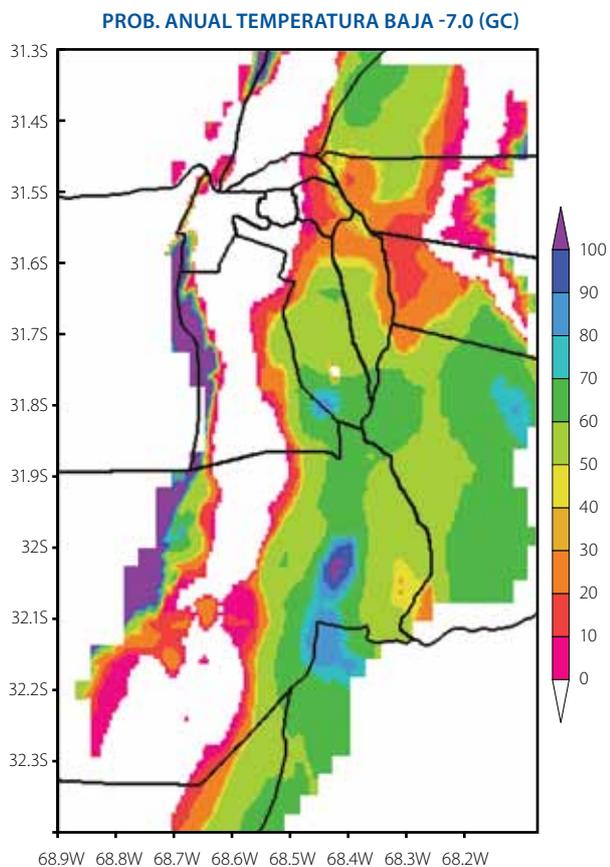
Figura 37. Porcentaje de años con heladas (-3°C) en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

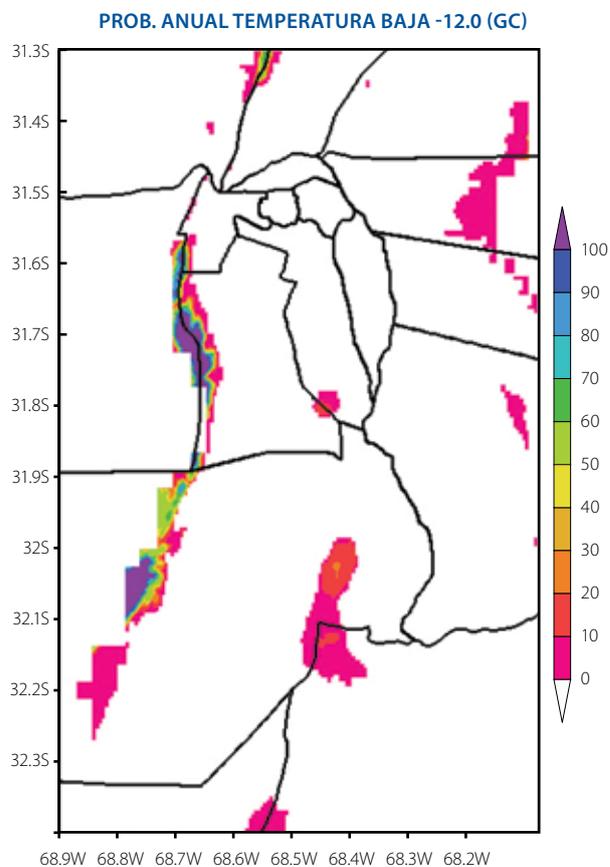
Cuando se considera el nivel de -7°C, correspondiente a heladas de moderada a alta intensidad, puede comprobarse que los mayores riesgos se dan hacia las porciones más bajas del Valle del Tulum, mientras que las zonas algo más elevadas, situadas entre los 600 y los 800 msnm, registran probabilidades menores (Fig. 38).

Figura 38. Probabilidad de ocurrencia anual de temperaturas mínimas iguales o menores a -7 °C en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Figura 39. Probabilidad de ocurrencia anual de temperaturas mínimas iguales o menores a -12 °C en el Valle del Tulum.



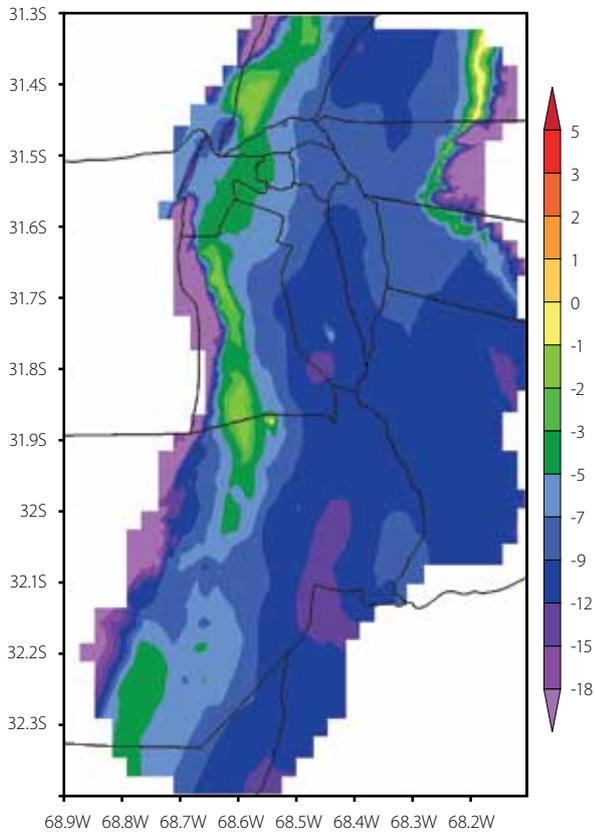
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Finalmente, cabe señalar que la probabilidad de que se produzcan descensos térmicos hasta o por debajo de -12°C, heladas de muy alta intensidad, es muy poco probable en la mayor parte del área agrícola del Valle del Tulum (Fig. 39).

El régimen de heladas del Valle del Tulum (Fig. 40) podría parecer relativamente benigno, ya que solo una exigua porción de su superficie presenta descensos térmicos hasta o por debajo del nivel de -12°C.

Figura 40. Temperatura mínima absoluta en el Valle del Tulum.

TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL ABSOLUTA (GC)

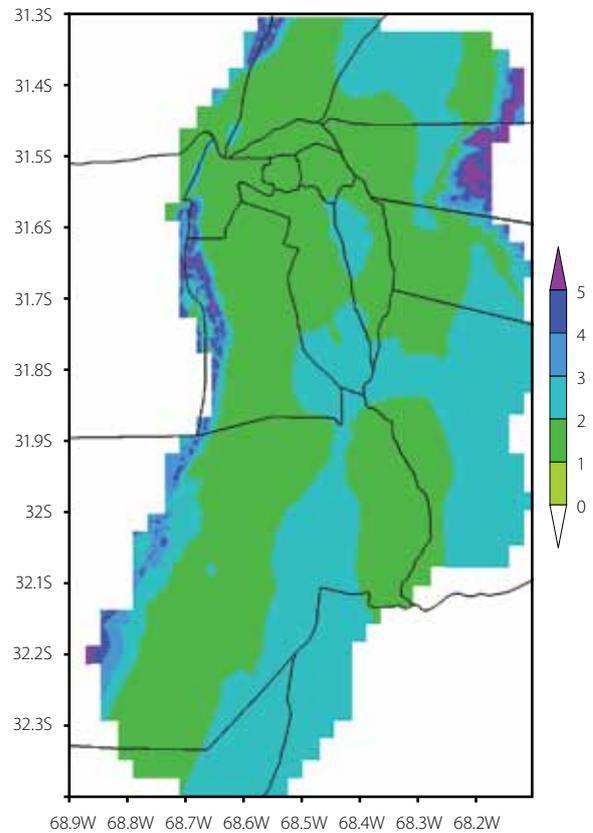


Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

No obstante, debe tenerse en cuenta que los parámetros expuestos se encuentran afectados por una considerable variabilidad, que constituye el rasgo distintivo más característico del clima local (Fig. 41).

Figura 41. Desviación típica de la temperatura mínima absoluta en el Valle del Tulum.

DESVIACIÓN TÍPICA TMA (GC)



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Granizo

Debido a una combinación de abundante radiación solar, elevadas temperaturas y baja humedad edáfica, el fuerte calentamiento estival de los suelos genera condiciones favorables para la formación de nubes graniceras tipo Cumulus nimbus.

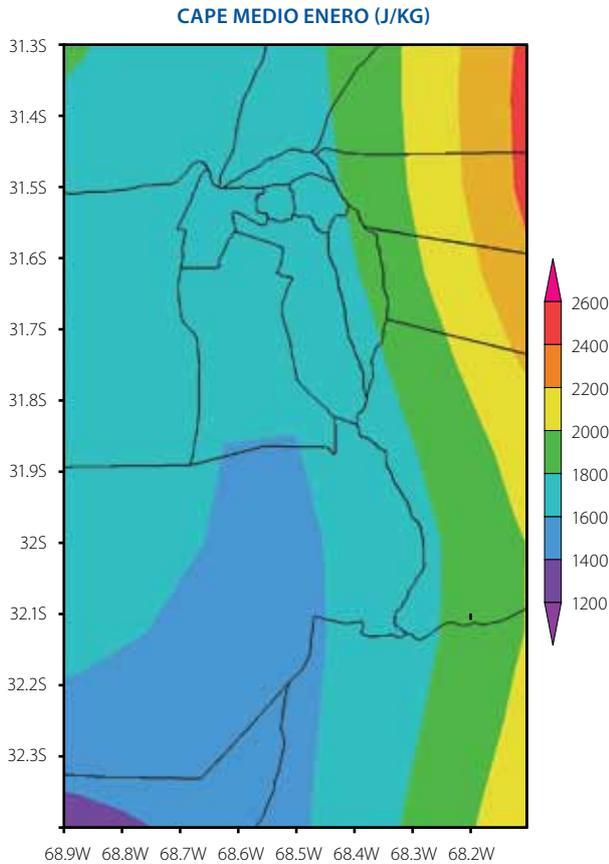
Asimismo, esto es favorecido por el relieve, que aporta un componente ascensional orográfico que potencia las tormentas.

El riesgo de ocurrencia de tormentas severas graniceras se evaluó mediante el índice de energía potencial convectiva disponible, conocido por su sigla en inglés "CAPE" (Convective Available Potential Energy).

- CAPE < 1000 = convección débil.
- CAPE 1000 a 2500 = convección moderada.
- CAPE > 2500 = convección fuerte.

Puede apreciarse que los valores medios de enero (Fig. 42) presentan valores que se encuentran dentro del rango moderado a fuerte, lo que indica que constantemente se dan condiciones para la generación de nubes convectivas con potencial granicero.

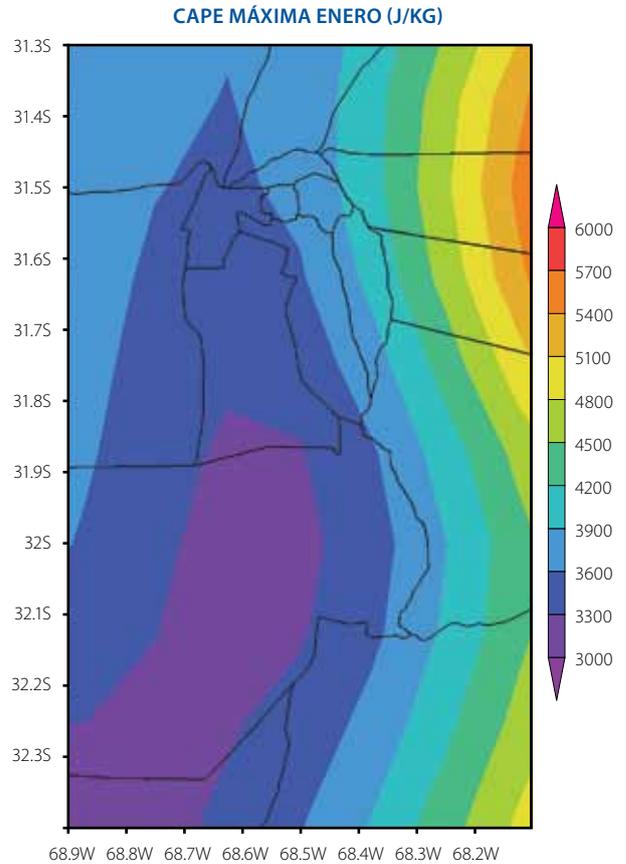
Figura 42. Índice de energía potencial convectiva disponible medio, del mes de enero en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Cuando se observan los valores máximos de enero (Fig. 43), se comprueba que la totalidad del Valle cae dentro del rango fuerte. Esto da origen a tormentas graniceras de gran intensidad.

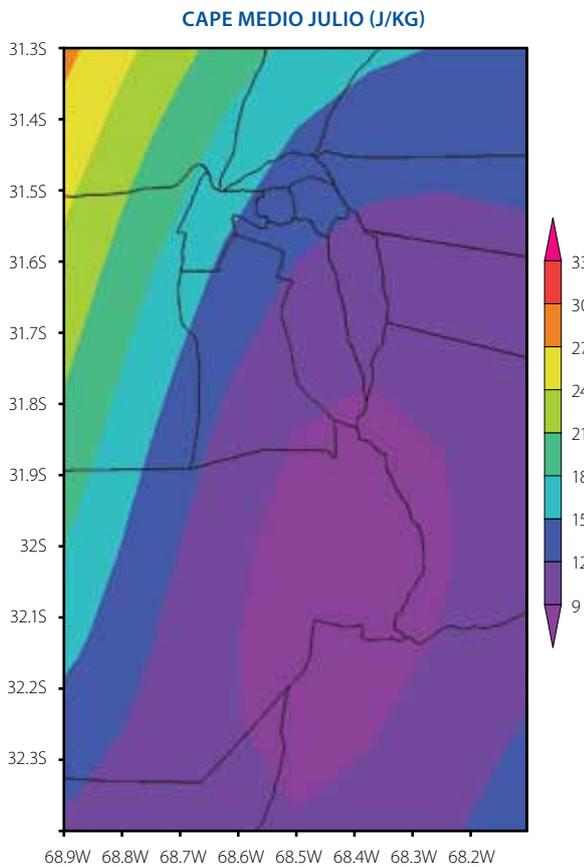
Figura 43. Índice de energía potencial convectiva disponible máxima en el mes de enero en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

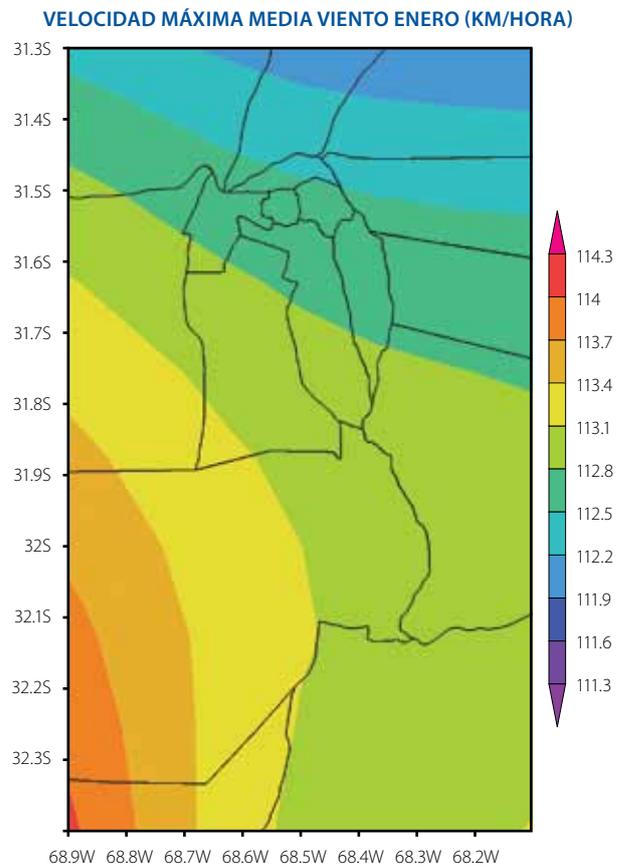
Contrariamente, el período invernal presenta valores de CAPE dentro del rango no activo, esto explica la escasa frecuencia de tormentas graniceras en esa estación del año (Fig.44).

Figura 44. Índice de energía potencial convectiva disponible medio en el mes de julio en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Figura 45. Velocidad máxima media en el mes de enero en el Valle del Tulum.



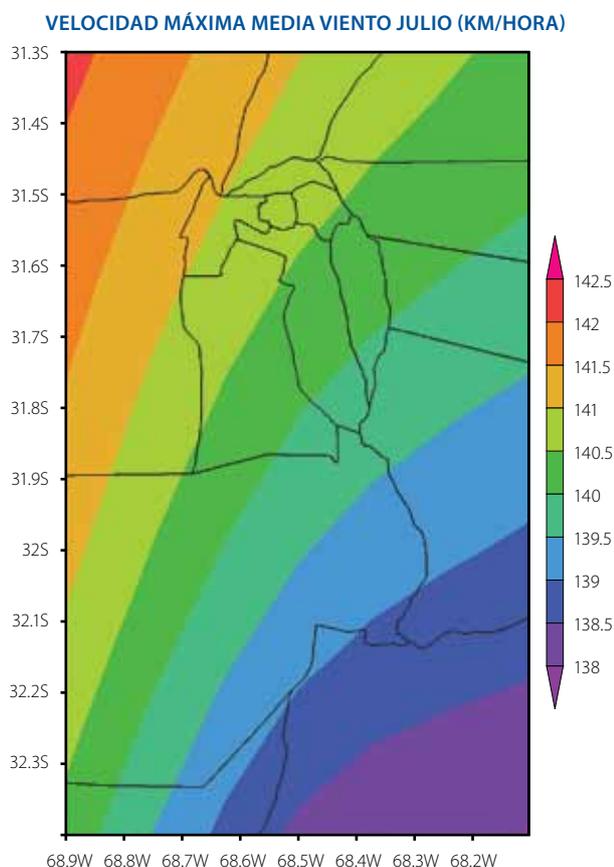
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

1.2.3 Vientos intensos

A pesar de que el régimen de vientos del Valle del Tulum se caracteriza por presentar valores medios moderados, incluso en verano, esto puede resultar engañoso si no se analizan los eventos extremos durante el año.

El área está expuesta a eventos extemporáneos de gran intensidad, que pueden producirse tanto en verano como en invierno (Fig. 45 y Fig. 46).

Figura 46. Velocidad máxima media en el mes de julio en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

En ambos casos, se trata de eventos de vientos provenientes del Oeste, pero mientras que en verano se trata de vientos del Sudoeste, asociados a los pasajes frontales, en invierno se trata de vientos del Oeste-Noroeste, producidos en ocasión de los episodios de Viento Zonda.

El Viento Zonda es un viento intenso, caliente y seco-similar al foehn de los Alpes europeos- que suele afectar a los valles transversales a la Cordillera de los Andes, desde el Sur de Cuyo hasta el Norte del Noroeste Argentino.

Si bien el fenómeno puede producirse durante todo el año, su mayor frecuencia se presenta entre mayo y noviembre, coincidentemente con el máximo avance de los vientos del Oeste hacia el Norte.

El mecanismo de ocurrencia del Viento Zonda puede describirse en los siguientes pasos:

- 1) Una masa de aire marítimo, procedente de Chile, cruza la Cordillera de los Andes, pasando a La Argentina.
- 2) En su recorrido por la ladera chilena de la cordillera, la masa de aire asciende, precipitando su humedad en forma de nevadas, depositadas en el piso alto de la cordillera, realimentando los campos de nieve.
- 3) Cuando la masa de aire, ya despojada de humedad, desciende hacia el lado argentino de la cordillera, su velocidad se incrementa, a la vez que su temperatura asciende considerablemente, mientras que su humedad relativa disminuye hasta menos de un 10%.

Este efecto alcanza una gran intensidad y frecuencia en la Quebrada de Zonda, que desemboca por el Oeste en la ciudad de San Juan, produciendo episodios de fuerte viento, elevadas temperaturas y muy baja humedad ambiente. Esto originó el nombre local del fenómeno.

En ciertas ocasiones, se producen casos de Viento Zonda en la montaña, que no se manifiestan en el llano. Éste recibe la denominación de "Zonda de altura". El fenómeno se reconoce por la presencia de nubes de forma lenticular - del tipo "altocumulos-lenticularis"- que se mantienen fijas sobre las altas cumbres, y permiten detectar la ocurrencia del fenómeno.

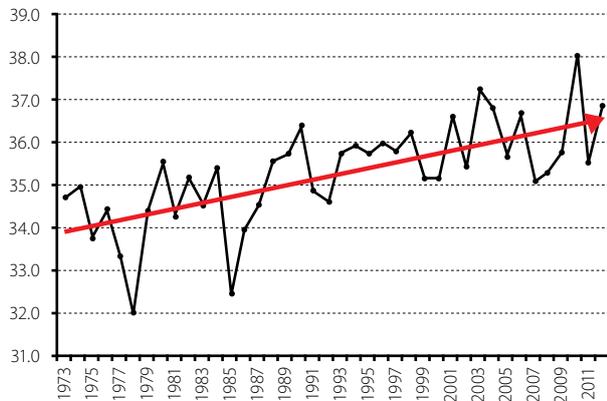
1.4. Cambio Climático

1.4.1. Posible respuesta al calentamiento global

El área del Valle del Tulum no cuenta con una red de estaciones climatológicas lo suficientemente densa y con un período de observaciones suficientemente prolongado para poder observar este aspecto en forma local.

No obstante, la serie de observaciones 1973-2012 de la Estación San Juan Aero del Servicio Meteorológico Nacional Argentino permite señalar algunas tendencias significativas, que ponen en evidencia procesos de cambio climático relevantes para las actividades agrarias.

Figura 47. Tendencia de la temperatura máxima absoluta de enero 1973-2012 en la Estación San Juan Aero del Servicio Meteorológico Nacional Argentino.



$$Y = 0.0684X + 33.841 \quad R^2 = 0.4588$$

- Temperatura Máxima Absoluta Enero (°C)
- Lineal (Temperatura Máxima Absoluta Enero (°C))

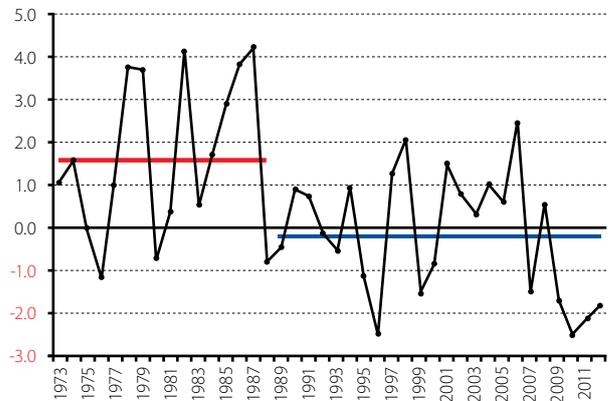
Elaborado por los autores a partir de datos provenientes del Servicio Meteorológico Nacional Argentino, INTA y NOAA/Cires para el período 1998/2012. Fuente: Sierra, E. 2012

La temperatura máxima absoluta de enero (Fig. 47), representativa de las condiciones estivales, presenta una tendencia positiva de 6.84°C/100 años, que duplica el orden de los escenarios más intensos de calentamiento global, exhibiendo un coeficiente de determinación de 0,4488 que alcanza un nivel estadísticamente muy significativo: P<1%.

Este proceso indica una propensión hacia veranos más rigurosos, en los que el estrés térmico tenderá a intensificarse.

La temperatura mínima absoluta de julio (Fig. 48), representativa de la intensidad de las heladas invernales, presenta un cambio abrupto en escalón muy marcado.

Figura 48. Tendencia de la temperatura mínima absoluta de julio 1973-2012 en la Estación San Juan Aero del Servicio Meteorológico Nacional Argentino.



- Temperatura Mínima Absoluta Julio (°C)
- Promedio 1973 - 1988 = 1.6°C
- Promedio 1989 - 2012 = -0.2°C

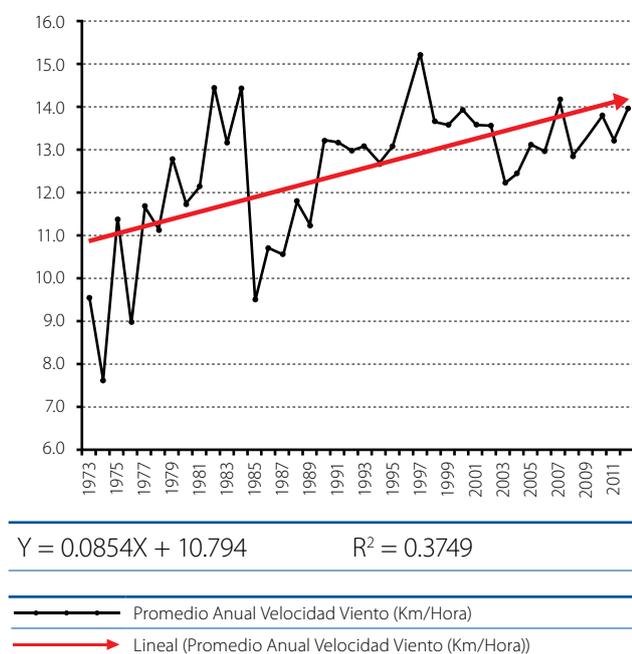
Elaborado por los autores a partir de datos provenientes del Servicio Meteorológico Nacional Argentino, INTA y NOAA/Cires para el período 1998/2012. Fuente: Sierra, E. 2012

Durante el período previo a 1988, las temperaturas mínimas absolutas de julio mostraron un promedio positivo de 1,6°C, que indicaba que las heladas constituían un fenómeno extemporáneo. De hecho, en los 16 años abarcados en dicho período, solo se registraron heladas en 1976, 1980 y 1988; o sea que se presentaba una probabilidad del 18,75 % y un período de retorno de aproximadamente 5 años (uno de cada 5 años).

En cambio, en el período 1989-2012 se han registrado heladas en 10 de los 24 años que integran la serie, o sea que su probabilidad de ocurrencia se incrementó a un 41,66 % lo que equivale a un período de retorno de aproximadamente 2,4 años; se trata, así, de aproximadamente el doble del riesgo de heladas observado durante el período precedente (1973-1988).

Por su parte, el promedio anual de la velocidad del viento (Fig. 49) presenta una tendencia positiva estadísticamente significativa (coeficiente de determinación 0,3749).

Figura 49. Tendencia de la velocidad media anual del viento 1973-2012 en la Estación San Juan Aero del Servicio Meteorológico Nacional Argentino.



Elaborado por los autores a partir de datos provenientes del Servicio Meteorológico Nacional Argentino, INTA y NOAA/Cires para el período 1998/2012.
Fuente: Sierra, E. 2012

A pesar de que la evolución de la velocidad del viento es muy irregular, presentando un mínimo muy marcado hacia 1985, puede observarse que- a lo largo del período considerado- su promedio pasó de ser desde algo menos de 11 Km/Hora, en los primeros años, hasta poco más de 14 km/ hora, en los últimos.

A modo de resumen, puede decirse que los procesos de cambio climático que se observan en el Valle del Tulum tienden a producir un régimen térmico cada vez más riguroso, con más frecuencia de heladas en el invierno y calores más intensos en el verano; a la vez que el incremento de la velocidad del viento tiende a generar una mayor evaporación, e incrementa el riesgo de daños mecánicos en los cultivos.

1.4.2. Respuesta al fenómeno de “El Niño Oscilación del Sur”

Algunos de los elementos del clima estudiados muestran indicios de una respuesta a los efectos del ENSO. No obstante, será necesario avanzar más en el estudio de este fenómeno antes de poder hacer aseveraciones fundamentadas en este sentido.

Estas fluctuaciones sugieren la posibilidad de que el régimen hídrico del Valle del Tulum posea cierta respuesta al fenómeno de “El Niño Oscilación del Sur” (ENSO), con valores algo mayores en los años de “La Niña” (fase fría del ENSO), y registros algo menores en los años de “El Niño” (fase cálida del ENSO).

“El Niño” y “La Niña” constituyen estados contrapuestos del fenómeno de “El Niño Oscilación del Sur” (ENSO), que afecta al régimen de vientos y temperatura de los océanos, alterando los flujos de humedad y calor que entran y salen de la atmósfera.

Cuando el sistema climático se encuentra cerca de su posición media o normal, se dice que está en un “estado neutral”. En este caso, la marcha estacional de las precipitaciones, la temperatura, la humedad atmosférica y otros parámetros meteorológicos, siguen un curso que se aproxima al promedio, sin exhibir fenómenos menos extremos.

“El Niño” constituye la fase cálida del fenómeno del ENSO. Está asociado a una disminución de la intensidad de los vientos alisios ecuatoriales y a un calentamiento del Océano Pacífico Ecuatorial. Usualmente, este fenómeno alcanza su máxima intensidad hacia el día de Navidad, circunstancia a la que debe su nombre (por el “Niño Jesús”). Los episodios bien desarrollados producen lluvias por encima de lo normal desde noviembre hasta marzo en el Sur del Brasil, el Este del Paraguay, el Uruguay, el Este de la Región del Chaco, la Mesopotamia y la Región Pampeana. Por el contrario, el Norte y el Centro-Oeste de Sudamérica (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y el Norte del Brasil), el NOA y gran parte de Cuyo observan precipitaciones por debajo de lo normal.

Por su parte, “La Niña” constituye la fase fría del fenómeno de “El Niño Oscilación del Sur” (ENSO). Está asociada a un incremento de la intensidad de los vientos alisios ecuatoriales y a un enfriamiento del Océano Pacífico Ecuatorial. Los episodios bien desarrollados producen lluvias por debajo de lo normal desde noviembre hasta marzo en el Sur del Brasil, el este del Paraguay, el Uruguay, el este de la Región del Chaco, la Mesopotamia y la Región Pampeana. Por el contrario, el Norte y el Centro-oeste de Sudamérica (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y el Norte del Brasil), el NOA y gran parte de Cuyo observan precipitaciones por encima de lo normal.

Estudios de suelos y unidades cartográficas

Reconocimiento de suelos

Con el fin de confeccionar el nuevo mapa de suelos del Valle del Tulum, se han realizado salidas al campo para visitar áreas de las cuales no se contaba con información. Por otro lado, se realizó una descripción del suelo, paisaje; y se tomaron muestras tal como se expresa en el punto dedicado al procedimiento de investigación, en cada uno de los sitios donde se instalaron sensores de temperatura.

Las Fig. 50 y la Fig. 51 dan cuenta del procedimiento de trabajo.

Figura 50. Procedimiento conjunto de lectura de sensores de temperatura y reconocimiento de suelos.



Figura 51. Toma de muestras de suelo y descripción textural del perfil.



Gestión de adquisición de imágenes satelitales

Aquellos trabajos que requieran de un análisis planialtimétrico en un área específica y del reconocimiento y dimensionamiento de obras como vías de circulación, industrias, barrios, entre muchas otras, requiere del uso de imágenes cuya precisión sea coherente con la escala de trabajo abordada.

A partir de la exitosa experiencia obtenida con el uso de imágenes ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – JAPAN – U.S.A.*), en el convenio que INTA ha ejecutado en el año 2011 con el Gobierno de la Provincia del Neuquén- denominado "Estudio de factibilidad de incorporación del cultivo del olivo en Añelo, provincia del Neuquén"- se decidió adquirir dos imágenes de este tipo para cubrir el área de estudio del presente proyecto. Éstas fueron adquiridas al SEGEMAR en enero de 2013 y corresponden a las tomas:

- GRANULE ID=ASTL1A 0212271445410301141037
- GRANULE ID=ASTL1A 0212271445490301141038.

Con estas imágenes se procedió a generar: un mosaico, cuyas bandas fueron las correspondientes a la región del visible e infrarrojo cercano (VNIR), de 15m de resolución espacial; y el modelo digital de elevación, para generar las curvas de nivel y determinar cotas.

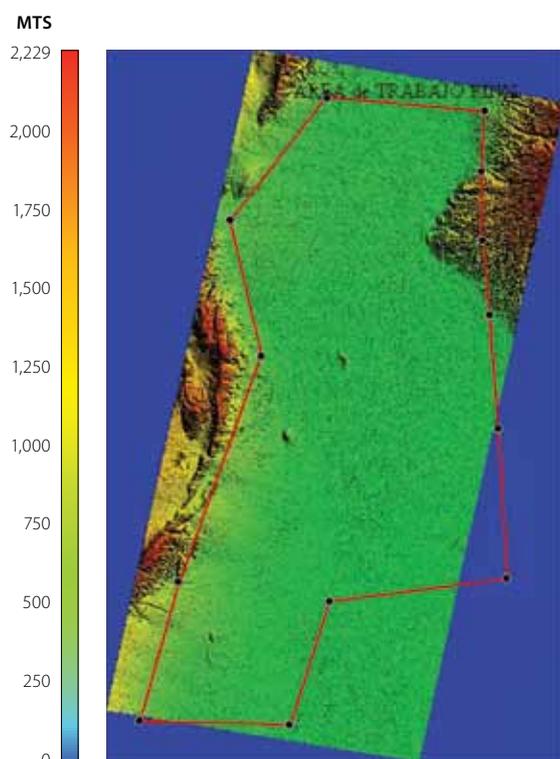
La Fig. 52 presenta el modelo digital de elevación y la demarcación del área de estudio.

Como complemento, fueron adquiridas dos imágenes más, que resultaron de gran utilidad. Una de ellas fue obtenida del Catálogo de imágenes del satélite IRS-P6⁵. Lo más destacable de esta imagen es que la fecha de toma es el 3/02/13 y tiene 23,5m de resolución espacial, con el sensor multiespectral LISS3.

La otra imagen adquirida y muy utilizada especialmente para procesar el mapa de aptitud olivícola de las tierras fue la SRTM (*Digital Elevation Data*), obtenido de CGIAR-CSI⁶. Con esta imagen se realizó un DEM o planilla punto-altura para poder caracterizar la altimetría y el relieve de la zona de estudio.

Entre los Software Específicos de SIG utilizados se han destacado los programas ERDAS 8, ArcGis 9, Global Mapper 13 y Google Earth 6.0; mientras que para procesamiento de datos se han utilizado Excel y Word. Todas estas herramientas aplicativas fueron claves en todo el trabajo de mapeo y procesamiento de datos.

Figura 52. Modelo digital de elevación y demarcación del área de estudio. Imagen ASTER 2003



Fuente: Babelis, G. 2012

5. <http://www.dgi.inpe.br>

6. <http://srtm.csi.cgiar.org>

Clasificación taxonómica de los suelos del Valle

A continuación se describirán las principales características de las Series y Complejos de suelo identificados en el “*Estudio de suelos y drenaje del Valle del Tulum*” (1976), que también se encuentran ampliamente desarrollados en el documento “*Los suelos en los valles del Tulum, Ullum y Zonda*” (Liotta et al, 2000).

Serie Mitre (Símbolo Mi):

Taxonomía: Entisoles, Torrifluente típico de la familia fina, illítica, térmica.

Importancia en el Valle se trata de la serie que ocupa la mayor superficie, 117.156,7 ha es decir un 26,3% del total relevado. Su distribución es muy heterogénea y se encuentra en la ex llanura de inundación del río San Juan. El relieve es subnormal con una pendiente inferior al 1%. Descripción: Los perfiles en esta serie se caracterizan por la sucesión de dos o más capas de texturas que varían entre franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa o arcillosa, con un espesor de 1 a 2 m. El subsuelo tiene una textura arenosa a franco arenosa. Existe un marcado predominio de capas de textura fina hasta llegar al subsuelo de textura más gruesa. Ventajas: Suelos profundos, alta capacidad de intercambio de aniones y cationes. Adecuada capacidad de almacenaje de agua.

Limitaciones: medio con elevado riesgo de salinización, por presencia de napa freática cercana. Alta susceptibilidad a compactación, y drenaje en general reducido. La Fig.53 muestra un típico ambiente con suelo Mitre afectado por salinidad extrema.

Figura 53. Terrenos incultos salinos de la serie Mitre. Departamento 9 de Julio, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2008

Serie Belgrano (Símbolo Be):

Taxonomía: Entisoles. Torrifluente típico, familia franca gruesa, mixta, témica.

Importancia en el Valle: es el segundo tipo de suelo en importancia en el Valle. Ocupa una superficie de 80735,3, un 18,2% del total. Su distribución es, también, muy heterogénea y se encuentra en las terrazas más elevadas de la ex llanura de inundación del río San Juan.

Descripción: está constituida por una sucesión de dos o más capas de textura Franco arenosa, areno franca y excepcionalmente arenosa, cuya profundidad puede llegar a los 2 m o más, asentadas sobre un subsuelo o sustrato de texturas finas, franco limosa, franco arcillosa, franco arcillo limosa o arcillosa

Ventajas: suelos profundos, media capacidad de intercambio de aniones y cationes. Adecuada capacidad de almacenaje de agua. En general se encuentran bien drenados, lo que permite recuperar más rápidamente perfiles con elevados tenores salinos. La Fig. 54 presenta un ambiente natural sin intervenir, típico de suelos de textura media bien drenados. Por la vegetación (Retamas, Jarillas), podemos inferir que no presenta un nivel elevado de salinidad. Limitaciones: en zonas con relieve deprimido hay riesgo de salinización por presencia de napa freática cercana.

Figura 54. Terrenos incultos con cobertura arbustiva de la serie Belgrano. Departamento 25 de Mayo, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2008

Serie Canal Puntilla (Símbolo Cp):

Taxonomía: Entisoles. Torripsamente típico, familia franca gruesa, mixta, témica.

Importancia en el Valle: domina unas 62679,2 ha dentro del Valle siendo el tercer tipo de suelo con un 14,1 % del total relevado. Está identificada por todas las formaciones medanosas del Valle, o que lo fueron antes de ser

cultivadas. Predomina en las inmediaciones del Cerrillo Barboza, en la parte meridional de la Sierra de Pie de Palo y al Sur del departamento 25 de Mayo. Muchas de las formaciones medanosas han sido modificadas por el hombre. El relieve es normal con pendientes superiores al 2%. Descripción: el perfil está constituido por una sucesión de dos o más capas de textura gruesa franco arenosa a arenosa que alcanza generalmente los 2 m de profundidad. En las partes más bajas de los médanos aparece subsuelo de textura fina, lo que implica que estas formaciones se han desarrollado sobre la antigua planicie de inundación del río, y a la vez han recibido un gran aporte de materiales eólicos.

Ventajas: suelos profundos, de bien a excesivamente drenados, que no ofrecen en general resistencia a la exploración radicular.

Limitaciones: baja capacidad de intercambio de aniones y cationes. Pobre capacidad de almacenaje de agua. Muy susceptible a erosión eólica, si el ambiente posee baja cobertura herbácea y/o arbórea (Fig. 55).

Figura 55. Formaciones medanosas débilmente estabilizadas, típicas de serie Canal Puntilla. Departamento Caucete, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2008

Complejo El Salado (Símbolo Co Es):

Taxonomía: Entisoles, Torriortentes típicos de familia Franco fina y Franco gruesa sobre esquelético arenoso.

Importancia en el Valle: comprende una superficie de 22.544,1 ha que representa el 5,1% del total. Se ubica principalmente en la llanura pedemontana de las Sierra Chica de Zonda, Villicum, Lomas del Salado y en el antiguo cono aluvial del río San Juan. El relieve original es normal, con pendientes del orden del 1% al 2%.

Descripción: los perfiles que integran este complejo tienen la característica de tener un suelo de texturas variadas, pero apoyado sobre un subsuelo constituido por gravas, gravillas o rodados. Gran parte de estos presenta un perfil de variada profundidad, en muchos casos originados por la acción del hombre, que ha rellenado en algunos sectores hasta 1 m. En muchos sectores la piedra aparece en superficie en poca cantidad y tamaño variable (Fig. 56). En muchos sitios cultivados los agricultores efectuaron rellenos con tierra de modo tal de generar una capa de suelo más profunda.

Ventajas: presenta pocas virtudes, pero por su ubicación privilegiada desde el punto de vista climático, permite que sus limitantes se conviertan en despreciables, con un manejo adecuado. De media a buena capacidad de intercambio de aniones y cationes.

Limitaciones: suelos de profundidad muy variable, pero en general no superiores a los 0,7 m. Pobre capacidad de almacenaje de agua. Presenta una pendiente considerable para un manejo bajo riego, por lo que se hacen susceptibles a erosión hídrica en ambientes sin obras civiles y/o manejos adecuados. En la Fig. 57 puede apreciarse la variabilidad del espesor de la capa de suelos y las características rocosas del subsuelo con gravas, gravillas y cantos rodados.

Figura 56. Monte natural sobre antiguo cono aluvional. Ambiente característico del Complejo El Salado, departamento Pocito, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2008

Figura 57. Perfil en cárcava de un suelo del Complejo El Salado, departamento Pocito, San Juan. Nótese la variabilidad de tamaño del material rocoso.



Fuente: Babelis, G. 2008

Serie El Chilote 1 (Símbolo C H1):

Fase moderadamente erosionada y por pendiente

Taxonomía: Entisoles. Torriortentes de la familia arenosa, mixta, térmica, sobre subsuelo esquelético arenoso y substrato generalmente arenoso.

Importancia en el Valle: Se ubican en la llanura aluvial moderna, abarcan una superficie de 34898,4 ha. Se trata de un 7,8% del total del área relevada. Posee una pendiente superior al 2 % en su estado natural, atravesada por abundantes cárcavas de erosión hídrica, producidas por arroyos temporarios, que bajan de las zonas topográficamente más altas.

Descripción: esta unidad cartográfica está constituida por una superposición de capas. Su secuencia es la siguiente: suelo de textura predominantemente arenosa, con abundantes inclusiones de gravas y gravillas (35% p/v); subsuelo en general constituido por gravas, gravillas y rodados fluviales, dentro de una matriz de tipo arenoso; y, finalmente, un substrato de textura predominantemente gruesa.

Ventajas: presenta pocas, pero por su ubicación privilegiada desde el punto de vista climático, hace que sus limitantes sean despreciables si se lleva adelante un manejo adecuado. El drenaje interno es de bueno a excesivamente drenado. La infiltración es de media a alta, con valores que pueden alcanzar 80 mm.h^{-1} .

Limitaciones: suelos de profundidad variable, en general no superan los 0,4 m. Muy pobre capacidad de almacenaje de agua. Por su pendiente, es improbable que se irrigue por sistemas tradicionales (riego presurizado excluyente) (Fig. 58 y Fig. 59).

Figura 58. Ambiente pedemontano de media altura con pavimento eólico. Ambiente característico de la Serie Chilote 1., Departamento Rivadavia, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2012

Figura 59. Perfil típico de la Serie Chilote 1. Abundancia de canto rodado acompañando un suelo arenoso franco. Departamento Rivadavia, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2013

Serie El Chilote 2 (Símbolo C H2): Fase por pendiente y fuertemente erosionada.

Taxonomía: Entisoles. Torriortentes de la familia arenosa, mixta, térmica, sobre subsuelo esquelético arenoso y substrato generalmente arenoso.

Importancia en el Valle: Ubicado a mayor altitud que CH₁, pero contiguo a él, se calculó una superficie de ocupación de este tipo de suelo de 31.471ha un 7,1% del total relevado y muy similar a CH₁. También perteneciente a la llanura aluvial moderna pero con pendiente superior al 3%. Las cárcavas pueden ser de considerable magnitud por la pendiente general de los conos de deyección presentes.

Descripción: Las características del perfil de esta unidad están constituidas por una superposición de capas donde la característica principal es la presencia de cobertura rocosa de considerable magnitud. La matriz de suelo sigue siendo predominantemente arenosa con abundantes inclusiones de gravas y gravillas (60% p/v); subsuelo muy similar a CH₁.

Limitaciones: Suelos muy someros a veces clasificados como No suelos. Poco profundos (0,3) m. Muy pobre capacidad de almacenaje de agua. Por su pendiente y abundancia de rocas es casi improbable irrigar por sistemas tradicionales (riego presurizado excluyente) (Fig. 60).

Figura 60. Perfil típico de la Serie Chilote 2. Dpto. Angaco, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2013

Serie Ullum (Símbolo Um):

Taxonomía: Entisoles. Torriortentes de la familia franca fina, mixta, térmica.

Importancia en el Valle: esta unidad cartográfica cubre una superficie de 8338,8 ha, es decir un 1,9% del área relevada.

Descripción: el perfil se caracteriza por ser muy profun-

do, de textura franco limosa, llega en la mayoría de los casos hasta los dos metros. Suelen aparecer perfiles con subsuelo de textura gruesa (de franco arenosa a arenosa). Muy excepcionalmente aparecen capas de gravas o gravillas, ocupando poco volumen de suelo. (Fig. 61)

Ventajas: suelos profundos sin capas limitantes, hasta por lo menos 2 m de profundidad.

Limitaciones: son suelos con drenaje moderado

Figura 61. Perfil típico de la Serie Ullum. Departamento Zonda, San Juan.



Fuente: Liotta, M.

Complejo Ramón Franco (Símbolo Co RF):

Taxonomía: Aridisoles. Suborden Ortides con grupos dominantes calciortides, gipsiortides, salortides y paleortides petrocálcicos.

Importancia en el Valle: abarca una superficie de 13.760,6 ha, un 3,1% del total relevado, en la zona centro-sur del Valle. Pertenece a la zona marginal de la antigua cuenca palustre, donde se encuentran los suelos turbosos.

Descripción: los perfiles son de variada constitución en lo que respecta a la textura del suelo, que asienta sobre un subsuelo calcáreo (tosca) o yesoso, a distintas profundidades. Además, existen sectores ubicados cerca del límite con complejo Médano de Oro, que está afectado por una capa freática cercana a la superficie. El relieve de este ambiente es subnormal a cóncavo.

Limitaciones: la característica más notable de este complejo es la abundancia de yeso y calcáreo distribuido en el perfil, que en algunos casos ocasiona capas endurecidas, dificultando labranzas y limitando la exploración radicular.

Complejo Médano de Oro (Símbolo Co Mo):

Taxonomía: Entisoles, Subacuentes.

Importancia en el Valle: este complejo abarca una superficie de 3011,4 ha (0,7 %).

Descripción: está constituido por perfiles variables, pero con predominio de suelos turbosos de hasta 1,50 m de profundidad. Asentado sobre subsuelo de distinta granulometría y en algunos casos limitado por capas yesosas o calcáreas.

Ventajas: posee las virtudes de un suelo orgánico. Fértil y excesivamente drenado, sin limitantes hasta los 0,80 m.

Limitaciones: alto riesgo de salinización por la cercanía de las napas freáticas. Su uso está restringido a cultivos, especialmente adaptados a situaciones de anegamientos temporarios. La Fig. 62 presenta un terreno con bordos confeccionados para lavar sales. Obsérvese el nivel de agua en el drenaje colector aledaño al potrero.

Figura 62. Cultivo de Esparrago (*Asparagus Officinalis L.*), en etapa de elongación de turiones, implantado en suelos orgánicos algo salinos, típicos del Complejo Medano de Oro. Rawson, San Juan.



Fuente: Babelis, G. 2013

Dotación y calidad de agua para riego

Recurso hídrico superficial

Los recursos hídricos provienen de las aguas de deshielo de la alta montaña, por lo que el derrame de estos ríos son mínimos en invierno y máximo en verano; acompañan así la estacionalidad de la demanda de agua para riego.

El Río San Juan avanza desde la localidad de Las Juntas en dirección este, con un caudal medio de 60.5 m³/segundo. Descarga sus aguas en el dique Embalse de Ullum. Previamente hace su paso por el dique nivelador

José I. De la Roza, se riegan los valles de Zonda y Ullum; y al alcanzar el partidor San Emiliano, nace la red de riego para el valle del Tulum.

Estos tres Valles conforman como unidad el Sistema de riego del Río San Juan. Este agua presenta una óptima calidad para uso general.

El Cuadro 5 presenta los valores medios históricos de los parámetros químicos del agua para riego de la presa reguladora Ullum. Muestra extraída en el campo experimental que INTA posee en Va. Abastain, Pocito. Los datos informados fueron determinados en el Laboratorio de Suelos y riego de la mencionada institución.

Cuadro 5. Calidad de agua del canal matriz de riego que abastece de agua de deshielo al valle de Tulum

MUESTRA N°	CEe(1) (μScm^{-1})	pH	B(2) (ppm)	CATIONES (me/l) (3)			ANIONES (me/l) (4)		RAS	
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻		SO ₄ ⁼
Agua Río S.J.	590	8,0	0,2	3,62	0,79	1,27	2,18	0,73	2,84	0,85

Notas:

- (1) Conductividad eléctrica expresada en μScm^{-1} , unidad equivalente a $\mu\text{mhos cm}^{-1}$.
- (2) Boro en agua. Método de la Azometina – H. Expresado como B en ppm.
- (3) Cationes (Ca, Mg y Na) determinados por AA, expresados en me/l.
- (4) Aniones (CO₃H-, Cl- y (SO₄=, calculados por diferencia respecto a la suma de cationes)) expresados en me/l.

La interpretación de los valores de calidad del agua para uso agrícola, emplada como guía propuesta por Ayers y Westcot (FAO, 1992), indica que la muestra analizada tiene un grado de restricción de uso para riego de bajo a nulo respecto a salinidad. Por su RAS (Relación de Absorción de Sodio), este agua tampoco presenta problemas de toxicidad específica del sodio.

La concentración de cloruros y boro no afecta al funcionamiento de los cultivos. El contenido de bicarbonatos puede ocasionar problemas de obstrucciones, debido a incrustaciones de calcáreo en emisores, si el sistema de riego es de tipo presurizado por goteo o aspersión. En riego gravitacional no hay inconvenientes. El pH está en el rango adecuado. Por lo expuesto, se puede considerar la muestra analizada de muy buena calidad para riego.

Recurso hídrico subterráneo

Como complemento de los recursos hídricos superficiales, se construyeron y equiparon pozos para la extracción de agua subterránea.

El agua del subsuelo es un recurso importante y con éste se abastece a una tercera parte de la producción agrícola del Valle del Tulum. Años atrás, el agua subterránea era utilizada en gran medida para servir de complemento al agua superficial en años de sequía, y para manejar mayores módulos de riego a nivel parcelario.

Desde la década de 1990, con el avance de las fronteras agrícolas y la mayor necesidad de agua para usos distintos al agrícola, fue necesario hacer nuevos estudios y desarrollar pozos en zonas hasta esa fecha escasamente colonizadas.

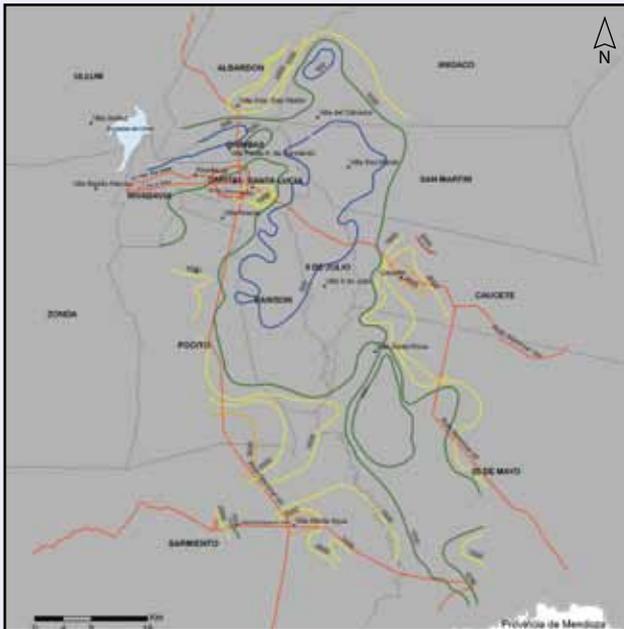
Los resultados de calidad de aguas que se fueron obteniendo de los diferentes acuíferos, ya sea libres o confinados, fueron volcados al estudio "Evolución Hidrológica e Hidroquímica de las cuencas subterráneas de Tulum y Ullúm-Zonda", elaborado por el Centro Regional de Aguas subterráneas de la provincia de San Juan (Mercado y Silva, 1988). Éste consintió en el relevo de 88 pozos en funcionamiento. Mediante un trabajo de digitalización de las curvas de isocon-

ductividad generadas en dicho estudio, el Laboratorio de SIG de INTA San Juan confeccionó un mapa digital referenciado (Fig. 63).

Complementariamente, mediante un trabajo conjunto entre personal del laboratorio de SIG y el Laboratorio de Suelos y Riego de INTA San Juan, se elaboraron tablas por departamento con datos de estudios de calidad de agua de subsuelo, realizados entre los años 2004 y 2013.

Figura 63. Curvas de Iso-salinidad de aguas subterráneas del Valle del Tulum, San Juan. (1988).

**CURVAS DE ISOCONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
AGUAS SUBTERRÁNEAS. VALLE DE TULUM. SAN JUAN**



Referencias

CURVAS DE ISOCONDUCTIVIDAD

	500 micromho/cm
	501 - 1250 micromho/cm
	1251 - 2000 micromho/cm
	2001 - 3000 micromho/cm
	3001 - 5000 micromho/cm

SIGNOS CARTOGRÁFICOS

	Cabeceras departamentales
	Límite departamental
	Límite provincial
	Rutas principales

Fuente: Centro Regional de Agua Subterránea. Período de muestreo: año 1987.

Provincia de San Juan - República Argentina



EEA San Juan

Año 2013

Fuente: Alday, S. 2013

El Cuadro 6 compila la mencionada información. Cada uno de esos datos analíticos presentados cuenta además con información aproximada de su ubicación (calle, departamento, etc.). De esta manera, gracias a esos registros, se pudo generar un mapa de ubicación de las perforaciones.

Cuadro 6. Registros de calidad de aguas del subsuelo en el valle de Tulum, San Juan

FECHA	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	CE (µScm-1)	pH
21/04/2004	25 de Mayo	Calle 21 y Río SJ- Las Casuarinas	1.061	7,7
24/11/2006	25 de Mayo	Punta del Agua	1.513	7,6
24/11/2006	25 de Mayo	Punta del Agua	1.602	7,6
24/11/2006	25 de Mayo	Punta del Agua	1.440	7,6
27/01/2006	25 de Mayo	Km 9-10	2.070	7,4
27/01/2006	25 de Mayo	R 147 -Km 9-10	923	7,8
20/12/2006	25 de Mayo	R 144 - 20 Km al O de Encón	1.504	8
27/01/2006	25 de Mayo	La Chimbera	992	7,2
19/03/2007	25 de Mayo	Calle 25 E/ 9 y 10	911	7
16/02/2007	25 de Mayo	Calle 4	1.394	7,3
14/07/2008	25 de Mayo	R 147 - El Refugio	18.000	7,2
14/07/2008	25 de Mayo	R 147 - El Refugio	3.260	6,8
28/07/2009	25 de Mayo	Colonia Difunta Correa	1.617	7
15/01/2010	25 de Mayo	R 141	1.224	7,8
15/01/2010	25 de Mayo	R 141	1.382	7,9
16/09/2010	25 de Mayo	Calle 13 e/ 20 y 21	1.692	6,5
05/07/2011	25 de Mayo	Calle 6 y 23	1.315	
27/10/2011	25 de Mayo	Calle 5 y La Plata	1.960	7,7
28/03/2011	25 de Mayo	Calle 3	3.220	
27/01/2011	25 de Mayo	Calle 21	2.640	8,2
27/01/2011	25 de Mayo	Calle 21	2.330	7,8
14/09/2012	25 de Mayo	Calle 4 y Costa Canal	1.321	5,7
12/09/2012	25 de Mayo	Calle 21 y 1	2.210	
14/12/2012	25 de Mayo	Calle 22 y 10 - Las Casuarinas	1.328	7,9
29/10/2004	9 de Julio	Calle 2 Alamos	662	
27/01/2006	9 de Julio	Las Chacritas	483	7,7
27/01/2006	9 de Julio	Las Chacritas	467	7,8
30/09/2004	Albardón	Calle Sarmiento	522	8,1
07/08/2008	Albardón	Las Tapias	1.527	-
07/08/2008	Albardón	Las Tapias	1.327	11,6
14/08/2009	Albardón	Las Lomitas	1.371	
07/03/2007	Angaco	Calle Nacional	610	7,8
08/05/2012	Angaco	Nacional y Zapata	441	7,1

Cuadro 6. Registros de calidad de aguas del subsuelo en el valle de Tulum, San Juan

FECHA	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	CE (μScm^{-1})	pH
28/06/2004	Caucete	Enf. Medina	2.730	7,5
12/11/2004	Caucete	La Plata y Paso de los Andes	1.842	7,3
02/07/2010	Caucete	Ruta 20	2.800	7,5
26/04/2011	Caucete	Enf Medina E/Calibar y Rio Negro	2.700	7,7
27/02/2004	Pocito	R 40 y Roger Valet	914	7,1
06/05/2004	Pocito	Calle Mza Km 25	2.500	
08/01/2004	Pocito	Carpintería (al este de la ruta	4.650	
15/07/2004	Pocito	Carp. Salv. María del Carril	13.990	
15/07/2004	Pocito	Carp. Salv. María del Carril	4.190	
15/07/2004	Pocito	Carp. Salv. María del Carril	16.970	
23/04/2004	Pocito	Maurin s/nº - Carpintería	494	6,3
21/06/2005	Pocito	Costa Canal y 15	1.545	
09/03/2005	Pocito	Mza y 13	1.975	7
09/03/2005	Pocito	Mza y 13	2.350	7
06/01/2005	Pocito	Vidart e/ 10 y 11	1.022	7,2
15/12/2005	Pocito	R 40 e/ 8y9	1.278	6,9
08/06/2006	Pocito	Calle 16 y R 40	1.590	6,6
14/03/2007	Pocito	R 40 y Calle 13	1.100	7,2
05/12/2007	Pocito	Calle 7 y Canal 5º Cuartel	1.439	7
12/08/2009	Pocito	R 40 y Calle 13	788	7,6
25/02/2009	Pocito	Calle 15 y Costa Canal	1.261	
16/10/2009	Pocito	San Miguel e/ 8 y 9	1.003	7,1
31/03/2010	Pocito	Calle 21 de Febrero - Carpintería	1.748	6,7
09/08/2010	Pocito	Aberastain pasando 14	2440	7,4
20/12/2010	Pocito	Calle 15	1.194	
20/12/2010	Pocito	Calle 15	1.888	
20/12/2010	Pocito	Calle 15	1.133	
19/11/2010	Pocito	Calle 14 y Mendoza	2.690	
18/08/2010	Pocito	Carpintería	6.300	6,8
08/09/2010	Pocito	Calle 13 y R 40	4.210	
27/01/2010	Pocito	Calle 13 e/ Aberastain y Vidart	3.300	
29/12/2010	Pocito	Basan Agras pasando 18	1.541	7,3
17/11/2010	Pocito	Calle Mendoza e/ 14 y 15	2.130	7,5

Cuadro 6. Registros de calidad de aguas del subsuelo en el valle de Tulum, San Juan

FECHA	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	CE (μScm^{-1})	pH
22/09/2010	Pocito	Aberastain e/ 14 y 15	1.689	6,8
22/09/2010	Pocito	Aberastain e/ 14 y 15	1.135	7,3
22/09/2010	Pocito	Calle 14 e/Mza y R 40	4.180	7,3
09/12/2010	Pocito	R 40 e/ 13 y 14	1.519	7,8
26/03/2011	Pocito	Calle Mza e / 13 y 14	1.596	8
01/07/2011	Pocito	Carpintería	2.070	7,7
09/08/2011	Pocito	Calle 11 y Vidart	1.445	7,5
12/05/2011	Pocito	Calle Aberastain - Carpintería	2.970	7,3
12/05/2011	Pocito	Calle Aberastain - Carpintería	2.240	7,4
25/08/2011	Pocito	Calle Gil de Moya y Sta. Clara	1.096	7,9
17/02/2012	Pocito	Vidart e/ 9 y 10	1.051	7,1
11/04/2012	Pocito	Carpintería	3.460	
11/04/2012	Pocito	Carpintería	3.600	
11/10/2012	Pocito	Calle 21 de Febrero y 18	2.050	
07/05/2012	Pocito	Calle San Miguel e / 8 y 9	1.119	
29/08/2012	Pocito	Calle Agustina Gil de Moya	3.580	6,5
05-02-20123	Pocito	Callejón Hernández E/ 13 y 14 La Rinconada	3.610	7,6
21/02/2013	Pocito	Calle Agustina Gil de Moya	1.716	7,1
06/07/2004	Rawson	14 a 800 m de América	458	8,2
05/08/2004	Rawson	Garibaldi E/ 8 y 9 - Bomba	438	8
05/08/2004	Rawson	Garibaldi E/ 8 y 9 - Surgente	448	8,1
09/10/2009	Rawson	Calle 8 y Pta del Monte - M. de Oro	436	7,9
02/06/2011	Rawson	16 y América	502	
25/08/2009	San Martín	Calle Mitre s/nº - 2 Acequiar	3.210	7,3
20/09/2012	San Martín	Sarmiento y San Juan	474	7,4
24/11/2004	Sarmiento	Calle Carpino - San Carlos	1.326	
25/10/2004	Sarmiento	Cañada Honda	1.322	7,4
23/04/2004	Sarmiento	Media Agua	1.328	6,2
26/10/2005	Sarmiento	Barbosa s/nº - Media Agua	2.170	7,7
26/10/2005	Sarmiento	Barbosa s/nº - Media Agua	1.421	7,7
24/11/2005	Sarmiento	Guanacache	1.381	7,2

Cuadro 6. Registros de calidad de aguas del subsuelo en el valle de Tulum, San Juan

FECHA	DEPARTAMENTO	UBICACIÓN	CE (μScm^{-1})	pH
22/07/2005	Sarmiento	Carmona - Cochagual	1.420	7,5
17/05/2005	Sarmiento	Media Agua	2.520	7,6
20/07/2009	Sarmiento	El Acequión	1.257	6,4
23/06/2011	Sarmiento	Calle Centenario	4.380	7,4
23/06/2011	Sarmiento	Retamito	2.460	8
15/08/2011	Sarmiento	R 40	735	8,9
29/05/2012	Sarmiento	Retamito	2.250	7,5
08/02/2012	Sarmiento	R 265 y Canal 1º	1.658	7,5
23/08/2012	Sarmiento	El Acequión	1.378	7,4
23/08/2012	Sarmiento	El Acequión	1.495	7,4
28/04/2006	Ullúm	Calle Las Moras	829	7,2

A los fines de respetar la confidencialidad de los datos, la mencionada ubicación no es exacta sino muy aproximada.

A continuación, la Fig. 64, muestra la ubicación de numerosas perforaciones que cuentan con la información de calidad de agua desarrollada en el mencionado cuadro.

En la Fig. 65 se observa la fecha de floración correspondiente a los años 2006, 2007 y 2008 de los ocho cultivares estudiados. En ésta se puede observar la variación de las fechas de inicio, plena y final de floración que existe entre las variedades y años evaluados. Al analizar con detalle las diferencias existentes, cabe destacar tres aspectos importantes.

El primero de ellos es la fecha media de floración. Se observa que esta variable, para todos los cultivares, está muy influenciada por el año evaluado. El año más precoz (2006) precede en 18 días al año más tardío (2007). Al analizar las temperaturas de los meses que anteceden al proceso de floración, se advierte que existe una relación entre el inicio de éste y las temperaturas máximas de los meses de agosto y septiembre.

Otro aspecto a tener en cuenta es la duración de la floración (estimada como el número de días transcurridos desde el inicio hasta el final de la floración), que también presenta grandes diferencias entre años, pasando de 17 días en 2006 a 9 en 2007 (Fig. 66).

En los años evaluados se observa una clara relación entre la duración y la fecha de floración. Así, se advierte que en 2006 hubo fechas precoces y largas duraciones de floración; en cambio, en 2007 hubo fechas tardías y cortas duraciones de floración. Sin duda esto tiene una relación directa con las mayores temperaturas ambientales durante la época de floración del olivo en cada año evaluado.

Por último, el orden relativo de la floración representa otro aspecto a tener en cuenta. En los cultivares evaluados, esta variable se mantiene constante a través de los años (Fig. 67).

Este comportamiento parece estar relacionado con respuestas diferenciales a las variaciones de temperatura según el cultivar, lo que posiblemente dependa del origen de cada uno de ellos (Barranco et al., 1994). Al analizar el día de plena floración de las variedades, se observan 10 y 7 días de diferencia en los años 2006 y 2007, respectivamente, entre la variedad más temprana (Changlot Real) y la más tardía (Frantoio).

Se destaca que, por lo general, la fenología del olivo depende en gran medida de las condiciones meteorológi-

cas del año de estudio y en menor medida de la edad fenológica de la planta, por lo que las fechas aquí consignadas solo pueden ser usadas como referencia.

Evaluación microclimática del régimen de heladas de la zona

Diseño e instalación de una red de observación agroclimática

Definición de un criterio para la instalación de los sensores automáticos de temperatura

A los fines de realizar la caracterización mesoclimática dentro del área del proyecto, se creó una red de observación agrometeorológica constituida por 63 sensores térmicos y 5 estaciones meteorológicas con registro. Dos de las estaciones se encuentran activas (Pocito y Sarmiento), mientras que las restantes almacenan datos históricos que sirvieron para la reconstrucción de los valores a fechas actuales.

La mencionada red o grilla de sensores fue diseñada en gabinete por el equipo de agrometeorología y SIG de la EEA INTA San Juan, y para su generación se tomaron los siguientes criterios:

- Se seleccionó como área de estudio todo el territorio del Valle del Tulum, exceptuando aquellas zonas perimetrales con muy difícil acceso, como cerros, médanos, cárcavas, etc. (Fig. 68).
- Para la evaluación mesoclimática se trabajó en 11 transectas en dirección paralela a la pendiente general del terreno y equidistantes por 10 km, donde se colocaron los sensores (Fig. 69).

Figura 66. Área de estudio seleccionada en el Valle del Tulum. El polígono amarillo indica el área seleccionada. Detalle de las transectas (líneas rojas) utilizadas como referencia para colocar los puntos de lectura.



Fuente: Babelis, G. 2012

Figura 67. Posición real de los sensores (puntos de lectura). Los íconos amarillos indican la ubicación geográfica de los sensores.



Fuente: Babelis, G. 2012

La posición de los sensores en el terreno se realizó en gabinete con el soporte de imágenes satelitales de MODIS y *Google Earth*. Estos fueron ubicados, en un principio, sobre las transectas previamente seleccionadas, tratando de que cada punto tuviese una diferencia de cota altimétrica de al menos 10 m con el inmediato siguiente.

En campo, las posiciones geográficas de los sensores fueron lo más cercanas posible respecto de las teóricas, variando en algunos casos levemente, debido a complicaciones de acceso o por cercanía a centros urbanos, que los dejaba muy vulnerables al robo o a la destrucción.

Programación y lectura de los sensores de temperatura

Programación de los registros de los sensores de temperatura

Se adquirieron sensores con registro y de amplio rango térmico.

Cuadro 7. Características de los sensores utilizados

MODELO I-BUTTON - DS1922L	RANGO TÉRMICO	PRECISIÓN	RESOLUCIÓN	VALORES/LECTURAS	FRECUENCIA DE REGISTRO
	-40°C a +85°C	± 0.5°C: -10°C a +65°C	0.5°C - 8 bit / 0.062°C - 16 bit	8192 - 8 bit / 4096 - 16 bit	1 s a 273 h

Previamente a su ubicación definitiva, los sensores fueron sincronizados en hora con una PC y programados para medir y registrar temperatura cada 10 minutos.

Esto permitió acumular datos en la memoria interna por 28 días, para luego ser recuperados en una PC, por medio de un dispositivo de lectura (USB Single F5 iButton Holder).

Los sensores fueron programados para registrar la medición de temperatura con una precisión de 0,0625°C y para reescribir al alcanzar la capacidad máxima de la memoria, con el fin de no reprogramar cada vez que se realice una lectura.

Construcción de porta sensores

El 2 de mayo comenzó la construcción de 75 porta sensores, destinados a la colocación de los termógrafos en el campo. Éstos consisten en un tutor de 2,5 pulgadas de diámetro por 1,8 metros de largo con un sombrerete camuflado y atornillado en una de las puntas del mismo (Fig. 59), lo que permite enterrarlo 30 cm para que el dispositivo sensor de temperatura permanezca a 1,5 metros de altura.

Figura 68. Porta sensor con protección ante la acción directa del sol sobre datalogger de temperatura.



Fuente: Manzano, G. 2012

Instalación de sensores

La instalación se realizó durante todo el mes de mayo y los primeros días de junio (Cuadro 8). Para instalar los sensores, se ubicó el punto deseado en un GPS navegador y se condujo hasta el sitio en cuestión, o hasta el más cercano que permitieran las posibilidades de acceso. Una vez allí, el criterio de instalación fue el siguiente:

- En zonas cultivadas: se eligieron cultivos que no interfiriesen en la temperatura del lugar. Los sensores se ubicaron lejos de cortinas forestales y, preferentemente, en zonas de libre paso de aire, como callejones Este-Oeste, o esquineros, siempre que no dificultaran el paso de maquinaria (Fig. 69).
- En zonas no cultivadas: se buscaron terrenos de relieve plano o levemente ondulado, libre de marcas obstrucciones al normal flujo del aire. Los porta sensores se colocaron lo más distanciado posible de árboles y arbustos nativos, excepto en lugares donde era prioridad esconderlos de la vista, para evitar robo o daño (Fig. 70).

Figura 69. Sensor localizado en zona cultivada.



Fuente: Manzano, G. 2012

Figura 70. Sensor localizado en zona no cultivada.



Fuente: Manzano, G. 2012

Cuadro 8. Ubicación de sensores térmicos y registro de información anexa

PUNTO	SENSOR	UBICACIÓN REAL				FECHA DE COLOCACIÓN	ANOTACIONES DEL INSTALADOR
		LATITUD (S)	LONGITUD (O)	ALTURA MSNM	COD GPS		
A1	10F541	32° 08' 39.5"	68° 28' 52.4"	540	A1 R	01/06/2012	Orilla de la ruta 351, retamo, jarilla y otras.
A2	110C41	32° 03' 48.1"	68° 42' 18.4"	743	A2 R	11/06/2012	Retamo, algarrobo.
A3	1A2B41	32° 04' 43.9"	68° 40' 55.4"	706	A3 R	01/06/2012	En vaguada escondido en algarrobo.
A4	05BD41	32° 06' 21.5"	68° 35' 59.3"	594	A4 R	01/06/2012	Al Oeste de las vías, jarilla, suelo limoso.
B1	05EE41	32° 12' 09.8"	68° 46' 11.4"	825	B1 R	11/06/2012	Retamo a la orilla de vaguada, suelo muy pedregoso.
B2	F7A041	32° 11' 44.1"	68° 41' 29.4"	694	B2 R	08/06/2012	Suelo pedregoso, sobre jarilla.
B3	105041	32° 12' 55.9"	68° 38' 08.5"	615	B3 R	08/06/2012	Olivos y Granadas. Suelo muy profundo.
B4	06C241	32° 14' 14.2"	68° 33' 40.7"	555	B4 R	08/06/2012	Acequiación. Cardo ruso y algarrobos, otras. Suelo pesado.
B5	F98341	32° 15' 38.9"	68° 30' 40.1"	544	B5 R	08/06/2012	Pasando el Control.
C1	F77341	32° 19' 39.4"	68° 35' 23.1"	574	C1 R	11/06/2012	Se ingresa por la prov. de Mendoza, suelo cubierto por nativas.
C2	064241	32° 18' 35.7"	68° 39' 32.4"	606	C2 R	11/06/2012	Al Oeste de las vías.
C3	06CE41	32° 16' 47.2"	68° 44' 37.7"	667	C3 R	11/06/2012	Estación del Ramblón.
D1	053A41	31° 57' 37.8"	68° 39' 21.3"	787	D1 R	31/05/2012	Oculto en terreno pedregoso con algarrobos.
D2	101141	31° 57' 36.4"	68° 38' 15.3"	775	D2 R	31/05/2012	En perímetro de finca de olivos, chañar, jarilla.
D3	F78041	31° 58' 06.2"	68° 37' 01.0"	692	D3 R	31/05/2012	Sobre lecho de río.
D4	062541	31° 58' 57.8"	68° 35' 00.0"	629	D4 R	31/05/2012	Rogar SA. Olivos.
D5	197F41	31° 59' 55.6"	68° 32' 07.1"	589	D5 R	31/05/2012	Max Frut. Olivos.

Cuadro 8. Ubicación de sensores térmicos y registro de información anexa

PUNTO	SENSOR	UBICACIÓN REAL				FECHA DE COLOCACIÓN	ANOTACIONES DEL INSTALADOR
		LATITUD (S)	LONGITUD (O)	ALTURA MSNM	COD GPS		
D6	048841	32° 01' 03.0"	68° 28' 53.9"	557	D6 R	31/05/2012	Suelo bueno, jarilla y retamo.
D7	01A841	32° 01' 22.4"	68° 27' 15.9"	549	D7 R	30/05/2012	En camino de vías eléctricas.
D8	064141	32° 03' 14.9"	68° 21' 57.7"	539	D8 R	30/05/2012	Cordillera Nevada.
E1	F90341	31° 51' 55.6"	68° 33' 20.7"	626	E1 R	23/05/2012	Finca Don Fico. Vid.
E2	F77241	31° 52' 51.9"	68° 29' 02.8"	564	E2 R	15/06/2012	Gómez Benito Lucio - Vid.
E3	04D041	31° 54' 23.8"	68° 26' 52.8"	556	E3 R	30/05/2012	DOW - Olivos.
E4	16B581	31° 56' 27.6"	68° 20' 30.2"	548	E4 R	30/05/2012	Finca el Chañar - Vid.
E5	F6F441	31° 59' 04.3"	68° 11' 42.9"	547	E5 R	30/05/2012	Descampado Salino, jume
F1	F23341	31° 43' 31.5"	68° 36' 03.6"	704	F1 R	23/05/2012	Pedemonte pedregoso.
F2	F87141	31° 46' 40.6"	68° 34' 02.9"	612	F2 R	22/05/2012	Ivon Fagoth - Vid.
F3	F3B341	31° 47' 15.2"	68° 31' 47.6"	585	F3 R	22/05/2012	Álamos y Vid.
F4	F81B41	31° 47' 48.4"	68° 29' 20.1"	566	F4 R	23/05/2012	Suelo Salino, cruzando el canal.
F5	FAA641	31° 49' 57.0"	68° 22' 54.9"	569	F5 R	23/05/2012	Río Negro - Vid.
F6	F87841	31° 52' 18.1"	68° 14' 13.9"	555	F6 R	23/05/2012	Finca Don Roberto - Alberto Plaza encargado .
G1	F23F41	31° 40' 28.4"	68° 37' 37.2"	687	G1 R	18/05/2012	Loma Negra. Descampado pedregoso.
G2	F58C41	31° 40' 32.5"	68° 36' 49.9"	609	G2 R	18/05/2012	Juan Frau. Olivos y vid.
G3	F40141	31° 41' 15.4"	68° 33' 27.3"	598	G3 R	18/05/2012	Néstor Tomsig. Casa con olivos.
G4	F05141	31° 41' 35.9"	68° 30' 42.1"	577	G4 R	18/05/2012	Chacra de alfalfa
G5	1B4141	31° 43' 0"	68° 26' 56.4"	576	G5 R	08/08/2012	A la orilla de una calle.
G6	F2C541	31° 45' 21.1"	68° 16' 17.5"	572	G6 R	23/05/2012	Agrícola Rawson - Ajo.
G7	F74841	31° 47' 04.0"	68° 10' 17.0"	562	G7 R	23/05/2012	Puesto de Cabras - Paso a Ripiera.
H1	F40C41	31° 34' 33.1"	68° 37' 59.9"	699	H1 R	24/05/2012	Unidad de Coordinación Saneamiento Ambiental Secretaría de MA.
H2	F47E41	31° 35' 11.9"	68° 35' 22.9"	669	H2 R	24/05/2012	Federico García. Cebolla.

Cuadro 8. Ubicación de sensores térmicos y registro de información anexa

PUNTO	SENSOR	UBICACIÓN REAL				FECHA DE COLOCACIÓN	ANOTACIONES DEL INSTALADOR
		LATITUD (S)	LONGITUD (O)	ALTURA MSNM	COD GPS		
H3	F3FD41	31° 36' 06.7"	68° 30' 40.6"	607	H3 R	24/05/2012	Fabián Gómez. Olivos.
H4	F45E41	31° 37' 13.3"	68° 26' 14.6"	588	H4 R	24/05/2012	Descampado. Muy salino.
H5	F84341	31° 38' 45.3"	68° 17' 58.4"	576	H5 R	24/05/2012	Víctor Segura. Vid.
H6	F0AE41	31° 40' 13.1"	68° 13' 09.0"	573	H6 R	24/05/2012	Calia - Vid.
H7	F30141	31° 40' 05.9"	68° 11' 40.0"	580	H7 R	24/05/2012	Descampado Medanoso.
I1	F4BD41	31° 29' 48.4"	68° 37' 10.2"	699	I1 R	28/05/2012	La Isla - Soberano - Vid y Frutales
I2	F7D141	31° 30' 26.8"	68° 35' 00.1"	680	I2 R	28/05/2012	José Guirado - Frutales.
I3	F43D41	31° 31' 17.6"	68° 28' 56.9"	617	I3 R	28/05/2012	Hugo Gerveno - Vid.
I4	F92041	31° 32' 36.4"	68° 24' 34.6"	588	I4 R	28/05/2012	Ramón Ortiz - Kiosko
I5	F5B041	31° 34' 00.3"	68° 19' 25.0"	587	I5 R	28/05/2012	PeñaVid - Finca San Martín - Vid
I6	FAEB41	31° 34' 13.4"	68° 17' 26.8"	587	I6 R	28/05/2012	Taranto - Vid.
J1	F45041	31° 26' 11.4"	68° 33' 51.0"	694	J1 R	29/05/2012	Descampado pedregoso.
J2	F9B341	31° 26' 24.5"	68° 31' 55.5"	644	J2 R	29/05/2012	Nélida Montilla de Olivares - Vid y olivos.
J3	F32741	31° 26' 57.5"	68° 28' 28.4"	609	J3 R	29/05/2012	Nancy Almenzar - Vid.
J4	F05D41	31° 27' 35.4"	68° 22' 52.9"	598	J4 R	29/05/2012	Ing. Sánchez - Vid, alfalfa y ganado - 154627068
J5	FAD141	31° 28' 26.0"	68° 19' 23.3"	587	J5 R	29/05/2012	Julio Coria - Pollos.
J6	F23241	31° 29' 27.8"	68° 15' 18.6"	610	J6 R	28/05/2012	Pedemonte muy pedregoso
K1	F4F541	31° 21' 45.0"	68° 30' 25.8"	702	K1 R	29/05/2012	Hacia La Laja, suelo pedregoso.
K2	FBDB41	31° 22' 10.4"	68° 28' 01.2"	614	K2 R	29/05/2012	Pedro Reinaldo Vera - Vid.
K3	F1A041	31° 22' 40.5"	68° 27' 17.5"	605	K3 R	29/05/2012	Suelo pesado. Jume y verdolaga.
K4	F51841	31° 22' 43.7"	68° 25' 06.8"	595	K4 R	29/05/2012	Suelo cálcico y muy salino.
K5	FAE241	31° 23' 58.3"	68° 18' 41.1"	588	K5 R	29/05/2012	Al Oeste de un dren, muy salino. Jume.
K6	F22A41	31° 25' 05.9"	68° 12' 34.0"	608	K6 R	29/05/2012	Pedregoso.

Lectura de los sensores

En la Fig. 71 puede apreciarse la forma en que los datos climáticos son adquiridos, mientras que el Cuadro 9 muestra las fechas de extracción de datos en campo.

Figura 71. Proceso de descarga de datos de temperatura de un sensor.



Fuente: Manzano, G. 2012

Cuadro 9. Registro de fechas de lectura de sensores

PUNTO MONITOREO	FECHA DE COLOCACIÓN	FECHA DE 1ERA LECTURA	FECHA DE 2DA LECTURA	FECHA DE 3ERA LECTURA	FECHA DE 4TA LECTURA	FECHA DE 5TA LECTURA	FECHA DE 6TA LECTURA	FECHA DE 7MA LECTURA						
G1	18/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
G2	18/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
G3	18/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
G4	18/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
F2	22/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
F3	22/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
E1	23/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	R	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
E2	23/05/2012	15/06/2012	R	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
F4	23/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
F5	23/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
F6	23/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
G5	23/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	R	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
G6	23/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	X	22/11/2012	R	14/01/2013	R	07/03/2013
G7	23/05/2012	15/06/2012	O	12/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	22/11/2012	O	14/01/2013	O	07/03/2013
F1	23/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	08/08/2012	O	01/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
H1	24/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
H2	24/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
H3	24/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
H4	24/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
H5	24/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
H6	24/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	R	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
H7	24/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
CASAM	-	-												
I1	28/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
I2	28/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
I3	28/05/2012	19/06/2012	R	16/07/2012	X	15/08/2012	R	05/10/2012	R	27/11/2012	R	16/01/2013	R	09/03/2013
I4	28/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013

Cuadro 9. Registro de fechas de lectura de sensores

PUNTO MONITOREO	FECHA DE COLOCACIÓN	FECHA DE 1ERA LECTURA	FECHA DE 2DA LECTURA	FECHA DE 3ERA LECTURA	FECHA DE 4TA LECTURA	FECHA DE 5TA LECTURA	FECHA DE 6TA LECTURA	FECHA DE 7MA LECTURA						
I5	28/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
I6	28/05/2012	19/06/2012	O	16/07/2012	O	15/08/2012	O	05/10/2012	O	27/11/2012	O	16/01/2013	O	09/03/2013
J6	28/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
J1	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
J2	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
J3	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
J4	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
J5	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
K1	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
K2	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
K3	29/05/2012	25/06/2012	R	20/07/2012	X	16/08/2012	R	09/10/2012	R	30/11/2012	R	17/01/2013	R	10/03/2013
K4	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
K5	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
K6	29/05/2012	25/06/2012	O	20/07/2012	O	16/08/2012	O	09/10/2012	O	30/11/2012	O	17/01/2013	O	10/03/2013
E3	30/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
E4	30/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D8	30/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D7	30/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
E5	30/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D1	31/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	R	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D2	31/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D3	31/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D4	31/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D5	31/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
D6	31/05/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	22/08/2012	O	16/10/2012	O	03/12/2012	O	23/01/2013	O	16/03/2013
A1	01/06/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	24/08/2012	O	16/10/2012	R	07/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
A3	01/06/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	24/08/2012	O	16/10/2012	O	07/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
A2	11/06/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	24/08/2012	O	16/10/2012	O	07/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
A4	01/06/2012	29/06/2012	O	26/07/2012	O	24/08/2012	O	16/10/2012	O	07/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
B2	08/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	O	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
B3	08/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	O	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
B4	08/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	O	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
B5	08/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	R	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
B1	11/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	O	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
C1	11/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	O	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
C2	11/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	O	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013
C3	11/06/2012	03/07/2012	O	30/07/2012	O	24/08/2012	O	17/10/2012	O	08/12/2012	O	30/01/2013	O	23/03/2013

O Leído correctamente

R Robado y repuesto

X Robado y no repuesto

Desde su instalación en mayo de 2012, el mantenimiento de la red comprendió la reposición de sensores en caso de robos, la relocalización en caso de alguna perturbación, la comprobación del correcto funcionamiento de los aparatos y la solución de otros inconvenientes que pudiesen surgir.

En tres zonas donde los robos fueron frecuentes, se optó por descartar o relocalizar ese punto de relevamiento, ya que el continuo reemplazo de los sensores no produjo más que gastos innecesarios (caso de los sensores I3, K3 y G6).

Características de la red meteorológica

- Elementos (variables) observados con especificación de atributos y periodicidad:
 - Temperatura del aire (Sensores): una lectura cada 10 minutos
 - Humedad relativa del aire (Estaciones): una lectura cada 30 minutos
 - Precipitación (Estaciones): una lectura diaria
 - Viento (Estaciones): velocidad y dirección, una lectura cada 30 minutos
- Elección de los puntos de observación según opciones de máxima, media y mínima densidad: los puntos de observación se encuentran uniformemente dispuestos en los sectores llanos, donde la pendiente y la altitud no varían demasiado entre sí. Los perímetros de la zona estudiada, en general, son de piedemonte, por lo que en estos lugares los sensores están ubicados con un criterio de diferencia de cota. Las estaciones meteorológicas están ubicadas dentro del área de estudio, lo que asegura una buena representatividad de los datos actuales e históricos.
- Definición de una base de datos en la que se integren los elementos observados: se construye una base de datos digital, a medida que continúan las lecturas. Los archivos obtenidos en cada lectura, ya sean de sensores o de estaciones, están separados por comas (*.CSV) y en general poseen dos campos: fecha/hora de registro y valor del parámetro correspondiente.

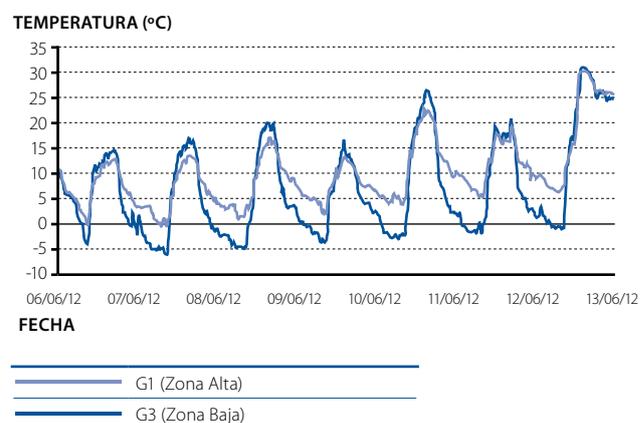
Observación del régimen de heladas de la zona durante el período frío de 2012

Observación del régimen de heladas de la zona durante 2012

En primera instancia, se analizó el comportamiento de las temperaturas en una transecta preestablecida, observándose una relación directa entre la altura y las temperaturas mínimas invernales de ese lugar (Fig. 72).

Mientras más elevado es el terreno o la pendiente, menor es la intensidad del frío o la helada. En zonas bajas y planas, el aire frío parece estancarse, generando un gran descenso de temperatura.

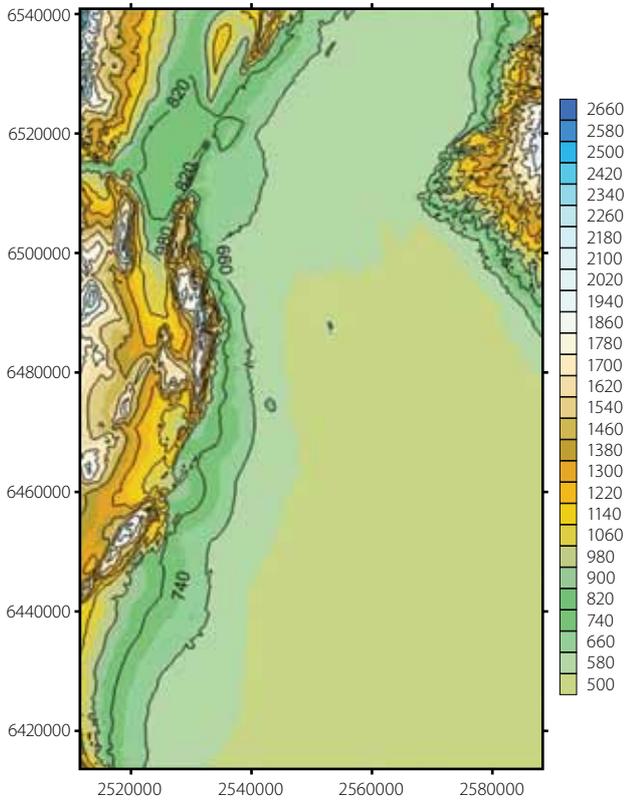
Figura 72. Evolución de la temperatura en dos puntos con diferente altitud (msnm). G1 (a 687 msnm) posee temperaturas mínimas que están sobre 0°C, mientras que G3 (a 598 msnm) registra temperaturas mínimas menores.



Fuente: Manzano, G. 2012

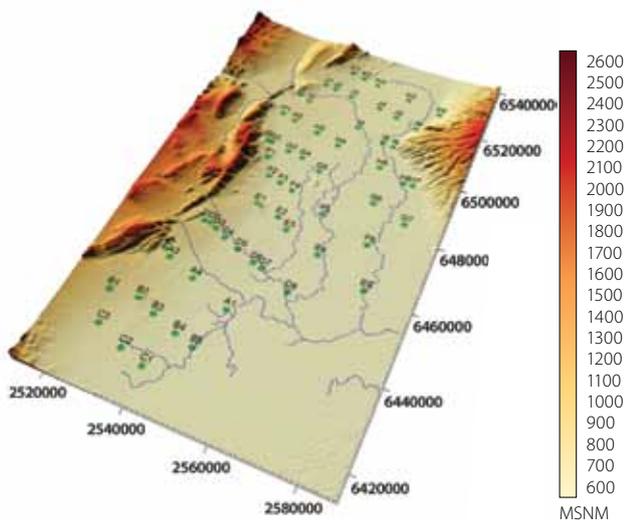
El paso siguiente fue realizar un DEM o planilla punto-altura para poder caracterizar la altimetría y el relieve de la zona de estudio. La Fig. 73 muestra las isolíneas de cota para el área de estudio, determinadas a través de la planilla punto-altura. La Fig. 74 permite visualizar los sensores y su localización dentro del DEM.

Figura 73. Mapa altimétrico en SRMT2 (msnm).



Fuente: Manzano, G. 2012

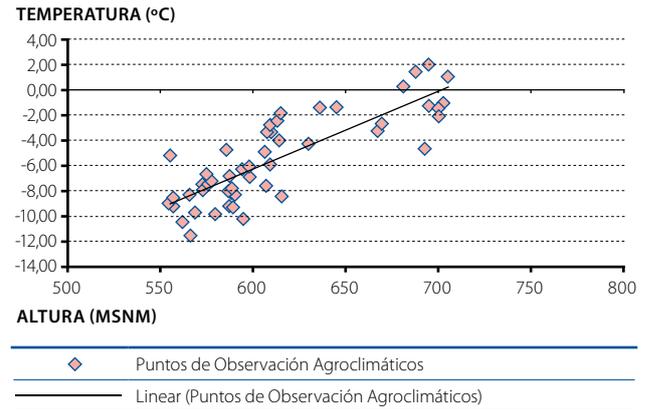
Figura 74. Representación tridimensional de las elevaciones en el sitio de estudio. Los puntos de observación están señalados en verde, y las principales vaguadas, en azul.



Fuente: Manzano, G. 2012

Una vez obtenida la altimetría del lugar, se correlacionó en todos los puntos de observación la temperatura mínima con la altura y se encontró una correlación directa (de alta significancia) que muestra: la altura del techo de inversión térmica frío y la ecuación del gradiente invertido en heladas por irradiación (Fig. 75).

Figura 75. Correlación entre la temperatura y la altura en un momento de helada por irradiación.



Fuente: Manzano, G. 2012

De la correlación anterior entre la temperatura y la altura, se extrajo la ecuación de variación del elemento térmico (Y) en función a una altura (X) hasta los 700 metros, donde la correlación es:

$$Y = 0,0616X - 43,257$$

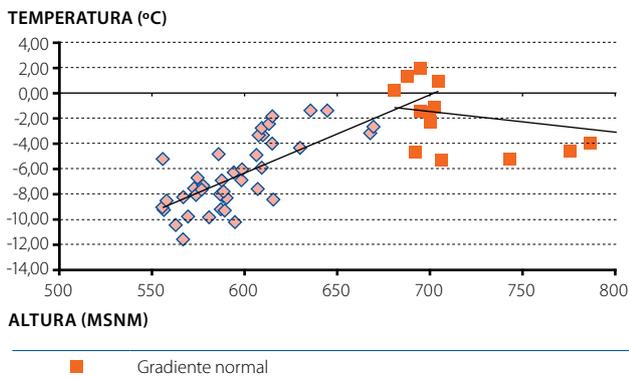
$$R^2 = 0,6901$$

Nota: la ecuación puede variar en función a la magnitud del frío.

El nivel de significancia de esta ecuación de ajuste es del 69%, es decir que, en el Valle del Tulum, cuando se produce una helada por irradiación, la variación de temperatura entre zonas se debe en un 69% a la altura, produciendo un gradiente de inversión térmica. Dicho gradiente corresponde a un aumento de 0,061°C en temperatura por cada metro de aumento en la cota.

Pasando los 700 msnm, la relación se pierde y muestra tendencia a invertirse, lo cual indica un techo de inversión térmica: zona conocida donde el gradiente invertido se convierte en gradiente normal (Fig. 76).

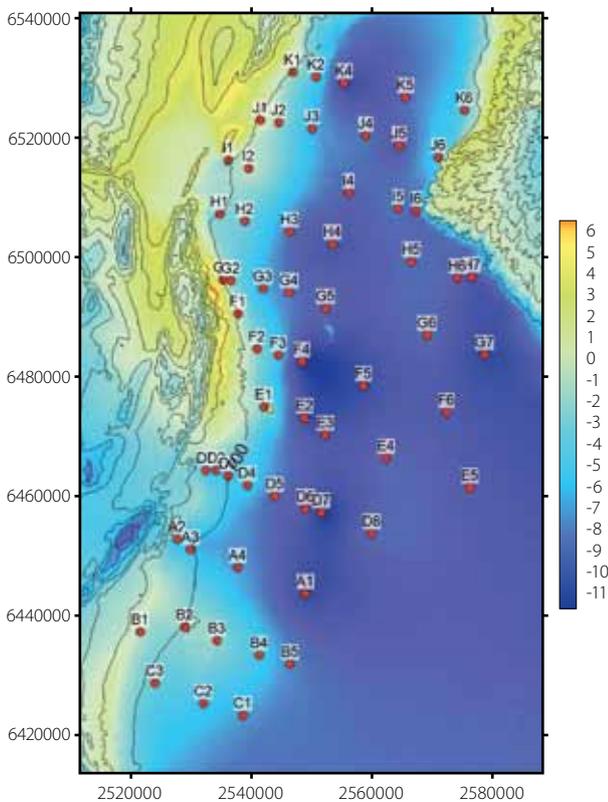
Figura 76. Correlación entre la temperatura y la altura en un momento de helada por irradiación. El techo de inversión puede notarse aproximadamente a los 700 msnm.



Fuente: Manzano, G. 2012

Con esta información se construyó un mapa que permite visualizar el comportamiento de la temperatura mínima en el día más frío del año y su correspondencia con el nivel de cota para todo el Valle del Tulum (Fig. 77).

Figura 77. Distribución de la temperatura mínima en el día más frío del año (30-07-12) en el Valle del Tulum, San Juan, Argentina.



Fuente: Manzano, G. 2012

Mapas climáticos de la serie histórica

Una vez completado el período de observaciones conjuntas, mediante la estación climatológica automática y los sensores de temperatura, se prosiguió con el modelado mesoclimático del régimen de temperaturas de la zona en estudio.

Dado que la serie de observaciones abarcaba solo un período invernal, se procedió a reconstruirla para el lapso 1998-2012 a nivel de valores diarios de temperatura mínima, tomando como base registros de la Estación Aeropuerto del Servicio Meteorológico Nacional Argentino (extraídos del archivo de NOAA/CIRES) y de la estación climatológica del INTA San Juan, instalada en la localidad de Pocito.

Los datos así obtenidos para el período 1998-2012 fueron introducidos en el Modelo GRADS (*Grid Analysis System*), de uso común en meteorología. Este requiere de información punto-altura para calcular los eventos climáticos en la totalidad del área. A fin de proveer el detalle del relieve, se utilizó la información provista por la imagen ASTER.

Con el soporte informático GLOBAL MAPPER v. 7.03 (2006), se cargaron 60.000 puntos georreferenciados, equidistantes 500 m entre ellos, con su correspondiente altura (proporcionada por el DEM de la imagen), cubriendo así toda el área de estudio.

Con esta información se elaboraron una serie de mapas que se detallan a continuación:

- Mapas de valores medios de comienzo, final y duración (lapso entre comienzo y final) de los períodos con temperaturas mínimas iguales o inferiores a los niveles de:
 - 0°C: representativo del período anual con heladas meteorológicas, es decir con registros iguales al punto de congelamiento en abrigo meteorológico a 1,50 m sobre el nivel del terreno. El descenso térmico puede asumir una intensidad y duración suficientes como para comenzar a causar daños leves a los olivos en una fase fenológica vulnerable, como floración, polinización y fructificación.
 - -7°C: representativo del período anual en que el descenso térmico puede comenzar a causar daños a las plantas en receso invernal.

- -10°C: representativo del período anual en que el descenso térmico puede causar daños significativos a las plantas en receso invernal.
- -12°C: representativo del período anual en que el descenso térmico puede afectar sensiblemente su capacidad productiva y hasta producir la muerte de las plantas en receso invernal.
- Mapas de probabilidad de ocurrencia anual de temperaturas por debajo de 0; -3; -7 y -12°C.
- Mapas de temperaturas mínimas absolutas para una serie de 5, 20 y 50 años.

Estudio de la influencia del mecanismo de generación de heladas en la zona

En todos los niveles térmicos considerados, se observó que las porciones bajas del terreno son mucho más propensas que las partes altas a sufrir heladas de mayor intensidad y duración, lo que pone claramente en evidencia el efecto de dos factores que actúan de forma notable en el área:

- En la parte alta, cercana a la meseta, la velocidad del viento es mayor; esto evita que el aire se estratifique y, por lo tanto, que se desarrolle la inversión térmica necesaria para que se produzca una helada radiativa del tipo más frecuente en el área.
- En los bajos, el drenaje del aire frío se suma a la pérdida de calor, intensificando el enfriamiento.

A continuación se describen las características sobresalientes de la distribución de temperaturas en el área de estudio para los distintos niveles de helada considerados.

Fechas medias de primera y última heladas y período libre de heladas:

Nivel de 0°C: la fecha media de comienzo de heladas muestra una considerable variación en sentido altitudinal. En las áreas cultivables del Valle, la fecha de inicio de heladas tiene lugar a mediados de abril para las zonas bajas, en contraste con los primeros días de julio para algunas zonas altas pedemontanas (Fig. 34).

Situación similar se presenta con las fechas de últimas heladas: este evento puede ocurrir durante la última quincena de septiembre en la mayor parte de las zonas

bajas del Valle, en contraste con la primera quincena de agosto en las zonas altas pedemontanas con buen drenaje de aire frío (Fig. 35).

De esta manera, el período libre de heladas resulta muy variable en el área de estudio, incluyendo zonas con 150 días con heladas y zonas con menos de 30 (Fig. 36).

El descenso térmico por debajo del punto de congelamiento puede asumir una intensidad y duración suficientes como para comenzar a causar daños a los olivos en una fase fenológica vulnerable, como floración, polinización y fructificación. Según la fenología observada para diferentes variedades en la zona de estudio, la mayor parte de la superficie analizada no se vería afectada por las últimas heladas (Fig. 35).

Probabilidad de ocurrencia anual de temperaturas mínimas:

Nivel de -7°C: Las diferencias entre las zonas altas y bajas del área en estudio se hacen muy notables cuando se analiza la probabilidad de ocurrencia de heladas con potencial de daño ($\leq -7^\circ\text{C}$), poniendo en evidencia que, en la porción inferior del Valle, la probabilidad de ocurrencia de una helada de esa magnitud es mayor al 50% (Fig. 38). En otras palabras, esta zona presenta riesgo de recibir este evento climático en uno de cada dos años.

En el olivo, a temperaturas inferiores a -7°C se observan daños que afectan la productividad, mientras que a temperaturas por debajo de -12°C los daños pueden ser lo suficientemente severos como para comprometer la supervivencia de la planta (Barranco et al., 2005).

Según los datos obtenidos por Turchetti (2010), en tejidos foliares de Arbequina, a -8.9 °C se produce la ruptura de la mitad de las células que componen el tejido, por lo que este valor es denominado "temperatura letal 50" (LT50). Sin embargo, hay otros cultivares más sensibles que podrían verse severamente afectados, fundamentalmente en sus etapas juveniles (Gómez del Campo et al., 2004; Barranco y Ruiz, 2005; Fontanazza et al., 1969).

Exposiciones prolongadas a este nivel térmico conllevan la posibilidad de efecto sensible en la potencialidad reproductiva de plantas adultas y daño en plantas jóvenes

durante el reposo invernal. Esto se traduciría en una marcada pérdida de rendimiento y calidad (Fig. 78).

Cuando se considera el nivel de -7°C , correspondiente a heladas de moderada intensidad, puede comprobarse que los mayores riesgos se corren en las porciones más bajas del Valle del Tulum, mientras que las zonas un poco más elevadas, situadas entre los 600 y los 800 msnm, registran probabilidades menores.

Figura 78. Olivar de Arbequina con síntomas de daño por heladas inferiores a -7°C . Departamento 25 de Mayo, San Juan, Argentina.



Fuente: Vita Serman, F. 2012

Nivel de -12°C : Dentro del área de estudio, este nivel térmico se alcanza, por lo general, en las zonas montañosas periféricas del Valle (Fig. 79). Sin embargo, se pueden observar sectores bajos del Valle donde se alcanza una frecuencia de hasta el 20% (uno de cada cinco años) con eventos de esta magnitud. Algunas de estas zonas se corresponden con las áreas actualmente con olivos (Fig. 39).

Figura 79. Olivar de Arbequina con plantas severamente afectadas por heladas inferiores a -12°C , ocurridas en el invierno de 2011. Departamento 25 de Mayo, San Juan, Argentina.



Fuente: Vita Serman, F. 2012

Tal como fue explicado en el apartado anterior, a -7°C se observan daños que afectan la productividad, mientras que a temperaturas por debajo de -12°C los daños pueden ser lo suficientemente severos como para comprometer la supervivencia de la planta (Barranco et al., 2008). Esto confirma los problemas de supervivencia de plantas que ha manifestado la olivicultura sanjuanina con el correr de los años (Fig. 39).

Temperaturas mínimas alcanzadas en una serie de años

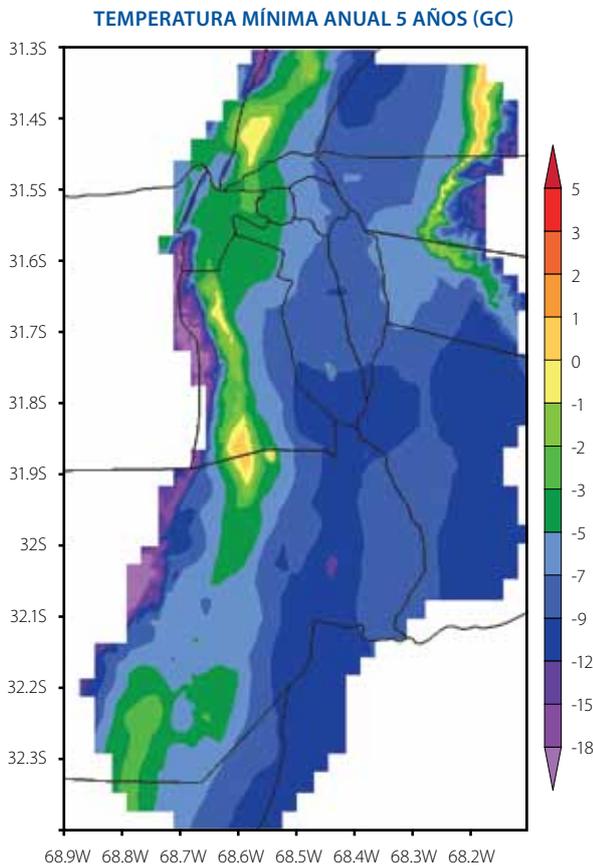
En las Fig. 80, 81 y 82, se describen las temperaturas mínimas absolutas que se alcanzan en una serie de 5, 20 y 50 años. Esto permite tener una idea de la intensidad de la helada que puede alcanzar cada sub-zona dentro del Valle en una serie definida de años.

Se observa que los departamentos de Angaco, San Martín, Caucete, 9 de Julio, Rawson, 25 de Mayo y Sarmiento son los más afectados por temperaturas mínimas extremas.

Las partes bajas de estos departamentos presentan temperaturas iguales o menores a -7°C en una serie de cinco años y una probabilidad de ocurrencia de heladas de esa magnitud del 50% o más.

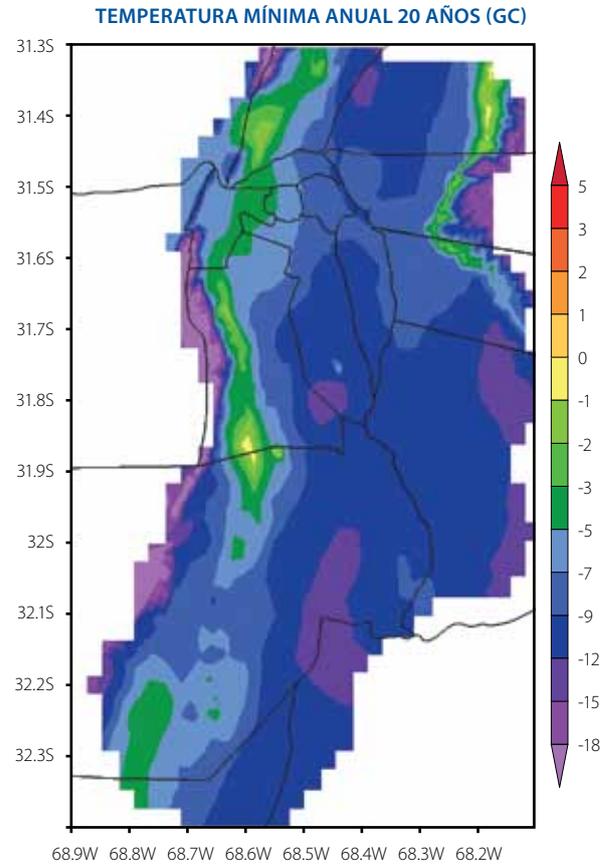
Según la información presentada en la introducción de este libro, hay aproximadamente 6.000 ha implantadas en estos departamentos que estarían sometidas a este tipo de adversidad climática severa.

Figura 80. Temperatura mínima anual de una serie de 5 años en el Valle del Tulum.



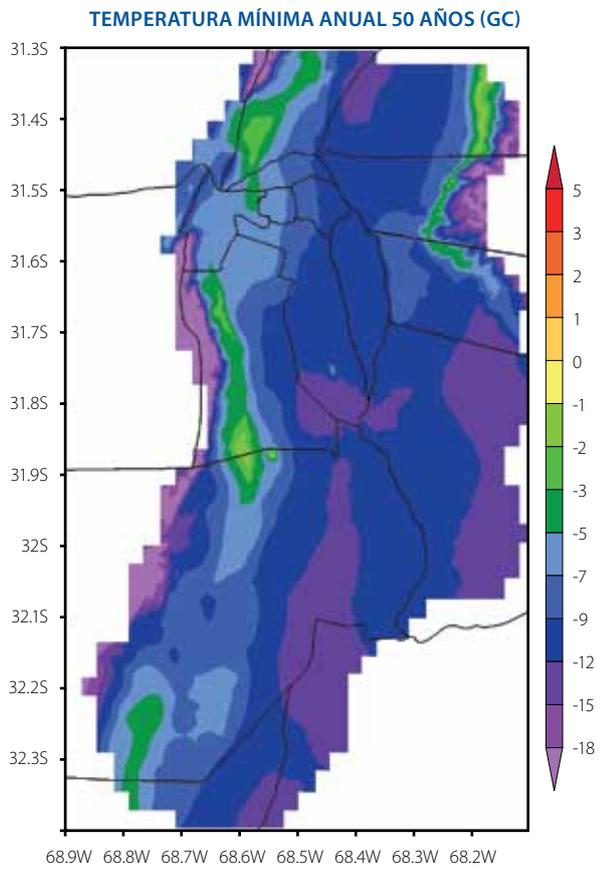
Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Figura 81. Temperatura mínima anual de una serie de 20 años en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Figura 82. Temperatura mínima anual de una serie de 50 años en el Valle del Tulum.



Fuente: Elaborado por E. Sierra, M. Lollini y E. López, a partir de información proveniente del Servicio Meteorológico Nacional, INTA y NOAA/CIRES.

Elaboración de un mapa de suelo a nivel de semidetalle

La ampliación de la información de suelos consistió en georreferenciar los datos obtenidos en campo, sobre un mosaico elaborado con las imágenes ASTER del Valle y también con la imagen generada por el sensor LIS 3 (Path 313, Row 102) satélite P6 de fecha 02/03/2013 (Sceneld P6LIS331310220130203), obtenida del catálogo de imágenes del INPE, Brasil. Con la asistencia de los programas de procesamiento de imágenes ERDAS y ArcGIS 9, se logró desarrollar el nuevo mapa de distribución espacial de los suelos en todo el Valle. Además del levantamiento de datos de las giras de reconocimiento, se utilizó otra información confiable para ajustar la precisión del estudio de suelos. Con la ayuda del *software Global Mapper 13.1*, se creó una capa de información (*shape*) sobre la imagen y su

DEM de altura, con las nuevas áreas de suelo reconocido y clasificado; luego estas áreas se vincularon, donde correspondiese, con los límites del anterior estudio de suelo, haciendo las respectivas modificaciones de ajuste. A continuación se presenta, en la Fig. 83, el nuevo mapa de suelos del Valle del Tulum.

El relevamiento de suelos actualizado alcanzó a cubrir una superficie de 444.620 ha. De ellas, casi un 11% (48.037 ha) corresponden al agrupamiento de rocas, cárcavas, sitios de recreación, canteras, urbes y lagunas, atañendo las restantes 396.583 ha a suelos clasificables taxonómicamente.

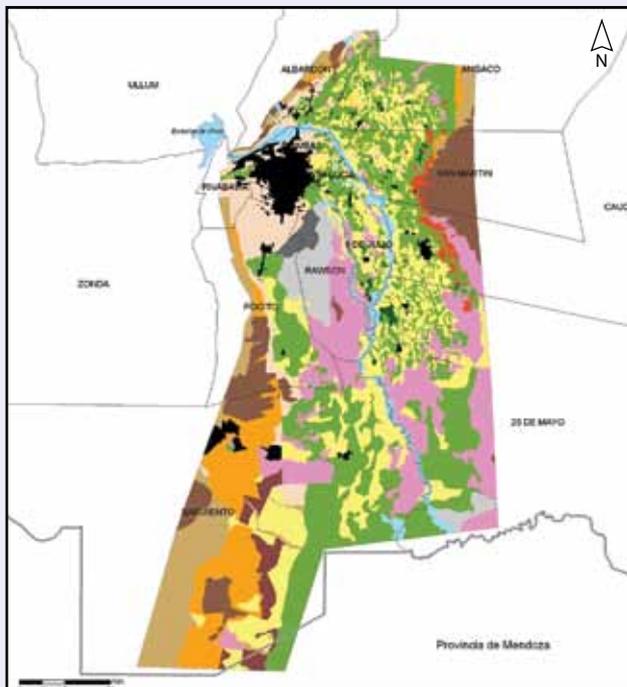
El Cuadro 10 resume los tipos y la importancia de las unidades cartográficas de suelo encontradas.

Cuadro 10. Distribución de los diferentes tipos de suelos, rocas y tierras misceláneas del Valle de Tulum, provincia de San Juan

SERIE/ COMPLEJO	UNID. CARTOGRÁFICA	SÍMBOLO	HA	%
Serie	Mitre	MI	117.156,7	26,3
Serie	Belgrano	Be	80.735,3	18,2
Serie	Canal Puntilla	Cp	62.679,2	14,1
Serie	Chilote 1	Ch	34.898,4	7,8
No suelo	Roca	R	32.642,5	7,3
Serie	Chilote 2	CH 2	3.1471	7,1
Complejo	El Salado	CoEs	22.544,1	5,1
No suelo	Tierras misceláneas	TM	15.394,6	3,5
Complejo	Fluvial	CoF	14.258,9	3,2
Complejo	Ramón Franco	CoRF	13.760,6	3,1
Serie	Ullum	Um	8.338,8	1,9
Serie	Pie de palo	Pp	4.021,8	0,9
Complejo	Médano Oro	CoMo	3.011,4	0,7
Serie	Sarmiento	St	2.259,5	0,5
Serie	Cortinez	Cz	1.448,1	0,3

Figura 83. Mapa de suelos del Valle del Tulum, provincia de San Juan.

**SERIES Y COMPLEJOS DE SUELOS
VALLE DE TULUM. SAN JUAN**



Referencias

SERIES

[Green]	Mitre
[Yellow]	Belgrano
[Pink]	Canal Puntilla
[Orange]	Chilote
[Brown]	Chilote 2
[Dark Brown]	Ullum
[Red]	Pie de Palo
[Dark Green]	Sarmiento
[Yellow]	Cortinez

COMPLEJOS

[Light Blue]	El Salado
[Light Blue]	Fluvial
[Grey]	Ramón Franco
[Dark Grey]	Médano de Oro
[Brown]	Roca
[Black]	Tierras Misceláneas

SIGNOS CARTOGRÁFICOS

[Thick Line]	Límite departamental
[Thin Line]	Límite provincial

Superficie relevada: 444.620 ha.

Fuentes: 1. Estudio de Suelos y Drenaje del Valle de Tulum INTA 1976.
2. Estudio de adaptación agroclimática del cultivo del olivo y análisis de alternativa de otras especies frutales en el Valle del Tulum. San Juan

Provincia de San Juan - República Argentina



EEA San Juan
Laboratorio de Suelos
Laboratorio de SIG y Teledetección
Año 2013

Fuente: Babelis, G. y Alday, S. 2013

Clasificación por aptitud de áreas, según tipo de suelo y clima

A fin de seguir los pasos planteados en los procedimientos de investigación, se procedió a evaluar la aptitud de las tierras del Valle del Tulum para el cultivo de olivo.

El Cuadro 11 presenta las características de suelos y climas tomados en cuenta para el presente análisis y los niveles que éstos pueden alcanzar, considerando los requerimientos específicos que posee el cultivo de olivo bajo un sistema de riego total en San Juan.

Cuadro 11. Parámetros de suelo y clima considerados para evaluar la aptitud olivícola de la zona de estudio

CARACTERÍSTICA DEL SUELO Y DEL CLIMA	NIVEL	INTERPRETACIÓN	UNIDADES CARTOGRÁFICAS
Intensidad de heladas °C (IH)	1	Tº mayores a -7 en serie de 20 años	
	2	Tº mayores a -7 en serie de 5 años	
	3	Tº entre -7 y -9 en serie de 5 años	
	4	Tº menores a -9 en serie de 5 años	
Fecha media y extrema última helada (FUH)	1	Hasta el 01-09 en fecha extrema última helada	
	2	Hasta el 01-09 en fecha media última helada	
	3	Del 01-09 al 16-09 en fecha media última helada	
	4	Posterior al 16-09 en fecha media última helada	
Textura (50 cm) (Tx)	1	Franco, Franco arenoso, s. orgánicos	Belgrano, Cortinez, M. Oro
	2	Areno Franco, Franco Limoso	Co. Salado, Canal Puntilla, Sarmiento
	3	FAL o Arenoso con grabas menores al 40%	Mitre, Ramón Franco y chilote
	4	A limoso o más pesado / Arenoso con grabas mayores al 40%	Mitre zona Sur este del valle, Co. Fluvial y Pedemonte

Requerimientos climáticos del cultivo

El olivo, al igual que otros frutales, experimenta un endurecimiento o rusticación provocado por la acción de los fríos progresivos de otoño, y entra en un período de reposo, haciéndose resistente a temperaturas inferiores a 0°C.

Así, es posible reconocer cuatro momentos fenológicos

a los que la intensidad de la helada afecta en forma diferencial, como muestra el Cuadro 12.

En función de esta respuesta, se analizó el comportamiento de las heladas (fecha media y extrema de última helada, probabilidad de ocurrencia y temperaturas mínimas, durante una serie de años) tal como se ha explicado anteriormente.

De esta manera, se pudo identificar y separar, en la imagen ASTER del área, aquellas zonas más riesgosas –respecto al

comportamiento de las heladas- de aquellas que por su altitud y topografía tenían menor riesgo para el cultivo.

Cuadro 12. Respuesta productiva del olivo ante niveles de severidad de helada en diferentes momentos fenológicos

T° MIN. (°C)	ESTADÍO FENOLÓGICO			
	MADURACIÓN DE LA FRUTA	CRECIMIENTO OTOÑAL	REPOSO	FLORACIÓN-CUAJE
-1	Afecta fuertemente producción	Afecta levemente producción	No afecta	Afecta levemente producción
-7		Afecta fuertemente producción	Heridas en brotes y ramas de poca edad. Afecta levemente producción.	Pérdida de elevado porcentaje de la producción del año
-10	Afecta supervivencia de plantas	Afecta supervivencia	Heridas y muerte de numerosas ramas. Afecta fuertemente producción	Afecta supervivencia de plantas
-12	Afecta supervivencia de plantas		Muerte de ramas grandes o todo el árbol	

Fuente: Vita Serman, F.

Requerimientos edáficos del cultivo

El cultivo se desarrolla en una vasta diversidad de suelos a lo largo del mundo. Laderas, cerros, terrazas y llanuras aluviales pueden ser aptas para su desarrollo. Las principales características físicas del suelo son la textura, profundidad y pendiente del terreno, mientras que la salinidad representa la mayor limitante química.

Clases de aptitud y definiciones

En primer lugar serán definidos los términos o categorías “orden” y “clase”. Es preciso que el lector comprenda bien los conceptos, que a continuación serán desarrollados, a fin de que pueda interpretar correcta y rápidamente el mapa de aptitud.

Orden:

- **Apta (símbolo S):** tierras en las que los beneficios superan los costos y el uso sostenido de la tierra no la incapacita en un período de tiempo suficientemente largo.

- **No apta (símbolo N):** las tierras pueden clasificarse como no aptas para un uso determinado por una diversidad de razones. Puede ocurrir que el uso propuesto sea técnicamente impracticable, tal como el riego de tierras rocosas escarpadas, o que provoque una grave degradación ambiental, como el cultivo en laderas escarpadas. Frecuentemente, sin embargo, la razón es de tipo económico: el valor de los beneficios esperados no justifica los costos de los insumos que serían necesarios.

Clase:

Dentro del **orden (S)** existen tres niveles:

- **S1 = Altamente apta o muy apta.** Sin limitaciones para el uso sostenido o limitaciones de menor cuantía que no afectan la productividad ni aumentan considerablemente los costos.
- **S2 = Moderadamente apta.** Limitaciones moderadamente graves que reducen los beneficios o implican riesgos de degradación en el empleo sostenido del suelo.

- **S3 = Marginalmente apta.** Las limitaciones para el uso sostenido son graves y la balanza entre costos y beneficios hace que su utilización solo se justifique de forma marginal. Su empleo se justifica, normalmente, por razones distintas a las económicas.

Dentro del **orden (N)** se pueden identificar dos niveles:

- **N1 = No apta actualmente** Tierras cuyas limitaciones podrían eliminarse con medios técnicos o insumos, aunque son modificaciones impensables en la actualidad.
- **N2 = No apta permanentemente.** Limitaciones graves, de índole generalmente física, que se suponen insalvables a largo plazo.

Procedimiento de selección y criterio seguido para elaborar el mapa de aptitud

- Terrenos con pendiente topográfica mayor o igual a 6% fueron directamente clasificadas como **N1**.
- Terrenos con excesivo afloramiento rocoso, sitios urbanizados, canteras, espacios de recreación, aeropuertos y zonas industriales, entre otros, fueron directamente clasificadas como **N2**.
- Zonas donde el estudio climático determinó que correspondían al nivel 4 tanto para las características IH o FUH fueron directamente clasificadas como **N1**.
- Zonas inmediatamente contiguas al curso del río San Juan, arroyos importantes o lagunas fueron directamente clasificadas como **N1**.
- El resto de las zonas del Valle que no cumplían con las cuatro premisas anteriores fueron clasificadas según el resultado de la siguiente ecuación escalonada: **$Ap = (IH.4 + FUH.3 + TX.1)/8$ & redondeo**

Donde:

Ap: aptitud olivícola del punto

IH: intensidad de heladas (valores del 1 al 4)

FUH: fecha de última helada (valores del 1 al 4)

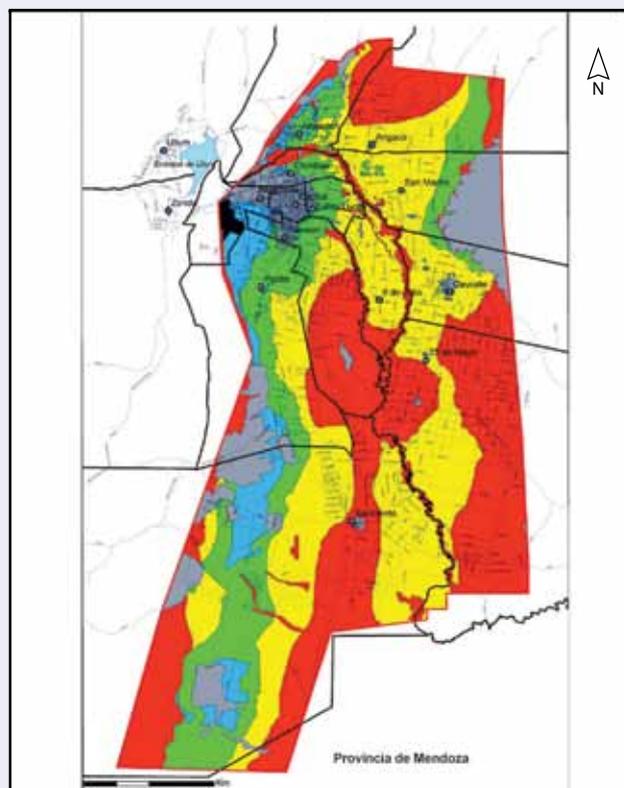
TX: textura del suelo (valores del 1 al 4)

Elaboración del mapa de aptitud

La Fig. 84 presenta el resultado final del trabajo de evaluación de tierras para un uso específico llevado a cabo en el Laboratorio de SIG y Teledetección de la Estación Experimental de INTA San Juan, sobre una superficie total de 434.630 ha.

Figura 84. Mapa de aptitud olivícola del Valle del Tulum, provincia de San Juan.

APTITUD PARA EL CULTIVO DEL OLIVO BAJO RIEGO VALLE DE TULUM. PROVINCIA DE SAN JUAN



Referencias

CLASE DE APTITUD	SUPERFICIE	PORCENTAJE
S1: Muy Apto:	22.652 ha	5,2%
S2: Apto:	66.709 ha	15,3%
S3: Marginal	139.870 ha	32,2%
N1:	160.208 ha	36,9%
N2:	45.191 ha	10,4%

SIGNOS CARTOGRÁFICOS

Límite administrativo

Superficie total procesada en mapa de aptitud: 434.630 ha
Carta de Zonificación del Valle de Tulum Autor: Ing. Agr. Gabriel Manzano

Provincia de San Juan - República Argentina



EEA San Juan

Fuente: Manzano, G., Babelis, G. y Alday, S. 2013

En términos generales, a partir de la interpretación del mapa obtenido, se puede afirmar que casi 230.000 ha, equivalentes al 52,7% de las tierras relevadas, resultan aptas para el desarrollo de proyectos olivícolas.

No obstante esto, si se considera que la Clase de Aptitud S3 indica que las tierras no son capaces de asegurar un resultado económico favorable o aceptable a

mediano plazo, se debe pensar entonces que el Valle del Tulum cuenta con una superficie de 89.631 ha en las que la olivicultura puede desarrollarse sin restricciones climáticas y edáficas severas.

El Cuadro 13 presenta los resultados obtenidos en la clasificación por órdenes y clases de aptitud para el cultivo del olivo en el Valle del Tulum de la provincia de San Juan.

Cuadro 13. Superficie y porcentaje de ocupación de tierras, obtenidos del proceso de Evaluación por Aptitud para el cultivo de olivo en el Valle de Tulum, provincia de San Juan

COLOR	SÍMBOLO	RESULTADO	SUPERFICIE (HA)	% OCUPACIÓN
	S1	Muy apto	22.652	5,20
	S2	Apto	66.709	15,30
	S3	Apto marginal	139.870	32,20
Subtotales			229.231	52,70
	N1	No apto actual	160.208	36,90
	N2	No apto permanente	45.191	10,40
Totales			434.630	100,00

Análisis de alternativas productivas en zonas marginales o no aptas para el cultivo del olivo

En relación con la superficie caracterizada como Marginalmente y No Apta para el cultivo del olivo, se ha desarrollado una breve reseña sobre dos alternativas productivas para dichas zonas.

Cultivo de vid con destino a industria de mosto y/o vinos básicos

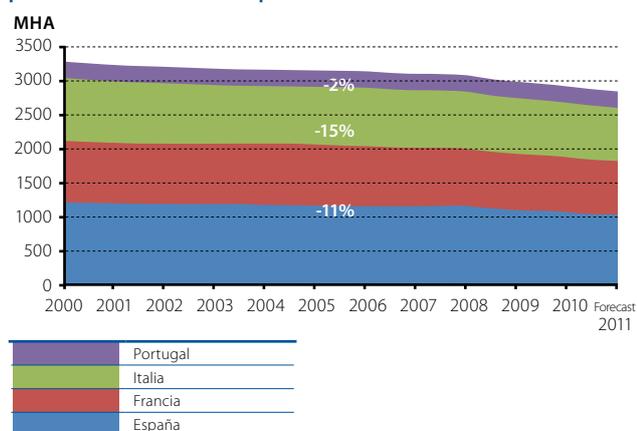
Situación vitivinícola mundial

La producción de vid a nivel mundial se concentra en la región mediterránea, destacándose España, Francia e Italia como los países de mayor superficie implantada.

Sin embargo, esta es la región donde, desde la década de 1980, se produce un decrecimiento sostenido de la superficie con vid, lo que explica la caída de la superficie a nivel global, que en 2011 era de 7.585.000 ha (OIV, 2012).

La Fig. 85 muestra la caída de la superficie con vid en el período 2000 a 2011 en los principales países vitivinícolas de Europa.

Figura 85. Evolución de la superficie con viñedo de los principales productores de vid de Europa.

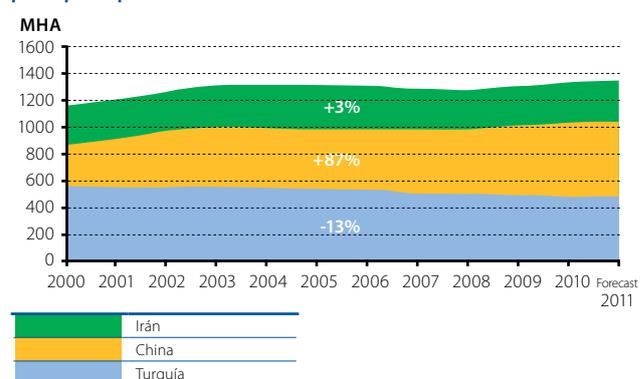


Fuente: OIV, 2012

Otro grupo de países considerados del “nuevo mundo vitivinícola”, entre los que se encuentra la Argentina, han incrementado la superficie con vid en ese mismo período, al igual que países de Asia, tales como Irán y Turquía, con una importante historia vitícola, y China, el “nuevo gran productor”.

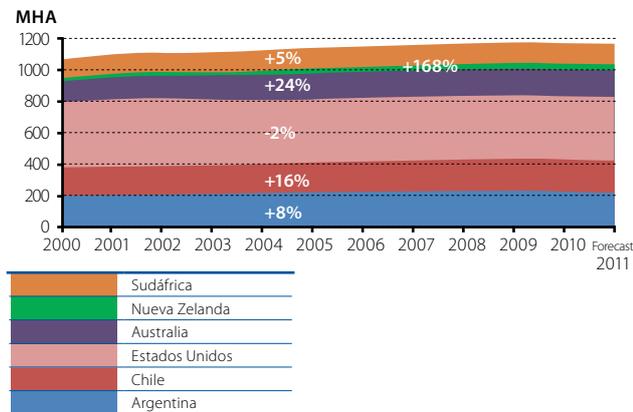
En este grupo se destaca China (560.000 ha), seguida por Turquía (500.000 ha), Irán (300.000 ha), Estados Unidos (405.000 ha), Argentina (218.000 ha), Chile (202.000 ha), Australia (174.000 ha) y Sudáfrica (131.000 ha), como puede apreciarse en las Fig. 86 y 87.

Figura 86. Evolución de la superficie con viñedos de los tres principales productores de vid de Asia



Fuente: OIV, 2012

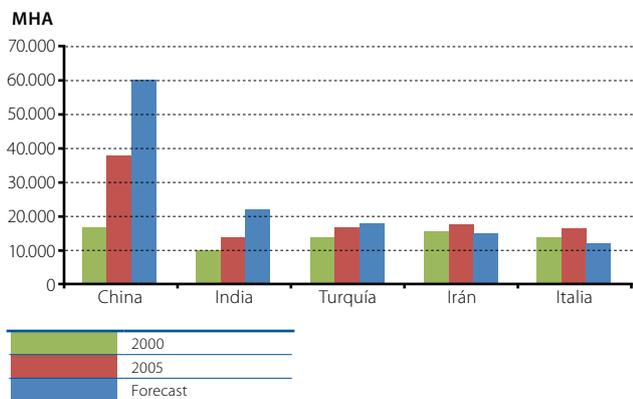
Figura 87. Evolución de la superficie con viñedos de los principales países productores de vid del hemisferio Sur y Estados Unidos de América



Fuente: OIV, 2012

En 2011 la producción mundial de uva superó los 690.000.000 Qm (OIV, 2012). De ese total, 223.000.000 Qm se destinaron a uva para consumo en fresco, cuyos principales productores a nivel mundial son China, India, Turquía, Irán e Italia (Fig. 88); y 12.420.000 Qm, a pasa, con Turquía, Estados Unidos, Irán, Chile y Sudáfrica como principales productores mundiales.

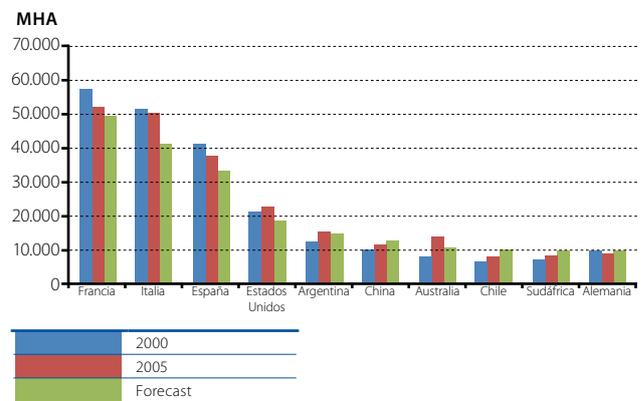
Figura 88. Evolución de la producción de uva destinada a consumo en fresco en los cinco principales productores a nivel mundial, período 2000 – 2011



Fuente: OIV, 2012

En 2011 la producción de vino en el mundo alcanzó los 265 millones de hectolitros. Italia, Francia, España y Estados Unidos son los principales productores, con una elaboración que supera el 50% del volumen mundial. Argentina se ubica en el quinto lugar con una participación cercana al 6% (Fig. 89). Cabe destacar la ausencia de importantes países productores de uva como Turquía e Irán donde, por razones culturales-religiosas, el vino no es parte de la dieta diaria.

Figura 89. Evolución de la producción de uva destinada a vino en los principales productores a nivel mundial, período 2000 – 2011



Fuente: OIV, 2012

Situación nacional

La superficie cultivada con vid en Argentina es de 217.750 ha. La provincia de Mendoza posee el 70 % de la misma, y le siguen, en orden de importancia, San Juan con el 21%, La Rioja con el 3,2% y luego, con escasa participación, las provincias de Salta, Catamarca, Río Negro y Neuquén (INV, 2011).

El área media de los viñedos es relativamente pequeña, concentrándose la mayor superficie cultivada en el estrato de 25 a 50 ha (18%), mientras que los viñedos de menos de 2,5 ha representan el 5,3 % de la superficie y los de más de 100 ha el 12,8 %.

Los sistemas de conducción más empleados son el parral, con 122.348 ha (56%), y la espaldera y la viña, con 93.700 ha (43%), quedando el 1% restante repartido entre otros sistemas de conducción. El 43% de los viñedos del país tiene más de 25 años, el 52 % entre 4 y 25 años y un 5% tiene menos de 4 años (INV, 2011).

Del total de la superficie con vid del país, el 92 % se destina a la elaboración de variedades para vinos y mostos, el 5,6 % para consumo en fresco y el 1,7 % para pasas.

De las uvas para elaboración de vinos, un 47,2% corresponde a cepajes tintos, un 19,7% a variedades blancas y un 25,3% a rosadas.

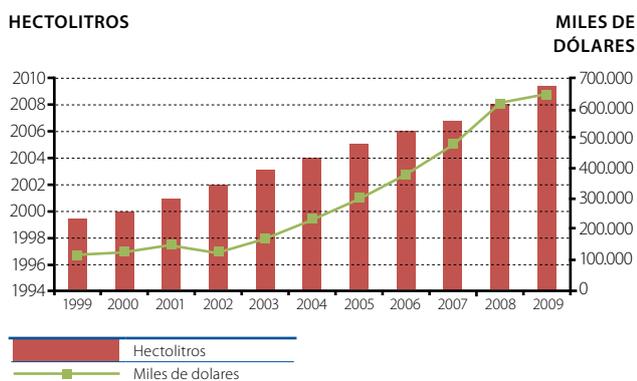
Hasta 1994 los volúmenes de vino exportado y los valores obtenidos por estos eran bajos y muy estables. En 1995 se

produjo una exportación histórica en cuanto a volumen, con 1.970.360 hl, conformado principalmente por vino de mesa (93,4% del total exportado), para luego decaer.

Sin embargo, el valor FOB obtenido siguió ascendiendo, debido a un cambio en el tipo de vino exportado. Ya en 1998 se exportaron volúmenes equivalentes de vino fino y vino de mesa; y en 2000 el 59% del volumen exportado correspondió a vinos finos, el 39% a vinos de mesa y el 2,3% a vinos espumosos. Estos últimos, si bien no son significativos en cuanto a volumen, han aumentado su participación en las exportaciones en los últimos años.

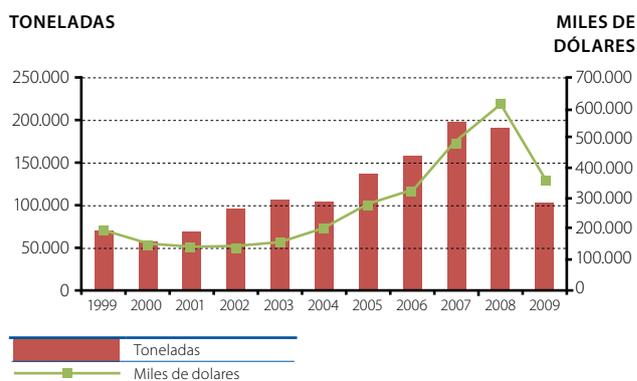
Desde entonces hay un aumento creciente de los volúmenes e ingresos al país por exportación de vino (Fig. 90). Las exportaciones de mosto tienen un comportamiento con tendencia similar, a excepción del año 2009, cuando la crisis internacional impactó fuertemente en este producto (Fig. 91).

Figura 90. Evolución de las exportaciones argentinas de vino en volumen e ingreso FOB, período 1999 – 2009.



Fuente: OIV, 2012

Figura 91. Evolución de las exportaciones argentinas de mosto en volumen e ingreso FOB, período 1999 – 2009.



Fuente: OIV, 2012

Situación productiva de la provincia de San Juan

San Juan posee en la actualidad 46.647,6 ha implantadas con vid, con un pequeño incremento de superficie respecto a la década de 1990. Sin embargo, disminuyó el número de viñedos, pasando de 9.037 en 1990 a 5.229 en la actualidad (INV, 2011).

En este contexto, es importante destacar la subdivisión de la superficie de los viñedos, ya que el 60% de estos abarca menos de 5 ha y el 77% ocupa superficies iguales o menores a 10 ha, sumando un total de 14.200 ha. Los departamentos Angaco, Albardón y San Martín son los que presentan la mayor subdivisión.

En los departamentos 25 de Mayo, Caucete y Sarmiento se concentra el 50% de la superficie con vid de San Juan. En estos departamentos también se conserva una gran proporción, superior al 35%, de viñedos con una edad mayor a 25 años.

El sistema de conducción que predomina en la viticultura sanjuanina es el parral, con el 90% del total implantado.

Por otro lado, la provincia de San Juan presenta la mayor diversificación en producción vitícola del país, destinando más del 90% de su superficie a variedades para mesa y pasas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Superficie y proporción de las variedades de vid implantadas en San Juan agrupadas por destino y color

DESTINO	COLOR	SUPERFICIE (HA)	%
Vinificar / Mosto	Blancas	10.166	
	Tintas	11.849	
	Rosadas	11.959	
	Total Vinificar / Mosto	33.969	72
Uva de mesa	Blancas	3.655	
	Rosadas	5.551	
	Negras	790	
	Total uva de mesa	9.996	22
Pasa	Blancas	2660	
	Rosadas	22,6	
	Total pasa	2.682,6	6
Superficie total		46.647,6	100

Fuente: elaboración propia según datos INV 2011.

En 2012, de los casi 6.000.000 qm de uva que se cosecharon, 5.335.000 qm se destinaron a la elaboración de vinos y mostos, 276.500 qm a consumo en fresco y 387.800 qm a pasa (INV, 2011). Es importante destacar que en la provincia de San Juan, en los últimos 5 años, más del 40% de la producción se destinó a mosto.

Factores ambientales determinantes de la producción y la calidad vitivinícola

Los principales factores que pueden afectar la expresión de una variedad se refieren al clima, al suelo y al manejo (Eynard y Gay, 1993; Zufferey y Murisier, 2004, 2005), por ser determinantes de las características de la uva proveniente de un lugar.

La concentración de los diferentes compuestos de la uva, que conforman su calidad final, está condicionada por la interacción entre medio ambiente, genotipo y técnicas de manejo, que en conjunto determinan la fisiología de la planta (Smart y Robinson, 1991; Eynard y Gay, 1993), y por las condiciones microclimáticas en que se desarrollan los racimos (Kliewer, 1977; Reynolds y Wardle, 1989; Smart y Robinson, 1991; Jackson y Lombar, 1993; Hunter, et al., 2004).

Según Ubalde y colaboradores (2007), el clima es el factor más influyente, tanto en sus particularidades macro como mesoclimáticas, pues ellas determinan las características químicas de mostos y vinos. Según este autor, el suelo tiene una influencia más limitada, que solo explica hasta un 28% de la variabilidad, con excepción de los casos en que se han presentado carencias y excesos muy marcados.

Debido a esto, la geología y la pedología tendrían una influencia muy limitada sobre la calidad de los vinos; más bien, serían las propiedades físicas del suelo las que tienen un fuerte predominio, por su capacidad de influenciar sobre la humedad y el drenaje de éste (Gil y Pszczolkowski, 2007).

Por lo tanto, lo más determinante de un lugar es la interacción entre el clima para llegar a la madurez, el suelo y el agua (Morlat y Bodin, 2006).

El Valle del Tulum se caracteriza por un clima árido, con una temperatura media anual de 17,6°C y una temperatura media del mes más cálido (enero) de 21,6°C y del mes más frío (julio) de 8,5°C. Las precipitaciones son de

régimen monzónico y varían entre 90 y 150 mm anuales (INTA, 2004).

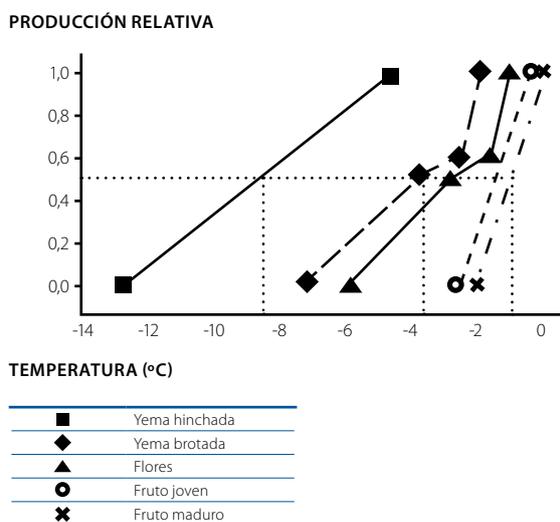
La evapotranspiración de octubre a marzo, estimada como la mitad de la evaporación del tanque clase "A" (Dry y Smart, 1988), es de 900 mm, lo que genera un déficit hídrico anual de 680 mm para el cultivo de la vid. Esto hace que la viticultura sea practicable solo bajo riego.

Resuelta la disponibilidad de agua, el principal limitante climático para el crecimiento y el desarrollo de la vid es el régimen de temperaturas. La vid en climas templados se comporta como un frutal caducifolio, siendo esta la principal estrategia del vegetal para soportar las bajas temperaturas invernales. Existe una amplia variación en la resistencia al frío de la vid, al tiempo que las variedades más resistentes en invierno suelen ser más sensibles en primavera (Gil y Pszczolkowski, 2007).

Los diferentes órganos de la vid también se comportan con distinta tolerancia al frío: los brazos y troncos son los elementos con mayor resistencia y pueden tolerar hasta -30°C , seguidos de la yema franca y la raíz, con una tolerancia de hasta -14°C , mientras que los tejidos verdes son sensibles a temperaturas inferiores a -1°C (Hidalgo, 1999).

Muy bajas temperaturas durante la brotación pueden dañar la yema primaria, con pérdidas de producción, pero no de crecimiento, generando mayor impacto en aquellas variedades con baja fertilidad en yemas secundarias. El brote emergente y, luego, las hojas todavía inmaduras son muy sensibles a heladas (Gil y Pszczolkowski, 2007). La Fig. 92 muestra la sensibilidad de diferentes órganos a las bajas temperaturas y su efecto relativo en la productividad.

Figura 92. Sensibilidad relativa (disminución de la producción) de la vid a heladas en diferentes estados fenológicos.



Fuente: Extraído de Gil y Pszczolkowski, 2007

Antecedentes de zonificaciones en el Valle del Tulum

El Valle del Tulum incluye las zonas IV, V y VI de Winkler (1965), por lo que, desde un punto de vista climático, tiene un "potencial limitado" para la producción de uvas destinadas a la elaboración de vinos tintos de alta gama (Vila et al., 1999).

Altas temperaturas nocturnas durante el período de maduración (Jackson y Lombard, 1993; Vila et al., 1999) por un lado, y temperaturas diurnas extremas que provocan el escaldado de bayas, por otro, reducen la calidad, afectando parámetros como intensidad de color y aromas de uvas y vinos (Smart, 2001; Greer et al., 2003), sobre todo en variedades con alta sensibilidad como el cv. Merlot (Gil y Pszczolkowski, 2007).

Vila y colaboradores (1999) realizaron una caracterización mesoclimática de la provincia de San Juan, y la dividieron en 6 zonas de acuerdo a la aptitud climática para el cultivo de la vid. Al Valle del Tulum le correspondieron las zonas mesoclimáticas IV, V y VI, que lo describen como una región cálida a muy cálida, con amplitudes térmicas de moderadas a bajas.

Este trabajo indica que el Valle tiene un alto potencial para la producción de uvas blancas aromáticas, uvas para

consumo en fresco, pasa y jugos, y presentaría ciertas dificultades para lograr vinos tintos de calidad.

Otro trabajo realizado por Catania y colaboradores (2007) también caracteriza al Valle del Tulum como una zona cálida. Para esto, los autores utilizaron el sistema de determinación de aptitud vitícola CCM Geovitícola, que arrojó un Índice Heliotérmico superior a 3.000 y, por lo tanto, "muy caluroso", un Índice de Frío Nocturno de "noches templadas" y un Índice de Sequía "fuerte".

Estos trabajos intentan delimitar las zonas de acuerdo a su potencial cualitativo, sin embargo no determinan zonas dentro del Valle del Tulum que puedan ser limitantes en cuanto a la productividad. A priori, desde el punto de vista climático, el único factor limitante para la producción de vid dentro del Valle sería para variedades de brotación temprana en zonas con mayor peligro de heladas tardías.

Cultivo del pistacho

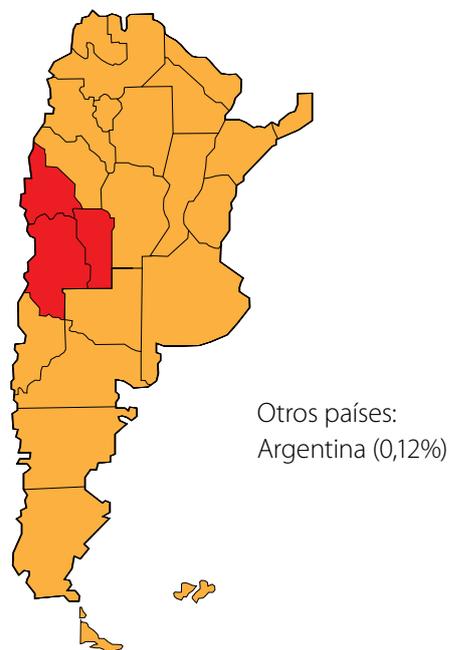
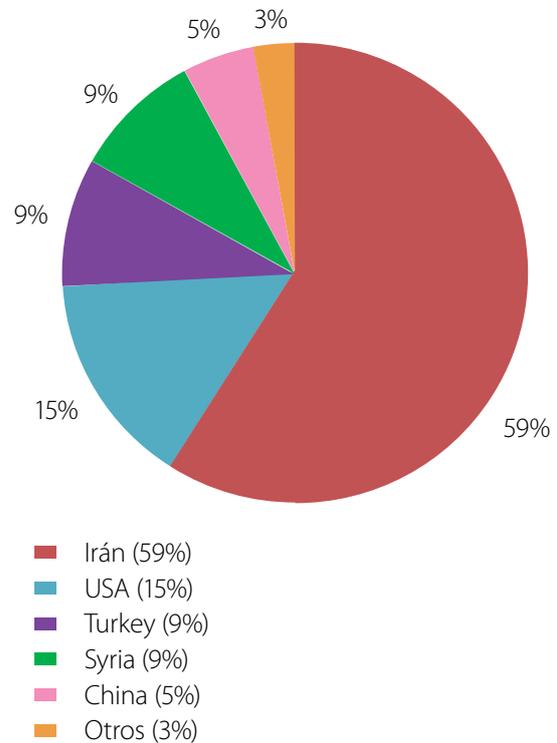
Introducción

El pistacho, una especie originaria de Irán y Afganistán, aparece en Europa a comienzos de la "Era Cristiana" y en el continente americano a mediados del siglo XIX (Garnier, 2004), principalmente en Estados Unidos, donde su producción a nivel comercial se inició a partir de los años 70 del siglo XX (recién en esa época aparece la variedad Kerman y comienza a regarse la zona productora del Valle de San Joaquín, California). En nuestro país la actividad se concentra fundamentalmente en la provincia de San Juan.

Principales países productores

Los principales países productores de pistacho en el mundo son Irán, Estados Unidos, Turquía, Siria y China (90% de la producción mundial), según datos FAO 2011, representando Argentina el 0,12%, según muestra la Fig. 93. Por su lado, el Cuadro 15 detalla la producción y el valor de éste en los países productores.

Figura 93. Distribución de la producción mundial de pistacho.



Fuente: FAO, 2011

Cuadro 15. Producción (T) y valor de producto (1000u\$s) mundial

PRODUCCIÓN PISTACHOS A NIVEL MUNDIAL 2010					
POSICIÓN	REGIÓN	PRODUCCIÓN (\$1000 INT)	SÍMBOLO	PRODUCCIÓN (T)	SÍMBOLO
1	Irán (República Islámica del)	1.466.849	*	446.647	
2	Estados Unidos de América	699.520	*	213.000	Im
3	Turquía	420.369	*	128.000	
4	República Árabe Siria	188.837	*	57.500	
5	China	159.937	*	48.700	Im
6	Grecia	29.557	*	9.000	Im
7	Afganistán	9.852	*	3.000	Im
8	Túnez	8.538	*	2.600	Im
9	Italia	5.254	*	1.600	Im
10	Kirguistán	2.627	*	800	F
11	Pakistán	2.177	*	663	
12	Côte d'Ivoire	821	*	250	Im
13	Madagascar	689	*	210	Im
14	Uzbekistán	656	*	200	F
15	Marruecos	262	*	80	Im
16	México	233	*	71	
17	Chipre	164	*	50	
18	Mauricio	19	*	6	F
19	Azerbaiyán	6	*	2	
				912.379	

*: Cifras no oficiales

[]: Datos oficiales

F: Estimación FAO

Im: Datos de FAO basados en una metodología de imputación

Fuente: FAO, 2010

En Argentina, donde se presenta como un cultivo relativamente nuevo, se estima una superficie cultivada cercana a las 1.000 ha.

Las provincias más importantes en superficie cultivada son San Juan y La Rioja. Por otro lado, existe registro de 60 ha en Catamarca, las cuales se encuentran abandonadas.

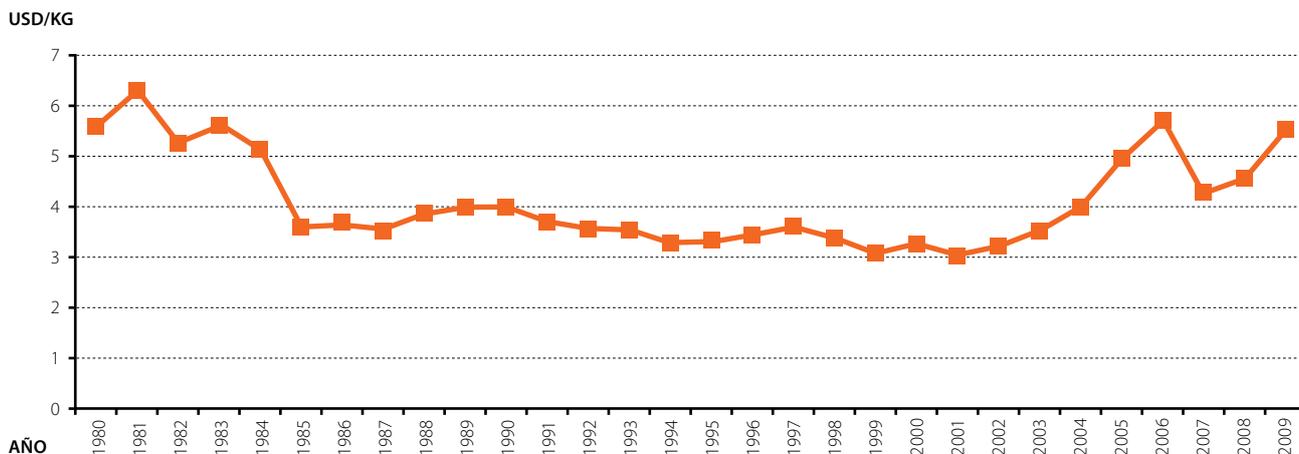
Según Relevamiento del Departamento de Hidráulica de San Juan (2006 – 2007), la provincia de San Juan tiene 395 ha cultivadas.

En la actualidad, se estima que la superficie cultivada ronda un valor cercano a las 600 ha, con una tendencia en crecimiento.

El origen del cultivo en San Juan se encuentra, en su mayor parte, asociado a proyectos productivos beneficiarios de la Ley de Diferimientos Impositivos Agrícolas. El departamento de 25 de Mayo cuenta con el 90% de la superficie cultivada, seguido por San Martín y Pocito. El 80% de la producción se concentra en cuatro grandes emprendimientos productivos.

La tendencia de la evolución del precio internacional del pistacho (Fig. 94) hace pensar que es una alternativa importante para la Argentina y, en especial, para San Juan, por sus antecedentes productivos y su amplia superficie con pocas posibilidades de diversificación.

Figura 94. Evolución del precio internacional del pistacho.



Elaboración en base a datos del sistema FAO STAT
Fuente: Andrieu, Lémole, Novello (2013)

Los productores de pistachos en San Juan tienen como destino de exportación los mercados de Italia, Brasil, Francia, España y Japón. Otro destino a tener en cuenta es el mercado interno, principalmente Buenos Aires, Córdoba y el Litoral.

Con respecto a la variedad, todo el mercado local se concentra en un solo cultivar, "Kerman", caracterizado por ser de muy buena calidad, excelente rendimiento, con fácil apertura del fruto y con desprendimiento de la cáscara sin inconvenientes. Como cultivar polinizador se utiliza "Peters".

Consideraciones edafoclimáticas de la especie

• Clima

El cultivo es resistente a la sequía y está adaptado a climas templados y secos, pero no tolera un exceso de humedad, la cual favorece la aparición de enfermedades criptogámicas (Spina, 1983; Crane y Maranto: 1982).

Puede vegetar con pluviometrías anuales comprendidas entre 50 y 163 mm, como es el caso de Israel, donde se practica en seco.

Pueden considerarse los 45° de latitud Norte como límite septentrional de su cultivo en Europa y en Asia. Requiere, por lo tanto, de veranos largos para que se

alcance una maduración normal, y una adecuada diferenciación floral, e inviernos con suficiente cantidad de horas frío para romper el receso vegetativo y lograr una brotación pareja.

El pistacho es una especie que soporta temperaturas bajas no prolongadas. Si bien durante el reposo vegetativo el pistacho resiste hasta temperaturas de -30°C , durante la floración, su estado más sensible a las bajas temperaturas resiste hasta -3°C durante media hora.

En Chico, California, se observó que temperaturas de $-2,2$ a $-0,5^{\circ}\text{C}$ durante la floración dañaron de leve a moderadamente las flores. En tal sentido, es importante estudiar la fenología de los principales cultivares potenciales a desarrollar en el Valle del Tulum, para luego relacionarla con los datos climáticos obtenidos en el estudio.

En cuanto a las altas temperaturas, puede llegar a soportar hasta 45°C , como en Irán, pero esta resistencia disminuye en condiciones de sequedad atmosférica prolongada. Como consecuencia, se producen quemaduras en hojas y tallos jóvenes, que pueden llegar incluso a paralizar el desarrollo de los frutos (Vargas García et al., 1999).

La fecha de floración en frutales, incluido el pistachero, es influenciada por la cantidad de horas frío recibidas y la acumulación de calor. Inadecuados requerimientos de frío causan problemas en el pistacho, tales como dis-

minución del porcentaje de brotación, floración tardía, muerte prematura de estigmas, desarrollo vegetativo y reproductivo tardío, retraso de la madurez, disminución de la cantidad de hojas y polen, y disminución del rendimiento (Metheney, 1996).

En el cv. Peters (polinizador universal), la falta de horas frío provoca una producción de polen escasa y la liberación tardía del mismo, lo que genera problemas en el cuaje de las yemas basales del cv productor (Kerman).

Esta necesidad de horas frío, para lograr una brotación pareja, es muy cambiante de acuerdo a la variedad, desde 400 horas frío en variedades de floración temprana hasta 1.000 en las de floración tardía. Por ello, esta característica hay que tenerla presente cuando las plantaciones se ubican en áreas de inviernos suaves. En nuestro país, la variedad comercial más utilizada es Kerman (Fig. 95), por su calidad y por su floración tardía, tiene un requerimiento de 900 horas frío (Ferguson et al., 2005).

Un 79,5% del área evaluada es Marginalmente Apta y No Apta para el desarrollo del cultivo del olivo.

Esto representa una superficie de aproximadamente 300.078 ha con posibilidades agrícolas y 45.191 ha no aptas para la agricultura.

Como alternativas para estas zonas, se presentaron dos potenciales opciones productivas (vid-mosto-vinos básicos y pistacho). Cabe destacar que, si bien estos cultivos se presentan como alternativas para dichas zonas, esto no implica que sean aptos para la totalidad del territorio.

En el futuro se deberá corroborar su aptitud a través de estudios de similares características dentro de cada zona específica.

Figura 95. Cultivo de pistacho ubicado en el departamento de Sarmiento, dentro de las zonas bajas del Valle.



Fuente: Babelis, G. 2013

Con respecto a la acumulación de calor (medida generalmente en grados días), deben acumularse 1.000 horas para lograr la brotación. Cuando la acumulación de calor en verano es insuficiente, la nuez no puede llenar la semilla, la división (dehiscencia) de la cáscara es inapropiada y la cáscara dura no puede descascararse fácilmente (Couvillon y Erez, 1985).

Los requerimientos de frío y calor dependen de diversos factores, como por ejemplo genética, latitud, portainjertos, luz y estado nutricional (Rahemi y Pakkish, 2009). Trabajos realizados en Irán y España, entre otros, han demostrado que la duración del frío es el factor más importante para la producción de los distintos cultivares de pistacho.

Vientos fuertes y secos, nieblas frías o lluvias durante la floración interfieren con la polinización, provocando desecamiento de los estigmas, retardo en la liberación del polen o lavado de los estigmas respectivamente, y reduciendo, de esta manera, el cuaje de los frutos. Este es un factor a tener en cuenta para el Valle del Tulum, con frecuentes vientos secos y de gran intensidad en los meses de primavera.

Si bien se considera a esta especie bastante rústica con respecto a las exigencias climáticas, mejores producciones se obtendrán si las condiciones del cultivo son las adecuadas, lo que justifica realizar un estudio detallado sobre la aptitud climática del cultivo en este Valle.

- **Suelo**

Como requerimiento fundamental, el pistacho se comporta mejor sobre suelos sueltos, prefiriendo aquellos de textura franco-arenosa, profundos, bien drenados y con pH entre 6 y 8. Soporta suelos calcáreos, pobres, altamente alcalinos o ligeramente ácidos, y salinos, teniendo como requisito determinante la permeabilidad de los mismos (Gijon et al., 2011).

Es bastante resistente a la sequía, pero no tolera períodos muy prolongados de alta humedad en el suelo; por ello la necesidad de suelos que no tiendan a la compactación y posean buena infiltración.

De acuerdo a diferente literatura, las especies de Pistacea presentan distintos niveles de tolerancia a la salinidad, desde moderadamente sensible a altamente tolerante. Esta variación radica en cuestiones genéticas (diferencias intra e interespecíficas), y condiciones del ambiente, sobre todo calidad del suelo y temperatura (Ferguson et al., 2005).

Al multiplicarse por técnicas de injertación, mediante el portainjerto se pueden obtener características buscadas en cuanto a la resistencia a plagas y a condiciones adversas de clima, pero fundamentalmente de suelo. A modo de ejemplo, pueden citarse algunos portainjertos como:

- *P. vera*: de uso más frecuente en el mundo. Sensible a nemátodos.
- *Patlantica*: ampliamente difundido en California, de vigor alto, sensibilidad media al frío, tolerante a salinidad y a nemátodos (Spina, 1983; Vargas García et al., 1999).
- *UCB1 (híbrido)*: es el más vigoroso, pero muy sensible al frío y a la falta de agua (Guerrero et al., 2005).
- *P.integerrima*: afectado por heladas tempranas, su brotación se adelanta con respecto al resto. Junto a algunos de sus híbridos, se está utilizando en California por su resistencia a Verticillium. (Vargas García et al., 1999).
- *P.terebinthus*: se adapta a suelos pobres, calizos y secos, de vigor moderado y muy buena resistencia al frío (Guerrero et al., 2005; Spina, 1983).

El pistacho no requiere grandes aportes de nitrógeno debido, fundamentalmente, a su lento crecimiento. Respecto al fósforo, al igual que en la mayoría de los cultivos, conviene realizar una aplicación de fondo en el momento de plantar.

En algunos sectores de la provincia, como en el departamento de 25 de Mayo, se ha observado deficiencia de boro, lo que, consecuentemente, deforma y ahueca las hojas. Esto se soluciona con la aplicación de boro al suelo, que debe ser controlada porque los límites entre deficiencia y exceso son muy pequeños y es frecuente encontrar sectores con plantas que presentan necrosis en la parte marginal de las hojas: un síntoma de exceso de boro. Se aconseja realizar un análisis de suelo y foliares para determinar las cantidades presentes y necesarias a aplicar.

En cuanto al riego, como en todos los frutales, aumenta los rendimientos; pero en el pistacho colabora, particularmente, a una mayor calidad de la nuez y amortigua el patrón de alternancia en la producción (Goldhamer, 1995). Los mejores resultados locales se han obtenido con riego localizado por goteo con dos líneas por planta.

Debido a que ciertos sectores de la provincia presentan, dentro de la misma finca, suelos heterogéneos, se comete frecuentemente el error de diseñar el riego en función de unos de ellos. Así, es común observar sectores bien regados y otros con problemas de falta de agua o con síntomas de asfixia.

Una de las conocidas ventajas del riego localizado es justamente poder programar de manera diferencial y evitar la acumulación de agua en el cuello de las plantas. El pistacho es una especie muy sensible al ataque de hongos que actúan en el cuello.

Fortalezas del cultivo

Como característica distintiva con respecto a otras especies, el pistachero tiene floración tardía, lo que lo convierte en una alternativa a otros cultivos sobre todo en zonas con heladas tardías.

Soporta temperaturas muy bajas durante el receso vegetativo, lo que le permitiría sobrevivir a los severos inviernos.

nos de la provincia. El cultivar más cultivado en la región, el kerman, se caracteriza por la calidad de su fruto y florece del 7 al 22 de octubre, fecha en la que la probabilidad de heladas tardías en dicho sitio es mínima.

Con respecto al requerimiento de horas frío (900 horas frío), en San Juan no existe inconveniente con este requisito.

Tolera condiciones de suelo desfavorables, como sequía y caliza. Para la elección de suelos, se deben considerar aquellos de textura suelta y no tendientes a la compactación, además de evitar los de textura arcillosa o arcillo-limosa y Serie Mitre. Es tolerante a la salinidad (hasta 9 dS/m).

Existe hoy una amplia variedad de portainjertos que pueden utilizarse de acuerdo al escenario edafoclimático presente.

Si se cuenta con sistemas de riego, éstos permiten realizar técnicas de déficit hídrico en etapas fenológicas del cultivo, para que sean menos sensibles o que no exista reducción en los beneficios económicos y, si existe, que sea baja.

Diversos trabajos muestran que reducciones del agua aplicada a través del riego durante los períodos de comienzo de desarrollo de la nuez (período I) y endurecimiento de la cáscara (período II) no reducen la cantidad total de frutos, aumentan el porcentaje de dehiscencia de la cáscara e, incluso, favorecen la dehiscencia temprana (Gijon et al., 2011).

Adversidades del cultivo

Al tratarse de un cultivo relativamente nuevo en la región, todavía no se cuenta con datos locales que demuestren su adaptabilidad a la zona y a las tecnologías de manejo.

Sumado a esto, es importante destacar que el cultivo ha estado ausente en los programas de mejora genética, debido a que se trata de una especie dioica (se desconoce su "potencial" parental masculino); requiere una polinización complicada, pues exige la presencia de plantas masculinas alternadas con femeninas; tiene una lenta entrada en producción (alargamiento del ciclo de selección); se

caracteriza por ser una especie vecera; y es desconocido en términos de su material vegetal existente.

En comparación con otros cultivos perennes de importancia regional, como el olivo y la vid, el pistacho tiene una lenta entrada en producción, ya que ésta sucede entre el quinto y el octavo año, en promedio, hasta alcanzar producciones que varían entre los 2,5 y los 6 kg de fruto pelado (sin cáscara) en el decimoquinto año.

Figura 96. Detalle de rama fructificada de la cultivar Kerman.



Fuente: Babelis, G. 2013

Conclusiones

La olivicultura sanjuanina experimentó un importante crecimiento no solo en la superficie cultivada sino también en los ingresos provinciales y en su valorización como actividad productiva local.

Sin embargo, los problemas productivos que se han manifestado, una vez alcanzada la madurez de los olivares, han puesto en evidencia el problema estructural que supone la incorrecta localización de un número importante de las explotaciones implantadas desde la década de 1990.

En un estudio prospectivo sobre la cadena olivícola realizado por el Centro Regional Mendoza - San Juan del INTA y publicado en el documento "Zonas olivícolas de la Argentina: contexto y prospectiva de la cadena olivos¹", se presenta el problema estructural que implica la pérdida o abandono de explotaciones olivícolas, debido a inconvenientes productivos, relacionados con la localización geográfica de los emprendimientos (Vita Serman, F.; Matias, C., 2013).

Si bien en Argentina existió un importante crecimiento de la superficie cultivada en los últimos 20 años, asociado a la promoción de la actividad desde el Estado, esta expansión, en general, no estuvo acompañada por un correcto conocimiento de las aptitudes agroecológicas de las zonas en desarrollo, ni por una lógica de selección de tierras de acuerdo a sus condiciones para el cultivo.

Los departamentos 25 de Mayo y Sarmiento (zona de topografía deprimida), en San Juan, y otras zonas con características similares en Mendoza, La Rioja y Catamarca, han manifestado severos problemas productivos asociados a factores agroclimáticos adversos como son el daño por heladas, el viento zonda en época de floración y los suelos poco aptos para este cultivo.

En estas zonas, por lo general, los niveles productivos alcanzados son muy bajos (aun menores que en zonas de secano en Europa), lo que se asocia a notables caídas de producción, luego de algún evento climático extremo.

Si a esto se le suma el carácter bianual del olivo como especie, el resultado repercute fuertemente en contra del estado financiero de las empresas que tienen que afrontar años de muy baja producción.

Las nuevas inversiones en olivos con destino a aceites y aceitunas para conserva se han desplazado hacia áreas con supuesta mejor aptitud para el desarrollo de este cultivo.

Sin embargo, el avance del olivo se produjo hacia zonas pedemontanas con pendientes; y que, en general, no cuentan con recursos hídricos disponibles a través de la red de riego.

El presente estudio tuvo como fundamento aportar información objetiva con relación a la aptitud agroclimática de las tierras para el desarrollo de esta actividad económica tan importante para la provincia.

La evaluación de tierras constituye una herramienta de planificación altamente demandada por entes de planificación, ministerios gubernamentales, oficinas de desarrollo urbano y rural, bancos y otras oficinas crediticias.

Esto se debe al hecho de que permite recomendar un uso de la tierra sostenible y objetivo para alcanzar el máximo beneficio social.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que el área estudiada presenta diferentes niveles de aptitud para el cultivo del olivo, lo que constituye un conocimiento muy valioso, como complemento para la toma de decisiones sobre futuras inversiones en esta actividad.

1. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/zonas-olivícolas-de-la-argentina-contexto-y-prospectiva-de-la-cadena-olivos>

De las 434.630 ha evaluadas:

- El 5,2% de la superficie resultó ser Muy Apta, sin limitaciones para el desarrollo del cultivo del olivo o con menores limitaciones, que no reducen los niveles de producción y que no requieren un manejo especial. Por otro lado, un 15,3% de la superficie se consideró Apta, por presentar tierras con limitaciones que reducen leve o moderadamente los niveles de producción, y que requieren un manejo o prácticas especiales con gastos que no ponen en riesgo la rentabilidad del proyecto.

Estas dos subáreas, donde resulta viable el desarrollo de este cultivo, representan una superficie aproximada de 89.361 ha. Si bien parte de esta superficie se encuentra actualmente en uso, las posibilidades de expansión del olivo, solo en este Valle, resultan muy promisorias.

- Un 79,5% del área evaluada resultó ser Marginalmente Apta y No Apta para el desarrollo del cultivo del olivo. Esto representa una superficie de aproximadamente 300.078 ha con posibilidades agrícolas y 45.191 ha no aptas para la agricultura.

A modo de alternativas para estas zonas, se presentaron dos potenciales opciones como vid, mosto y vinos básicos, por un lado; y pistacho, por otro. No obstante, esto no implica que sean aptos para la totalidad del territorio.

Es importante aclarar que en la elaboración del Mapa de Aptitud no se tuvo en cuenta la adversidad agroclimática que implica la elevada intensidad de los vientos durante el momento fenológico de floración, por lo que se deben considerar estrategias de mitigación de este fenómeno.

Respecto al análisis agroclimático, cabe destacar que, al disponer de un solo año de registros locales, el estudio debió basarse sobre una reconstrucción de datos para el período 1998-2012, a partir de registros de las Estaciones Agrometeorológicas Automáticas del INTA San Juan (Pocito) y del Aeropuerto Las Chacritas (9 de Julio).

La experiencia previa, resultado del desarrollo de la actividad durante más de un siglo en el Valle del Tulum, junto con este estudio detallado del suelo y del clima, permitirá generar información relevante para la toma de decisiones sobre la actividad olivícola de este Valle.

Se recomienda que las estaciones agrometeorológicas automáticas ubicadas en el área de estudio se mantengan en funcionamiento, lo que permitirá llevar a cabo actualizaciones sobre el Mapa de Aptitud, a medida que se disponga de un mayor período de registros locales.

En este marco de análisis, sería de gran utilidad continuar las observaciones micrometeorológicas por medio de sensores de temperatura, tal como se llevó a cabo durante la temporada 2012.

Esto permitirá actualizar los mapas de temperaturas mínimas en micro-escala, agregando el cálculo de valores extremos, tarea que no pudo llevarse a cabo con un solo año de observaciones.

Bibliografía

- Barranco, D.; Fernández E. R.; Rallo, L. El cultivo del olivo. 6ª ed. Madrid, Edición Mundi Prensa y Junta de Andalucía. 2008, 846 p.
- Barranco, D.; Ruiz, N. Frost Tolerance of Eight Olive Cultivars. *HortScience* 40(3), 2005, pp. 558-560.
- Cabrera, A. L. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2ª ed. Buenos Aires, Tomo N Fase 1 ACME, 1976, p. 85.
- Cáceres, R.; Novello, R.; Robert, M. Análisis de la Cadena del Olivo en la Argentina. INTA, 2009.
- Catania, C.; Avagnina, S.; Uliarte, E.; Del Monte, R.; Tonietto, J. "El clima vitícola de las regiones productoras de uvas para vinos de Argentina". En: Caracterização climática de regiões vitivinícolas ibero-americanas. Embrapa Uva e Vinho. 1ª ed. Bento Gonçalves, Brasil. 2007, pp. 1 – 56.
- Couvillon, G. A.; Erez, A. "Effect of level and duration of high temperatures on rest in the peach". *Journal of American Society Horticulture Science*, 1985. N° 110, pp. 579-581.
- Crane, J. C.; Maranto, J. Pistachio Production, Cooperative Extension. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, 1982.
- Dry, P.; Smart, R. "The Grapegrowing Regions of Australia". *Viticulture*. Adelaide, Australia, 1988. Vol. 1, Ed. B. G. Coombe and P. R. Dry. . Australian industrial publishers, pp. 37-60.
- Eynard, I.; Gay, G. Proceedings. Eight Australian Wine Industry Technical. Conference, 1993, pp. 54 – 63. FAO. A framework for land evaluation. *Soils Bulletin* 32. Rome, FAO, 1976, 120 p.
- FAO Wastewater quality guidelines for agricultural use. FAO irrigation and drainage paper N° 47. Rome, Fao, 1992, 120 p.
- Ferguson, L.; Sanden, B.; Grattan, S.; Epstein, L.; Klueger, B. "The orchard Pistachui rootstocks". En: Ferguson, L.; Beede, R. H.; Freeman, M. W.; Hauland, D. R.; Holtz, B. A.; Kailsen, C. E.; Coviello, J. (Eds.). *Pistachio Production Manual*, 4ª ed., EE.UU., University of California, Fruit and Nut research and Information Center, 2005, pp. 67-73.
- Fontanazza, G.; Preziosi, P. "L'Olivo e le basse temperatura. Osservazioni su 37 cultivar da olio e 20 cultivar da mensa". *L'Italia Agrícola*, 1969. N° 78, pp. 737-745.
- Gallego, M. E.; Jury, C., El Plan Estratégico Olivícola Argentino- PEOA 2020, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Consejo Federal de Inversiones, 2011, 61 p.
- Gamaliel Lemus, S. (Ed.). "El cultivo del Pistacho". Proyecto FIA N° C.96-I-1-025. INIA-La Platina, Chile, Ministerio de Agricultura, Fundación para la Innovación Agraria (FIA), 2004.
- Gijon, M. C.; Giménez C.; Pérez López, D.; Guerrero, J.; Couceiro, J. F.; Moriana, A. "Water relations of pistachio (*Pistacia vera* L.) as affected by phenological stages and water regimes". *Scientia Horticulturae*, 2011, N° 128, pp. 415–422.
- Gil, G. F.; Pszczolkowski, P. *Viticultura. Fundamentos para Optimizar la Producción y Calidad*. Ediciones Universidad Católica de Chile. 1ª Ed. Chile, Santiago de Chile, 2007, 535 p.
- Goldhamer, D.A. "Irrigation management". En: Ferguson, L. (Ed.). *Pistachio Production*. Center for Fruit and Nut Research and Information, 1995, Davis, CA, pp. 71–81.
- Gómez del Campo, M.; García, A.; Barranco, D. Evaluación de la tolerancia a helada de diez variedades de olivo. *Agricultura* 869, 2004, pp. 958-962
- Gómez Del Campo, M.; Morales Sillero, A. M.; Vita Serman, F.; Rousseaux, M. C.; Searles, P. S. El olivar en los valles áridos del Noroeste de Argentina (provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan), *Olivae* 114, 2010. pp. 23-44.

- Greer, D.; Rogiers, S.; Greer, L.; Steel, C. Sunburn in grapes contributes to disease infection. *Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, 2003. N° 472, 19-21 p.
- Greer, D. Sunburn of grapes affects wine quality. *Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, 2006. N° 515, 24-27 p.
- Guerrero, J.; Moriana, A.; López, J. F.; Mendiola, M. A.; Gijón, M. C. "El pistachero: elección de variedad y portainjerto en Castilla La Mancha". *Revista Fruticultura Profesional*, mayo/junio 2005. N° 150.
- Hidalgo, L. "Fisiología de la vid". En: *Tratado de Viticultura General*. Madrid, Mundi Prensa, 1999.
- Hunter, J.; Volschenk, C.; Marais, J.; Fouché, G. Composition of Sauvignon blanc Grapes as Affected by Pre-véraison Canopy Manipulation and Ripeness Level. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, 2004. Vol. 25, n° 1, 13 – 18 p.
- INV. Síntesis básica de estadística vitivinícola argentina. Base de datos electrónica elaborada por el Dpto. de Estadística y Estudios de Mercado. www.inv.gov.ar, 2010.
- INV. Operativo de Actualización del Registro Nacional de Viñedos. Mendoza, INV, 2011, 105 p.
- Jackson, D.; Lombard, P. Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality – A Review. *Am. J. Enol. Vitic.* 1993. Vol. 44, n° 4, 409 – 430 p.
- Jackson, M. L. *Análisis químico de suelos*. 3ª ed. Barcelona, Omega, 1964.
- Kliewer, W. Influence of Temperature, Solar Radiation and Nitrogen on Coloration and Composition of Emperor Grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 1977. Vol. 28, n° 2, 96 – 103 p.
- Liotta, M. Los suelos de los valles de Tulum, Ullum y Zonda, <http://inta.gob.ar/documentos/los-suelos-en-los-valles-de-tulum-ullum-y-zonda/>
- Mercado, N.; Silva, M. Evolución Hidrológica e Hidroquímica de las cuencas subterráneas de Tulum y Ullúm-Zonda. San Juan, Centro Regional de Aguas Subterráneas, 1988.
- Metheney, P. D. "Determination of the winter chilling requirement of California pistachio". En: *Annual Report. California Pistachio Industry*. 1996. pp. 70-71.
- Morlat, R.; Bodin, F. Characterization of Viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth – II. Validation of the grape yield and berry quality in the Anjou Vineyard, France. *Plant Soil*, n° 281. 2006, 55 – 69 p.
- Nakama, V.; Sobral R. Índices de Productividad. Método paramétrico de Evaluación de Tierras. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca- INTA. Buenos Aires, Documento del Proyecto PNUD Arg. 85/019, 1987.
- Organización Internacional de la Vid y el Vino (OIV). Statistical report on world vitiviculture. <http://www.oiv.int/oiv/info/esstatistiquessecteurvitivinicole#bilan>, 2012.
- Rahemi, M.; Pakkish, Z. Determination of Chilling and Heat Requirements of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Cultivars Agricultural Sciences in China*, 8(7), 2009, pp. 803-807
- Regairaz, A.; Suvires, G. M.; Simon, W. Síntesis geomorfológica regional de la provincia de San Juan. San Miguel Tucumán, X Congreso Geológico Argentino, Actas III, 1987, pp. 337-343.
- Reynolds, A.; Wardle, D. Influence of Fruit Microclimate on Monoterpene Levels of Gewiirztraminer. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1989. Vol. 40, n° 3, 149 – 154 p.
- Salcedo, E.; Castro, T.; Massanés, E. Estudio de suelos y condiciones de drenaje del Valle de Tulum. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1976.
- Schulz, G.; Irigoien, J.; Morales Poclava, C.; Paladino, I. Aplicación del Índice de Productividad unificado para la hoja, Lajitas, Salta. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 2012.
- Smart, R.; Robinson, M. Sunlight into wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management. Ministry of Agriculture and Fisheries. Nueva Zelanda. Winetitles, Adelaida, 1991.
- Smart, R. "Canopy Management". En: *Viticulture*. Australia. Adelaida, 2001. Vol. 2, Practices. B.G. Coombe and P.R. Dry (Edit.), Winetitles.

Soil Survey Division Staff. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18, 1993.

Soil Survey Staff. Manual de Reconocimiento de Suelos. Handbook Nº 18. Washington DC.1951.

Spina, P. El Pistacho, Bologna, Edagricole, 1983.

Turchetti, J. P. Efecto del Estrés Hídrico y Salino sobre la Tolerancia al Frío en Plantas Jóvenes de Olivo (*Olea europaea* L.) cv. Arbequina y Barnea. Tesis de Grado. Carrera de Ingeniería Agronómica. FI, UNSJ. Director: Facundo Vita Serman, 2010.

Ubalde, J. M.; Sort, X.; Poch, R. M.; Porta, M. "Influence of edopho-climatic factors on grape quality in conca Barbera vineyards". Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. Cataluña, 2007. Nº 41, pp. 33 – 41.

USDA. Keys to soil taxonomy. Natural Resources Conservation Service. 9ª ed., 2003, 332 p.

Vargas García, F.; Romero, M. A.; Caravaca, I. B. "Aspectos básicos del cultivo del Pistachero: Situación, Problemática y Perspectivas". Fruticultura Profesional, Especial Frutos Secos II, 1999. Vol.104, pp. 98-105

Vila, H.; Cañadas, M.; Lucero, C. Caracterización de zonas mesoclimáticas aptas para la vid (*Vitis vinifera* L.) en la provincia de San Juan, Argentina. INTA. Proyecto Vitivinícola de la Macro Región Gran Cuyo. EEA San Juan. EEA Mendoza (s/p). 1999.

Vita Serman, F.; Sierra, E.; Gallego, M. E. Colaboradores: López, E.; Babelis, G.; Kiessling, J.; Podgornik, L. Estudio de factibilidad de incorporación del cultivo del olivo en el área de Añelo, Provincia del Neuquén. CFI-Provincia del Neuquén, 2011.

Winkler, A. J. Viticultura. 1ª ed. en español. México, Cía. Editorial Continental S. A. Julio, 1965, 792 p.

Zufferey, V.; Murisier, F.; Schults, H. A model of photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. Cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis* 39 (1). 2000, 19 – 26 p.

Zufferey, V.; Murisier, F. "Leaf to fruit ratio and photosynthetic capacity of foliage in grapevines (cv. Chasselas)". En: Comptes rendues XIV GESCO, Greisenheim, 2005. Vol. 2, 559-566 p.

La Colección “Estudios y proyectos provinciales” presenta estudios y proyectos de la cooperación técnica del CFI. Se trata de una de las herramientas estratégicas desarrolladas desde la creación de la institución, hace ya 50 años, para impulsar el desarrollo regional.

El trabajo conjunto entre el CFI y las provincias da como resultado una trama de conocimientos y prácticas, que cubre una variedad de temáticas, que atienden las solicitudes de cada uno de los Estados miembros. Consiste en una alianza virtuosa que suma investigación aplicada, transferencia de saberes, capacitación de funcionarios y actores locales, formación de recursos humanos, creación de redes y vínculos entre profesionales, técnicos, empresarios y agentes de la sociedad civil.

De esta manera se muestra al público la variedad y alcance de las problemáticas que encaran las provincias a través de estudios y proyectos compartidos y las posibilidades de replicabilidad y transferencia para el desarrollo regional y local.