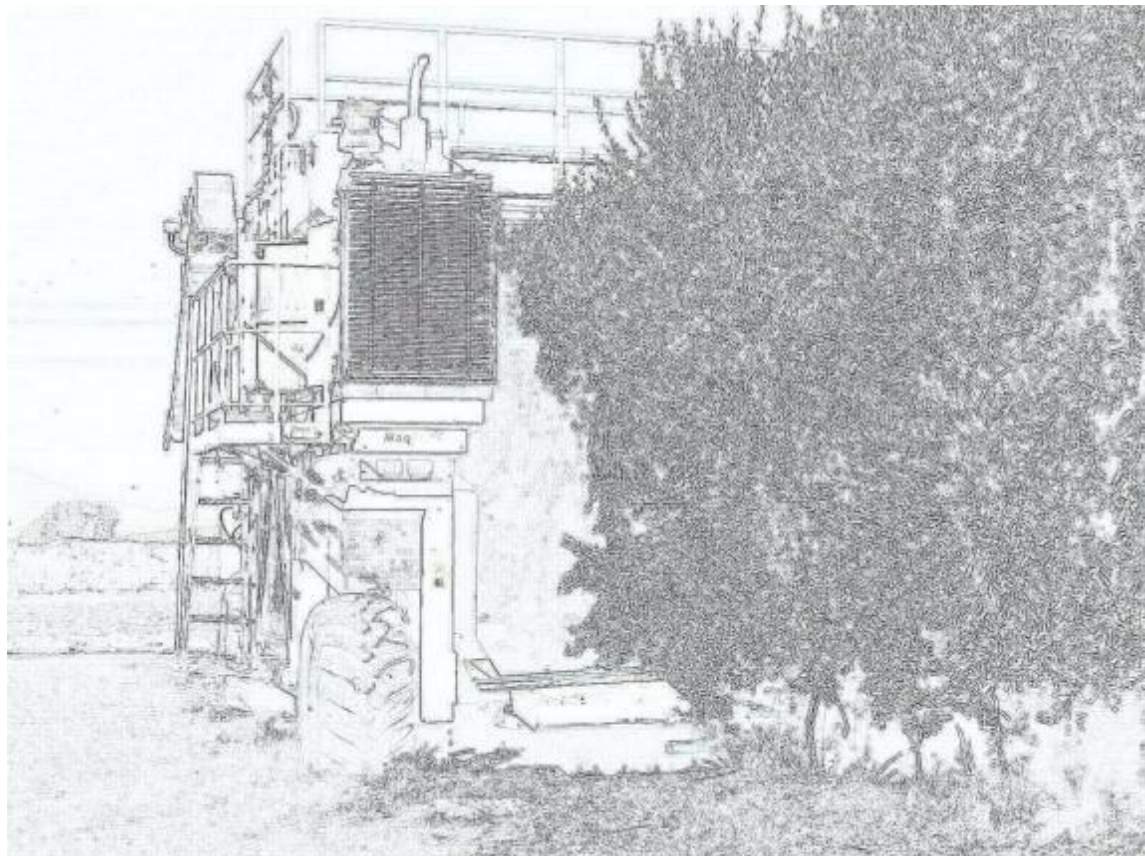




INFORME FINAL

PROVINCIA DE LA RIOJA

Agosto de 2018



Estudio agroclimático en detalle para definir la aptitud frutícola (Olivo, Almendro, Pistacho, Pecán y Nogal) de los valles cordilleranos de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja.

EQUIPO DE TRABAJO

Expertos

- **Facundo Vita Serman.** INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan y Universidad Nacional de Chilecito (UNDEC). Coordinador
- **Eduardo Mario Sierra.** Universidad Nacional de Buenos Aires (FA.UBA)
- **Germán Claudio Babelis.** INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan
- **Roberto Esteban Miguel.** INTA-Estación Experimental Agropecuaria Chilecito
- **José Robles.** INTA-Estación Experimental Agropecuaria Chilecito
- **Guillermo Goñalons.** Universidad Nacional de Chilecito (UNDEC)
- **Omar Morales.** INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan

SUPERVISIÓN DEL ESTUDIO

CFI - Área de Sistemas Productivos Regionales

Ing. Agr. María Eugenia Gallego

Agrogenética Riojana SAPEM

Ing. Agr. Benjamín Enrici



PROVINCIA DE LA RIOJA
GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA
DR. SERGIO CASAS

MINISTRO DE LA PRODUCCIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO
DR. JESUS F. REJAL



SECRETARIO GENERAL DEL CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ING. JUAN JOSÉ CIÁCERA
DIRECCIÓN DE RECURSOS FINANCIEROS
ING. RAMIRO OTERO



Instituto Nacional
de Tecnología Agropecuaria

DIRECTOR DE LA EEA CHILECITO. ING. JOSE LUIS LADUX
DIRECTOR DE LA EEA SAN JUAN. ING. MAXIMILIANO BATTIESTELLA



RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHILECITO
ING. NORBERTO CAMINO A

Agradecimiento especial a:

Mario Liotta. INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan

Joaquín Gonzalez-Ribot. INTA-Estación Experimental Agropecuaria Chilecito.

Patricia Figuerola. Universidad Nacional de Chilecito (UNDEC)

Flavio Capraro. Instituto de Automática-UNSJ.

Alberto Riva. Escuela de Informática de la UNDEC.

Emmanuel Portugal. Escuela de Informática de la UNDEC.

Guillermo Schulz INTA- Estación Experimental Agropecuaria Castelar

Andrea Calahorra. INTA-Estación Experimental Agropecuaria Chilecito.

Gabriel Manzano. Consultor privado.

Néstor Mariano. Universidad Nacional de Chilecito (UNDEC)

Silvina Alday. INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan

Silvia Molina. INTA-Estación Experimental Agropecuaria San Juan

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
FINALIDAD	6
OBJETIVOS	7
ALCANCE	7
MATERIALES Y METODO	8
1. Definición del área de estudio	8
2. Diagnóstico de situación del recurso hídrico	10
Recursos hídricos superficiales	10
Recursos hídricos subterráneos	13
3. Estudio de suelos	15
Fundamentación	15
Breve descripción de las áreas estudiadas	17
Actividades desarrolladas	21
4. Caracterización meso-climática: diseño e instalación de una red de observación.	32
Elección del tipo de sensor	32
Construcción de porta sensores	33
Instalación de Sensores.	33
Lectura de sensores y recopilación de datos.	32
5. Análisis y clasificación por aptitud de áreas según tipo de suelo y clima.	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
6. Diagnóstico de situación del recurso hídrico	36
Recursos hídricos superficiales	36
Recursos hídricos subterráneos	68
7. Ambientes edáficos y su clasificación	97
Mapas de suelo	98
Descripción de perfiles de suelo más representativos cada valle estudiado	102

8.	Caracterización de las adversidades agro-climáticas	129
	Descripción de la Ecoregión Norandina.	129
	Antecedentes del cultivo de frutos secos en la región.	130
	Antecedentes del cultivo del Olivo en la región	139
	Indicadores agro-climáticos y limitantes para el desarrollo de las especies frutales.	145
9.	Evaluación de la aptitud de los cultivos	237
	Introducción.	237
	Definición de los requerimientos climáticos de los cultivos.	240
	Requerimientos edáficos del cultivo.	247
	Clases de Aptitud. Definiciones.	248
	Elaboración del mapa de aptitud.	250
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	262
	Sobre el recurso hídrico disponible	262
	Sobre los suelos	265
	Sobre la aptitud de los cultivos	268
	LITERATURA CITADA	271

RESUMEN

Este trabajo tuvo como finalidad identificar, delimitar y clasificar áreas por su aptitud agro-climática para el desarrollo de cultivos frutales (Olivo, Almendros, Pistacho, Pecán y Nogal) en los valles de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este de la provincia de La Rioja. Con el mismo se pretendió brindar información de base para el desarrollo de políticas provinciales de promoción agrícola, que pudieran tener impacto en todo el universo productivo de la actividad fruti-hortícola de la provincia de La Rioja. Se llevó a cabo una serie de actividades: 1. obtener información edafo-climática dentro de las áreas de estudio que permitiese delimitar zonas con aptitud para los cultivos frutales propuestos y que sirva como información de base para futuros estudios que necesiten de la información climática relevada; 2. determinar los diferentes niveles de aptitud en cada una de las zonas evaluadas y para cada especie analizada; 3. realizar un diagnóstico de los recursos naturales con énfasis en el uso y disponibilidad de agua. De las 394.631 ha evaluadas en los tres valles, los frutales como el Nogal, el Almendro y el Pistacho no superan en ningún caso el 10% de superficie, para los niveles: **Muy Apta** y **Apta**. Sin embargo, en todos los casos se podrían cultivar más de 15.000 ha por cultivo, pudiendo ser coincidente o no las áreas con aptitud. Del estudio también se desprende que existen unas 35.000 ha, lo que representa casi el 10% de la superficie relevada, que presenta condiciones **Muy Aptas** para el cultivo del olivo. Aún más, casi un 20% de la superficie se consideró **Apta**, lo que a fin práctico significa disponer de más de 90.000 ha. Si sumamos estas dos áreas, donde resulta viable el desarrollo de este cultivo, se alcanza una superficie aproximada de 130.000 ha. Si bien parte de esta superficie se encuentra actualmente en uso, las posibilidades de expansión del olivo solo en este valle, resulta muy promisorio. El presente trabajo concluye que existen áreas fuertemente explotadas desde el punto de vista del recurso hídrico subterráneo, lo que provoca una explotación intensiva de los acuíferos. Es interesante destacar que existe una amplia posibilidad de expansión de cultivos como el Olivo o el Almendro, especies con un muy bajo requerimiento de agua en comparación con cultivos hortícolas, pasturas bajo riego u otros frutales. La experiencia previa, resultado del desarrollo de la actividad por más de un siglo en los valles cordilleranos de la Provincia de La Rioja, junto con éste estudio detallado del suelo, agua y clima, 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 la provincia de La Rioja.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tomó como base el “Estudio de prefactibilidad agroecológica y económica de los cultivos de nuez Pecán, almendro y pistacho en la provincia de La Rioja” (Sierra et al, 2015) realizado por la Universidad de Buenos Aires, a través de la Facultad de Agronomía para el Consejo Federal de Inversiones.

Partiendo de las recomendaciones efectuadas en dicho estudio, y tomando en consideración estudios similares efectuados para otras provincias y regiones del país (Vita Serman *et al.*, 2012; Vita Serman and Matías, 2013; Babelis *et al.*, 2013), se propuso llevar a cabo un estudio a nivel meso-agroclimático en detalle para definir la aptitud frutícola (Olivo, Almendro, Pistacho, Pecán y Nogal) de los valles cordilleranos de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja.

.Los valles cordilleranos de la provincia de La Rioja integran una de las principales regiones frutícolas de la Argentina. El centro-oeste argentino ha desarrollado intensamente cultivos como la vid, el olivo, el nogal y otros frutales, actividades que se han transformado en dinamizadoras de la economía de la región. Si bien estos frutales encuentran en un ambiente propicio para desarrollarse vegetativa y productivamente, la condición climática de los valles no garantiza que estos cultivos puedan ser actividades rentables y sustentables.

Un caso emblemático es el desarrollo de la olivicultura en la Argentina la cual se localizó en estos valles de clima áridos y semi-áridos. A diferencia del hábitat natural del olivo, estas regiones se caracterizan por tener un clima de tipo Continental, con bajas precipitaciones, que van desde los 87 mm anuales en San Juan hasta los 415 mm anuales de La Rioja capital, distribuidas principalmente en verano. Otra característica distintiva es que se desarrolló principalmente entre las latitudes 28 y 32°S, por tanto, más cerca del Ecuador que las zonas tradicionales de cultivo en la Cuenca Mediterránea. Es la topografía de estos valles la que determina claramente su clima. La presencia de las Sierras Pampeanas y de la Cordillera Andina (altura sobre el nivel del mar entre 3.000-6.900 m) suponen barreras naturales que aíslan esta región de la influencia de los vientos húmedos del Atlántico y el Pacífico, haciendo que descarguen el agua en las cumbres y llegue el aire seco a los valles. Además, la orientación N-S de estas sierras permite la entrada de las masas de aire frío de las regiones Antárticas del Sur.

Las temperaturas medias anuales son, en general, más suaves en estos valles de la Cordillera de los Andes que en las zonas olivareras de España, aunque este hecho oculta rasgos diferenciales en el clima y su influencia en el crecimiento y desarrollo del olivo que son importantes. Las temperaturas más altas a lo largo del año modifican el ritmo de crecimiento vegetativo del olivo respecto a la Cuenca Mediterránea (Fig. 1). En los valles localizados más al norte (San Juan, La Rioja Capital y Central de Catamarca), donde el período invernal es más corto, la estación de crecimiento se desarrolla desde el inicio de la primavera hasta inclusive en los meses de invierno, permitiendo un activo crecimiento vegetativo cuando los olivos son abundantemente regados y fertilizados (Gómez-del-Campo et al., 2010).

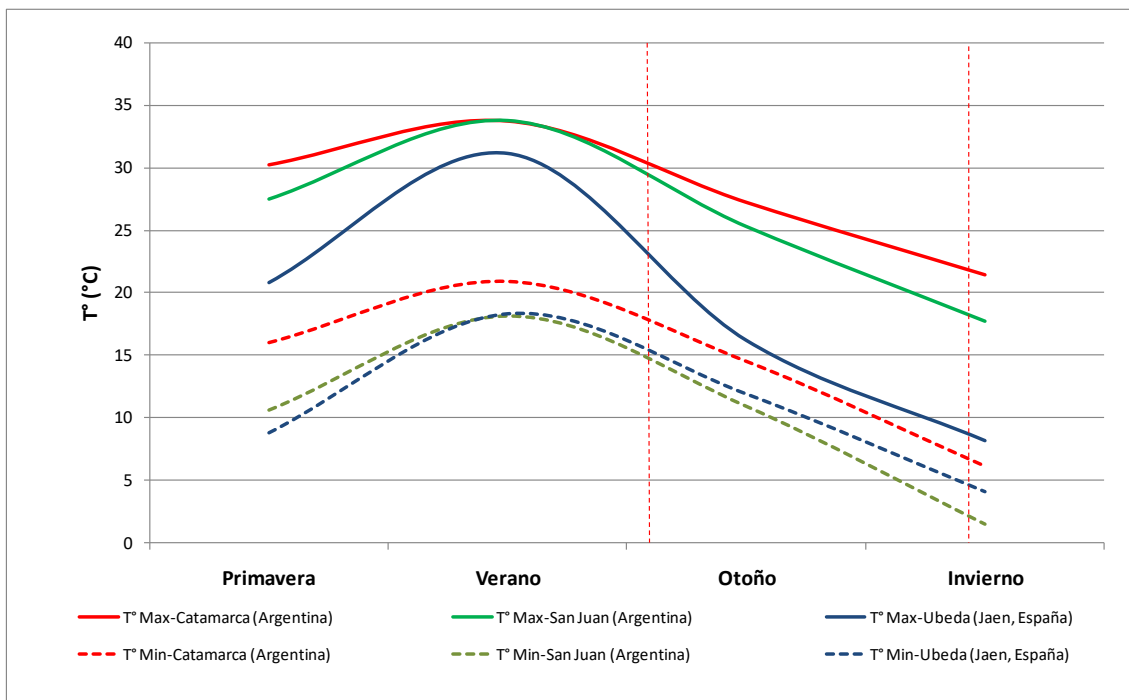


Fig. 1. Temperaturas máximas y mínimas medias anuales de 3 regiones olivareras típicas de Argentina (San Juan y Catamarca) y España (Úbeda). Se destaca con líneas punteadas verticales el periodo desde principios de otoño a mediados de invierno (Vita Serman, 2015).

En lo que respecta a las temperaturas mínimas absolutas de invierno, éstas pueden ser muy bajas en la mayoría de los valles frutícolas de Argentina, debido a la llegada de frentes fríos del Sur. Estas masas polares suelen llegar inclusive a las regiones localizadas más al norte (28° latitud S) afectando fuertemente a las distintas especies frutales. Si bien son las masas de aire frío las que predisponen a la ocurrencia de heladas severas, los

fuertes descensos térmicos se deben principalmente a heladas por radiación. Una vez originada la entrada del aire polar y ocurrida la posterior detención del viento, es el drenaje natural del aire frío y el fenómeno de inversión térmica lo que hace que se alcancen temperaturas mínimas muy extremas en las zonas bajas de los valles. En un estudio previo realizado en el Valle de Tulum en San Juan, Argentina, se demostró que aproximadamente el 80% de la superficie disponible para cultivo es marginalmente apta o no apta para el desarrollo del olivar. Esto se relaciona con la ocurrencia de heladas invernales con temperaturas inferiores a -7°C en una frecuencia de 1 de cada 2 años (Babelis et al., 2013).

Una situación similar a la explicitada para el olivo se ha observado con el desarrollo del cultivo del Nogal y Almendro, y en menor medida en nuevos cultivos como Pistacho y Pecán en estos valles, relacionada no sólo a la adversidad que suponen las temperaturas mínimas invernales sino también a la fecha de ocurrencia de las últimas heladas y la acumulación de unidades de frío en relación con la floración de estas especies. Son amplios los ejemplos de fracasos en las políticas públicas implementadas para el desarrollo de estos cultivos, como los casos de la nogalicultura del Valle de Calingasta en San Juan o el cultivo de almendras de cáscara blanda de los valles del Este de Mendoza.

En las recomendaciones efectuadas en el estudio de "Prefactibilidad agroecológica y económica de los cultivos de nuez pecán, almendro y pistacho en la provincia de La Rioja llevado a cabo en el período 2014/2015 (Sierra et al, 2015), se destacó la necesidad de profundizar la zonificación agroecológica de estos cultivos realizando un estudio con mayor detalle. En éste trabajo se planteó ampliar el estudio incluyendo los cultivos de Olivo y Nogal, ampliamente difundidos en la zona.

Por otra parte, Sierra et. al., (2015) sugieren que la adquisición de conocimientos sobre la aptitud de las tierras para diferentes alternativas de uso, debe necesariamente ir acompañada con un relevamiento del recurso hídrico disponible, ya que por las características climáticas de estos valles la fruticultura es totalmente dependiente del riego.

Por todo lo expuesto, en este estudio propuso definir la aptitud agrícola, a escala de detalle, los principales valles agrícolas de la provincia de La Rioja. El área estudiada comprendió la totalidad de la superficie potencialmente cultivable de los valles de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja. Para ello se definió la aptitud agrícola de un área geográfica a través del uso de indicadores agro-ambientales que dan cuenta de las limitantes productivas de las especies o variedades.

Muchos de estos parámetros se basan en información de temperaturas y características edafológicas. Este tipo de estudio es una aproximación a la caracterización del terreno de acuerdo a su aptitud para los cultivos, haciendo especial énfasis en las limitantes o adversidades que el agro-clima presenta para el cultivo evaluado. Con respecto a esto último, se hizo especial énfasis en el impacto de las heladas de radiación como el tipo más recurrente de adversidad para estos cultivos frutales en los valles cordilleranos. Por otra parte se generó un diagnóstico sobre el recurso hídrico disponible del área en estudio, lo que permitiría desarrollar un uso sostenible del mismo. Respecto a suelos, la información edáfica sobre la provincia de La Rioja resulta limitada, estando básicamente representada por la carta de suelos en escala 1:500.000 (SAGyP-INTA, 1990). Estudios recientes, llevados a cabo por INTA, han permitido recopilar información en detalle (hasta 1:10.000), de génesis y taxonomía de suelos principalmente en establecimientos gubernamentales de investigación (Morras, H. 2010). Por iniciativa de emprendimientos privados, si se puede mencionar la realización de numerosos estudios los cuales estuvieron enfocados a confeccionar mapas utilitarios de suelos para ser aplicados en los diseños agronómicos de los equipos de riego.

Dicha información fue organizada en una base de datos que constituye junto con el recurso hídrico y el análisis de las variables climáticas, uno de los insumos básicos para ejecutar un estudio de Aptitud Agroclimática de Frutales. Este tipo de trabajo constituye una herramienta de planificación o gestión del territorio. De igual modo es posible trazar una paralelismo entre las bases de datos y la generación de Inventario de Recurso Suelo el cual en la actualidad ha tomado mucha relevancia ya que se está digitalizando y cargando en una plataforma de software abierto, mucha información de suelos que está preservada únicamente en formato papel, con el consiguiente riesgo de sufrir pérdidas y/o deterioro con el paso del tiempo.

FINALIDAD

La finalidad del proyecto fue identificar, delimitar y clasificar áreas por su aptitud agroclimática para el desarrollo de cultivos frutales (Olivo, Almendros, Pistacho, Pecán y Nogal) en los valles de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este de la provincia de La Rioja. A esto se suma el diseño de un sistema de gestión productiva sustentable de los

recursos naturales con énfasis en el uso y disponibilidad de agua. 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 fruti-hortícola de la provincia de La Rioja.

OBJETIVOS

1. Obtener información edafo-climática dentro de las áreas de estudio que permita delimitar zonas con aptitud para los cultivos frutales propuestos y que sirva como información de base para futuros estudios que necesiten de la información climática relevada.
2. Determinar los diferentes niveles de aptitud en cada una de las zonas evaluadas y para cada especie analizada.
3. Realizar un diagnóstico de los recursos naturales con énfasis en el uso y disponibilidad de agua

ALCANCE

Se definió inicialmente como zona de estudio 3 áreas geográficas de las provincias de La Rioja (Fig. 2):

- Valle de Antinaco-Los Colorados
- Valle del Bermejo
- Región Este

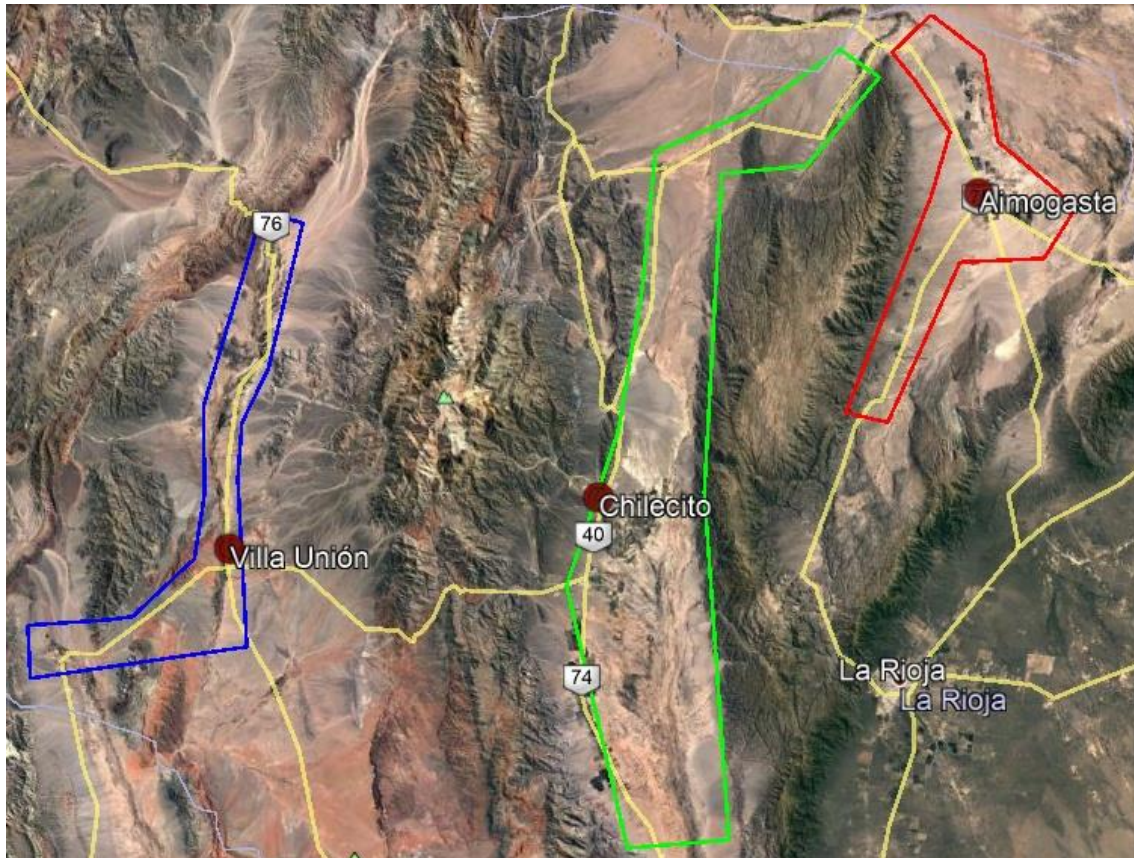


Fig. 2. Área de estudio preliminar de los Valles de Bermejo (AZUL) Antinaco-Los Colorados (VERDE) y Valle de la Costa (ROJO).

MATERIALES Y METODO

1. Definición del área de estudio

Dado la amplitud de la zona y la diversidad de valles, localidades y zonas con potencial productivo que se localizaban dentro del área de estudio previamente definida, se realizó una reunión con investigadores y referentes del territorio, lo que permitió ajustar la dimensión del estudio. Los cambios más relevantes fueron la incorporación de los valles de Guanchín y Famatina y la zona de San Blas de Los Sauces como parte del Valle Antinaco-Los Colorados. En cada uno de los valles estudiados se amplió al área hacia zonas pedemontanas, incultas, pero con potencial productivo. Con estas modificaciones el presente trabajo incluye 50.225 ha del Valle del Bermejo (Vinchina Villa Castelli, Villa Unión, Pagancillo y Guandacol), 244.960 ha del Valle de Antinaco- Los Colorados (incluido Guanchin y Sañogasta, San Blas de los Sauces y Famatina) y 77.072 ha del Valle

del Este (Desde Alpasinche hasta Sanagasta), haciendo una superficie total de 394.631 ha (Fig.). Cabe destacar que se considera parte de éste último valle a aquellas zonas localizadas en el faldeo oriental del Velasco.

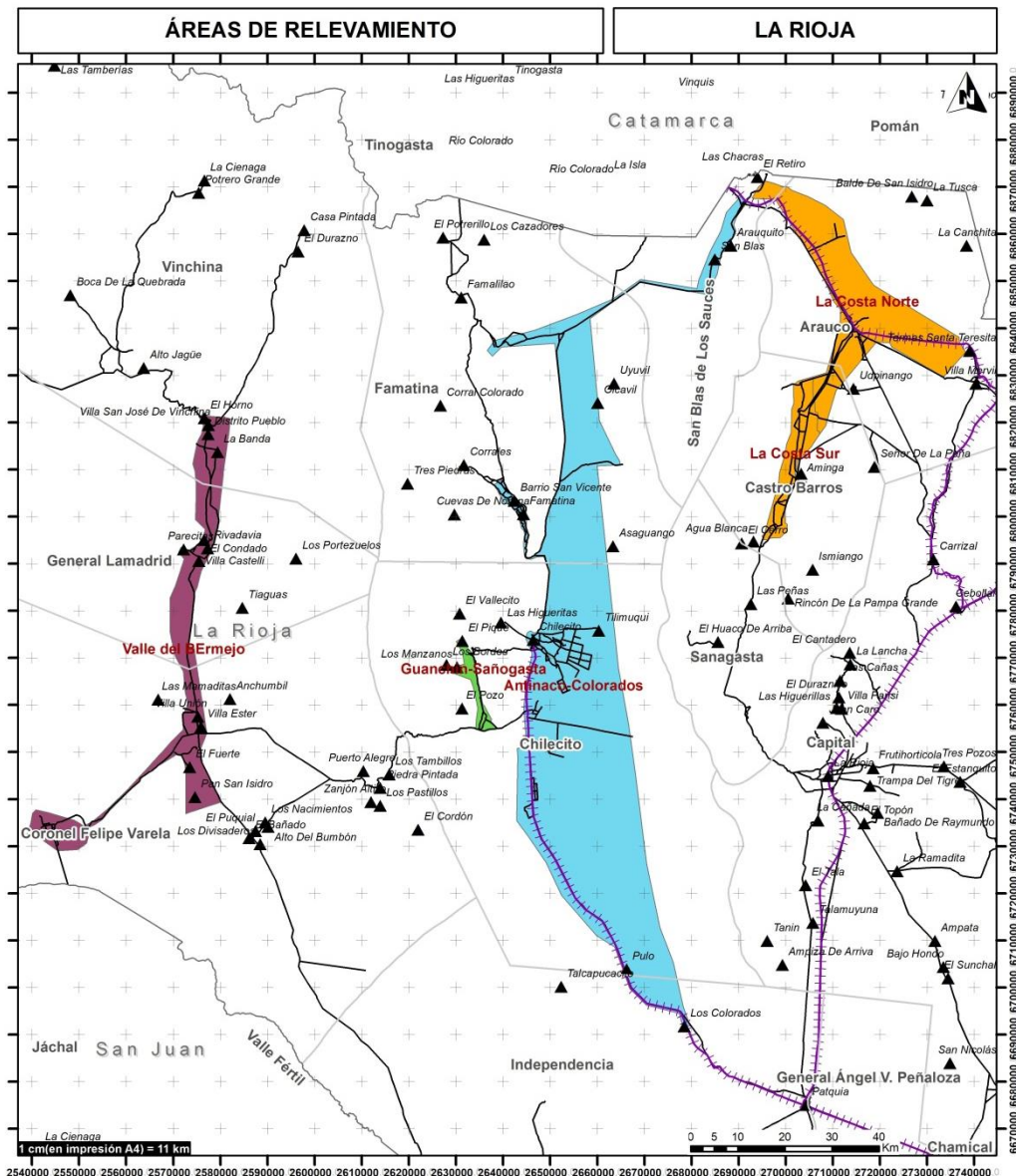


Fig. 3. Área de estudio seleccionada de los valles cordilleranos de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja.

2. Diagnóstico de situación del recurso hídrico

Para el desarrollo de este objetivo se llevó a cabo una serie de actividades de campo las cuales se detallan a continuación:

- ✓ Aforo y determinación de parámetros de campo en agua superficial (pH, temperatura y conductividad eléctrica) en departamentos de Coronel Felipe Varela, General Lamadrid, Vinchina, Famatina, San Blas de Los Sauces y Sanagasta.
- ✓ Medición de niveles estáticos y calidad físico-química de campo de agua subterránea en pozos de Estación Mazán (Arauco), Castro Barros, Sanagasta, Chilecito, Independencia, Coronel Felipe Varela, General Lamadrid, Vinchina, Famatina y San Blas de Los Sauces.
- ✓ Intercambios con productores y pobladores en áreas de interés.

Con la información recopilada en campo se llevaron a cabo actividades en Gabinete las cuales consistieron en:

- ✓ Sistematización de datos en Cuadros
- ✓ Elaboración de mapas para interpretación de datos de Cuadros

A continuación se describe la metodología utilizada para el relevamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Recursos hídricos superficiales

Se efectuó el aforo en canales de riego y ríos de cuencas de interés agropecuario del Oeste y Este de la Provincia de La Rioja, Departamentos de Sanagasta, Castro Barros, Arauco, San Blas de Los Sauces, Famatina, Chilecito, Independencia, Coronel Felipe Varela, General Lamadrid y Vinchina.

Se utilizó un micromolinet Global Water FP-111 ($\pm 0,1$ m seg-1) para la determinación de velocidades de flujo de agua y medición por cálculo de superficie del cauce o canal (según corresponda). En los canales se efectúan tres puntos de medición de velocidades y dependiendo de la altura del pelo de agua se efectuaron una, dos, tres o cinco

mediciones por punto (ver Cuadro 1). Se utilizó la función average (promedio) para la determinación de cada velocidad.

En ríos o arroyos se midió inicialmente el ancho de pelo de agua, para anchos menores a cinco metros los puntos de medición se realizaron cada 30 cm y 15 cm a cada uno de los márgenes (izquierdo y derecho). Para anchos entre seis y 15 metros las mediciones se efectuaron cada 50 cm y 25 cm a cada uno de los márgenes (izquierdo y derecho). La cantidad de mediciones por punto se relacionan, al igual que en los canales, por la altura de pelo de agua (Cuadro 1).

Cuadro 1. Metodología de medición de velocidades en canales y ríos respecto a la altura de pelo de agua.

Altura de pelo de agua (cm)	Mediciones de velocidad por punto
<15	1
>15<30	2 (abajo y arriba)
>30<60	3 (Abajo, medio y arriba)
>60	5 (arriba, intermedio, medio, intermedio, abajo)

Adicionalmente se tomaron muestras de agua y se determinaron parámetros fisicoquímicos in situ, pH, temperatura, y conductividad eléctrica, medidos con multiparamétrico Hanna 9811-5.

En la Fig. 4, se presenta la zona de estudio y los 83 puntos de agua superficial estudiados 47 corresponden a canales, donde la fuente de agua es captada en un 100 % y los restantes 36 puntos a Ríos y vertientes que luego son captadas parcialmente para riego.

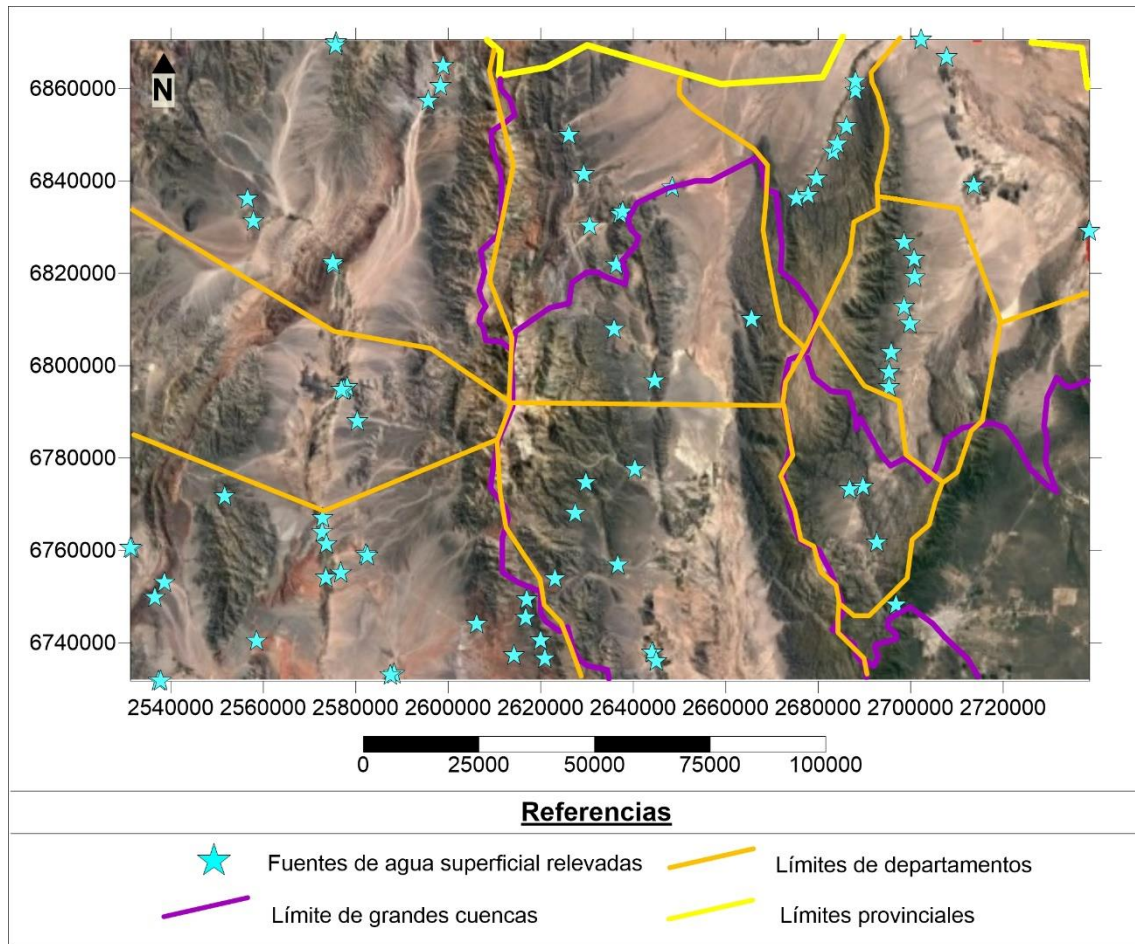


Fig. 4. Puntos de aforo y toma de muestra.

Recursos hídricos subterráneos

Se efectuaron salidas de campo en pos de relevar pozos en el área de estudio y medir el nivel estático a boca de pozo (profundidad de agua subterránea) y parámetros básicos de calidad de agua subterránea. Como limitación, no todos los pozos relevados poseían caño piezométrico, este elemento acompaña la cañería de impulsión hasta la boca de aspiración permitiendo detectar, al introducir una sonda, el nivel de agua. Por otro lado, algunos pozos se encontraban sin bomba, lo que permitió medir el nivel estático, pero no tomar muestras de agua. En total se relevaron en distintas áreas del Oeste y Este de la provincia de La Rioja un total de 99 pozos (Fig. 5), en 48 se pudo medir el nivel estático y tomar muestra, en 31 se tomó solamente muestra y en 20 se registraron solo niveles estáticos.

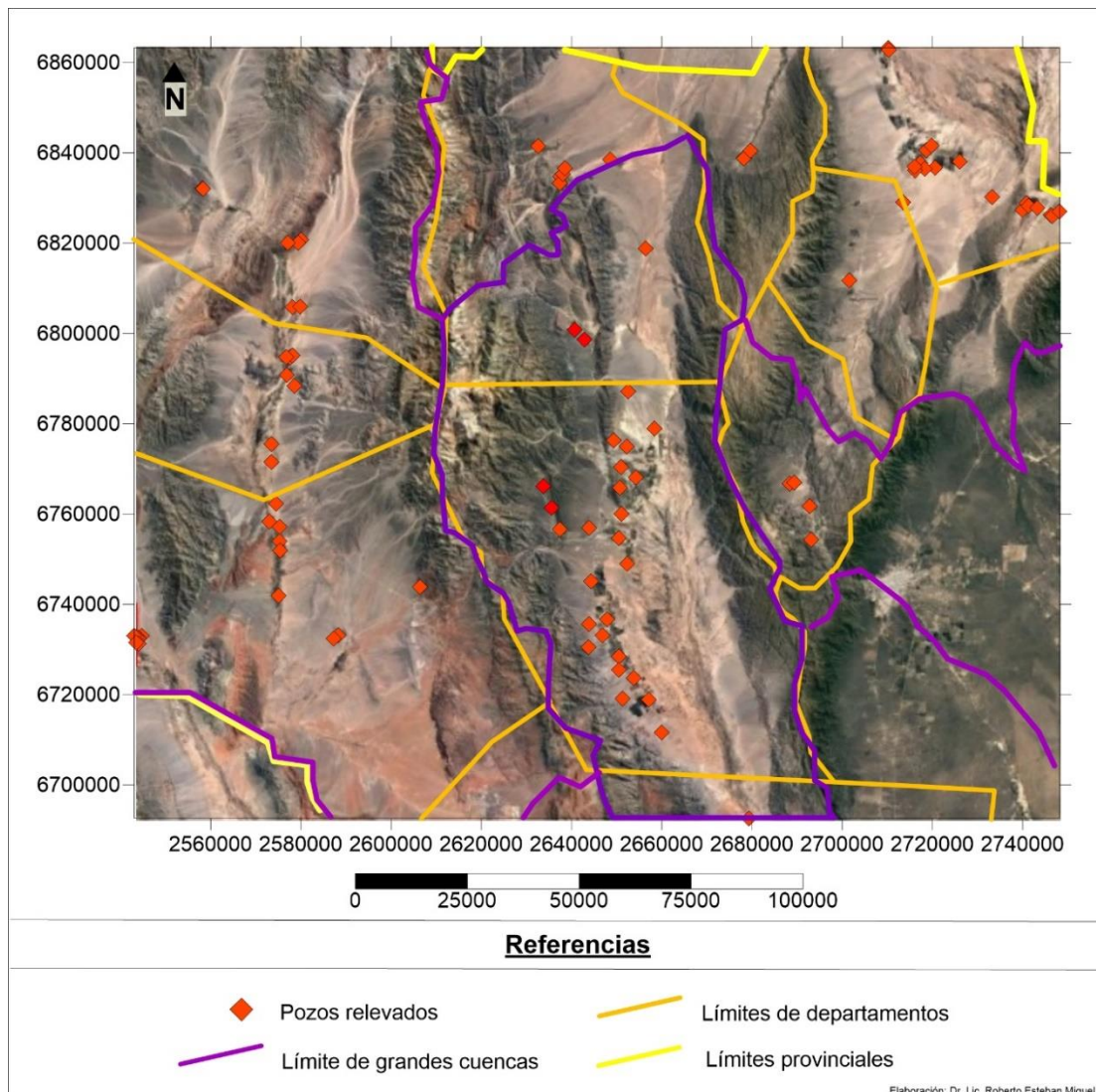


Fig. 5. Pozos relevados en el Oeste y Este de la Provincia de La Rioja.

Para la medición de nivel estático se contó con dos sondas graduadas de 120 y 200 metros respectivamente. Las muestras de agua fueron tomadas luego de vaciar tres veces el volumen de agua de pozos profundos, a excepción de los pozos de balde donde por los tiempos de recuperación, caudales y métodos de bombeo no fue posible seguir dicha metodología, tomándose la muestra luego de un bombeo de 10 minutos. Se determinó in situ pH, temperatura y conductividad eléctrica por medio de un Equipo Multiparamétrico Hanna 9811-5.

3. Estudio de suelos

Fundamentación

El conocimiento sobre los suelos se considera un elemento crucial en la gestión del territorio. En Argentina la información sobre la cobertura y uso de las tierras, sus características funcionales y la dinámica de cambio en las últimas décadas, está presentada con diversas escalas de detalle según distintas zonas del país. Así mismo sucede que la información de suelos se encuentra dispersa bajo diferentes sistemas de bases de datos, en muchos casos no informatizados, siendo de difícil acceso para los usuarios.

La provincia de la Rioja dispone de información de suelos confiable pero, como ocurre en gran parte de la Región Cuyo, esta se presenta la escala de reconocimiento representada por la carta de suelos en escala 1:500.000 (INTA, 1990), de la cual se puede extraer que casi la totalidad de los suelos de la provincia se encuentran incluidos en dos Ordenes: Entisoles y Aridisoles (Fig. 6). La zona bajo estudio está inmersa en la Unidad Geomorfológica de llanuras aluvio-eólicas siendo el taxón principal de suelos los de tipo azonales llamados Torriortentes Típicos. Aquí se incluyen a los suelos jóvenes (sin pedogénesis), poco estructurados, presentes en regiones con Régimen Térmico Árido es decir clima seco a muy seco y caluroso con elevada amplitud térmica (Tórrico). Véase Taxas climáticas de los suelos (Wambeke y Scoppa.1980). En segundo lugar, en orden de importancia, se presentan los suelos arenosos con elevado riesgo de erosión eólica, conocidos como Torripsamentos Típicos. Panigatti y colaboradores (2010) elaboraron un catálogo de suelos de la Argentina donde pueden apreciarse los 2 perfiles modales típicos de la Provincia. (Panigatti, JL.2010)

En relación a otros antecedentes de estudios de suelo a partir de fines de la década del 90', se realizaron numerosos trabajos de relevamiento de suelos a escala de detalle (1:10.000 a 1:5.000), sobre unidades de tierra relativamente chicas (<2000ha). Estos estudios de suelo fueron mayoritariamente financiados por privados (encomendados a consultoras agropecuarias) y en menor medida con fondos asignados a proyectos de investigación estatales (Godagnone et. al. 2010); (Morras H. 2010); (Silva Rossi M. 2014). Los mismos estuvieron enfocados a satisfacer demandas de los diseños agronómicos de los equipos de riego presurizados y a la planificación de manejo sustentable del suelo (agricultura por ambientes).



Fig. 6. Mapa de suelos de la Provincia de La Rioja.

El presente capítulo tuvo como propósito generar una capa de información de la composición físico-química de los suelos que fue utilizado como una de las capas de información de cualidades de la Tierra para generar los mapas de Aptitud específica para frutales. El área de estudio relevada alcanza a 3 valles de gran interés por su potencial productivo en lo que respecta a cultivos de frutales como Olivo, Vid, Nogales, Pistachos, Almendro y Pecán, entre otros. El mapa elaborado para este estudio tiene la particularidad de que fue planificado y estructurado para generar, más que un mapa taxonómico de suelos, un mapa de ambientes edáficos donde a cada uno de ellos se le pueda asignar un nivel de aptitud general para uso agrícola. Como ventaja adicional podemos destacar que se recopilaron datos de suelo inéditos en sitios que no fueron alcanzados por estudios anteriores y que hoy adquieren relevancia por su posición en el paisaje y por la

accesibilidad actual a tecnologías de riego y manejo de cultivos que permiten explotar su potencial.

Por nivel de aptitud de un suelo se entiende a la magnitud de limitantes en sus propiedades físico-químicas que pueda tener considerando un uso agrícola asociado a producción frutícola en general. A modo de ejemplo se considera que un ambiente edáfico es Muy Apto para el cultivo de frutales cuando no presenta limitaciones de significancia que puedan reducir el potencial productivo de los mismos.

Breve descripción de las áreas estudiadas

Valle de Bermejo

El valle de Bermejo, está situado entre la Sierra de Famatina y la precordillera de Los Andes. Constituye una depresión de origen tectónica, asimétrica, de dirección Norte-Sur, atravesando los Departamentos de Vinchina al Norte y Coronel Felipe Varela al Sur; el valle es considerablemente ancho y se ensancha aún más hacia el sur. Su altitud media varía entre 1.200 y 1.900 m.s.n.m. El principal curso de agua permanente es el Río Bermejo de origen nival con nacimiento en la zona de Jagüé. Su régimen es de primavera-verano, con grandes oscilaciones de caudal (Atlas Total, 1982). Recibe varios afluentes, entre ellos el río de Oro, descendiendo en forma de torrente a lo largo de una fuerte pendiente hasta el bolsón del Jagüé, Recorre todo el valle de Norte a Sur y provee de agua de riego a las localidades de Vinchina, Villa Castelli, Villa Unión, Los Palacios y Pagancillo. Los excedentes continúan hacia el sur ingresando a la provincia de San Juan.

Desde Villa Unión hacia el suroeste y a través de la Ruta 40 se llega al Valle de Guandacol que es una depresión cuaternaria donde se encuentra la Sierra de Maz al Norte y la Sierra de Punilla al Oeste. Entre la Sierra de Maz y la Sierra de Punilla se encuentra Guandacol a una altitud de 1.050 msnm. El riego se abastece principalmente de los Ríos La Troya y Guandacol.

La vegetación presente es propia de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Cabrera 1976). La distribución es poco densa, xerófila, y con predominio de especies arbustivas y espinosas. En áreas húmedas aparecen árboles y arbustos como *Prosopis sp.* (algarrobos blancos y negros), *Goeffrea decorticans* (chañar), *Cercidium praecox* (brea) y *Bulnesia*

retama (retamo). Hacia las pendientes montañosas y conos aluviales se sitúan plantas del género *Larrea sp.* (jarilla). En ambos valles los cultivos que predominan son vid y olivo y en menor grado frutales de carozo, alfalfa y pasturas perennes.

Valle de Antinaco-Los Colorados.

En este valle se encuentra la ciudad de Chilecito, al pie del Famatina. El departamento, elevado a 1.100 msnm y a 200 Km de la ciudad de La Rioja, representa el polo productivo más importante de la provincia.

Esta sección de relevamiento integra una amplia zona cuya extensión aproximada es de 128 km de largo x 28 km de ancho (en su parte más extensa), y se extiende a través de los departamentos Famatina, Chilecito e Independencia, en su extremo Norte. Este valle se extiende entre la sierra de Famatina (6.100 msnm) al Oeste y la sierra de Velasco (4.100 msnm), al Este, formaciones que están dispuestas en forma aproximadamente paralelas con dirección predominante Norte-Sur. En el extremo Norte del área de estudio considerada lo establece la localidad de Alpasinche sobre RN60 y el sur Los Mogotes (Colorados) ubicado a unos 32 km al noroeste de la Localidad de Patquía sobre RN74. A los fines prácticos se incluyó en esta área de trabajo a los pequeños Valles de Famatina y Sañogasta-Guanchín.

El mencionado corredor intermontano es también, en esencia, una gran depresión tectónica y drenaje endorreico, delimitada por bloques de roca cristalina en montañas que alcanzan altitudes entre 2000 y 5000 metros sobre el nivel del mar. Espesos depósitos aluvionales que alcanzan, en algunos sectores, una profundidad de 400 metros son el relleno de estas depresiones. Sumado a esto, la zona de escurrimiento del río cuenta con importantes depósitos de aguas subterráneas (Rosa & Mamaní, 2000), lo que hace que sea atractiva para fines de producción agrícola de mediana a gran escala. Aunque hidrográficamente es un sistema endorreico, las posibilidades de utilización de las aguas superficiales y las potentes napas subterráneas, han permitido el desarrollo de una agricultura promisorio.

El corredor Agro-productivo está ubicado en las localidades de Tilimuqui, Aminga, Malligasta, Nonogasta, Vichigasta y finalmente, más al sur, en Catinzaco. La viticultura y olivicultura representan las actividades más difundidas en dicho corredor. Sus actividades

agrícolas dieron origen a productos consagrados mundialmente. La Región es la cuna de la variedad de uva conocida como Torrontés Riojano, que es un tipo de uva blanca única en el mundo. Chilecito, a principios de siglo pasado, fue uno de los centros económicos más importantes del país. Esto lo llevó a tener la primera sucursal del Banco de la Nación Argentina, la cual fue fundada en lo que hoy es el centro urbano de la ciudad, ya que gran parte de la economía Argentina en esos tiempos, estaba relacionada con la actividad minera del Famatina.

Hacia el Sur de Catinzaco, las tierras pierden productividad por dos factores: alto riego de erosión eólica y salinización. Sucede que la pendiente general del terreno se reduce, haciendo que los eventuales escurrimientos superficiales de toda la cuenca sea mayor y que los suelos productivos estén circunscriptos a una delgada faja que copia el faldeo oriental de la sierras. La (Fig. 7) muestra un ambiente degradado con las problemáticas recién mencionados. Los terrenos se salinizan por la proximidad de la napa freática, esto conlleva a pérdida de cobertura vegetal lo que trae a su vez como consecuencia erosión eólica generalizada.



Fig. 7. Obs 45 (29°42'S- 67°17'O)- Ambiente degradado por salinidad zona Sur del Valle Antinaco-Los Colorados.

Los suelos corresponden mayoritariamente a los Ordenes Entisol y Aridisol, caracterizados por un predominio de material de textura franco arenosa, arenosa (con abundantes clastos en áreas de conos aluviales), muy permeables, de profundidad variable, con escaso a nulo desarrollo del perfil, sin estructura, muy pobres en materia orgánica.

De acuerdo a la clasificación de Köppen el clima del valle es de tipo (B.S.h.w) desértico, seco, cálido, con notable amplitud térmica anual. Las lluvias son escasas y

concentradas en sus dos terceras partes, en verano (diciembre-marzo). El invierno se manifiesta como seco y de temperaturas moderadas (Sosa, 2000). Los promedios anuales de precipitación oscilan entre 100 y 200 mm. Los máximos y mínimos promedios de temperaturas son 25°C y 10°C, respectivamente (PASMA - Pcia. La Rioja, 2001). Los principales ríos que surcan el valle son Capayán, Los Sarmientos, Trinidad y Vichigasta, estos provienen de la Sierra de Famatina.

El tipo de vegetación dominante es la estepa de arbustos esparcidos, caracterizado por plantas leñosas bajas, muy ramificadas desde la base y con alturas de entre 1-4, 5 m (Varela, obs. pers.). La composición de especies es característica de la Provincia Fitogeográfica del Monte (Cabrera, 1994), con gran uniformidad florística y predominio de jarilla (*Larrea Cuneifolia*) y la retama (*Bulnesia Retama*) (Varela, Obs. pers.). En el extremo sur del valle, donde confluyen las aguas de ríos y arroyos que drenan de las grandes Sierras, la vegetación es heterogénea debido a la presencia de comunidades de halófitas y especies que ingresan del Chaco árido (Varela & Jaime, 2010).

Valles del Este

Geomorfológicamente la costa integra dos ambientes bien contrastantes, el de piedemonte correspondiente al faldeo oriental de la Sierra de Velasco y el de llanuras deprimidas con depósitos fluvio-eólicos del valle de Aimogasta.

El valle está emplazado en los Departamentos de Arauco, Castro Barros y Sanagasta. Las localidades, distribuidas de norte a sur, son Bañado de los Pantanos, Aimogasta, ambos sobre la llanura fluvio eólica y San Pedro, Anjullón, Los Molinos, Anillaco, Aminga, Animán, Chuquis, Pinchas, Agua Blanca y El Huaco, ubicadas en el faldeo oriental del Velasco.

La fruticultura de este valle está históricamente representada por el cultivo de Olivo destinado a conserva (Zonas de Aimogasta y Villa Mazán) y por el cultivo industrial de jojoba (*Simmondsia chinensis*), donde la zona norte de este valle, concentra casi la totalidad de la superficie cultivada en Argentina. En la zona sur el desarrollo agropecuario en general es poco significativo, encontrándose cultivos de Olivo (Anillaco), de Vid (Aminga) y de Nogales (Huaco) en pocas unidades productivas.

Actividades desarrolladas

Trabajos previos en gabinete.

El estudio de suelos se llevó a cabo durante gran parte del año 2017. El trabajo previo de gabinete resultó indispensable para planificar las salidas a campo. En esta etapa se inspeccionan las áreas en búsqueda de rutas y caminos secundarios, centros urbanos, terrenos cultivados, áreas fabriles y cualquier otro detalle que pueda ser útil para organizar las misiones de relevamiento de suelos. A continuación, se procedió a elaborar una imagen topográfica de cada zona a los fines de identificar, a grandes

rasgos, los diferentes ambientes edáficos. A modo de ejemplo, la (

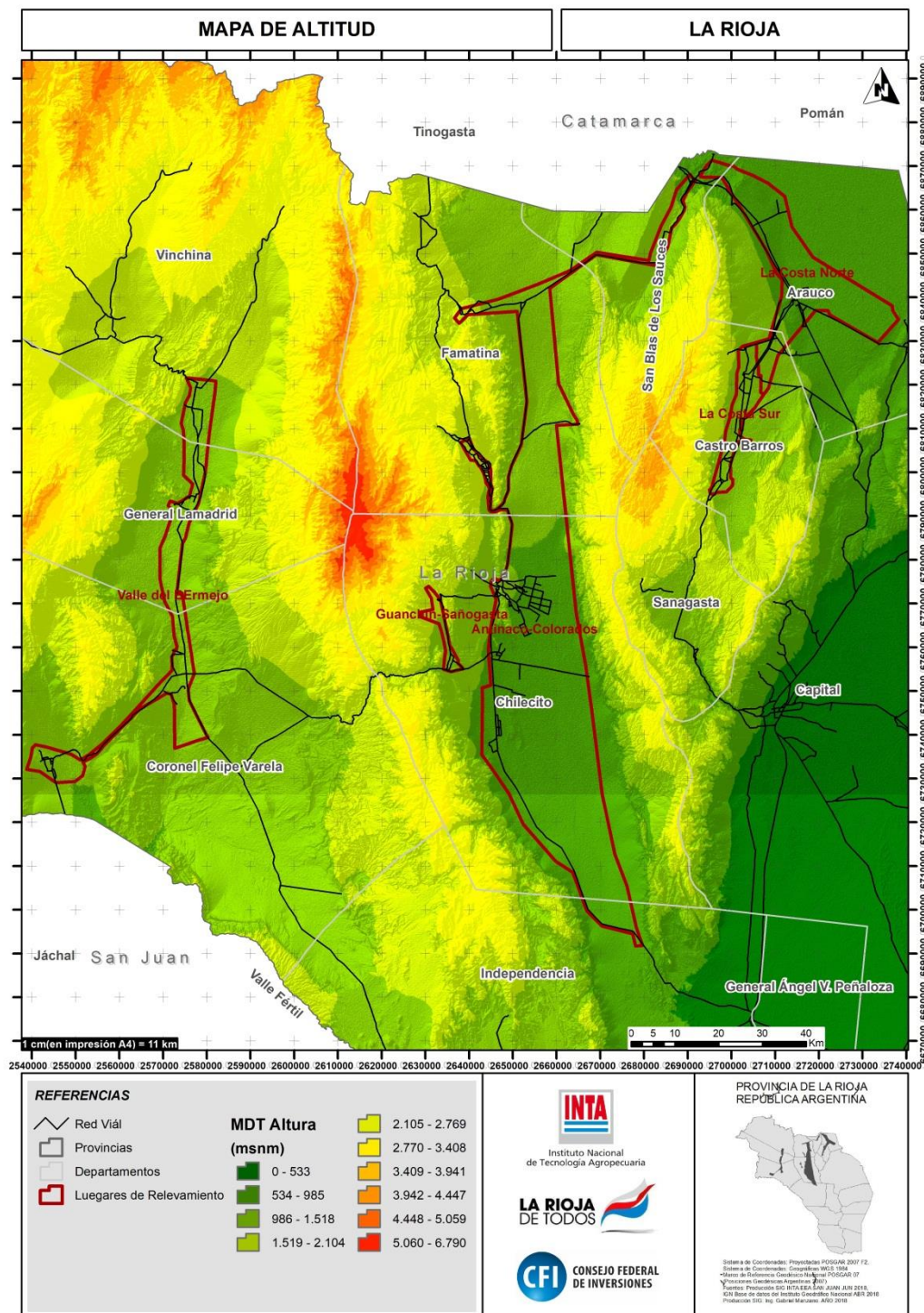


Fig. 8) presenta un mapa topográfico del Valle del Bermejo.

Las imágenes de alta resolución hoy disponibles y los programas de acceso libre constituyen herramientas que simplifican la labor de reconocimientos de ambientes. En la tercera etapa de gabinete se estableció y armó una planilla, con los sitios a visitar y se cargaron las coordenadas de los mismos en un dispositivo GPS.

Finalmente, como fuera reportado en los informes de avance, la estrategia de abordaje del estudio tuvo como pilar fundamental la participación de personal técnico especializado que se desempeñan en las Agencias de Extensión Agropecuaria (AER) de Villa Unión, Chilecito y Aimogasta del INTA. Fue muy importante contar con apoyo de los referentes territoriales para tener una logística eficaz ya que hay que recorrer mucha distancia en pocas jornadas de campo. Los técnicos de las AERs colaboraron con la apertura de calicatas en sitios donde ellos consideraban que se encuentran suelos representativos de cada valle.

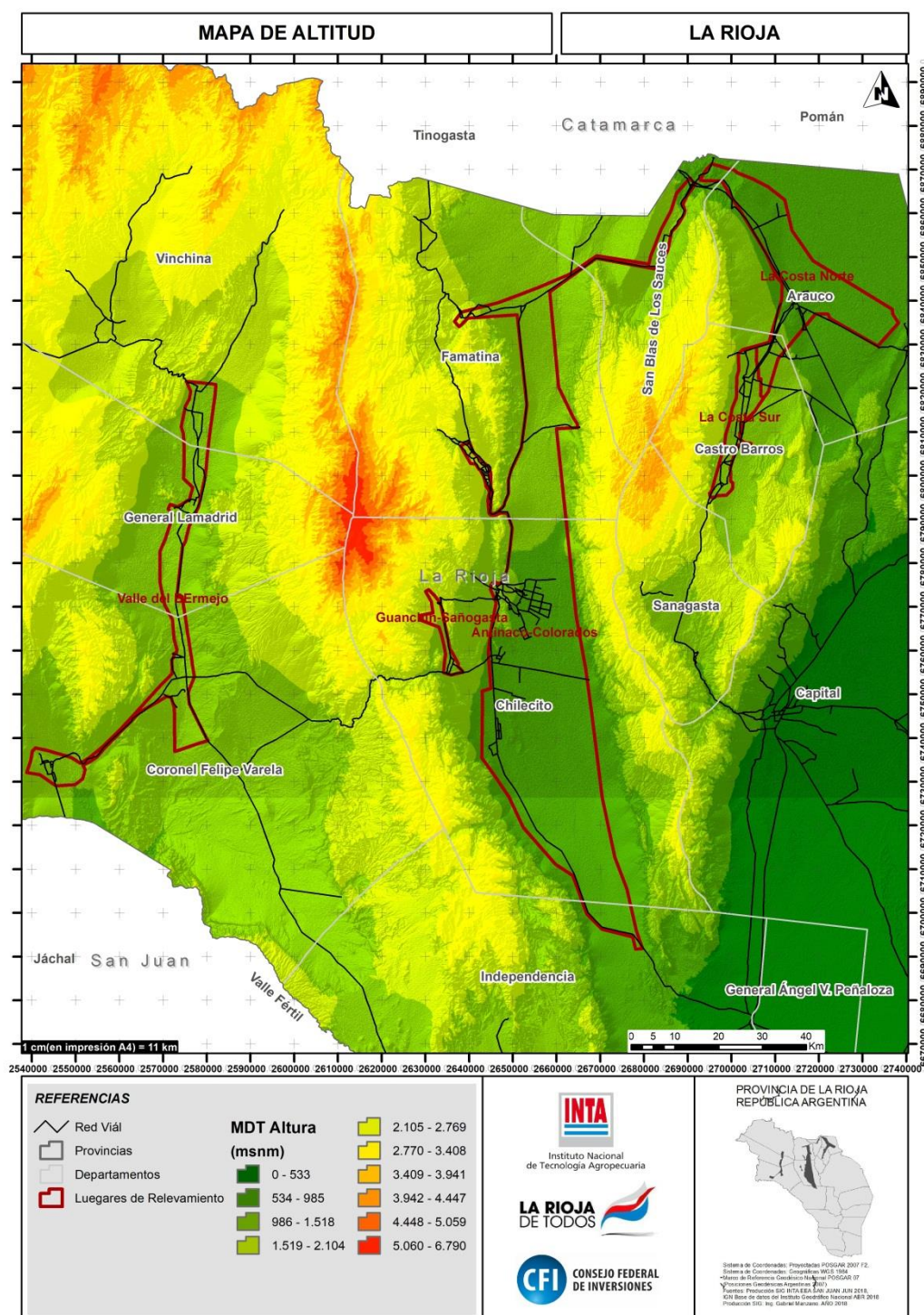


Fig. 8. Mosaico altitudinal del Área de Estudio.

Trabajo de campo

El trabajo de reconocimiento, descripción y clasificación de los suelos presentes en el área de estudio fue efectuado entre enero y noviembre de 2017. En total se realizaron ocho giras o salidas al campo. La duración promedio de cada una fue de 4 días. El total de

observaciones realizadas fue de 280, de las cuales 233 correspondieron a barrenados y los 47 restantes a calicatas. En cada sitio visitado se registró nombre del propietario o zona, localidad, uso actual del terreno, tipo de suelo, vegetación natural, malezas, riesgo de erosión, cobertura, rocosidad, entre otros. Todos los sitios fueron geo-referenciados en coordenadas geográficas, además se tomaron una serie de fotografías que acompañaron a la ficha técnica. En la medida que fuera posible, se realizaron entrevistas a productores (Fig. 9) para obtener valiosa información sobre adaptación de ciertos cultivos al lugar; también sobre las fuentes de agua de riego utilizadas para riego, nivel de tecnificación del manejo de cultivos, necesidades de obras públicas, entre otras.



Fig. 9. Visitas, entrevista a productores locales junto con técnico de la Agencia de extensión. Los Palacios, Va. Unión.

Tanto en las zonas serranas con relieve irregular y pendientes fuertes, como en sectores aledaños a los cauces, la densidad de observaciones fue baja respecto a otros sectores donde había indicios claros de actual o futuro uso de tierras. Fuera del área cultivada y para cotejar el ambiente con las imágenes satelitales, es común efectuar observaciones de lugar para tener un registro de ambientes incultos.

Referido al tipo de muestreo de suelos los tipos de levantamiento de datos fueron:

- Observaciones de lugar: Se registran datos de ambiente general (paisaje, vegetación, presencia de rocosidad, degradación/erosión, etc.). No se toman muestras de suelo. (Fig. 10).



**Fig. 10. Observaciones de lugar en planicie fluvio-eólica. Los Palacios, Va. Unión
Lat 29° 22' Lon 68° 15'**

- Calicatas: Se trata del tipo más detallado de levantamiento de información. Las calicatas (pozos para observación de perfil), permiten evaluar finamente el suelo en cuanto a espesor de capas, presencia de carbonatos, endurecimientos, etc.). (Fig. 11)



Fig. 11. Descripción del perfil en calicatas. Perfil VU1 - Banda Florida Villa Unión.

- Barrenados: Es el tipo más común de levantamiento de información por la practicidad que tiene. No permite descripciones detalladas de los perfiles, pero si ofrece información general de buena calidad y permite muestrear suelos (Fig. 12) y (Fig. 13).



Fig. 12. Descripción de suelos mediante barrenado en parral (sitio PA 4).



Fig. 13. Descripción del perfil de suelo con pala barreno bajo un viñedo. Los Palacios, Villa Unión.

- Cárcavas: Permite hacer descripciones tan detalladas como mediante la apertura de calicatas solo que en este caso su utilidad esta solo restringida a bajadas de creciente o vías de escurrimiento. (Fig. 14)



Fig. 14. Descripción del perfil de suelo en pared de cárcava natural. V. Castelli (VC7).

El

Cuadro 2 resume la cantidad de observaciones de suelo realizadas por zona. Toda la información relevada de cada sitio con su correspondiente perfil de suelos y coordenadas de ubicación se presenta en el Anexo II.

En la medida que se iban completando los relevamientos, la información obtenida se fue cargando en un SIG en el cual luego, con líneas y/o polígonos se fueron separando los distintos suelos hasta cubrir toda el área seleccionada de cada valle. Aquellos sectores que generaban dudas fueron visitados con posterioridad para que no queden áreas dudosas en el mapa.

Cuadro 2. Observaciones de suelo en los valles relevados

Valle/Zona	Departamentos	Principales localidades	Observaciones de suelo		
			Barrenados	Calicatas (*)	Total
Bermejo	Vinchina, Gral Lamadrid y Coronel Felipe Varela	Vinchina, Villa Castelli, Banda Florida, Los Palacios, Pagancillo	37	11	48
Guandacol	Coronel Felipe Varela	Guandacol, Santa Clara	13	2	15
San Blas de los Sauces	San Blas de los Sauces	Alpasinche, Champihuasi, San Blasito, Salicas, Cuipan, Chuquis	13	2	15
Famatina	Famatina	Pituil, Chañarmuyo, Famatina	13	3	16
Antinaco-Los Colorados	Famatina, Chilecito	Antinaco, San Nicolás, Los sarmientos, Tilimuqui, Malligasta, Anguinan, Malligasta, Vichigasta, Catinzaco, Los colorados	102	15	117
Guanchín, Sañogasta	Chilecito	Guanchín, Sañogasta	14	3	17
Aimogasta-Villa mazán	Arauco	Aimogasta, Villa Mazán, Bañado de los Pantanos	24	7	31
La Costa	Castro Barros-Sanagasta	San Pedro, Anjullón, Los Molinos, Anillaco,	20	4	24

		Aminga, Pinchas, La Calera y el Huaco			
Total			233	47	280

(*) Corresponde a pozos excavados de 1,50 x 0,80 x 1,30 m y/o la descripción del perfil en cárcavas naturales de erosión hídrica.

Análisis de laboratorio

Las muestras de suelo extraídas en campo fueron remitidas al Laboratorio de Suelos de Estación Experimental del INTA San Juan a los efectos de realizar diferentes análisis de los parámetros físico-químicos del suelo. Es preciso mencionar que no todos los sitios visitados cuentan con información de respaldo del laboratorio, esto se debe a que hay zonas donde los suelos son muy homogéneos y cuando caen dos o más observaciones con similares descripciones de perfil, se elige uno de estos puntos como sitio Modal o representativo y sobre él se hacen los análisis.

Sobre las muestras ingresadas al laboratorio (Fig. 15), se efectuaron determinaciones ya definidas en campo. Según el ambiente y uso actual de terreno visitado (cultivado, Inculto nivelado o inculto), fueron definidas las determinaciones a solicitar. La profundidad de muestreo fue en general, hasta los primeros 50 cm de profundidad. El

Cuadro 3 resume las determinaciones analíticas realizadas en las tres áreas relevadas.

Cuadro 3. Cantidad análisis físico-químico de suelos

Valle /Zona	Textura	CEe y pH	N-P-K
Bermejo-Guandacol	12	39	9
San Blas de los Sauces	4	10	4
Famatina	4	10	6
Antinaco-Los Colorados	9	75	33
Guanchín -Sañogasta	1	7	3
Aimogasta-Villa Mazán	11	19	9
La Costa	4	11	5
Total	45	171	69

Como análisis imprescindibles consideramos los siguientes:

- Composición textural por el método de Volumen de sedimentación (Vs) (NIJENSOHN y PILASI 1962).
- Conductividad Eléctrica específica en extracto de saturación (CEe) (U.S. Salinity Laboratory Staff 1962).
- pH por vía potenciométrica (JACKSON 1964).
- Nitrógeno Total (N). Oxidación húmeda por el método Kjeldahl (BREMNER, 1960).
- Fósforo disponible (P) mediante la técnica Arizona con extracción carbónica relación 1:10 (MC George 1939).
- Potasio intercambiable (K) se cuantificó con acetato de amonio 1N pH 7 (PRATT 1954).
- Contenido de gravas (%) efectuado en aquellos casos que las muestras correspondían a suelos de matriz muy pedregosa con torre se zarandas y cribas.

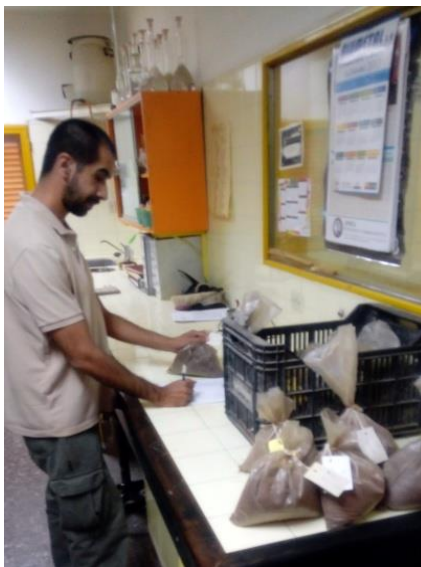


Fig. 15. Ingreso de muestras al Laboratorio para determinaciones analíticas

4. Caracterización meso-climática: diseño e instalación de una red de observación.


Dentro del área seleccionada se definió un relevamiento de aproximadamente 1 sensor térmico cada 5000 ha, dando un total de 80 sensores. Para la evaluación meso-climática se diseñó una distribución de los mismos según nivel de cota. Se buscó una distribución representativa de la ASNM que permitiese un correcto relevamiento del comportamiento de las masas de aire durante todo el año.

La posición geográfica de los sensores se realizó a gabinete, los cuales fueron ubicados originalmente buscando lugares con acceso y preferentemente cercanos a casas o fincas, quienes pudieran resguardar la integridad de los mismos. Una vez en terreno, se definió la posición final de acuerdo a criterios de seguridad y de baja interferencia externa, buscando que el nivel de cota no variase significativamente.

Elección del tipo de sensor

Se adquirieron sensores con registro y de amplio rango térmico (Cuadro 4). Los mismos se configuraron previo a su instalación con una resolución de 0,05 °C y una frecuencia de lectura de: 1 lectura cada 30 minutos. Con esta frecuencia, la memoria interna se llena cada 60 días, pero por una cuestión de seguridad de obtención de la información registrada, cada 45 días se irá al campo bajar los datos.

Cuadro 4. Características de los sensores utilizados.

Modelo	Rango Térmico	Precisión	Resolución	Valores/ Lecturas	Frecuencia de registro
iButton - DS1922L 	-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

Construcción de porta sensores

Los porta sensores consisten en un tutor de 2,5 pulgadas de diámetro por 1,8 metros de largo con un sombrerete camuflado atornillado en una de las puntas del mismo (Fig. 16), el cual se entierra 30 cm, quedando el sensor a 1,5 metros. El sensor queda localizado en el “holder” y esté colgado en un tornillo, totalmente cubierto del sol directo.



Fig. 16. Dispositivo casero porta Sensor.

Instalación de Sensores.

Para instalar los sensores, se ubicó el punto deseado en un GPS navegador y se condujo hasta el sitio en cuestión, o lo más cercano posible. Una vez allí, el criterio de instalación fue el siguiente:

-En zonas productivas: se eligieron cultivos que no interfiriesen sensiblemente en la temperatura del lugar. Los sensores se ubicaron distantes de cortinas forestales, y preferentemente en zonas de libre paso de aire, como callejones Este-Oeste, o esquineros, siempre que no dificulte el paso de maquinaria. A los fines de salvaguardar el dispositivo, en cada sitio seleccionado se le explicó al personal de la finca los objetivos del trabajo y los detalles del sensor. Además se le entregaron los datos de contacto del equipo para mantener informado de cualquier eventualidad (robo, rotura, necesidad de cambio de sitio, etc). A modo de ejemplo se muestra la instalación de un sensor en un establecimiento productor de nogales, ubicado en Chañarmuyo, Dpto. Famatina, La Rioja (Fig. 17).

-En zonas no productivas: se buscaron terrenos de relieve plano a ondulado sin muchas perturbaciones. Los porta-sensores se colocaron lo más distanciados posible de árboles y arbustos nativos, excepto en lugares donde era prioridad esconderlos de la vista (para evitar robo o daño).



Fig. 17. Operativo de Instalación y breve capacitación al personal de la empresa.

A continuación se detalla la posición final de los sensores colocados en el Valle del Bermejo (Fig. 18), Valle de Antinaco-Los Colorados (Fig. 19) y en el Valle del Este (Fig. 20).

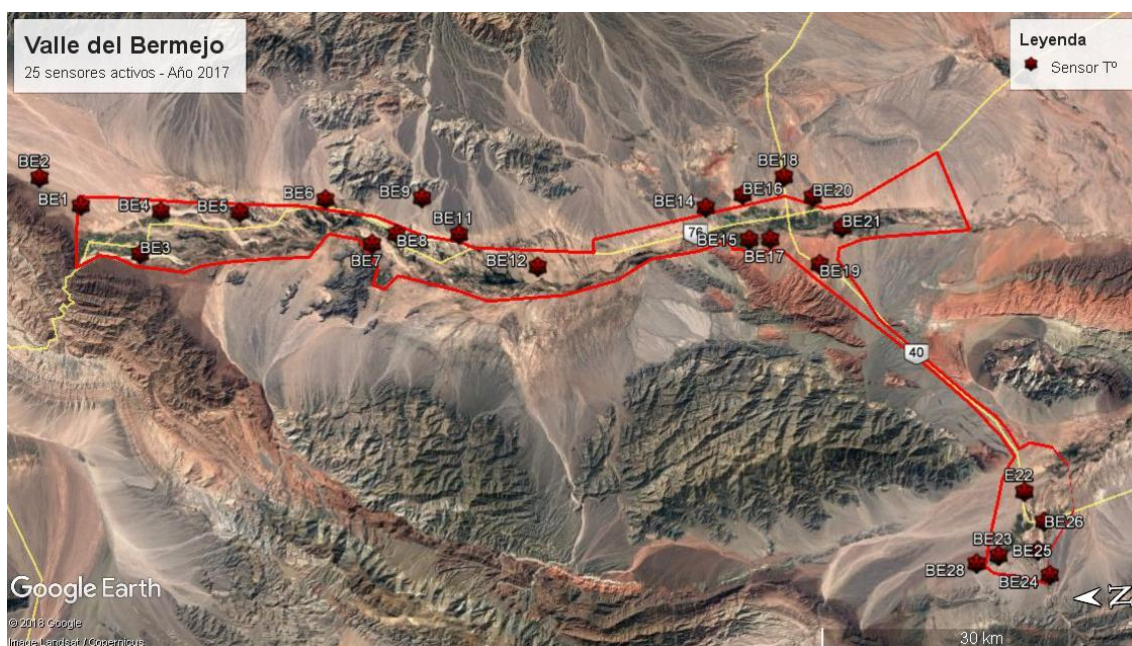


Fig. 18. Posición real de los sensores del Valle del Bermejo: los iconos rojos indican la posición geográfica real de los sensores.

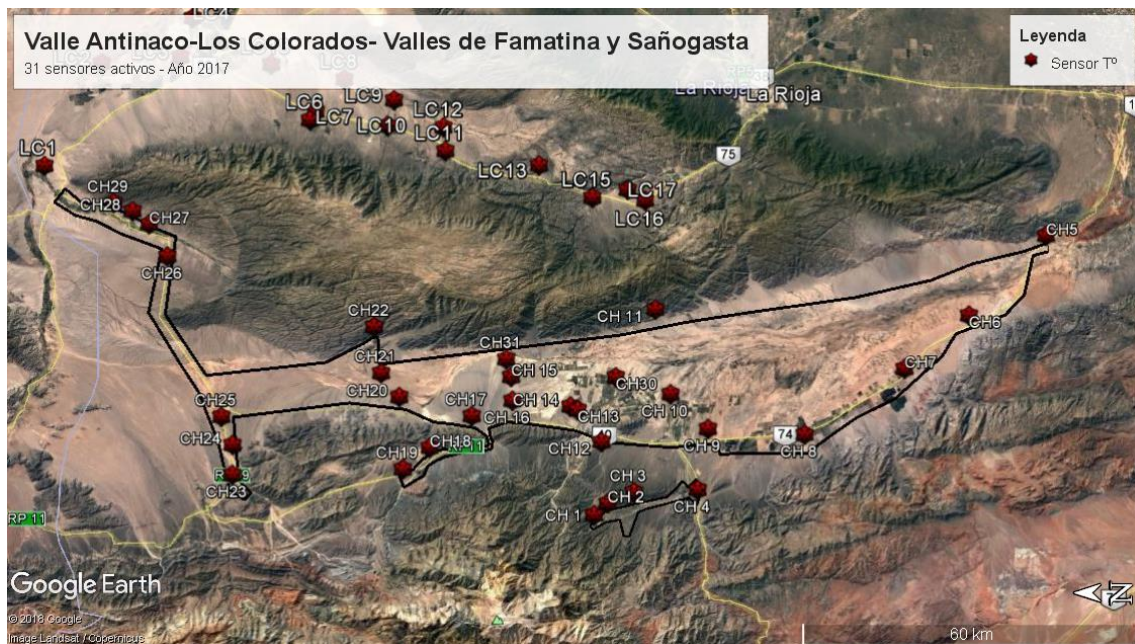


Fig. 19. Posición real de los sensores en el valle de Antinaco-Colorados: los iconos rojos indican la posición geográfica real de los sensores.



Fig. 20. Posición real de los sensores del Valle del Este: los iconos rojos indican la posición geográfica real de los sensores.

Lectura de sensores y recopilación de datos.

Los sensores ubicados en los tres valles fueron relevados en las siguientes fechas:

- 16/4 al 26/4 de 2017.
- 22/6 al 1/7 de 2017.
- 24/8 al 4/9 de 2017.
- 13/10 al 22/10 de 2017

Durante cada lectura se recorrieron unos 4.000 km, aproximadamente. En general se encontró en buen estado de conservación los sensores y en casos muy puntuales se perdió el punto de medición por desaparición del termógrafo o por caída del poste. En esos casos se repuso la unidad sensora de temperatura (Fig. 21).



Fig. 21. Método de lectura de sensores en campo.

Los datos recopilados fueron descargados en un archivo compartido de Dropbox para la posterior depuración y análisis del experto climatólogo.

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

La evaluación agro-ecológica de las tierras constituye una poderosa herramienta de gestión pues ayuda a articular con otros organismos, acciones sobre el territorio con el fin de propiciar un uso y manejo sostenible de la tierra. Involucra no solo a la información de suelos sino también precisa información adicional de clima y aspectos agronómicos que rodean la producción. En rigor, este instrumento permite predecir los efectos positivos o negativos del uso y gestión de la tierra.

Metodológicamente la evaluación llevada a cabo en este estudio consistió en comparar los requisitos de un determinado frutal (olivo, almendro, nogal, etc.), con las cualidades que la tierra tiene en un sitio específico (SE), del área relevada en cada valle.

Para generar la matriz de SE se procedió a confeccionar en soporte QGIS 2.6.1, una grilla o cuadrícula Punto-Altura para formar una retícula cuadrada de 500 x 500 m de lado. En cada vértice de las celdas obtenidas, se fijaron puntos con su respectivo X; Y y Z los cuales serán, en adelante, los SE para cada valle relevado. Una vez concluidos los mapas de ambientes edáficos y los análisis de variables climáticas, la información resultante se cargó como atributos en cada SE. El siguiente paso consistió en asignar el nivel a cada variable estudiada según el cultivo que se esté estudiando. La variable climática puede asumir valores de nivel entre 1 y 4, siendo 1 la situación más favorable es decir que la variable climática responde perfectamente a las necesidades del cultivo de interés correspondiendo la calificación MUY APTO, mientras que 4 indica que el comportamiento de la variable no se ajusta con las necesidades del cultivo en ese SE, por lo cual califica como NO APTO CONDICIONAL. Una quinta categoría que no requiere procesamiento está formada por aquellos SE que coincidan con áreas urbanas, serranías, barrancos y rios o vías de escurrimiento. Estas limitaciones irreversibles fueron directamente clasificadas como NO APTO PERMANENTE en los mapas de salida.

INDICE o NIVEL DE APTITUD	Interpretación	Color asignado
1	MUY APTO	VERDE OSCURO
2	APTO	VERDE CLARO
3	APTO MARGINAL	AMARILLO
4	NO APTO CONDICIONAL	ROJO
-	NO APTO PERMANENTE	GRIS OSCURO

Este procedimiento se realizó para todas las variables estudiadas de modo tal de que cada una tuviera su nivel. Seguidamente se procedió a generar una valoración global del SE para cada una de las especies frutales consideradas en el proyecto. Para obtenerla se generó una ecuación paramétrica ponderada denominada Índice de Aptitud (IA) y constituida con la siguiente estructura:

$$IA = (FC\alpha * \alpha + FC\beta * \beta + FC\gamma * \gamma + S\delta * \delta)$$

Donde:

IA: Índice de aptitud para un cultivo determinado

FC: Factor climático

S: Factor Suelo

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$: peso ponderado del factor (entre 0 y 1)

Una vez obtenido el IA de cada especie frutal evaluada para todos los SE de cada valle, se procedió a elaborar los mapas de Aptitud para uso específico. Cada IA tiene su correspondencia en color de modo de obtener, con herramientas de SIG, una capa coloreada cuya extensión cubra la totalidad de cada polígono o área del valle relevada. En sintonía con los estudios que anteceden al presente, fueron establecidos los siguientes colores.

Clases de Aptitud. Definiciones:

Las clases indican la aptitud relativa o el grado de aptitud de una unidad de tierra para un determinado sistema de utilización. A grandes rasgos es posible decir que una tierra es APTA cuando los beneficios derivados de su uso, bajo manejo sustentable, superan los costos de producción. En tanto que una tierra se considera como NO APTA cuando por la rigurosidad del clima, escasez de agua de aceptable calidad, suelo poco

profundo, susceptibilidad a erosión hídrica y eólica, entre otras, se hace técnicamente impracticable desarrollar un cultivo ya que el valor de los beneficios esperados no justifica los costos de los insumos que serían necesarios.

Dentro de las tierras Aptas se presentan niveles o Clases de Aptitud que se diferencian por la magnitud de las limitaciones:

Nivel 1 = Muy apta. Tierras que presentan limitaciones de menor cuantía que no afectan la productividad ni aumentan considerablemente los costos. Con un manejo conservacionista del suelo se puede alcanzar el máximo potencial de rendimiento del cultivo.

S2 = Apta. Limitaciones moderadas que reducen los beneficios o implican inversiones (labranzas complementarias, cultivos de cobertura) de mediana envergadura. Pero por los beneficios se justifica con creces destinarla a producción.

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 de las tierras NO APTAS, es posible también reconocer dos categorías o niveles:

N1 = No apta condicional. Tierras cuyas limitaciones podrían eliminarse con medios técnicos o insumos, pero que estas modificaciones en la actualidad son impensables.

N2 = No apta permanentemente. Limitaciones graves, de índole generalmente física, que se suponen insalvables a largo plazo. Constituyen las llamadas tierras misceláneas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6. Diagnóstico de situación del recurso hídrico

A continuación, se presenta un resumen de datos antecedentes y los resultados de los relevamientos efectuados a campo desde enero a junio de 2017 para agua superficial y subterránea.

Recursos hídricos superficiales

Cuenca Antinaco-Los Colorados

En el Cuadro 5 se presentan los antecedentes de caudales para diez de once puntos aforados en el presente estudio. La información antecedente se obtuvo de aforos efectuados por el Ing. Volpi (Agua y Energía) y publicados por Sosic (1971). Además, se suman datos estadísticos publicados por Subsecretaría de Recursos Hídricos de la República Argentina (SRH) (1997). También se suman aforos puntuales realizados por Sosic en el año 1961 y publicados en Sosic (1971).

Cuadro 5. Datos antecedentes de caudales en ríos y vertientes de la Cuenca Antinaco-Los Colorados

Punto	Tipo de dato	Fecha	Caudal l seg ⁻¹	Fuente
Río Antinaco	Q en estiaje	1937-52	16	Agua y Energía (Sosic, 1971)
	Q medio anual	1917-22	769	Volpi, C.A. citado por Victoria 1961
Río Amarillo	Q en estiaje	1937-52	681	Agua y Energía (Sosic, 1971)
	Q medio anual	1940-82	782	Agua y Energía (EVARSA 1997b)
Vertiente Plaza Vieja	Q en estiaje	1937-52	36	Agua y Energía (Sosic, 1971)
	Q medio anual	1917-22	1.051	Volpi, C.A. citado por Victoria 1961
Río Oro	Q en estiaje	1937-52	498	Agua y Energía (Sosic, 1971)
	Q medio anual	1970-82	1.190	Agua y Energía (SRH, 1997b)
	Q medio anual	1917-22	677	Volpi, C.A. citado por Victoria 1961
Río Miranda	Q en estiaje	1937-52	240	Agua y Energía (Sosic, 1971)
	Q medio anual	1967-81	531	Agua y Energía (SRH, 1997b)
Vertientes del Bosquecillo	Q en estiaje	1937-52	201	Agua y Energía (Sosic, 1971)
Río Pismanta	Q en estiaje	1937-52	11,8	Agua y Energía (Sosic, 1971)
Río Manzano	Q en estiaje	1937-52	63,2	Agua y Energía (Sosic, 1971)
Vertiente Los Altos	Aforo puntual	20/10/1961	15,0	Sosic, 1971
Vertiente Chima	Q en estiaje	1937-52	14,0	Agua y Energía (Sosic, 1971)

En el Cuadro 6, se presentan los aforos y calidades determinadas en el territorio de la principal cuenca agropecuaria de la provincia de La Rioja, Antinaco-Los Colorados. Los aforos se realizaron principalmente en los ríos y vertientes del Faldeo Oriental de las Sierras de Famatina y sólo un río (Antinaco) corresponde al drenaje del Faldeo Occidental de las Sierras de Velasco. En la (Fig. 22) se presenta la localización de los puntos de muestreo. Las tareas de aforo se realizaron en marzo de 2017, donde los caudales de los ríos se encuentran por encima de la media ya que en dicha época aún se registran precipitaciones en el área. La suma total de aforos (ríos y vertientes) indica un caudal de 3.948 l seg^{-1} , de este total, el 83 % corresponde a los caudales de los principales ríos, Oro, Amarillo y Miranda.

Las vertientes utilizadas para riego erogan caudales muy bajos pero que se mantienen relativamente constantes a lo largo del año, en total suman un caudal de 101 l. seg^{-1} .

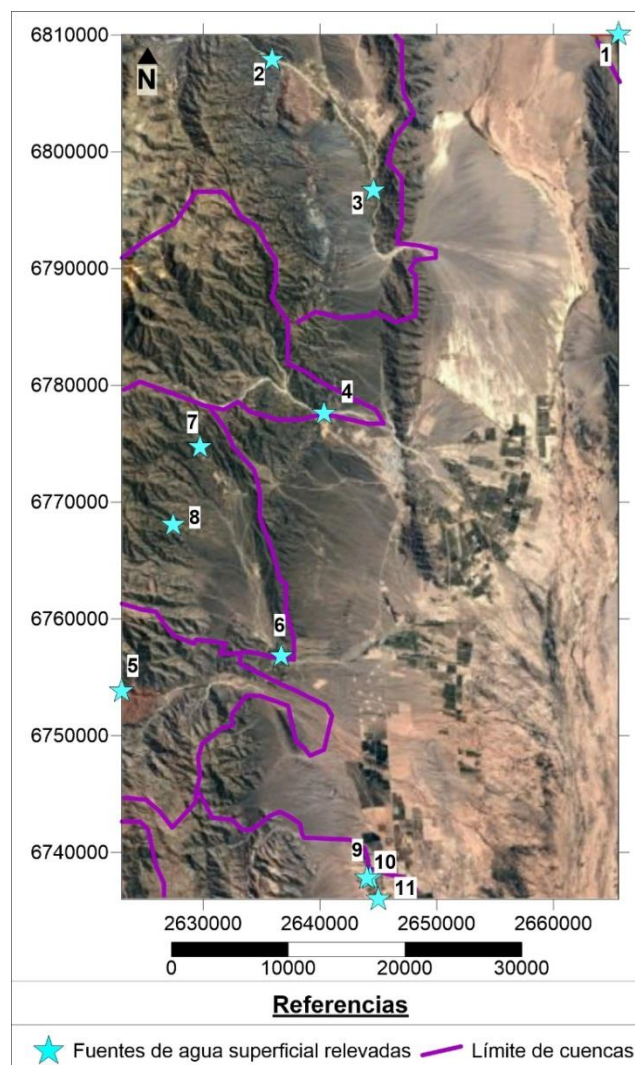


Fig. 22. Puntos de aforo y toma de muestras en Cuenca Antinaco-Los Colorados.

Respecto a la calidad de las aguas, los Ríos Amarillo y Oro presentan pH ácido (<5) y su conductividad varía entre 730 y 510 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente. Existen estudios antecedentes que indican que dichos pH alcanzan en estiaje 3,8 y las conductividades por encima de 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ con presencia de metales pesados y metaloides (Miguel et al, 2016). Estos ríos se encuentran afectados por un proceso denominado drenaje ácido de mina que de acuerdo a estudios geológicos sería de origen natural, por presencia de pirita en las áreas de los pórfidos localizados en el área de La Mejicana. No se poseen estudios que cuantifiquen un potencial aporte de drenaje ácido debido a las actividades mineras – exploración y explotación allí efectuadas.

Cuadro 6. Aforos en ríos y vertientes de la Cuenca Antinaco-Los Colorados.

Nro.	Punto	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	Caudal l seg ⁻¹	pH	CE uS cm ⁻¹	Temp °C
1	Río Antinaco	Famatina	Río Antinaco	15/3/2017	67° 18,242	28° 49.994	37	8,3	420	18,5
2	Río Amarillo	Famatina	Río Amarillo	15/3/2017	67° 36,438	28° 51,342	1260	4,8	730	12,4
3	Vertiente Plaza Vieja	Famatina	Río Amarillo y Río Huaco	15/3/2017	67° 31,016	28° 57,358	70	6,9	1950	19,1
4	Río Oro	Chilecito	Río Oro	15/3/2017	67° 33,470	29° 7,723	1410	4,9	510	16,6
5	Río Miranda	Chilecito	Río Miranda	16/3/2017	67° 43,994	29° 20.686	560	8,5	390	20,3
6	Vertientes del Bosquecillo	Chilecito	Río Guanchín o Trinidad	16/3/2017	67° 35.582	29° 18,954	210	7,8	440	19,4
7	Río Pismanta	Chilecito	Río Guanchín o Trinidad	16/3/2017	67° 39,991	29° 9,354	230	8	140	16,3
8	Río Manzano	Chilecito	Río Guanchín o Trinidad	16/3/2017	67° 41,366	29° 12,963	140	8,6	260	15,3
9	Canal Vertiente La Común	Chilecito	Río Vichigasta	16/3/2017	67° 30,721	29° 29,220	17	7,7	480	23,8
10	Canal Vertiente Los Altos	Chilecito	Río Vichigasta	16/3/2017	67° 30,904	29° 29,216	4	8	490	23,4
11	Canal Vertiente Chima	Chilecito	Río Vichigasta	16/3/2017	67° 30,308	29° 30,248	10	8	740	26,9

El resto de ríos aportan aguas de baja conductividad eléctrica y pH ligeramente alcalinos. Las vertientes en el área de Vichigasta erogan agua de buena calidad con pH ligeramente alcalinos y agua de salinidad media para riego.

El agua erogada y captada desde las vertientes de Plaza Vieja en Famatina poseen una conductividad alta y pH neutro. Es probable que, debido a su localización, estas aguas posean aportes de los excesos de riego de las fincas localizadas aguas arriba razón por la cual los tenores salinos sean elevados existiendo antecedentes de una muestra puntal con concentración de Nitrato de 25 mg l^{-1} (Miguel y Gonzalez Ribot, Inédito).

Área de San Blas de Los Sauces

Esta área drena las aguas del faldeo occidental del Velasco hacia la Gran Cuenca del Salar de Pipanaco, compartida con la Provincia de Catamarca. Existen pocos antecedentes en el área, el primero de ellos es el trabajo de Victoria (1962) donde informa en el área la presencia de unas 30 captaciones (principalmente galerías filtrantes) del subálveo del Río San Blas de Los Sauces con un volumen de 1100 l seg^{-1} . Posteriormente Coria Jofré (1974) efectúa un estudio integral de la cuenca donde presenta los caudales medios efectuados en captaciones desde el Río San Blas de Los Sauces. Estos datos, que se presentan en la Cuadro 7, fueron efectuados por Agua y Energía en los años 1939 y 1940.

Cuadro 7. Datos antecedentes de caudales en ríos y vertientes en San Blas de los Sauces.

Punto	Tipo de dato	Fecha	Caudal l seg^{-1}	Fuente
Amuchinga	Q medio anual	1939	19	Coria Jofré (1974) datos de Agua y Energía
	Q medio anual	1940	25	
Tuyuvíl	Q medio anual	1939	42	
	Q medio anual	1940	25	
Maincán	Q medio anual	1939	26	
	Q medio anual	1940	34	
Andolucas	Q medio anual	1940	12	
Los Pavón	Q medio anual	1939	25	
	Q medio anual	1940	26	
Chaupihuasi	Q medio anual	1939	25	
	Q medio anual	1940	29	

En la (Fig. 23) se presentan los puntos de aforo y el Cuadro 8, los caudales y determinaciones fisicoquímicas efectuadas.

Los puntos de aforo 12 al 17 corresponde a pequeños arroyos provenientes del faldeo occidental del Velasco y que son captados integralmente para riego y conducidos por canales de piedra y de tierra (sin impermeabilizar). La fecha de aforo corresponde a junio de 2017, donde los caudales merman para llegar al estiaje hacia diciembre e inclusive desaparecen. El caudal del conjunto de ríos para la fecha de medición hace un total de $252,6 \text{ l seg}^{-1}$, con aguas de pH ligeramente alcalinos y conductividades bajas y medias.

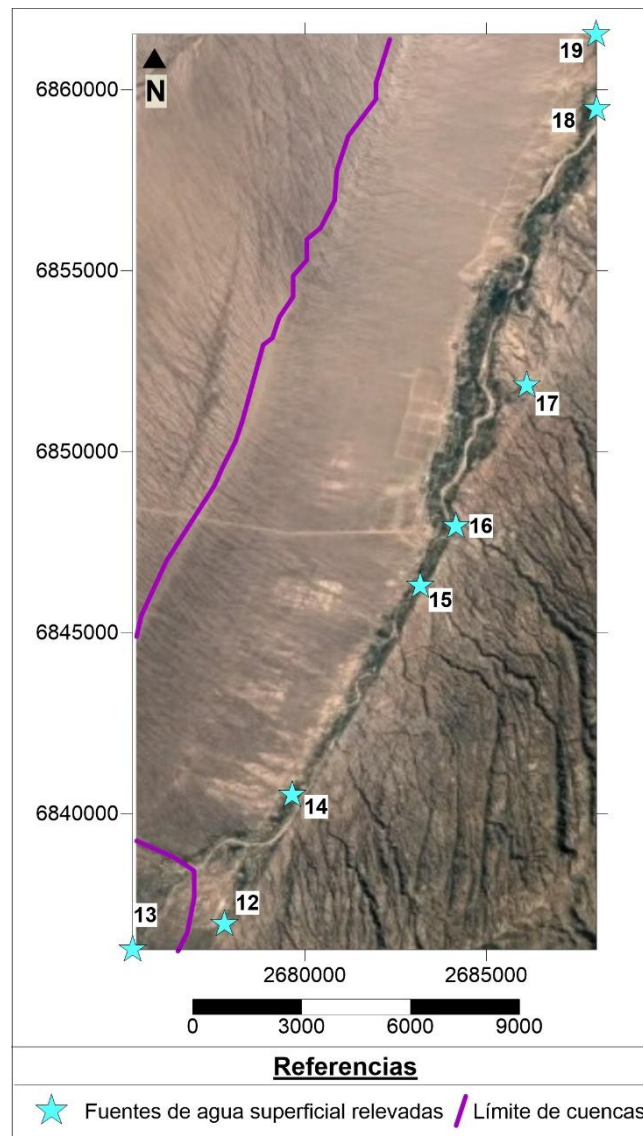


Fig. 23. Puntos de aforo y toma de muestra en el área de San Blas de Los Sauces.

Los puntos de medición 18 y 19 corresponden a galerías filtrantes que captan el subálveo del Río Los Sauces, que en mayo de 2017 dejó de fluir superficialmente. Tradicionalmente el agua era captada por galerías construidas por pueblos nativos y conducida por canales a las Fincas de Salicas, Chaupihuasi y Alpasinche. De acuerdo a pobladores locales, en la primera década del siglo XXI estos canales fueron reemplazados por nuevas obras de ingeniería que a priori habrían reducido la disponibilidad de agua para riego. Los caudales en los dos canales aforados indicaron en conjunto $151,1 \text{ l seg}^{-1}$. La calidad química mostró pH neutros a ligeramente alcalinos y agua de salinidad media.

Cuadro 8. Aforos en ríos y vertientes en área de San Blas de Los Sauces.

Nro.	Punto	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	Caudal l seg ⁻¹	pH	CE uS cm-1	Temp °C
			Río Los							
12	Canal Amuchinga	San Blas de Los Sauces	Sauces	22/6/2017	67°10,971'	28°35,318'	42,9	8,5	320	7,4
13	Canal Tuyuvil	San Blas de Los Sauces	Río Tuyubil	22/6/2017	67°12,458'	28°35,720'	74,7	8,4	300	7,6
			Río Los							
14	Canal Maican	San Blas de Los Sauces	Sauces	22/6/2017	67°09,849'	28°33,392'	53	8,3	290	8,5
			Río Los							
15	Canal Andolucas	San Blas de Los Sauces	Sauces	22/6/2017	67°07,762'	28°30,187'	63,4	8,2	110	8,7
			Río Los							
16	Canal Quebrada de Huaco	San Blas de Los Sauces	Sauces	22/6/2017	67°07,159'	28°29,306'	9,5	8	150	10,5
			Río Los							
17	Canal Quebrada El Rincón	San Blas de Los Sauces	Sauces	22/6/2017	67°06,038'	28°27,195'	9,7	8,5	340	11,1
			Río Los							
18	Canal galería filtrante "Los Pavón"	San Blas de Los Sauces	Sauces	22/6/2017	67°04,901'	28°23,049'	102	7,2	500	21
			Río Los							
19	Canal Chaupihuasi (galería filtrante)	San Blas de Los Sauces	Sauces	22/6/2017	67°04,946'	28°21,900'	49,2	8	500	19,8

Área Norte del Departamento de Famatina

El área Norte del Departamento de Famatina drena el Faldeo Oriental Norte de las Sierras homónimas. Los aforos se efectuaron en junio de 2017. En el Cuadro 9 se presentan datos antecedentes de SRH (1997b) y aforos puntuales de Torres (2006).

Cuadro 9. Datos antecedentes de caudales en ríos del Área Norte del Departamento de Famatina.

Punto	Tipo de dato	Fecha	Caudal l seg⁻¹	Fuente
Río Chañarmuyo	Q (medio anual)	1967-82	445	SRH (1997b)
Canal hacia dique Chañarmuyo	Aforo puntual	14/11/2006	36	Torres et al, 2006
Canal Santa Cruz	Aforo puntual	16/11/2006	111	Torres et al, 2006
Canal Santo Domingo	Aforo Puntual	14/11/2006	144	Torres et al, 2006
Canal Angulo	Aforo Puntual	14/11/2006	64	Torres et al, 2006

En la (Fig. 24) se presenta la localización de los puntos de aforo y en el Cuadro 10 el detalle de los caudales medidos y calidad fisicoquímicas.

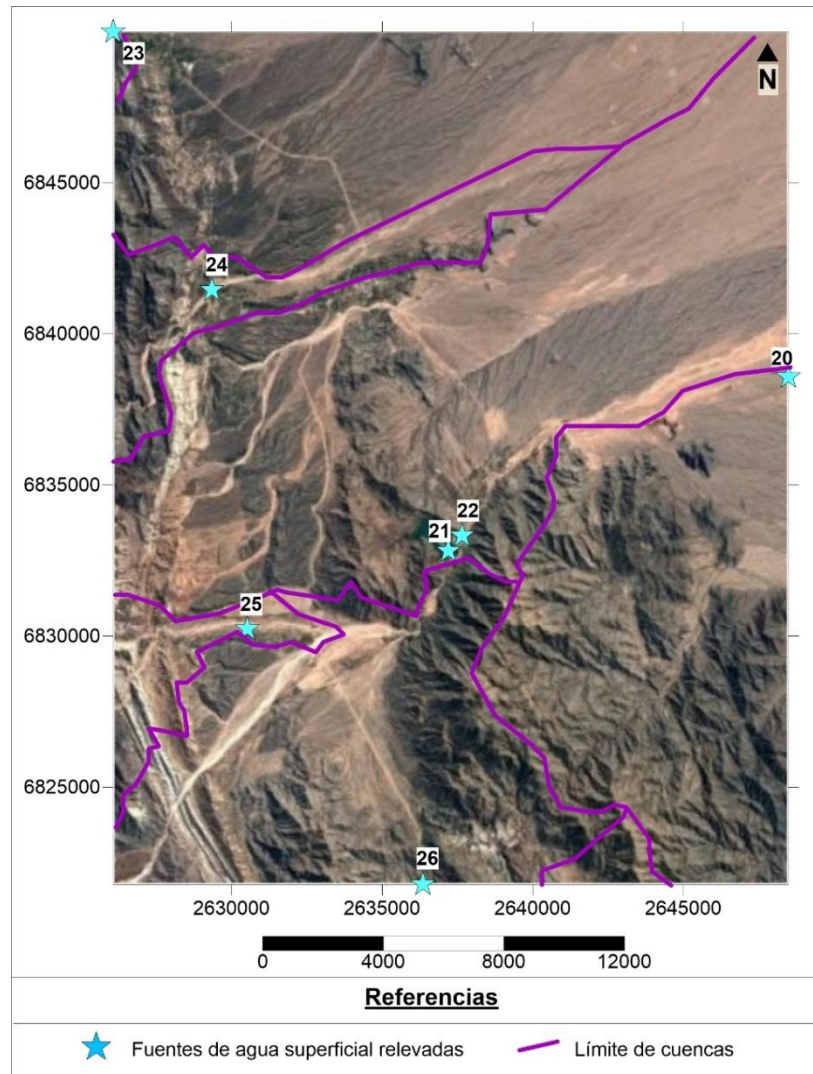


Fig. 24. Puntos de aforo y toma de muestra en el área Norte del Departamento de Famatina.

Cuadro 10. Aforos en ríos y vertientes en área de Norte del Departamento de Famatina.

Nro.	Punto	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	Caudal l seg ⁻¹	pH	CE uS cm ⁻¹	Temp °C
20	Canal Pituil	Famatina	Río Pituil	23/6/2017	67°28,935'	28°34,658'	79,2	8,5	890	9,6
21	Canal hacia Dique Chañarmuyo	Famatina	Río Cañarmuyo	23/6/2017	67°35,873'	28°37,846'	285	8,4	830	9,2
22	Exceso Dique Chañarmuyo	Famatina	Río Chañarmuyo	23/6/2017	67°35,551'	28°37,578'	22,5	8,7	870	15,7
23	Canal Santa Cruz	Famatina	Río La Puerta	23/6/2017	67°42,754'	28°28,616'	154	8,3	560	15
24	Canal Santo Domingo	Famatina	Río Los Loros	23/6/2017	67°40,700'	28°33,219'	131	8,5	300	11,5
25	Canal Angulo	Famatina	Río Chaschuil	23/6/2017	67°39,961'	28°39,241'	26,9	8,6	730	13,1
26	Descanso Niño de Hualco - Vertiente	Famatina	Río Chañarmuyo	23/6/2017	67°36,283'	28°43,835'	0,3	7,9	1.060	15,7

Los aforos 25, 21, 22 y 20 corresponden al agua drenada por la cuenca del Río Chaschuil. El aforo 25 se efectuó en el canal de Angulos, utilizado para agua potable y riego, que presentó un caudal de 27 l seg^{-1} y una conductividad de 730 uS cm^{-1} , salinidad media para riego. El agua no captada fluye y recibe otros aportes menores hasta alcanzar un azud que alimenta el Dique de Chañarmuyo con un caudal de 285 l seg^{-1} y una conductividad algo mayor, de 830 uS cm^{-1} .

El agua erogada por el dique se utiliza para riego en Chañarmuyo y continúa canalizada hasta Pituil con un caudal de 79 l seg^{-1} y una conductividad eléctrica de 890 uS cm^{-1} .

El Canal de la localidad de Santa Cruz (aforo 23), que capta la totalidad del flujo de agua del Río La Puerta, registró un caudal de 154 l seg^{-1} una conductividad eléctrica media para riego y pH ligeramente alcalino.

En Santo Domingo, se capta la totalidad del agua del Río Los Loros, con un caudal de 131 l seg^{-1} con una conductividad baja a media y pH ligeramente alcalino. El agua se usa para riego y agua potable en esta localidad y aguas abajo en Campanas, donde, por el sistema de turnado no fue posible aforar ya que el riego se realizaba durante la salida de campo en Santo Domingo.

Por último, se aforo una vertiente que aquí denominamos “Descanso Niño de Hualco” que erogaba un caudal de $0,3 \text{ l seg}^{-1}$, pH de 7,9 y conductividad eléctrica de 1.060 uS cm^{-1} .

Área de la Costa Riojana y Arauco

El área de la Costa Riojana drena las aguas del faldeo oriental de las Sierras de Velasco que aportan por un lado a la Gran Cuenca del Salar de Pipanaco y por otro al Río Los Sauces, que se embalsa en el Dique homónimo en cercanías de la ciudad capital de La Rioja. Los aforos en Arauco corresponden a la Vertiente de Los Nacimientos que abastecen las fincas tradicionales en Aimogasta, Machigasta y San Antonio. Además, se aforó el Río Colorado en Bañado de Los Pantanos y canal de aguas termales de Villa Mazán. Cabe destacar que estas últimas son captadas por pozos (Las Chilcas) y conducidas por un canal de piedra para luego mezclarse con el agua captada del Río Colorado y es por ello que aquí se las incluye.

En el Cuadro 11 se presentan datos antecedentes de Agua y Energía y publicados por Victoria (1961), Sánchez et al. (1995), García (1998) y SRH (1997).

Cuadro 11. Datos antecedentes de caudales en ríos y vertientes en Costa Riojana y Arauco.

Punto	Tipo de dato	Fecha	Caudal l seg ⁻¹	Fuente
Pinchas	Q medio anual	1958-70	32	Agua y Energía (Sánchez et al. 1995)
	Aforo puntual	Mayo 1994	28	Sánchez et al. 1995
Chuquis	Q medio anual	1958-70	29	Agua y Energía (Sánchez et al. 1995)
	Aforo puntual	Mayo 1994	7	Sánchez et al. 1995
Aminga	Q medio anual	1958-70	91,5	Agua y Energía (Sánchez et al. 1995)
	Aforo puntual	Mayo 1994	95	Sánchez et al. 1995
Anillaco	Q medio anual	1958-70	67	Agua y Energía (Sánchez et al. 1995)
	Aforo puntual	Mayo 1994	78	Sánchez et al. 1995
Anjullón	Q medio anual	1958-70	75.8	Agua y Energía (Sánchez et al. 1995)
	Aforo puntual	Mayo 1994	66	Sánchez et al. 1995
Santa Cruz y San Pedro	Q medio anual	1958-70	61,7	Agua y Energía (Sánchez et al. 1995)
	Aforo puntual	Mayo 1994	71	Sánchez et al. 1995
Los Nacimientos	Q medio anual	1958-70	270	Agua y Energía (Sánchez et al. 1995)
	Aforo puntual	Mayo 1994	201	Sánchez et al. 1995
Canal a Villa				
Mazán - Aguas Termales	Aforo puntual	1998	11,1	García (1998)
Canal a Villa				
Mazán - Río Colorado	Aforo puntual	1998	269	García (1998)
Río Sanagasta	Q medio anual	1917-22	613	Volpi (1923) Cita de Victoria (1961)
Río Huaco	Q medio anual	1971-82	767	SRH, 1997

En la (Fig. 25) se presentan los puntos de aforo y en el Cuadro 12 los caudales y determinaciones fisicoquímicas.

Los puntos de aforo 27 a 34 corresponden a canales de riego que en la fecha de medición captaban el total de agua erogada por los ríos del faldeo oriental del Velasco. Los caudales en conjunto alcanzan los 627 l seg-1 con pH ligeramente alcalinos y bajas conductividades eléctricas. Existe en dicha área antecedentes de Flúor en agua superficial entre las localidades de Agua Blanca a Anillaco que, si bien no representan problemas para riego, si para la población que la consume.

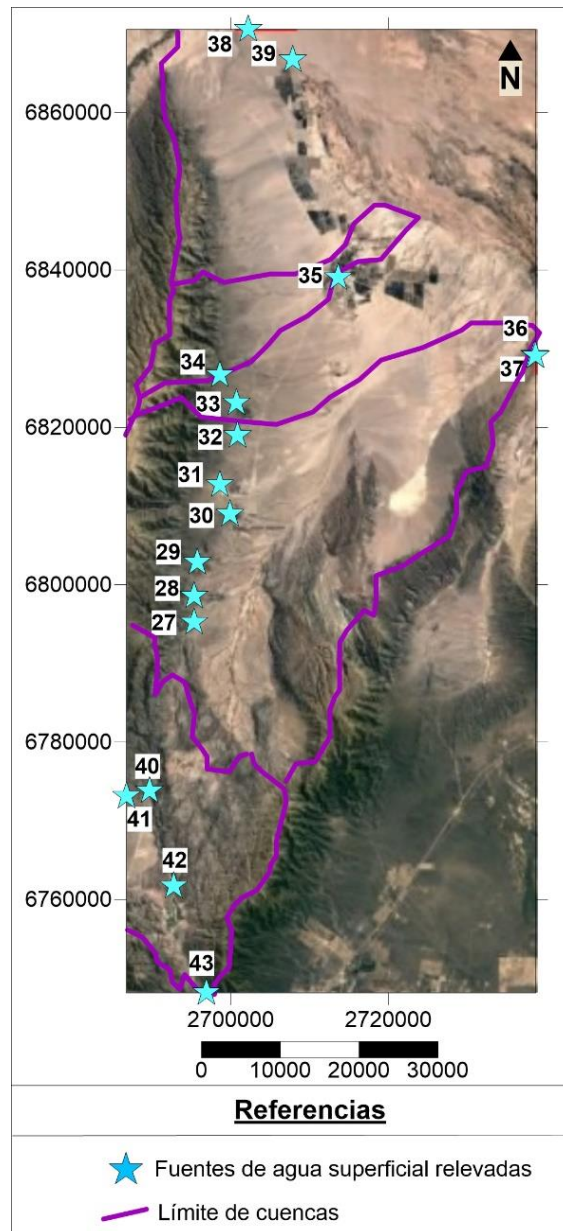


Fig. 25. Puntos de aforo y toma de muestra en el área de Costa Riojana y Arauco.

El aforo 35 corresponde a las Vertientes de Los Nacimientos, utilizada tradicionalmente para riego en Aimogasta, Machigasta y San Antonio, donde se determinó un caudal de 221 l seg⁻¹, pH ligeramente alcalino y conductividad media.

Respecto a los aforos 36 y 37, que aportan agua a la localidad de Villa Mazán, suman en total 381 l seg^{-1} . El agua presenta salinidad alta y pH ligeramente alcalino. Además, el agua proveniente del Río Colorado presenta una alta carga de finos que genera problemas en el riego intrafinca con importante acumulación de material e impermeabilización (Jotayan, L. Comunicación Personal, 2017).

Cuadro 12. Aforos en ríos y vertientes en el área de Costa Riojana y Arauco.

Nro.	Punto	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	Caudal l seg ⁻¹	pH	CE uS cm ⁻¹	Temp °C
27	Canal Agua Blanca	Castro Barros	Río Las Juntas	9/3/2017	66°00,892'	28°57,746'	15,2	7,7	200	17,9
28	Canal Pinchas	Castro Barros	Río Las Juntas	9/3/2017	66°59,837'	28°55,935'	78,8	8,2	190	17,6
29	Canal Chuquis	Castro Barros	Río Las Juntas	9/3/2017	66°59,598'	28°53,622'	98,8	8,2	100	18
30	Canal Aminga	Castro Barros	Río Las Juntas	9/3/2017	66°57,143'	28°50,257'	110	8,3	140	18,6
31	Canal Anillaco	Castro Barros	Río Pedregoso	9/3/2017	66°57,703'	28°48,227'	81,8	8,3	120	18,3
32	Canal Los Molinos	Castro Barros	Río Colorado	9/3/2017	66°56,655'	28°44,838'	104	8,2	100	21,2
33	Canal Anjullon	Castro Barros	Río Colorado	9/3/2017	66°56,487'	28°42,742'	138	8,3	80	20,4
34	Canal Santa Vera Cruz	Castro Barros	Río Colorado	9/3/2017	66°58,116'	28°40,709'	110	8,6	160	21,1
Canal primaria Vertiente de Los										
35	Nacimientos	Arauco	Río Asha	10/3/2017	66°48,984'	28°33,848'	221	8,1	330	27,2
36	Canal a Villa Mazán - Aguas Termales	Arauco	Río Colorado	10/3/2017	66°33,543'	28°38,962'	14	8,8	870	34,9
37	Canal a Villa Mazán - Río Colorado	Arauco	Río Colorado	10/3/2017	66°33,543'	28°38,962'	367	8,1	1.770	28
38	Canal de Tuscamayo	Arauco	Río Colorado	10/3/2017	66°56,360'	28°16,907'	5,3	7,9	2.210	23,7
39	Río Colorado	Arauco	Río Colorado	10/3/2017	66°58,264'	28°16,408'	N/D	8,6	1.800	30,1
40	Río de Los Sauces (Huaco)	Sanagasta	Río Los Sauces	30/6/2017	67° 3,054	29° 9,381	381	8,2	180	8,2
41	Río Tambillos (Huaco Viejo)	Sanagasta	Río Tambillos	30/6/2017	67° 4,847	29° 9,758	41	8,3	320	12,4
42	Río Los Sauces	Sanagasta	Río Los Sauces	30/6/2017	67° 1,037	29° 15,89	270	8,2	380	18,8
43	Exceso Dique Los Sauces	Sanagasta	Río Los Sauces	30/6/2017	66° 58,30	29° 23,21	53	8,2	1.120	13,3

Los puntos de aforo 38 y 39 abastecen a los productores familiares tradicionales de Bañado de Los Pantanos. El agua del Río Colorado se capta en una toma construida a pico y pala por los pobladores locales en la primera semana de mayo y se riega hasta septiembre-octubre cuando los caudales se vuelven efímeros. Luego, la toma se inutiliza a fin de evitar que las crecidas estivales ingresen al canal afectando el área cultivada. El agua presenta alta salinidad, pH ligeramente alcalino y de acuerdo a trabajos antecedentes un RAS elevado. El agua del canal de Tuscamayo, captada desde el subálveo del río presenta agua de características similares a la del río.

En adición el caudal erogado es muy bajo considerando la gran obra allí efectuada en la década del 90s (5 l seg^{-1}) y el canal que lo transporta se encuentra muy deteriorado por crecidas razón por la cual el agua sale del canal y se infiltra en el suelo. En este punto es importante destacar que García (1998), antes que finalizara la obra, advertía que ésta carecía de criterio hidrogeológico y que probablemente no pudieran extraerse los caudales esperados considerando el tamaño del canal de losetas construido.

El Río Los Sauces (aforo 40) –en Huaco– posee un caudal de 381 l seg^{-1} con una salinidad baja y pH ligeramente alcalino siendo captado parcialmente para riego. El río fluye aproximadamente 11 km donde es captado totalmente para riego y agua potable en Sanagasta con un caudal de 270 l seg^{-1} (aforo 42).

El agua erogada –o filtraciones– del Dique de Los Sauces (aforo 43) mostraron un caudal de 53 l seg^{-1} , pH ligeramente alcalino y conductividad media.

El Río Tambillos –en Huaco Viejo– con un caudal de 41 l seg^{-1} es tomado parcialmente para riego y posteriormente se insume en el subálveo, siendo de salinidad media y, al igual que toda la zona, pH ligeramente alcalino (aforo 41).

Área Norte de Vinchina

En el área Norte de Vinchina, diferenciamos cuatro subáreas donde se efectuaron aforos, Potrero Grande, Jagüé, Vinchina y Valle Hermoso (Fig. 26). En el Cuadro 13, se presentan los antecedentes extraídos de Victoria (1962) y Sánchez (2002).

Cuadro 13. Datos antecedentes de caudales en ríos del Área Norte de Vinchina.

Punto	Tipo de dato	Fecha	Caudal l seg⁻¹	Fuente
Vinchina	Q medio anual	1937-52	1.121	Grassi, J.C. citado por Victoria 1962
	Q medio anual	1966-81	1.260	Sánchez et al, 2002
Jagüé	Q medio anual	1937-52	1.015	Grassi, J.C. citado por Victoria 1962
Valle Hermoso	Q medio anual	1937-52	309	Victoria 1962
Río Grande Valle Hermoso	Aforo puntual	2002	160	Sánchez et al, 2002

Los aforos y datos de calidad fisicoquímica básicos se realizaron en mayo de 2017 y se presentan en el Cuadro 14.

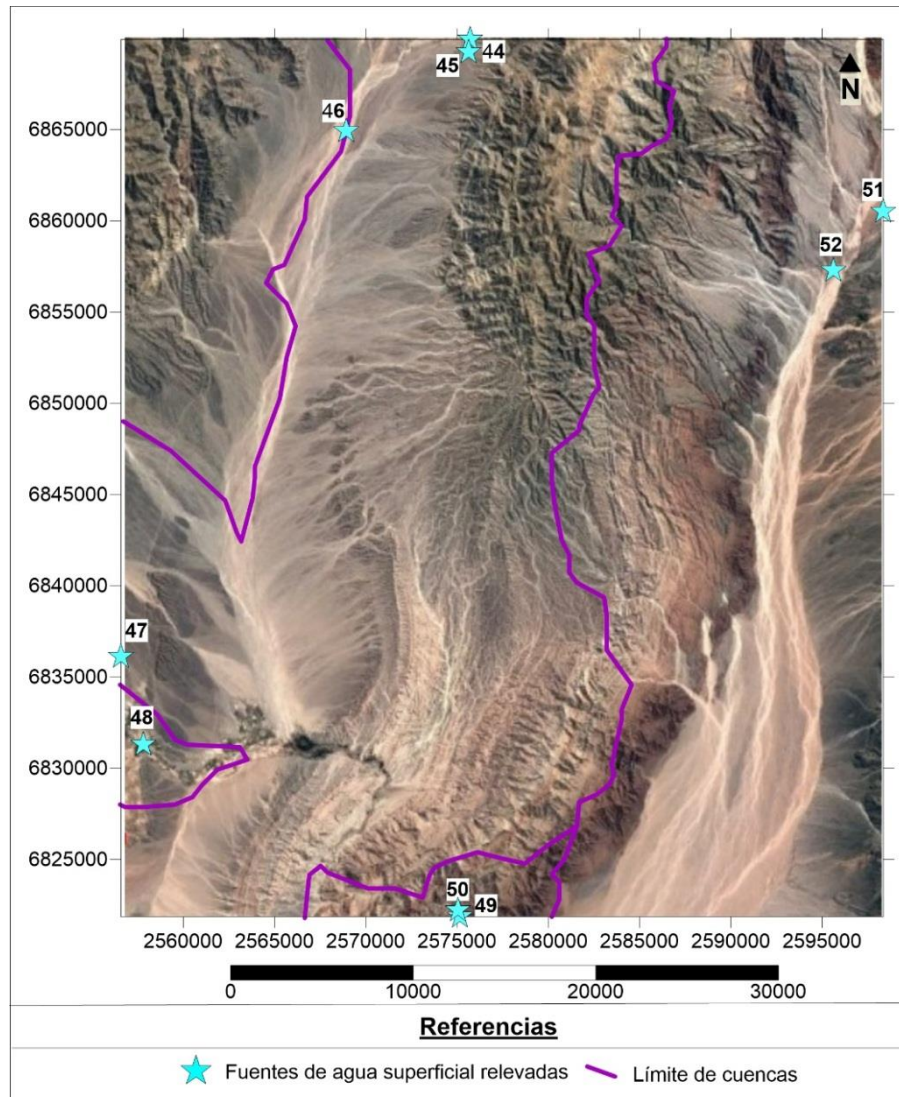


Fig. 26. Puntos de aforo y toma de muestra en el área Norte del Departamento de Vinchina.

Cuadro 14. Aforos en ríos y vertientes en área de Norte del Departamento de Vinchina.

Nro.	Punto	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	Caudal l seg ⁻¹	pH	CE uS cm ⁻¹	Temp °C
44	Arroyo Quebrada El Arbolito	Vinchina (Potrero Grande)	Río Quebrada del Ingenio	23/5/2017	68°13,692'	28°18,555'	ND	8,3	570	12,3
45	Río Quebrada del Ingenio	Vinchina (Potrero Grande)	Río Quebrada del Ingenio	23/5/2017	68°13,679'	28°18,425'	140	8,6	470	5,9
46	Crecida en Potrero Grande	Vinchina	Río Cumichango	23/5/2017	68°17,838'	28°20,794'	ND	8,5	580	4
47	Canal El Bonete	Vinchina (Jagüé)	Río Jagne	23/5/2017	68°25,219'	28°36,427'	465	8,2	3.470	7,5
48	Canal Alto Jagüé	Vinchina (Jagüé)	Río Jagne	23/5/2017	68°24,517'	28°39,061'	135	7,9	1.780	20,1
49	Canal La Troya	Vinchina	Río La Troya	23/5/2017	68°13,827'	28°44,086'	1310	8,4	2.200	14,3
50	Río La Troya después de toma	Vinchina	Río La Troya	23/5/2017	68°13,913'	28°43,892'	354	8,4	2.200	14,3
51	Río Villa Corta	Vinchina (Valle Hermoso)	Río Grande de Valle Hermoso	23/5/2017	67°59,946'	28°23,074'	228	8,4	610	16,1
52	Vertiente La Bandita	Vinchina (Valle Hermoso)	Río Quebrada Doña Clara	23/5/2017	68°01,479'	28°24,819'	24,9	8,1	420	15,9

En Potrero Grande, se determinó la calidad del agua que se capta para agua potable desde la quebrada del Arbolito que presentó conductividad eléctrica media y pH ligeramente alcalino, no fue posible medir el caudal ya que éste se conducía entubado. Por otro lado, se aforó el agua del Río Quebrada del Ingenio con 140 l seg^{-1} y una conductividad eléctrica media y pH algo alcalino. Durante la actividad de campo se advirtió una crecida de deshielo del Río Chumichango (aforo 46) que debido a la gran presencia de sedimentos no pudo aforarse, aunque fisicoquímicamente se analizó, considerándose similar a las anteriores (CE y pH). En Jagüé, se aforó el agua del Canal del Bonete y Canal Alto Jagüé, ambos provenientes de la cuenca del Río Jagüé. El agua del primer canal presentó una conductividad eléctrica muy alta para riego mientras que en la segunda la conductividad fue alta. Ambas con pH ligeramente alcalino. Respecto a los caudales, en el canal del Bonete se determinó 465 l seg^{-1} mientras que en el Canal Alto Jagüé 132 l seg^{-1} . En Vinchina, se aforó el canal del Río La Troya que proviene de la descarga de los excedentes de las cuencas en Jagüé y Potrero Grande. En el canal se determinó un caudal de 1.310 l seg^{-1} , continuando por el río (exceso no captado) un caudal de 354 l seg^{-1} . La calidad del agua para riego presenta conductividad de alta a muy alta ($2.200 \mu\text{S cm}^{-1}$) con pH algo alcalino. En cuanto al área de Valle Hermoso, se aforó el Río Villa Corta con un caudal de 228 l seg^{-1} , con conductividad eléctrica media para riego y pH algo alcalino. También se aforó la vertiente “La Bandita” con un caudal de 25 l seg^{-1} y agua con conductividad eléctrica media para riego y pH ligeramente alcalino.

Área de Villa Castelli, Villa Unión y Faldeo Occidental de las Sierras de Famatina

En el área denominada Villa Castelli, Villa Unión y Faldeo Occidental de las Sierras de Famatina, diferenciamos dichas subáreas para el análisis (Fig. 27). Los datos antecedentes pertenecen a Grassi citado por Victoria (1962). También se relevó un trabajo de Klor, de la Autoridad Provincial de Agua sobre un inventario de sistemas de riego en La Rioja que es de utilidad para aquellas áreas donde no hay ningún tipo de antecedente. Lamentablemente no se cuenta con fecha de realización del relevamiento, aunque se estima que se realizó entre los años 2000 y 2005 (Cuadro 15). Los aforos se realizaron entre marzo y mayo de 2017 (Cuadro 16).

Cuadro 15. Datos antecedentes de caudales en ríos del Área de Villa Castelli, Villa Unión y Faldeo Occidental de las Sierras de Famatina.

Punto	Tipo de dato	Fecha	Caudal l seg ⁻¹	Fuente
Aicuña	Aforo puntual	Sin fecha	35	Klor (sin fecha)
Pagancillo	Aforo puntual	Sin fecha	140	Klor (sin fecha)
Villa Castelli	Q medio anual	1937-52	771	Grassi, J.C. citado por Victoria 1962
Paso San Isidro	Q medio anual	1937-52	106	

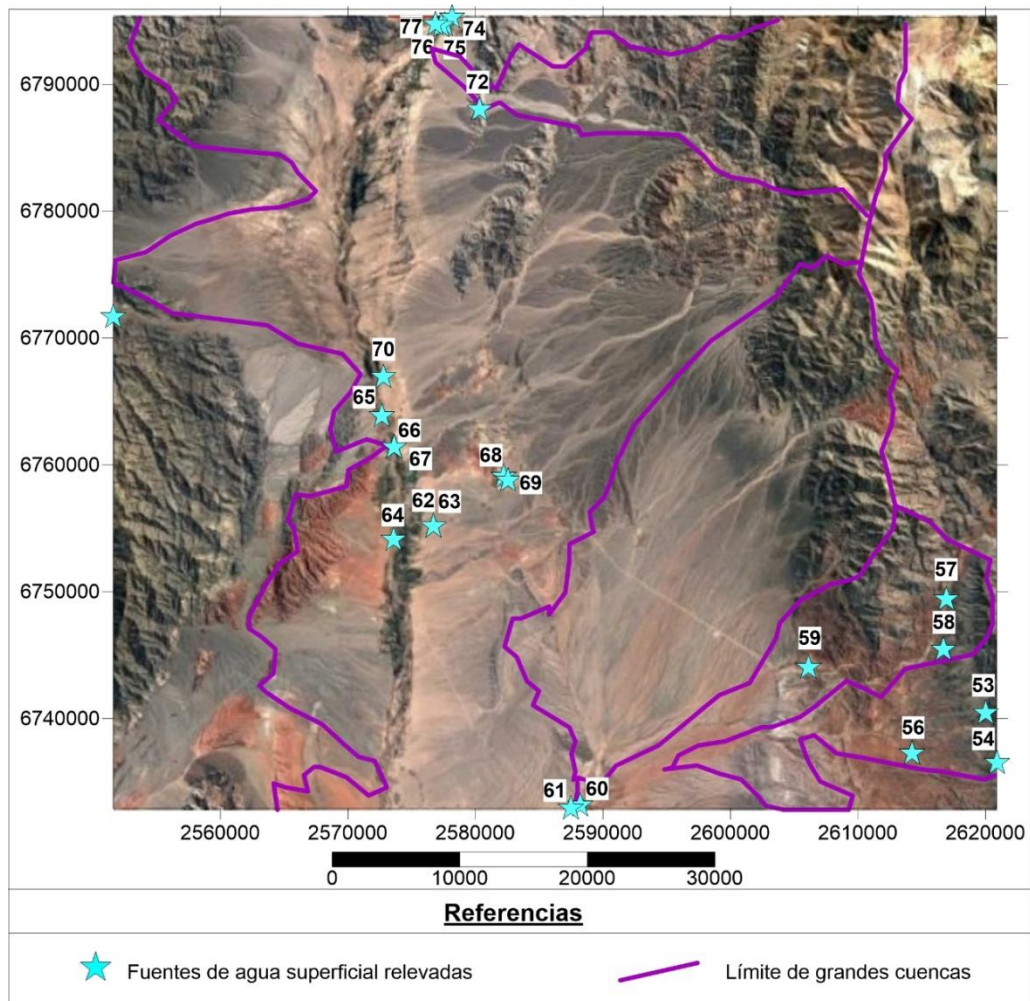


Fig. 27. Puntos de aforo y toma de muestra en el área de Villa Castelli, Villa Unión y Faldeo Occidental de las Sierras de Famatina.

Cuadro 16. Aforos en ríos y vertientes en área de Villa Castelli, Villa Unión y Faldeo Occidental de las Sierras de Famatina.

Nro.	Punto	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	Caudal l seg ⁻¹	pH	CE μS cm ⁻¹	Temp °C
53	Canal Aicuña	Cnel. Felipe Varela	Río Los Loros	29/3/2017	67°46,019'	29°27,941'	33,5	8,1	520	19,8
54	Canal Cardones	Cnel. Felipe Varela	Río Los Loros	29/3/2017	67°45,217'	29°30,112'	16,6	8,4	600	18
55	Arroyo en Río Los Patillos	Cnel. Felipe Varela	Río Los Loros	29/3/2017	67°49,307'	29°29,730'	21,7	8,4	1.010	19,2
56	Vertiente Las Perdices	Cnel. Felipe Varela	Río Los Loros	29/3/2017	67°49,307'	29°29,730'	0,1	7,6	1.180	19,7
57	Arroyo Aguadita (El Siciliano)	Cnel. Felipe Varela	Río Pagancillo	24/5/2017	67°47,738'	29°23,110'	13,1	8,2	1.400	10,9
58	Arroyo en Los Tambillos	Cnel. Felipe Varela	Río Pagancillo	24/5/2017	67°47,798'	29°25,277'	2,5	7,8	810	16,3
59	Arroyo en Puerto Alegre	Cnel. Felipe Varela	Río Pagancillo	24/5/2017	67°54,397'	29°26,076'	17,5	7,7	2.010	14,7
60	Canal Pagancillo	Cnel. Felipe Varela	Río Pagancillo	29/3/2017	68°05,408'	29°32,057'	13	7,6	770	22,7
61	Río Pagancillo	Cnel. Felipe Varela	Río Pagancillo	29/3/2017	68°05,880'	29°32,180'	34,8	8,1	1.040	22,2
62	Canal hacia Los Palacios	Cnel. Felipe Varela	Río Bermejo	30/3/2017	68°13,472'	29°20,823'	59,5	8,6	1.010	22
63	Canal hacia La Puyuta	Cnel. Felipe	Río Bermejo	30/3/2017	68°12619'	29°20,198'	180	8,6	1.010	22

		Varela									
		Cnel. Felipe									
64	Canal La Maravilla	Varela	Río Bermejo	30/3/2017	68°14,548'	29°20,802'	355	8,4	1.040	19	
		Cnel. Felipe									
65	Canal en Dique Los Colorados	Varela	Río Bermejo	30/3/2017	68°15,147'	29°15,475'	840	8,4	1.040	19	
		Cnel. Felipe									
66	Canal hacia Banda Florida	Varela	Río Bermejo	30/3/2017	68°15,147'	29°15,475'	178	8,4	1.040	19	
		Cnel. Felipe									
67	Canal hacia Villa Unión	Varela	Río Bermejo	30/3/2017	68°15,147'	29°15,475'	645	8,4	1.040	19	
		Cnel. Felipe									
68	Vertiente Anchumbil	Varela	Río Bermejo	30/3/2017	68°09,318'	29°18,085'	6,1	8,2	800	21,1	
		Cnel. Felipe									
69	Vertiente La Aguadita	Varela	Río Bermejo	30/3/2017	68°09,072'	29°18,299'	4,4	8,1	870	23,2	
		Cnel. Felipe									
70	Río Chanquia	Varela	Río Bermejo	22/5/2017	68°15,081'	29°13,820'	0,1	8,1	950	14,9	
		Cnel. Felipe									
71	Río La Angostura (Campo de Mas)	Varela	Río La Angostura	22/5/2017	68°28,324'	29°11,343'	74,7	8,4	1.260	18	
72	Canal "Agua del Infiernillo"	Villa Castelli	Río Potrero Grande	22/5/2017	68°12,351'	29°01,316'	177	8,2	1.040	8	
	Canal en Vertiente del Carmen										
73	Bateas	Villa Castelli	Río Bermejo	22/5/2017	68°12,245'	28°58,782'	49,9	7,7	560	9,1	
74	Canal Vertiente del Carmen	Villa Castelli	Río Bermejo	22/5/2017	68°11,891'	28°58,461'	55,4	8,1	510	12,2	
75	Canal Agua Bajo y Alto Pueblo	Villa Castelli	Río Bermejo	22/5/2017	68°12,346'	28°58,822'	242	8	1.210	12	
76	Canal Aguadita y Parecita	Villa Castelli	Río Bermejo	22/5/2017	68°12,694'	28°58,776'	289	8,1	3.480	12,2	

En Villa Castelli, existen fundamentalmente cuatro fuentes de agua, la proveniente del Canal “Agua del Infiernillo”, Vertientes del Carmen, Canal Alto y Bajo Pueblo y Canal Aguadita y Parecita. En el canal Agua del Infiernillo se aforaron 177 l seg^{-1} , con una conductividad eléctrica alta para riego y pH ligeramente alcalino. Las aguas de las “Vertientes del Carmen”, presentaron conductividades medias para riego, con pH ligeramente alcalino y caudal de $55,4 \text{ l seg}^{-1}$.

En el agua del “canal alto y bajo pueblo” se aforo 242 l seg^{-1} y agua de conductividad alta con pH ligeramente alcalino. Por último, en el canal “Aguadita y Parecita” se aforaron 289 l seg^{-1} , pero presentando una conductividad muy alta para riego. En conjunto, Villa Castelli tenía en el momento de aforo una disponibilidad de 813 l seg^{-1} .

En Villa Unión, la principal fuente de agua para riego corresponde al Canal Principal del Azud o Dique Los Colorados (aforo 65), que capta el agua del Río Bermejo, luego el sistema se distribuye hacia las distintas áreas de riego (aforos 62, 66 y 67). El agua no captada continua su curso por el río hasta la toma “La Maravilla” (aforo 64). El caudal del canal principal del Dique Los Colorados transportaba 840 l seg^{-1} , con agua de conductividad eléctrica alta para riego y pH algo alcalino. En la toma La Maravilla, el canal transportaba 355 l seg^{-1} con agua de igual calidad.

Por otro lado, se aforaron las vertientes de La Aguadita y Achumbil, las cuales se utilizan integralmente para riego de una finca. La conductividad eléctrica del agua erogada por ambas vertientes es alta para riego, con un pH ligeramente alcalino con caudales que en conjunto alcanzan los $10,5 \text{ l seg}^{-1}$.

Hacia el Oeste de Villa Unión se encuentra la zona del “Campo de Más” donde se aforó el Río La Angostura (aforo 71). Este flujo de agua tiene intenciones de ser captado para riego, pero se desconoce totalmente su dinámica. El aforo determinó un caudal de 75 l seg^{-1} y agua de conductividad eléctrica alta y pH algo alcalino.

En cuanto al Faldeo Occidental del Famatina (Sierras de Sañogasta), existen varias fuentes que son utilizadas para usos múltiples (consumo humano, riego, bebida de animales). En las localidades de Aicuña y Cardones el agua captada en ríos y vertientes presentó conductividades eléctricas medias para riego y pH ligeramente alcalino con caudales de $33,5$ y $16,5 \text{ l seg}^{-1}$; respectivamente.

En las Perdices, el agua del Río Los Patillos, con un caudal de $21,7 \text{ l seg}^{-1}$, presentó una conductividad eléctrica alta y pH algo alcalino al igual que una pequeña vertiente utilizada para consumo humano, con un caudal de $0,1 \text{ l seg}^{-1}$.

En Pagancillo, se aforo un canal de agua para riego que nace de una ciénaga y el Río Pagancillo con caudales de 13 y 35 l seg⁻¹; respectivamente. La calidad del agua presentó en ambos puntos de aforo conductividades altas para riego y pH ligeramente alcalinos.

En el área de Cuesta de Miranda, sobre Ruta Nacional 40, se localizan los parajes Siciliano, Tambillos y Puerto Alegre. Allí, se aforaron los arroyos utilizados para usos múltiples con caudales de 13, 1,5 y 17,5 l seg⁻¹; respectivamente. La calidad del agua varía marcadamente, mientras que en Tambillos el agua posee una conductividad eléctrica media/alta; en Siciliano y en Puerto Alegre las conductividades eléctricas se elevan. Los pH de las aguas en todos los parajes son ligeramente alcalinos.

Área de Guandacol

En el área de Guandacol se advierten tres subáreas principales, Río Guandacol, Río La Troya y Las Flechas y vertientes del Zapallar (Fig. 28). Los datos antecedentes corresponden a Daminani et al. (2006) quien hace referencia a datos de Agua y Energía y a aforos propios (Cuadro 17). En el Cuadro 18, se presentan los datos de aforos que se realizaron en marzo de 2017.

Cuadro 17. Datos antecedentes de caudales en ríos del Área de Guandacol.

Punto	Tipo de dato	Fecha	Caudal l seg ⁻¹	Fuente
Río Troya	Aforo puntual	3/8/2006	420	Daminani et al 2006
	Q (medio anual)	1937-52	198	Agua y Energia (Daminani et al 2006)
Río Guandacol	Aforo puntual	3/8/2006	160	Daminani et al 2006
	Q (medio anual)	1937-52	173	Agua y Energia (Daminani et al 2006)
Arroyo Las Flechas	Aforo puntual	3/8/2006	145	Daminani et al 2006

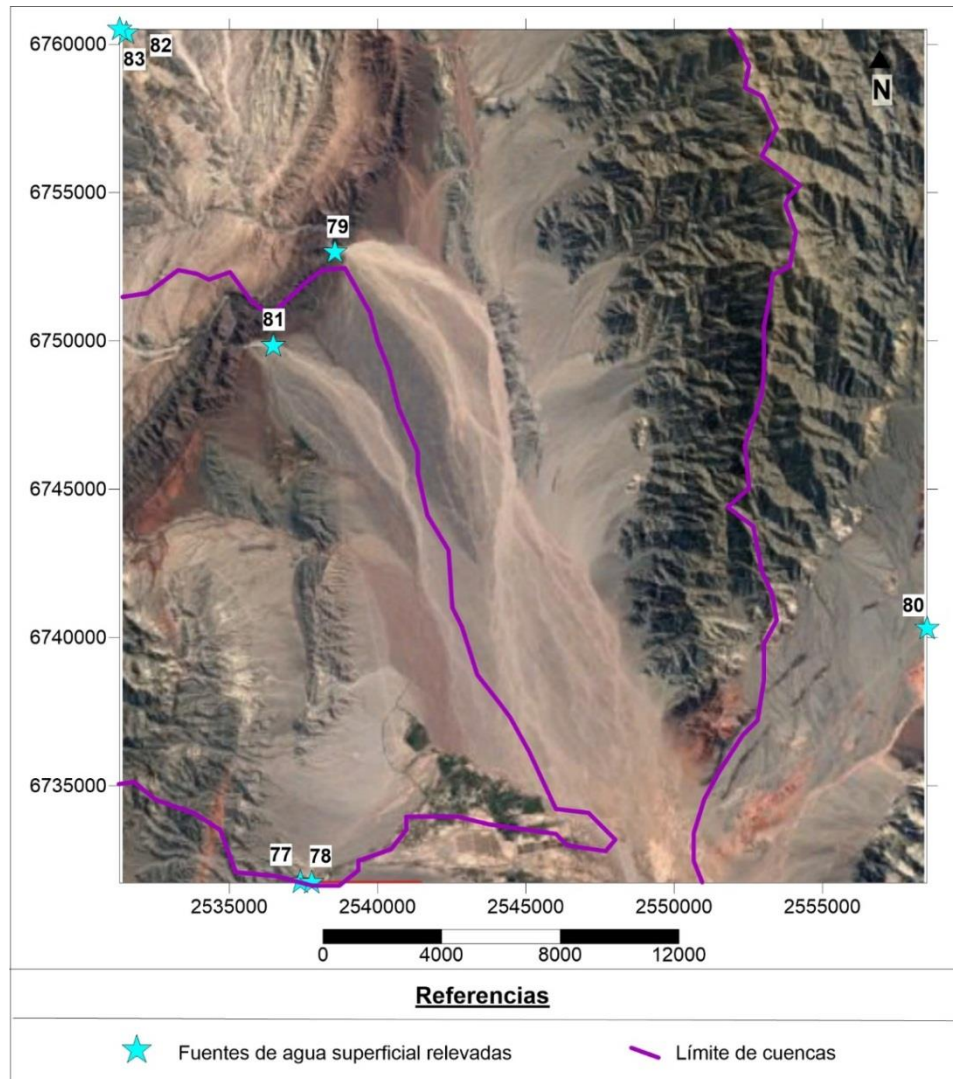


Fig. 28. Puntos de aforo y toma de muestra en el área de Guandacol.

Cuadro 18. Aforos en ríos y vertientes en área de Guandacol.

Nro.	Punto	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	Caudal l seg ⁻¹	pH	CE μS cm ⁻¹	Temp °C
77	Canal Río Guandacol	Cnel. Felipe Varela	Río Guandacol	29/3/2017	68°36,842'	29°32,963'	264	8,4	640	25,3
78	Canal galería filtrante en Río Guandacol	Cnel. Felipe Varela	Río Guandacol	29/3/2017	68°36,842'	29°32,963'	18,4	8,4	1.090	25,7
79	Río La Troya	Cnel. Felipe Varela	Río La Troya	29/3/2017	68°36,149'	29°21,440'	545	8,4	890	26,7
80	Vertiente de La Chilca	Cnel. Felipe Varela	Río de La Vuelta	29/3/2017	68°23,803'	29°28,280'	0,2	7,2	2.310	20,1
81	Arroyo Las Flechas	Cnel. Felipe Varela	Arroyo Las Flechas	29/3/2017	68°37,454'	29°23,156'	287	8,4	750	12,6
82	Río Zapallar	Cnel. Felipe Varela	Arroyo El Pichanal	29/3/2017	68°40,521'	29°17,497'	70,1	8,4	780	20,8
83	Vertiente en Zapallar	Cnel. Felipe Varela	Arroyo El Pichanal	29/3/2017	68°40,521'	29°17,497'	17,5	8,1	780	20,2

Se aforó la calidad de agua captada para riego del Río Guandacol, con un caudal de 264 l seg^{-1} y una conductividad eléctrica de $640 \mu\text{S cm}^{-1}$ (calidad media para riego). También se aforó el agua aportada por la galería filtrante en el lecho del Río Guandacol y que, posteriormente, se mezcla en los canales con el agua del río. El agua de la galería presentaba conductividad eléctrica alta y un caudal de $18,4 \text{ l seg}^{-1}$. El pH para ambos casos resultó algo alcalino.

También se aforó el Río Las Fechas, actualmente no captado para riego con un caudal de 287 l seg^{-1} , salinidad de media/alta y pH algo alcalino.

Por otro lado, se aforó el Río La Troya, utilizado para riego en Guandacol, con un caudal de 545 l seg^{-1} y una conductividad eléctrica alta para riego con pH algo alcalino.

En Zapallar se midió en el lecho del río homónimo registrándose un caudal de 70 l seg^{-1} y una conductividad eléctrica de $780 \mu\text{S cm}^{-1}$ y pH algo alcalino. También se midió en una de las vertientes del Zapallar, que luego junta a otros aportes, conforman el cauce medido en el lecho del río. El agua presentó características químicas similares a lo medido en el río registrándose un caudal de $17,5 \text{ l seg}^{-1}$.

Por último, se aforó una pequeña vertiente utilizada para usos múltiples y que permite el funcionamiento del puesto de Vialidad Nacional “Las Chilcas”. El caudal erogado por la vertiente fue de $0,2 \text{ l seg}^{-1}$, conductividad eléctrica alta ($2310 \mu\text{S cm}^{-1}$) y pH neutro.

Recursos hídricos subterráneos

Cuenca Antinaco-Los Colorados

La cuenca Antinaco-Los Colorados es la más estudiada de la provincia y la de mayor desarrollo productivo en la región. Existen múltiples antecedentes, como Victoria (1962), Sosic (1971) y trabajos del Centro Regional de Agua Subterránea dependiente del Instituto Nacional del Agua (en adelante INA-CRAS), donde se destacan el trabajo de línea de base de Rocca (1975) y un diagnóstico comparativo de Poblete y Guimaraes (2006) (Fig. 29).

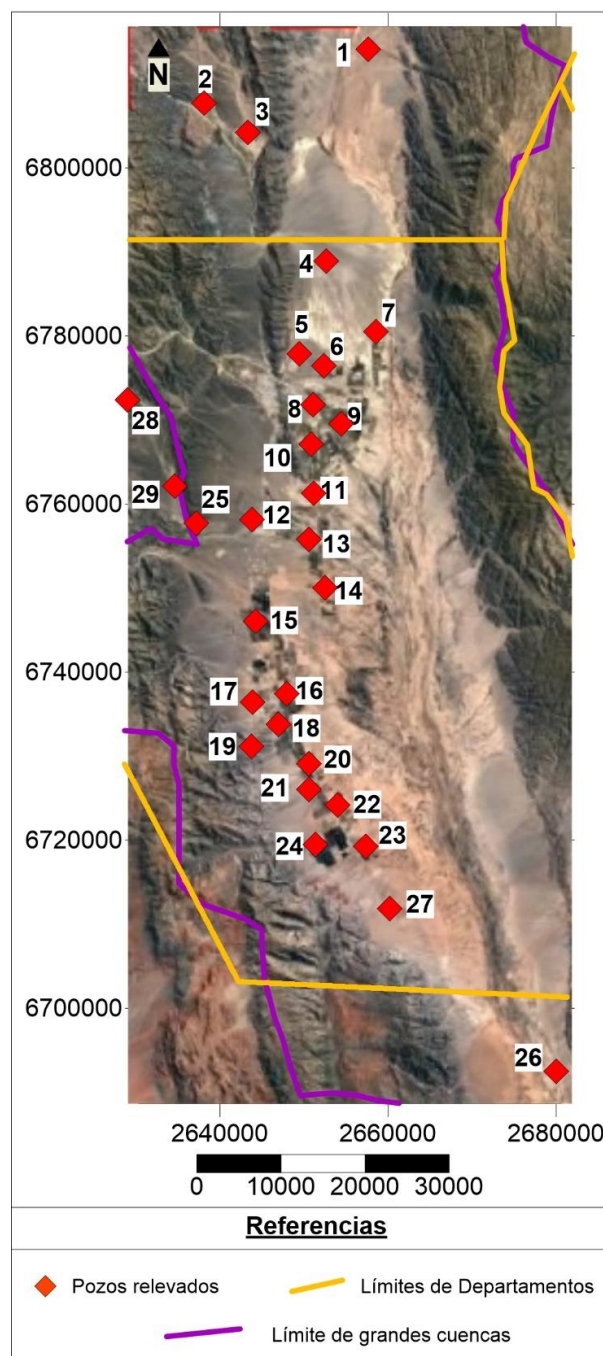


Fig. 29. Pozos relevados en la Cuenca Antinaco-Los Colorados.

Además, desde el año 2014 se han efectuado trabajos de actualización por el grupo de la EEA INTA Chilecito (Miguel et al 2016; Miguel y Gonzalez Ribot, 2016; Miguel y Gareis, (2017). Los trabajos indican una explotación intensiva por actividad agrícola y agroindustrial en la cuenca con profundización de los niveles estáticos que varía de acuerdo a la localización. También se advierten hacia el Sur de la cuenca (zona de Vichigasta y Catinzaco) el deterioro de la calidad del agua erogada por los pozos con un aumento de la salinidad y tenores de Nitrato, indicador de contaminación antrópica.

Aquí se relevaron un total de 29 pozos de la red que INTA posee en el territorio (Fig. 29 y Cuadro 19). Se diferenciaron al menos desde lo hidrogeológico cuatro áreas, Famatina (pozos 2 y 3), Guanchín (pozos 25, 28 y 29), Vichigasta (pozo 17), y Valle Central (resto de los pozos).

El Área de Famatina presentó aguas de conductividad eléctrica de alta a muy alta para riego, con pH neutro y temperaturas que rondan los 18 °C. Si bien no fue posible determinar niveles estáticos, debido a que los pozos carecían de caños piezométricos, se los estima relativamente someros si se tiene en cuenta que, en inmediaciones del área, existen vertientes que son captadas para riego.

En el Área de Guanchín, las aguas presentaron salinidades bajas y medias con pH neutros a ligeramente alcalinos dependiendo de su posición relativa en la cuenca. Los niveles estáticos son relativamente someros (entre 17 y 29 m). Los pozos en ésta área son de bajo rendimiento hacia el Norte (1 m³ por m de depresión) debido a los materiales que conforman el acuífero. Los rendimientos aumentan hacia el área de Sañogasta con aguas de característica similar.

En el área de Vichigasta, aguas arriba de las vertientes tradicionalmente utilizadas para riego del minifundio, se ha realizado un pozo que extrae agua de salinidad media y pH ligeramente alcalino, y de bajo rendimiento. La calidad del agua es similar a las erogadas por vertientes localizadas aguas abajo (Vertiente de Los Altos y La Común) razón por la cual es presumible que el agua extraída aguas arriba tenga efectos a mediano plazo en el volumen de agua de las vertientes que tradicionalmente se usan para riego en el minifundio.

En el valle central Antinaco–Los Colorados las aguas erogadas por los pozos presentan condiciones diferenciales debido a su posición relativa en la cuenca (asociado a

zonas de recarga) y a la localización de filtros que captan agua de diferentes capas del complejo acuífero multicapa.

En términos generales, el agua posee salinidad alta para riego, pH ligeramente alcalinos y niveles estáticos que varían entre 37 y 157 m. Los rendimientos en los pozos son muy buenos alcanzando en algunas áreas, asociadas a abanicos aluviales, los 80 m³ por m de depresión.

Cuadro 19. Parámetros medidos en campo en pozos de la Cuenca Antinaco–Los Colorados.

Nro.	Pozo	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	pH	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	Temp. °C	N.E. (m)
1	Puertas del Sol (P2) (Antinaco)	Famatina	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 23,858	28° 49,070	7,9	910	28,6	147,61
2	Pozo Agua potable Alto Carrizal	Famatina	Antinaco-Los Colorados	jul-17	67° 33,719	28° 52,562	7,1	1.800	18,6	ND
3	Pozo Huayrapuca	Famatina	Antinaco-Los Colorados	jul-17	67° 32,163	28° 54,287	7	1.950	17,5	ND
4	Vista Larga (P3)	Famatina	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,032	29° 2,471	7,7	1.030	22,1	145,57
5	Paolini (P2)(MP1)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 27,889	29° 8,342	7,6	1.150	24,4	157,25
6	INTA	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,105	29° 9,071	7,5	1.190	22,8	100,46
7	Fruvex P7 (MP7)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 22,394	29° 6,845	7,6	1.120	26,8	50,44
8	Hortícola Riojana P3	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 23,655	29° 13,066	7,8	760	22,4	66,59
9	Carlos Saavedra	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,841	29° 11,556	7,8	710	25,6	97,05
10	Viñas de Famatina P3	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,972	29° 14,018	7,4	1.110	23,5	74,5

11	Antonella P5	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,723	29° 17,141	7,8	560	23,3	56,38
12	Coralino (P2) (Nonogasta)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 31,155	29° 18,841	7,5	720	25,5	146,04
13	Finca Trinidad	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 27,048	29° 20,065	7,9	600	23,7	48,04
14	La Alborada	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 25,822	29° 23,095	7,9	590	25,7	37,03
15	Valle de la Puerta (P6)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 30,787	29° 25,270	7,6	530	23	92,23
16	Aimurai (Campo 1 Pozo 1)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 28,464	29° 29,851	7,9	680	25,7	67,25
17	Aimurai (P1)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 30,910	29° 30,380	7,8	480	28,3	14,86
18	La Chillin (P5)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 29,075	29° 31,743	7,5	1.400	25,2	76,87
19	Tecnolivos (P3)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 29,149	29° 33,160	7,6	810	28,1	89,01
20	Bodega Elias (M1)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,856	29° 34,200	7,9	1.270	26,4	58,66
21	VG (Adama 3)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,732	29° 36,429	7,8	720	26,7	88,98
22	Riojana Emprendimientos (P7)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 25,091	29° 36,815	7,6	1.230	26	75,05

23	VG Catinzaco P3 (M2)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 22,907	29° 39,575	8	880	27,4	41,47
24	Finca Liliana (P17)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 26,241	29° 39,241	7,7	710	29,7	155,93
25	Emilio Ormeño (Pozo Cortume)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 35,140	29° 19,100	6,9	560	20,8	16,97
26	Los Colorados	Independencia	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 8,642	29° 53,430	8,4	1.570	27,3	10,94
27	La Colorada	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	ene-17	67° 20,823	29° 43,293	8	840	26,7	102,96
28	Coralino P7 (Guanchín)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	jul-17	67° 38,484	29° 11,291	7,4	270	14	24,31
29	Coralino P7 (Campo nuevo)	Chilecito	Antinaco-Los Colorados	jul-17	67° 36,534	29° 17,073	7,7	440	19,4	29,61

Cabe aquí nuevamente destacar, que en áreas de Vichigasta y Catinzaco se han detectado pozos, no presentados en este documento, con elevadas concentraciones de sales (por encima de $4.500 \mu\text{S cm}^{-1}$) y Nitrato (mayores a 1.000 mg L^{-1}) lo que advierte un proceso de contaminación por retornos de riego y/o disposición de efluentes agroindustriales (Miguel et al Op. Cit).

Área de San Blas de Los Sauces y Famatina Norte

En este sector no existe un desarrollo importante de pozos y se diferencian al menos cuatro subáreas, San Blas de Los Sauces, Chañarmuyo, Campana y Área de Pituil. Uno de los principales antecedentes corresponde a un trabajo del INA CRAS efectuado por Torres (2006). El documento advierte la carencia de pozos, sin embargo, informa que los niveles estáticos en la zona de Chañarmuyo y Pituil rondan entre los 156 y 210 metros. Las aguas erogadas por los escasos pozos en explotación son de buena calidad para riego.

Los pozos relevados son utilizados para riego y, en la mayoría de ellos, para suplementar el consumo de agua para consumo humano (Fig. 30) y (Cuadro 20).

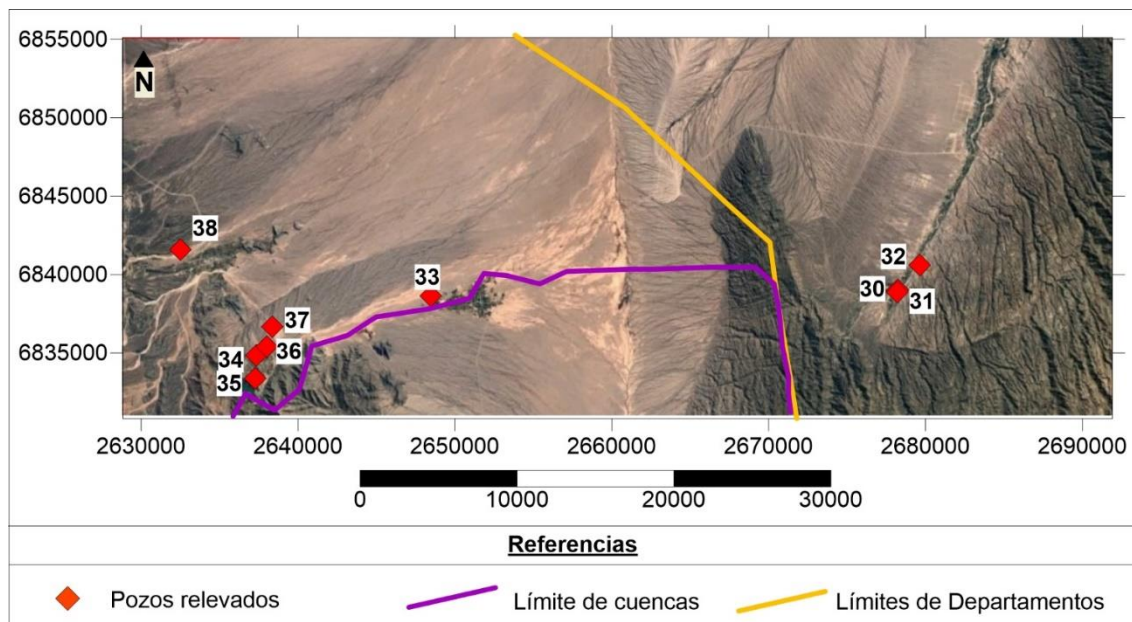


Fig. 30. Pozos relevados en San Blas de Los Sauces y Famatina Norte.

En San Blas de los Sauces se relevaron tres pozos hacia el Sur, específicamente en Tuyuvíl, allí se tomaron muestras de agua en dos pozos y se midió el nivel estático en otros dos pozos, se desconoce el rendimiento ya que no fue posible medir niveles dinámicos y

caudales. El agua erogada es de salinidad media, pH ligeramente alcalino y con niveles estáticos relativamente someros (entre 6,5 y 37 m). Los pozos se localizan cercanos al lecho del Río San Blas de los Sauces que recibe aportes desde las quebradas del faldeo occidental del Velasco. Hacia el centro del área existen otros pozos que captan agua, también en cercanías del lecho del río y que lo elevan a fincas que se desarrollan hacia el Oeste, donde los niveles estáticos se encontrarían más profundos. Lamentablemente, el día de campo no coincidió con la presencia de los responsables de las fincas y no se pudo medir el nivel o extraer muestra. No obstante, es probable que las calidades sean similares a las descritas en Tuyuvil.

Cuadro 20. Parámetros medidos en campo en pozos de San Blas de Los Sauces y Famatina Norte.

Nro.	Pozo	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	pH	CE μS.cm ₁	Temp. °C	N.E. (m)
30	Tuyuvil Jose Simán	San Blas de Los Sauces	Salar de Pipanaco	jun-17	67°10,693'	28°34,240'	7,3	580	20,5	37
31	Tuyuvil Agua Potable	San Blas de Los Sauces	Salar de Pipanaco	jun-17	67°10,709'	28°34,343'	7,3	430	S/D	S/D
32	Maican (Familia Yapur)	San Blas de Los Sauces	Salar de Pipanaco	jun-17	67°09,849'	28°33,392'	S/D	S/D	S/D	6,53
33	Pituil	Famatina	Salar de Pipanaco	jun-17	67°28,935'	28°34,681'	S/D	S/D	S/D	>201
34	Bodega Chañarmuyo	Famatina	Salar de Pipanaco	jun-17	67°35,685'	28°36,794'	7,8	1.230	22,2	S/D
35	Pozo Dique Chañarmuyo	Famatina	Salar de Pipanaco	jun-17	67°35,688'	28°37,606'	S/D	S/D	S/D	17,75
	Pozo Agua Potable									
36	Chañarmuyo	Famatina	Salar de Pipanaco	jun-17	67°35,265'	28°36,491'	7,6	1.060	19,3	S/D
37	Pozo Alto de Campana	Famatina	Salar de Pipanaco	jun-17	67°35,043'	28°35,810'	S/D	S/D	S/D	115
38	Pozo Campana	Famatina	Salar de Pipanaco	jul-17	67°38,678'	28°33,185'	7,6	840	22,2	S/D

Cabe recordar que aguas abajo de esta red de pozos se localizan las galerías filtrantes que abastecen las fincas tradicionales de Salicas, Chaupihuasi y Alpasinche. El desarrollo de pozos en el lecho del río podría generar mermas en el agua erogada por las galerías filtrantes de no efectuarse bajo criterios hidrogeológicos, por lo que es necesario ahondar en el conocimiento básico de los parámetros que rigen el flujo de agua subterránea.

En el Área de Chañarmuyo, se relevaron cuatro pozos (34 a 37). En la zona de influencia del Dique, el nivel estático medido alcanzó los 18 m, por fuera de dicha zona los niveles se profundizan marcadamente alcanzando los 115 m. La calidad de las aguas muestra tenores salinos altos para riego con pH ligeramente alcalinos.

En el Área de Campanas se relevó un pozo utilizado para riego y agua potable. Este erogó agua de salinidad media-alta y pH ligeramente alcalino. No se poseen datos de profundidad al carecer de caño piezométrico, aunque debido a la localización se la estima profunda.

En cuanto al Área de Pituil sólo se relevó un pozo abandonado en inmediaciones de la planta de tratamiento, se introdujo la totalidad de la sonda no alcanzándose el nivel estático a los 201 metros. El pozo de acuerdo a lo informado por trabajadores de agua potable se encuentra abandonado ya que no extraía el caudal de agua esperado.

Cuenca del Salar de Pipanaco

En esta zona se pueden diferenciar cuatro áreas, Área de Aimogasta, Bañado de Los Pantanos, Villa y Estación Mazán y Costa Riojana.(Fig. 31).

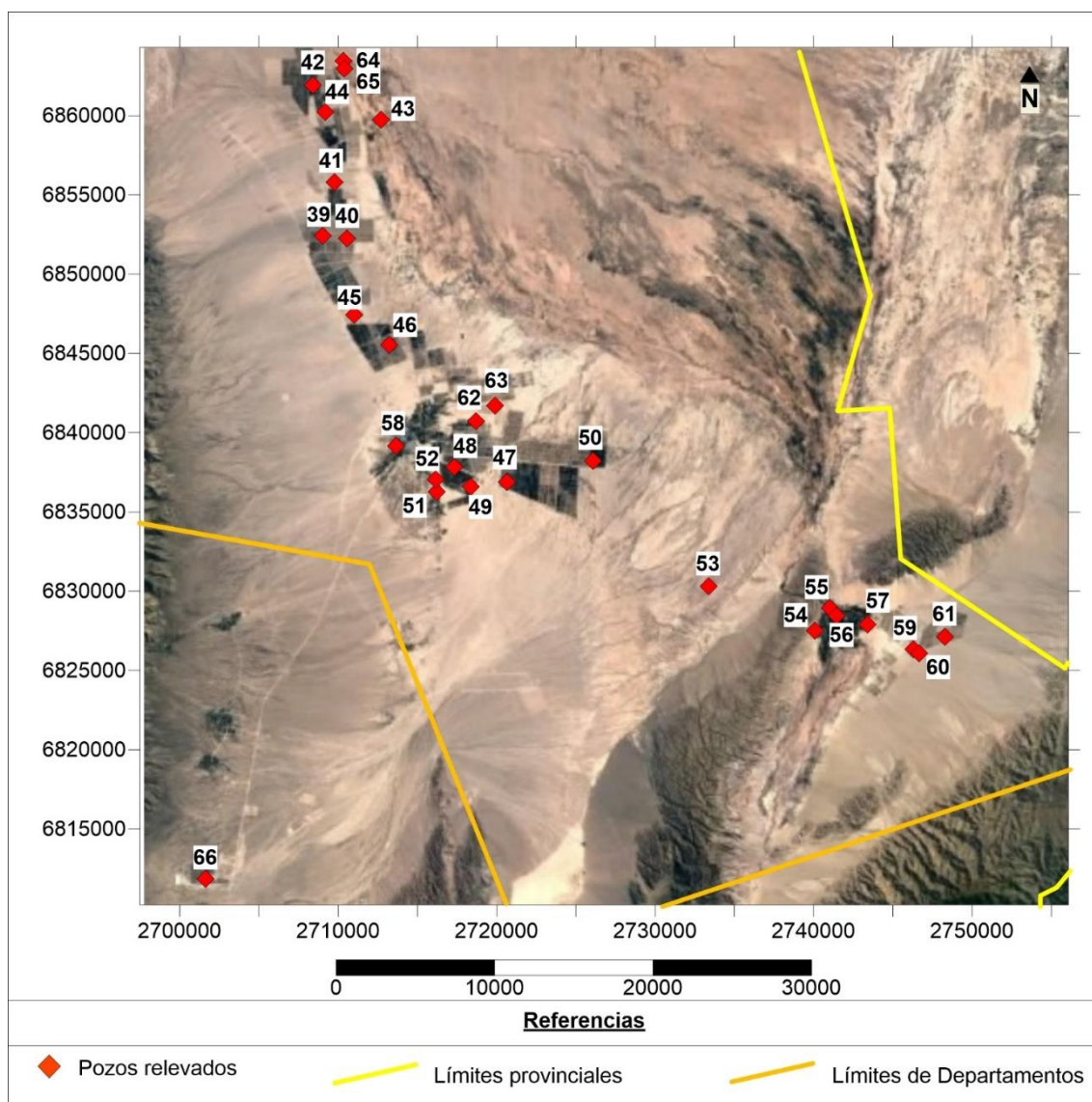


Fig. 31. Pozos relevados en Arauco – Cuenca del Salar de Pipanaco.

Los primeros trabajos antecedentes en la Zona de Aimogasta y Bañado de los Pantanos se realizaron por INA CRAS, donde Sánchez et al. (1995) desarrollan un modelo matemático estimando que, para una extracción de agua subterránea para riego de $105 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$, una profundización de los niveles de agua subterránea del orden de 30 a 40 m que se estabilizarían para el año 2020. Posteriormente, Ferrés (2004) efectúan un trabajo diagnóstico y proponen una red de monitoreo para el área. Además, identifican aguas

sódicas, cloruradas y bicarbonatadas con valores de conductividad eléctrica en un 50 % de clase C3 (entre 1250 y 2500 $\mu\text{S cm}^{-1}$).

El área de Villa Mazán y Estación Mazán ha sido estudiada por García (1998) donde el problema del agua subterránea no radica en la disponibilidad del recurso, sino en su calidad fisicoquímica con aguas de clase C3 (alto riesgo de salinidad) y S2, S3 y S4 (riesgo de alcalinidad de medio a muy alto). Comunicaciones personales realizadas por Tálamo, E. (2017) indican que hacia el Este de Estación Mazán existieron bruscos cambios hidroquímicos, con pozos que erogaban agua de 800 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y a los pocos años alcanzaron valores mayores a 4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y alta concentración de Nitrato. Todo ello supone una alteración antrópica por fertilización o disposición de efluentes.

Hacia el área de la Costa Riojana, Torres et al. (2004) efectúan un trabajo entre la zona de Pinchas y Aminga donde advierten que la profundidad del agua subterránea se encuentra entre un mínimo de 137 m y un máximo de 304 m con rendimientos muy variables que van entre 25 y 1,34 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$. El pH del agua fue de neutro y conductividades entre 485 y 1012 $\mu\text{S cm}^{-1}$ de aptitud buena a regular o C2 y C3 para riego.

Cómo último antecedente para toda la cuenca, debe destacarse el trabajo de Tálamo (2013) quien liderando un importante grupo de trabajo proponen un modelo conceptual y matemático hidrogeológico de toda la cuenca del Salar del Pipanaco.

Los pozos relevados y los resultados de las mediciones efectuadas en el marco de nuestro documento se presentan en el Cuadro 21 y (Fig. 32).

En el área de Aimogasta, los pozos localizados en inmediaciones de las vertientes de Los Nacimientos extraen agua de salinidad media a alta (entre 530 y 980 $\mu\text{S cm}^{-1}$), pH ligeramente alcalinos y marcadas diferencias de temperatura (entre 21,5 y 32,5°C). La profundidad de los niveles estáticos varía entre 39 y 63 metros.

En Bañado de los Pantanos, los tenores salinos son altos para riego (entre 1.090 y 2.380 $\mu\text{S cm}^{-1}$) con pH de ligeramente alcalinos a alcalinos y con diferentes temperaturas (20,2 y 31,6 °C). Los niveles estáticos varían entre 57 y 89 m. Entre los pozos 45 y 46, pertenecientes a una misma finca, se observa marcado cambio en las calidades de las aguas erogadas.

En lo que respecta a Villa Mazán, la calidad del agua es muy diferente a las otras áreas estudiadas. Las conductividades eléctricas son muy elevadas (mayor a 4.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) para ser utilizadas para riego y solo un pozo de los siete relevados presentó aguas de salinidad alta. Los pH son ligeramente alcalinos y las temperaturas oscilaron entre 25,6 y

30,1. Se remarca aquí nuevamente la comunicación personal de Tálamo (2017) quien advierte que existió un fuerte cambio en la salinidad de las aguas de la zona en pocos años.

Cuadro 21. Parámetros medidos en campo en pozos de Arauco – Cuenca del Salar de Pipanaco.

Nro.	Pozo	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	pH	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$	Temp. $^{\circ}\text{C}$	N.E. (m)
39	Don Feliciano Pozo 1	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 52,038	28° 26,741	7,1	2.040	31,6	S/D
40	Don Feliciano Pozo 3	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 51,094	28° 26,819	S/D	S/D	S/D	68,85
41	Fuertes del Bañado	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 51,614	28° 24,918	8,8	1.090	29,9	92,33
42	Talamuyuna Pozo 1	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 52,524	28° 21,611	7,7	1.570	26,6	S/D
43	Pozo El retamo	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 52,026	68° 22,519	S/D	S/D	S/D	88,45
44	Pozo Agua Potable	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 49,807	28° 22,751	7,7	1.950	23,3	S/D
45	GSP Pozo 1	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 50,787	28° 29,421	7,5	2.380	27,7	S/D
46	GSP Olivo 3	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 49,387	28° 30,414	7,8	530	28,6	63,22
47	CACSA Finca 1 Pozo 1	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 44,753	28° 35,029	7,8	680	28,3	51,75
48	CACSA Finca 2 Pozo 1	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 46,807	28° 34,542	7,6	710	24,6	S/D
49	CACSA Finca 2 Pozo 4	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 46,135	28° 35,207	S/D	S/D	S/D	57,37
50	Palas Atenea	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 41,434	28° 34,246	8	560	32,5	S/D
51	Matucho (Bordos)	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 47,449	28° 35,380	S/D	S/D	S/D	64,24
52	Plaza Santa Rosa	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 47,521	28° 34,984	7,9	800	26,4	S/D
53	Agua Potable Villa Mazán	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 36,873	28° 38,437	8,8	830	22,9	S/D
54	Finca San Isidro	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 32,730	28° 39,880	7,8	6.310	28,9	S/D
55	Olivicola Don Salim	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 32,173	28° 39,115	7,7	5.170	25,8	36,27
56	CUA Villa Mazán	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 31,901	28° 69,359	7,4	7.570	25,6	S/D
57	Olivicola San Isidro	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 30,706	28° 39,628	8,1	1.110	30,6	20,63
58	Pozo Agua Potable	Arauco	Salar de Pipanaco	mar-17	66° 48,132	28° 34,840	7,8	690	27,6	S/D
59	Agrilar Bomba P2	Arauco	Salar de Pipanaco	jun-17	66° 28,907	28° 40,449	7,8	6.570	25,7	S/D

Estudio de aptitud frutícola (Olivo, Almendro, Pistacho, Pecan y Nogal) de los valles cordilleranos de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja.

60	Agrilar Bomba P4	Arauco	Salar de Pipanaco	jun-17	66° 28,681	28° 40,538	7,8	4.920	26,8	63,13
61	Agrilar Bomba P8	Arauco	Salar de Pipanaco	jun-17	66° 27,720	28° 40,004	S/D	S/D	S/D	83,95
62	Araugasta (Los Chinos) P1	Arauco	Salar de Pipanaco	jun-17	66° 46,011	28° 32,966	7,3	980	21,5	S/D
	Araugasta (Los Chinos) Lote									
63	2	Arauco	Salar de Pipanaco	jun-17	66° 45,257	28° 32,434	S/D	S/D	S/D	39,06
64	Alto Jagüe (Bañados) Lote 1	Arauco	Salar de Pipanaco	jun-17	66° 51,369	28° 20,768	S/D	S/D	S/D	57,02
65	Alto Jagüe Bañados) Pozo 2	Arauco	Salar de Pipanaco	jun-17	66° 51,312	28° 21,035	7,9	1.690	20,2	S/D
66	CRILAR	Castro Barros	Salar de Pipanaco	jul-17	66° 56,130	28° 48,747	7,7	370	ND	S/D

En el área de la Costa Riojana sólo se obtuvo una muestra de un pozo utilizado para riego, donde la conductividad eléctrica determinada fue media para riego y pH ligeramente alcalino. No fue posible alcanzar la profundidad del nivel estático, aunque de acuerdo a trabajos antecedentes, sería superior a los 300 m. Otros pozos en el área no fueron medidos ya que no se encontró a los responsables de las Fincas o empresas en las distintas visitas realizadas.

Cuenca del Río Los Sauces (Huaco y Sanagasta)

En esta zona se diferencian dos subáreas, una que denominaremos Bolsón de Huaco y la otra Sanagasta (Fig. 32) y (Cuadro 22). La primera se desarrolla en un abanico aluvial que recibe aportes del Río Huaco y numerosas quebradas del faldeo oriental de las Sierras del Velasco, aquí se relevaron los dos únicos pozos profundos del bolsón (67 y 68). A unos 1.600 m en dirección Este del pozo 68, el Río Huaco fluye en dirección Sur hacia Sanagasta donde en inmediaciones del lecho del río se efectuaron una serie de pozos para provisión de agua potable que captan el agua del subálveo, (pozos 69 y 70).

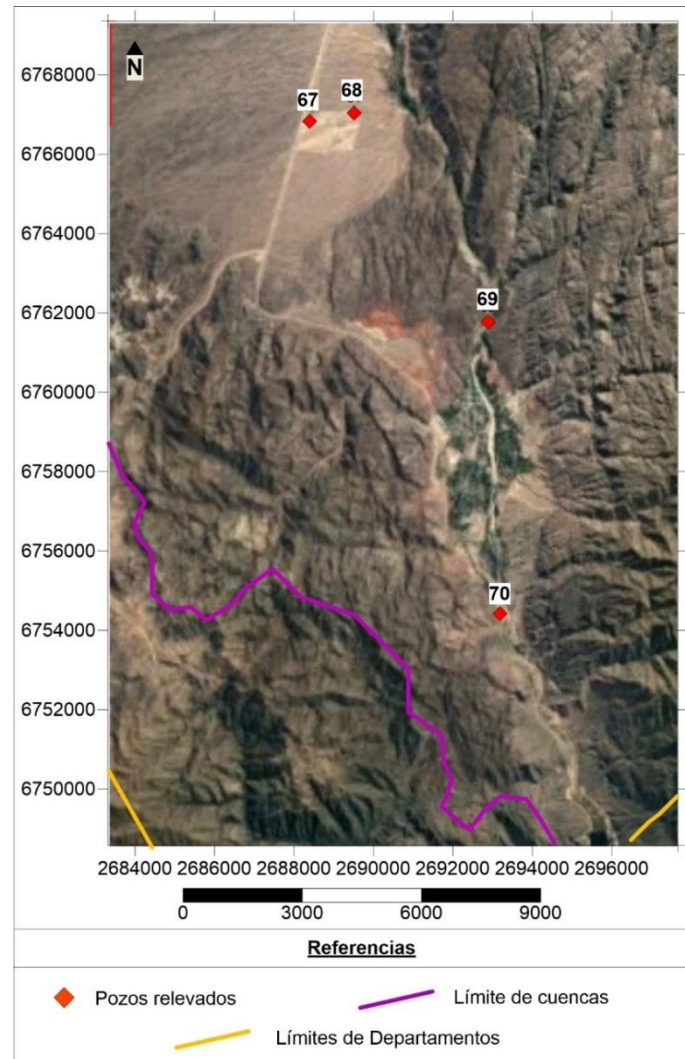


Fig. 32. Pozos relevados en Huaco y Sanagasta.

Los antecedentes para el área del Bolsón de Huaco son muy escasos, se han desarrollado dos pozos profundos a cargo del Geol. Ottonello y prospección geoelectrica a cargo la consultora CONHIDRO. Para el pozo Este de la finca se registró en el año 2015 una profundidad de 42,14 m. La conductividad eléctrica del agua erogada por ambos pozos fue de salinidad media (CONHIDRO, 2015).

Cuadro 22. Parámetros medidos en campo en pozos de Huaco y Sanagasta.

Nro.	Pozo	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	pH	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Temp. $^{\circ}\text{C}$	N.E. (m)
67	Finca San Miguel Arcangel Pozo Oeste	Sanagasta	Bolsón de Huaco	jun-17	67° 3,825	29° 13,187	8	670	S/D	76,06
68	Finca San Miguel Arcangel Pozo Este	Sanagasta	Bolsón de Huaco	jun-17	67° 3,142	29° 13,054	S/D	S/D	S/D	44,5
69	Pozo Agua Potable Sanagasta	Sanagasta	de Los Sauces	jun-17	67° 0,999	29° 15,876	8,2	380	18,8	S/D
70	Pje. Los Nacimientos Agua Potable	Sanagasta	de Los Sauces	jun-17	67° 0,741	29° 19,856	7,7	550	20,5	6,4

En los pozos del Bolsón de Huaco, la salinidad del agua del único pozo que fue encendido fue media, con un pH ligeramente alcalino. La profundidad del nivel estático de ambos pozos varió entre 44,5 y 76 metros asociado a la posición relativa del pozo respecto a la topografía. Se advierte para el pozo Este una profundización de 2,36 m en el término de dos años, situación que deberá monitorearse.

En cuanto al área de Sanagasta, Ottonello (2017) elabora una nota de opinión donde advierte que desde el subálveo del río se extrae un importante volumen de agua para el funcionamiento de las obras (pozos y galerías filtrantes) administradas por Aguas Riojanas SAPEM advirtiendo problemas de explotación intensiva y contaminación. Inclusive el desarrollo de nuevos pozos de extracción al Norte del Dique Los Sauces implica que se extraería el agua del propio embalse que actuaría como fuente de recarga (Comunicación Personal de Martínez, R. 2017; Avila, D. 2017 y Ottonello, 2017).

En Sanagasta, el nivel estático se encuentra somero debido a que las captaciones, como se describió, se efectuaron en inmediaciones o en el propio lecho del río. La salinidad del agua es media, con pH ligeramente alcalino. Se advierte un aumento en la salinidad entre los dos pozos muestreados, distantes 6000 metros aproximadamente uno de otro.

Cuenca Río La Troya (Guandacol)

En el área de Guandacol se relevó como principal documento el trabajo elaborado por Damiani et al. (2006) del INA CRAS. Para esos años, el reservorio subterráneo era explotado por sólo seis pozos con profundidades de agua subterránea entre 21 y 85 m, dependiendo de la localización en el terreno y la topografía. En el trabajo se estimó una recarga entre $14 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ y $30 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ según la riqueza hídrica. La calidad del agua subterránea para riego fue considerada de buena a excelente para la mayoría de las muestras extraídas, sin embargo, en algunas áreas los pozos erogaron agua con conductividades eléctricas elevadas, de clase C3 según Riverside, con riesgo de salinidad alto.

En el Área de Guandacol se han desarrollado en los últimos años una serie de pozos para riego (Fig. 33) y (Cuadro 23). Sin embargo, sólo un pozo de los seis relevados tenía instalado caño piezométrico, pudiéndose medir el nivel estático. El otro pozo medido no tenía instalada la bomba y si bien se midió el nivel, no se obtuvo muestra.

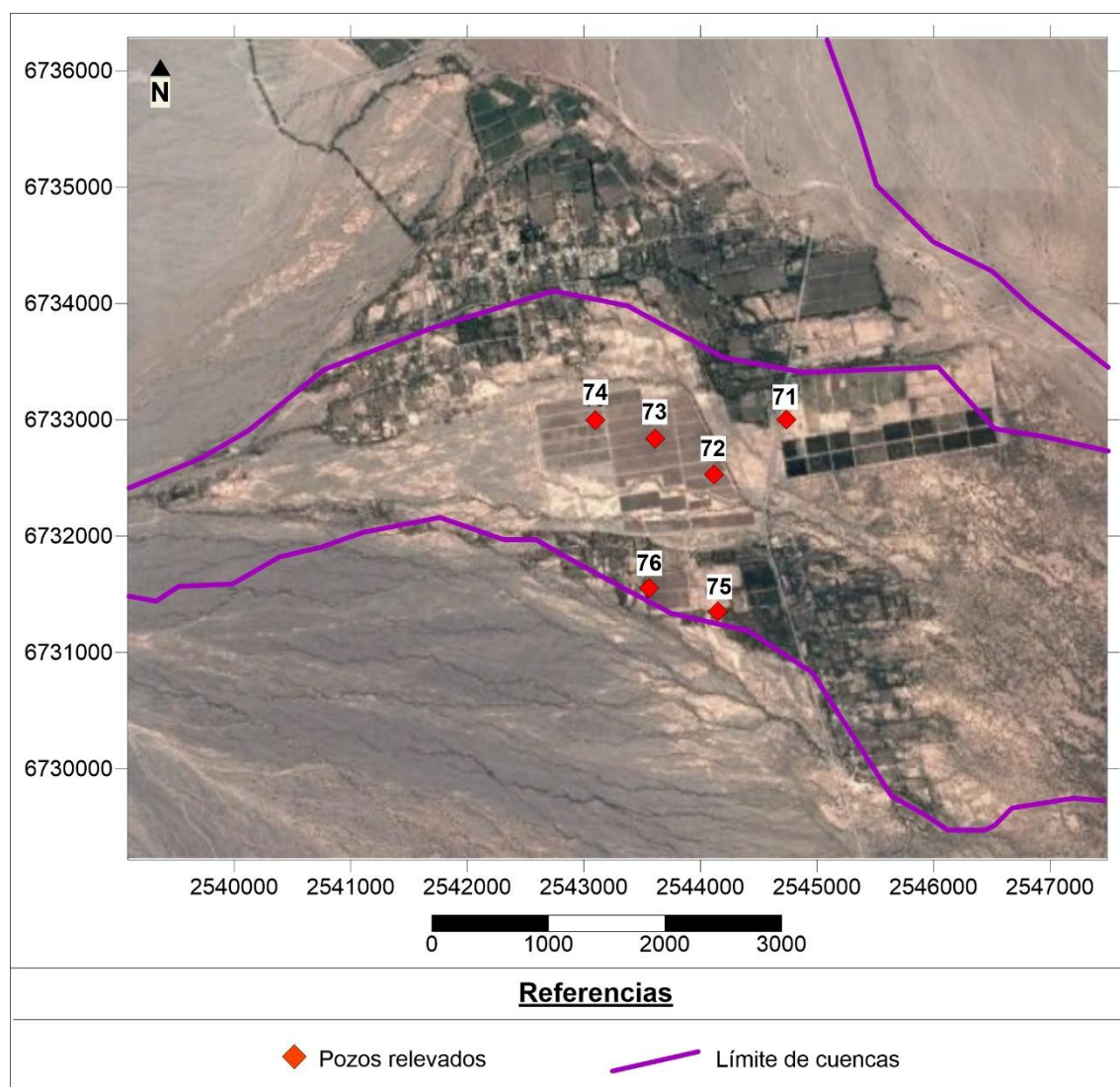


Fig. 33. Pozos relevados en Guandacol.

Cuadro 23. Parámetros medidos en campo en pozos de Guandacol.

Nro.	Pozo	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	pH	CE μS cm ⁻¹	Temp. °C	N.E. (m)
71	All Pack Pozo 1	Cnel. Felipe Varela	Cuenca Río Guandacol	mar-17	68°32,330'	29°32,271'	8	720	21,2	38,3
72	P. del Sol P1	Cnel. Felipe Varela	Cuenca Río Guandacol	mar-17	68°32,711'	29°32,526'	S/D	S/D	S/D	48,81
73	P. del Sol P2	Cnel. Felipe Varela	Cuenca Río Guandacol	mar-17	68°33,029'	29°32,361'	7,3	1.710	21,5	S/D
74	P del Sol P3	Cnel. Felipe Varela	Cuenca Río Guandacol	mar-17	68°33,345'	29°32,276'	7,5	1.430	21,4	S/D
75	Cerro Colorado	Cnel. Felipe Varela	Cuenca Río Guandacol	mar-17	68°32,690'	29°33,167'	7,6	1.760	22,1	S/D
76	Valle Encantado	Cnel. Felipe Varela	Cuenca Río Guandacol	mar-17	68°33,055'	29°32,980'	7,6	2.430	22,2	S/D

Los resultados advierten aguas de salinidad alta y pH ligeramente alcalinos, a excepción del pozo 71, que erogó agua de salinidad media y pH más elevado. Las temperaturas fueron relativamente constantes en todos los pozos y oscilaron entre 21,2 y 22,2 °C. La marcada diferencia de la calidad de las aguas es, con la información disponible, difícil de explicar, aunque muy probablemente este asociado al diseño constructivo del pozo 71 y/o a las condiciones de hidrogeológicas locales.

Cuenca del Río Bermejo (Villa Unión y Villa Castelli Sur)

En la zona se pueden distinguir tres subáreas, la de Villa Unión y Villa Castelli Sur (ocho pozos), área de Pagancillo (pozos 77 y 78) y área de Puerto Alegre (Fig. 34) y Cuadro 24). La mayoría de los pozos aquí registrados corresponden a pozos cavados y sólo los pozos 82 y 84 corresponden a obras de captación entubadas que se utilizan para agua potable.

Los antecedentes en el área indican una gran complejidad geológica-estructural y fundamentalmente dada por la variabilidad química del agua (Sánchez et al., 2002). La profundidad del agua variaba para el año 1997 entre 40 (Este de Villa Castelli) y 8 metros (Villa Unión). Los trabajos indican que la cuenca no se encontraba sometida a explotación intensiva y el régimen podría considerarse como natural (Sánchez et al, 1997). En la zona de pozos de balde de Villa Castelli se registró en el año 1997 agua de salinidad elevada (mayor a 6000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) mientras que en Villa Unión la calidad de las aguas varió entre 1500 y 3000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

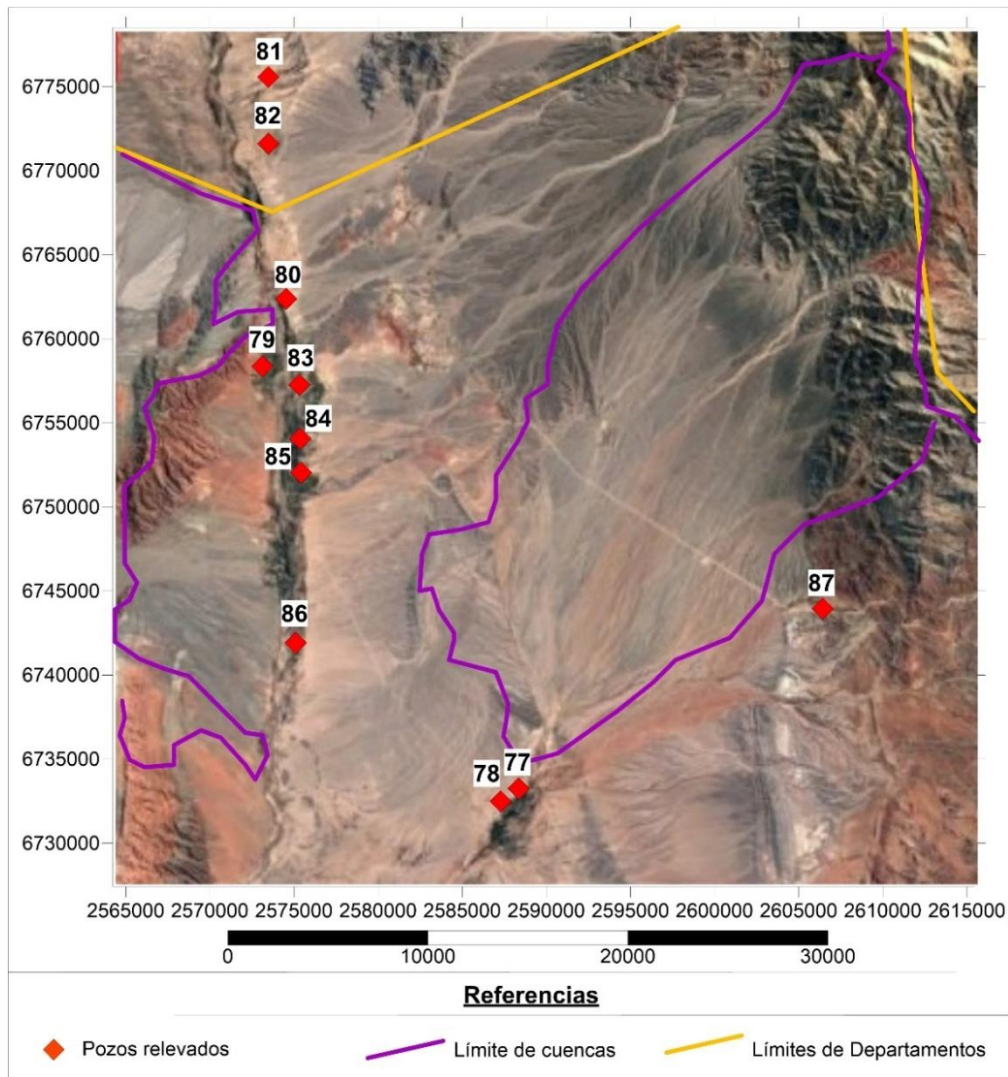


Fig. 34. Pozos relevados en Villa Unión y Villa Castelli Sur.

Cuadro 24. Parámetros medidos en campo en pozos de Villa Unión y Villa Castelli Sur.

Nro.	Pozo	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	pH	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Temp, °C	N.E. (m)
77	Pozo Particular	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Pagancillo	mar-17	68°05,361'	29°32,038'	S/D	S/D	S/D	4,57
78	Pozo plaza	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Pagancillo	mar-17	68°06,012'	29°32,455'	S/D	S/D	S/D	3,51
79	Oscar Neyra	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Bermejo	mar-17	68°14,878'	29°18,495'	7,7	1.520	24,3	2,63
80	El molle (APA 20)	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Bermejo	mar-17	68°14,019'	29°16,314'	7,4	1.650	23,5	11,98
81	Puesto Doña Irma	General Lamadrid	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°14,730	29°9,179	7,9	1.850	17,2	8,19
82	Pozo "Loma de la curva" Potable	General Lamadrid	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°15,012	29°11,325	7,9	720	22,9	7,44
83	Pozo Particular Graciela Herrera	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°13,516	29°19,087	7,2	4.860	20,3	5,88
84	Los Palacios (Potable)	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Bermejo	mar-17	68°13,472'	29°20,823'	7,1	3.070	21,7	S/D
85	Finca Damaso Gomez	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Bermejo	mar-17	68°13,423'	29°21,905'	7,1	2.220	20,6	6,06
86	Puesto La Pizza (Justo Herrera)	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Bermejo	mar-17	68°13,588'	29°27,391'	7,7	7.740	22,1	8,38
87	Puerto Alegre (Potable)	Cnel, Felipe Varela	Cuenca Río Pagancillo	may-17	67°54,213	29°26,159	8,5	1.800	SD	2,57

En nuestro relevamiento, el área de Villa Unión y Villa Castelli Sur, los pozos presentaron conductividades altas (4), muy altas (2) y extremadamente altas (2) para ser utilizadas para riego. Un pozo solamente presentó conductividad media para riego, correspondiente a la red de agua potable que abastece Villa Unión. Este pozo carece de las medidas mínimas de seguridad que la prevengan de contaminación y no posee perímetros de seguridad.

El pH de las aguas varió de neutro a ligeramente alcalino y las temperaturas oscilaron entre 17,2 y 24,3 °C. Los niveles estáticos fueron someros, entre 2,6 y 12 metros.

En la subárea de Pagancillo se accedió solamente a la medición de niveles estáticos someros debido a que los moradores o encargados no estaban autorizados a encender las bombas. Debido a las salinidades de las aguas superficiales en el área es esperable que las conductividades eléctricas de agua subterránea sean altas desde el punto de vista del riego.

En el caso del área de Puerto Alegre, el pozo utilizado para agua potable presentó salinidad alta para uso de riego (algo inferior al agua superficial), pH algo alcalino siendo el nivel estático somero.

Cuenca Alta del Río Bermejo (Jagüé, Vinchina y Villa Castelli)

En esta zona se diferencian tres subáreas, Villa Castelli, Vinchina y Jagüé (Fig. 35) y (Cuadro 25). Parte de los pozos relevados corresponden a pozos cavados, utilizados para usos múltiples (cuatro), mientras los perforados y entubados son utilizados para agua potable (siete) o se encuentran abandonados (uno). Los antecedentes en el área de estudio indican, al igual que para Villa Unión y Villa Castelli, una gran complejidad geológica-estructural y fundamentalmente dada por la variabilidad química del agua. En Vinchina, en el estudio de Sánchez et al (1997) la composición química permitió diferenciar dos grupos de pozos, uno con agua de conductividad inferior a los 1500 $\mu\text{S.cm}$ y otro con agua más salina limitante para riego. En la zona Norte de Villa Castelli se diferenció un grupo de baja salinidad (conductividad entre 320 y 514 $\mu\text{S.cm}$) y otro grupo de agua más salina (1500 y 2500 $\mu\text{S.cm}$).

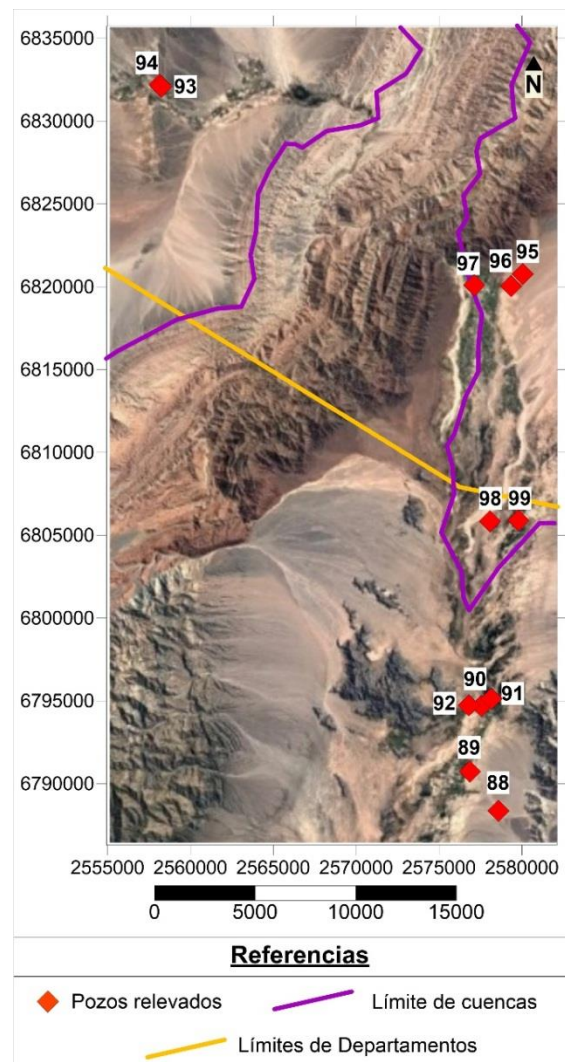


Fig. 35. Pozos relevados en Jagüé, Vinchina y Villa Castelli.

Cuadro 25. Parámetros medidos en campo en pozos de Jagüé, Vinchina y Villa Castelli.

Nro	Pozo	Departamento	Cuenca	Fecha	Longitud	Latitud	pH	CE μS.cm ⁻¹	Temp . °C	N.E. (m)
88	Pozo Municipal (SAPEM-Nogal)	General Lamadrid	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°11,572	29°2,190	SD	SD	SD	65,72
89	Pozo Municipal (B° Bella Vista)	General Lamadrid	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°12,648	29°00,913	7,7	450	20,8	ND
90	Rivadavia Norte	General Lamadrid	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°12,245	28°58,782	SD	SD	SD	1,63
91	Pozo surgente del Carmen	General Lamadrid	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°11,874	28°58,531	7,8	310	21,8	SD
92	El condado	General Lamadrid	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°12,7	28°58,755	SD	SD	SD	2,9
93	José Barreda 1	Vinchina	Río Carrizalillo	may-17	68°24,238	28°38,606	7,4	2.540	19,2	9,4
94	José Barreda 2	Vinchina	Río Carrizalillo	may-17	68°24,303	28°38,584	7,4	2.970	19,4	8,57
95	Agua Potable Vinchina	Vinchina	Cuenca Río La Banda	may-17	68°10,817	28°44,643	8	560	19,7	SD
96	Agua Potable (abandonado)	Vinchina	Cuenca Río La Banda	may-17	68°11,246	28°45,054	SD	SD	SD	38,49
97	Agua Potable (polideportivo)	Vinchina	Cuenca Río Bermejo	may-17	68°12,608	28°45,029	SD	SD	SD	36,71
98	Puesto El Galpón	General Lamadrid	Cuenca Río Grande de Valle Hermoso	may-17	68°11,975	28°52,738	7,9	760	19,2	SD
99	Noria Entubada	General Lamadrid	Cuenca Río Grande de Valle Hermoso	may-17	68°10,908	28°52,704	7,9	650	14,4	11,38

Para 2017, en Vinchina solamente se pudo acceder a una muestra de agua obtenida de un pozo de la batería localizada al Noreste del pueblo y que se utiliza para agua potable. La conductividad eléctrica determinada fue media para riego, pH ligeramente alcalino y una temperatura de 19,7 °C. Las condiciones de mantenimiento y perímetros de protección de los pozos no son las adecuadas para una red de agua potable. Lamentablemente no pudo accederse a la muestra en el pozo 97, que según personal de agua potable municipalidad de Vinchina, presentaría tenores salinos elevados que pueden detectarse organolépticamente. Los niveles estáticos medidos oscilaron entre los 36 y 39 metros aproximadamente.

En Jagüé (pozo 93 y 94) existen sólo dos pozos cavados que son utilizados para riego de una pequeña finca, la conductividad eléctrica determina un agua de salinidad muy alta, pH ligeramente alcalino, temperatura de 19,2 a 19,4 °C y un nivel estático somero entre 8,5 y 9,4 °C.

7. Ambientes edáficos y su clasificación

A continuación, se presenta una ficha técnica con el registro de visita a la Obs. VU 9 ubicada en la localidad de Villa Unión (Dpto Gral. Lamadrid) (Fig. 36) y Cuadro 26). En cuaderno de campo se realizan anotaciones varias las cuales, en gabinete son digitalizadas para armar el anexo del estudio con los perfiles de suelo.



Fig. 36. Personal de INTA describiendo suelo en VU 9 (IZQ). Ubicación de VU9 con respecto a carreteras y nodos urbanos (DER).

Cuadro 26. Registró básico de datos realizado en el sitio VU 9.

0,00 m	Ubicación: La Puyuta Ruta 76 pas. R. 40 al S
Franco	Fecha 10/01/17
0,20 m	
Arenoso Franco	Coordenadas: 29 20 59,4 S– 6813 26,0 W- Altitud: 1143msnm
0,40 m	Uso actual: Cultivado
	Cultivo: Vid (parral) Estado: Bajo vigor
Franco Arenoso	Malezas/Vegetación natural: chilquilla, biznaga cobertura 100 %
	Observaciones: Perfil muy estratificado
0,90 m	
Arenoso Franco	
1,20 m	

Una vez procesadas las fichas de campo y analizados los perfiles de suelo de los sitios visitados, el paso siguiente fue generar un listado de los ambientes edáficos más importantes a partir de los cuales se generarán los mapas de suelo básicos para efectuar la zonificación. En el Cuadro 27 resume los principales ambientes definidos.

Cuadro 27. Clasificación de las unidades cartográficas de suelo en el área de estudio.

Denominación de la unidad cartográfica	Relieve/Taxonomía	Características distintivas	Color de leyenda
Serranías y Roca (R)	Montañas y serranías	Incluye terrenos fuertemente ondulados	Marrón
Ríos (VE)	Ambientes fluviales Fluvents	Incluye ríos y vías de escurrimiento	Celeste
Humedales	Relieve plano deprimido Fluvacuent típicos	Zonas de inundación de ríos. Áreas deprimidas con napa freática superficial gran parte del año	Naranja
Pedemonte Somero (E)	Depósitos aluvionales Torriortente típico	Relieve ondulado, frecuentemente discontinuado por cárcavas. Predominio de material rocoso. Elevado riesgo de erosión hídrica	Gris
Arenoso (A)	Planicie Ondulada Torripsamente típico	Suelos profundos de texturas arenosa fina. Elevado riesgo de erosión eólica.	Rosa
Suelos fértiles	Plano con leve pendiente Torriortente típico	Suelos profundos de texturas Franco a Franco arenosa. Subsuelo arenoso con gravillas.	Amarillo
Suelos Pesados	Plano casi nula pendiente Torrifluvente típico	Relieve plano deprimido. Suelos profundos de texturas medias a arcillosas. Leve riesgo de degradación por salinización.	Verde

Mapas de suelo

Como resultado principal de este capítulo y producto de la definición de los límites de los ambientes, se presentan los mapas de suelo del Valle de Bermejo, Sañogasta,

Antinaco-Los Colorados y de La Costa en las (Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39 y Fig. 40) respectivamente. Estos fueron obtenidos como resultado de la integración de la información recabada en campo mediante la descripción de observaciones puntuales, observación de lugar y el trabajo de digitalización de ambientes efectuado con la asistencia del software Google Earth Pro realizado en INTA San Juan y luego digitalizado con QGIS 2.6.1., en INTA Castelar.

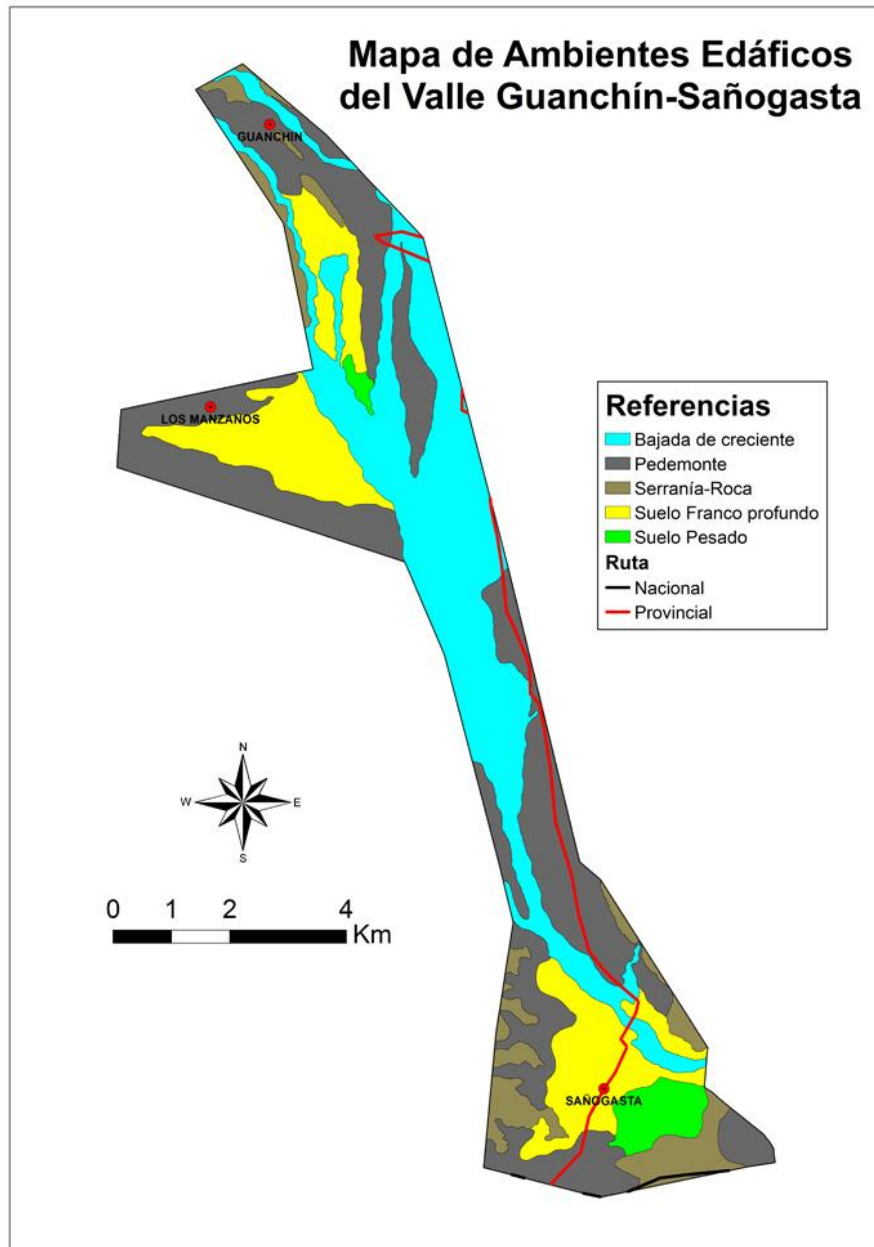


Fig. 37. Mapa de ambientes edáficos. Valle de Sañogasta

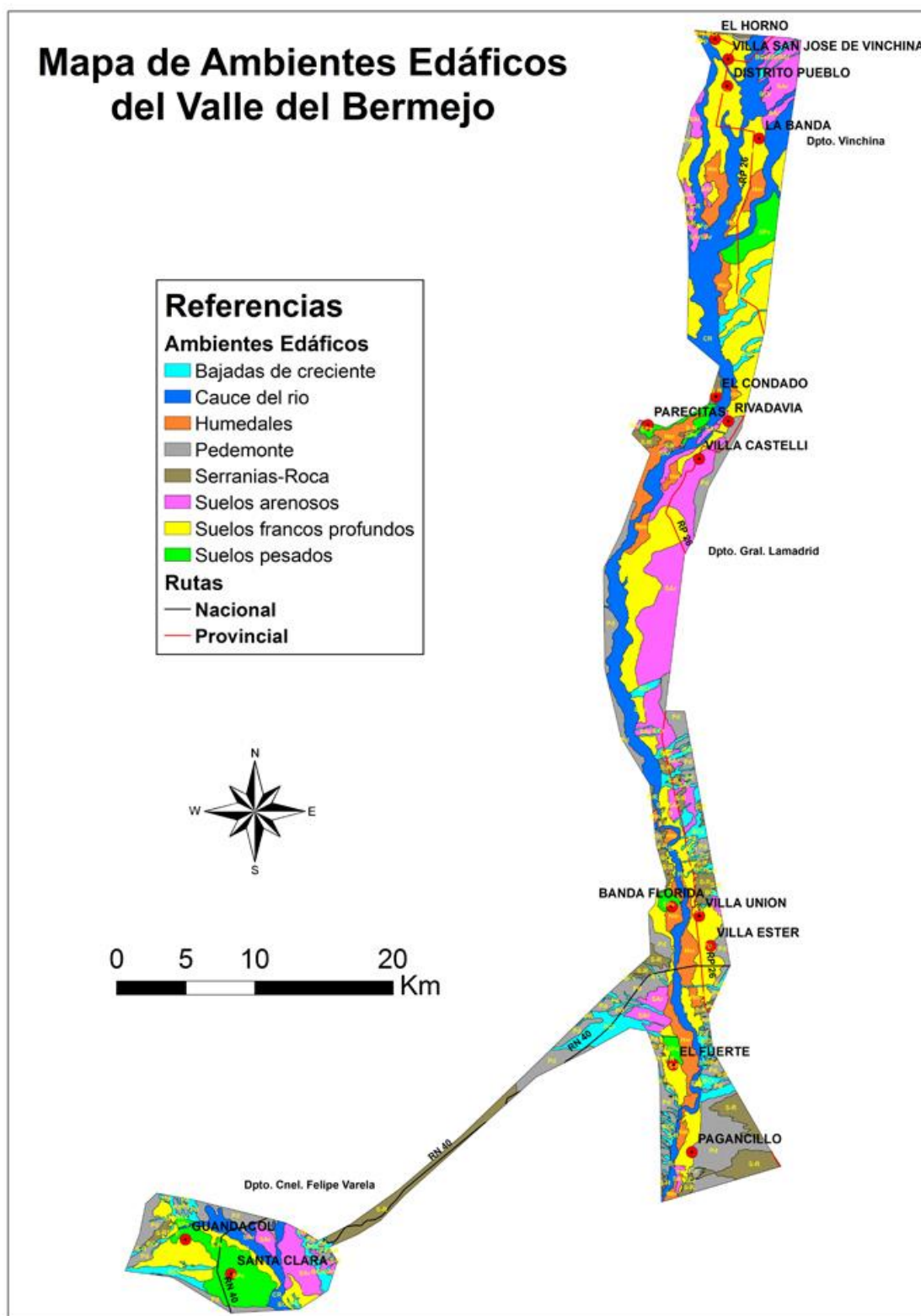


Fig. 38. Mapa de ambientes edáficos. Valle del Bermejo y Guandacol

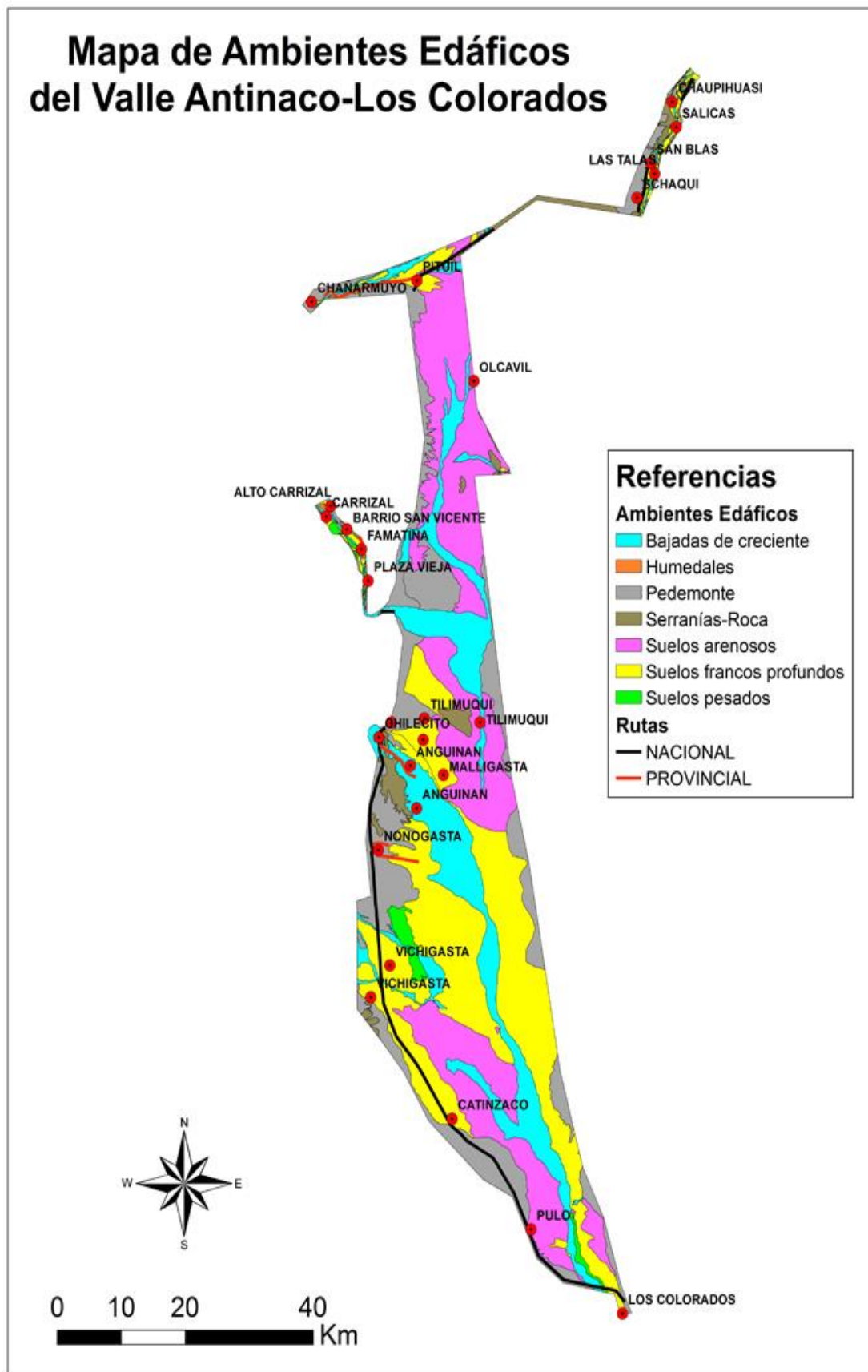


Fig. 39. Mapa de ambientes edáficos. Valle de Antinaco-Los Colorados

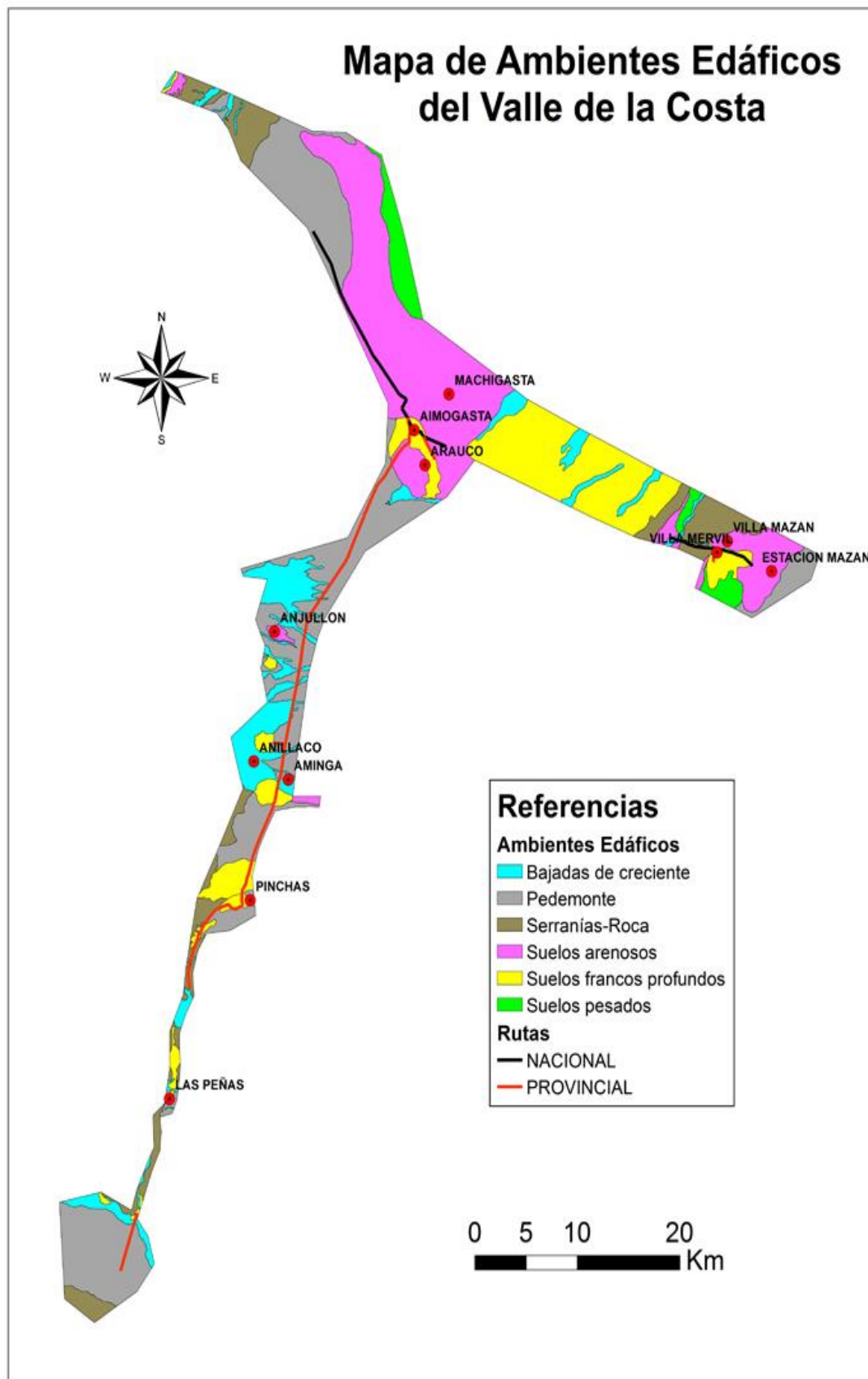



Fig. 40. Mapa de ambientes edáficos. Valle de La Costa
Descripción de perfiles de suelo más representativos cada valle estudiado

Valle del Bermejo.

En la localidad de Vinchina, ubicada en el Bermejo Norte, se presentan suelos muy interesantes donde cuesta encontrarles alguna limitante. Son profundos, sin gravas y con predominio de texturas medias (Franco a Franco arenoso). Un perfil típico del área puede ser el de la Obs. VI 4, realizada en una parcela cultivada con alfalfa (

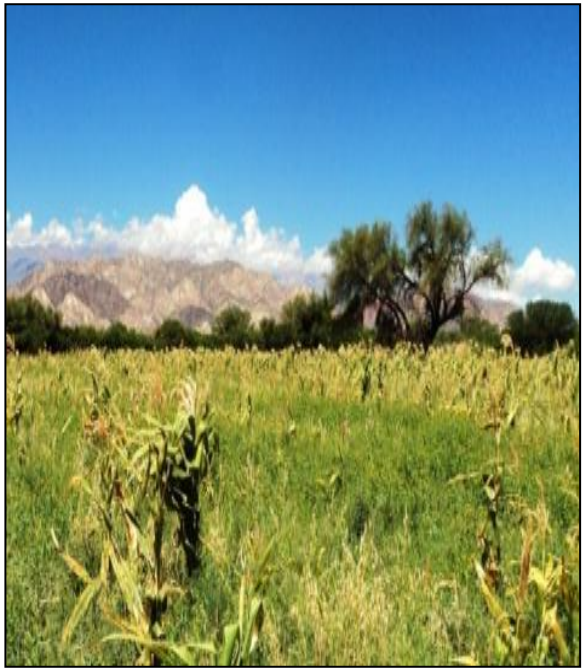
Cuadro 28).

Cuadro 28. Ficha descriptiva de parcela bajo pastoreo bovino (sitio VI 4).

0,00 m	Ubicación: Vinchina	OBS. VI 4
Franco	Fecha: 11/01/17	
0,30 m	Coordenadas : 28 46 29,5 S – 68 12 19,8 W- Altitud: 1448msnm	
Franco Arenoso	Uso actual: Cultivado	
0,70 m	Cultivo: Potrero de alfalfa Malezas/Vegetación natural: chilca	
Franco		
0,90 m		
	Profundidad de muestreo (m): 0,00-0,70	
Franco Arenoso	Salinidad: 3.930 μ S.cm pH 8,4 pH	
1,20 m		

En la localidad de Villa Castelli predominan los suelos profundos. En las áreas cultivadas el perfil de suelo más común es de textura fina (Franco a Franco arcillosa) en la capa superficial (0,00-0,40m) y Franco arenosa en profundidad (Obs VC 5).

Cuadro 29. Ficha descriptiva de parcela con cultivo de maíz para grano (sitio VC 5).

0,00 m	Ubicación: Villa Castelli	OBS. VC 5 
Franco	Fecha: 15/02/17	
Arcilloso	Altitud: 1297msnm	
	Coordenadas : 28 59 09,1 S – 68 13 43,7 W-	
0,40 m	Cultivo: Maíz Estado: muy enmalezado	
0,60 m	Malezas/Vegetación natural: chépica, chilquilla, avena, espina	
Franco Arenoso	blanca 100 % de cobertura	
0,80 m	Profundidad de muestreo (m): 0,00-0,80	
0,90 m	Salinidad: 3.020 µS.cm pH: 8,5	
Franco Arenoso		
1,30 m		

Más al sur, en la localidad de Banda Florida, ubicada en la margen derecha del río Bermejo frente a Villa Unión, los suelos continúan siendo profundos con un perfil típico de textura Franco limosa a Franco arcillosa en la capa superficial (0,30-0,60 m) y arenosa o arenosa franca a mayor profundidad (1m o más). La observación VU 3 representa el perfil típico de este tipo de suelo (Cuadro 30).

Cuadro 30. Ficha descriptiva de parcela con cultivo de maíz para grano (sitio VU3).

0,00 m	Ubicación: Banda Florida. Fecha: 10/01/17
Franco Arcilloso	Altitud: 1155msnm
0,30 m	Coordenadas: 29 18 22,2 S – 68 15 02,5 W
0,40m	Uso actual: Cultivado.
Franco Arenoso	Cultivo: maíz - frutales
	Malezas/Vegetación natural:
	Observaciones: Color rojizo. Estructura en bloques, consistencia ligeramente dura entre 0,00–0,30m.
Arenoso	

1,30 m	
--------	--


En el área cultivada de Villa Unión y Los Palacios se presentan perfiles similares a banda Florida con una capa superficial de textura Franco a franco arcilloso hasta 0,30-0,40m y arenosa o arenosa franca en profundidad (Obs VU 13). No se observa presencia de gravas o gravillas en el perfil en este tipo de suelos (Cuadro 31).

Cuadro 31. Ficha descriptiva de parcela con cultivo de vid (sitio VU13).

0,00 m	Ubicación: Villa Unión
Franco Limoso	Fecha: 16/02/17 Altitud: 1160msnm
0,40 m	Coordenadas: 29 18 52,92 S– 68 13 11,34 W-
0,50m Franco Arenoso	Uso actual: Cultivado.
	Cultivo: Parral Sultanina Estado: Regular- pobre y enmalezado
	Malezas/Vegetación natural: cañota, fique, chilquilla,
	correhuela con una cobertura 100 %
	Profundidad de muestreo (m): 0,00-0,40
Arenoso Franco	Salinidad: 2.390 µS.cm pH: 8,3
1,30 m	


Los sectores incultos alejados del área de influencia del río Bermejo muestran una marcada deposición de material de acumulación eólica relativamente nueva. La Observación VU 18 corresponde a un sector inculto muy representativo lo antes mencionado (Cuadro 32.).

Cuadro 32. Ficha descriptiva de ambiente arenoso inculto (sitio VU18).

0,00 m	Ubicación: Villa Unión	OBS. VU 18 
	Fecha: 17/02/17 -	
	Altitud: 1162msnm	
	Coordenadas: 29 19 39,6 S – 68 15 63,0 W -	
	Uso actual: Inculto.	
Arenoso Franco	Malezas/Vegetación natural: Mucha vegetación arbustiva Jarilla, retamo, brea Cobertura 40 %.	
	Observaciones: Cerca del cerro colorado. Pavimento eólico con gravas en superficie. Relieve SO. 0,00-1,00	
	arenoso franco con gravas y gravillas (20%)	
1,00 m		

En el extremo sur del área relevada se encuentra la localidad de Pagancillo se presentan suelos variados que van desde los humedales hasta los suelos arenosos. Sin embargo, es posible generalizar que, dentro del área cultivable, predominan los suelos cuya textura dominante es franco limoso a franco arenoso (Detalle de las Obs. PA2 y PA4).

Cuadro 33. Ficha descriptiva en parcela inculca con renoval arbustivo (sitio PA2).

0,00 m	Propiedad: s/d	
Franco Limoso	Localidad: Pagancillo – (Al Sureste)	
0,30 m	Coordenadas geográficas: 29 32 42,7S 68 05 34,9W	
Franco Arenoso	Uso actual: Parral abandonado	
0,50 m	Malezas/Vegetación natural: zampa, algarrobos 80 % de cobertura.	
Franco Arcilloso		
0,80m		
Franco Limoso		
1,20m		

Como apéndice del valle del Bermejo se estudiaron los suelos de la pintoresca y activa localidad de Guandacol ubicado el Dpto. Felipe Varela. A grandes rasgos se trata de una extensa llanura fluvio-eólica vinculada a bajadas de creciente propias del Río La Troya de acentuada actividad hídrica estival. En el centro sur de la comunidad se presentan suelos como los descriptos en la Obs GU 9 (Cuadro 34).

Cuadro 34. Ficha descriptiva en cuartel de olivo joven en producción (sitio GU9).

0,00 m	Localidad: Guandacol Coordenadas geográficas: 29 32 22,5 S 68 31 32,4 W Uso actual: Olivos ´arbequina´.	OBS. GU 9 
Franco Arcilloso		
0,30 m		
Franco Limoso		
0,50 m		
Franco arenoso	Observaciones: cultivo Uniforme, con mucha carga. Preparado para cosecha mecánica.	
0,60 m		
Franco Limoso		
1,30 m		

Para finalizar con la descripción de los perfiles de suelo relevados, el Cuadro 35 presenta los resultados obtenidos en Laboratorio de los parámetros químicos básicos como son concentración salina y pH en pasta saturada de suelo. El cuadro se acompaña al pie con referencias de interpretación.

Cuadro 35. Niveles de salinidad y pH determinados en el Valle de Bermejo.

Localidad	Obs. N°	Prof. (cm)	Uso actual	Salinidad		pH	
				CEe (µScm ⁻¹)	Interp .	Valor	Interp.
Vinchina	VI 1	0-40	Cultivado (Maíz)	849	S ₀	8.5	FA
	VI 2	0-40	Inc. nivelado	4.160	S ₁	8.2	MA
	VI 3	0-50	Inc. nivelado	8.320	S ₂	8.2	MA
	VI 4	0-70	Cultivado (Alfalfa)	3.930	S ₁	8.4	MA
	VI 5	0-60	Cultivado (Alfalfa)	2.190	S ₁	8.6	FA
	VI 6	0-60	Cultivado (Avena)	4.400	S ₁	8.3	MA
Villa Castelli	VC 1	0-50	Inc. nivelado	9.820	S ₂	8.3	MA
	VC 2	0-40	Cultivado (Alfalfa)	1.631	S ₀	8.4	MA
	VC 3	0-60	Inc. nivelado	3.040	S ₁	8.5	MA
	VC 5	0-80	Cultivado (Maíz)	3.020	S ₁	8.5	MA
	VC 9	0-60	Inculto	76.900	S ₄	8.5	MA
	VC 12	0-50	Inculto	6.390	S ₂	7,1	N
	VC 13	0-50	Inculto	15.780	S ₃	7,9	MA
	VC 12	0-50	Inculto	67.600	S ₄	8,7	FA
	VC 14	0-50	Inculto	1.542	S ₀	7,3	N

Villa Unión/ Banda Florida	VU 1	0-70	Cultivado(Vid)	4.070	S₁	8.3	MA
	VU 2	0-35	Inc. nivelado	3.690	S₁	8.4	MA
	VU 4	0-70	Cultivado (Vid)	1.315	S₀	8.5	MA
	VU 5	0-50	Cultivado (Pasturas)	2.460	S₁	8.2	MA
	VU 7	0-40	Cultivado (Vid)	2.300	S₁	8.3	MA
	VU 8	0-50	Cultivado (Vid)	1.607	S₀	8.2	MA
	VU 12	0-40	Cultivado (Vid)	2.160	S₁	8.4	MA
	VU 13	0-40	Cultivado (Vid)	2.390	S₁	8.3	MA
	VU 14	0-40	Inc. nivelado (exvid)	10.130	S₂	8.3	MA
	VU 15	0-40	Cultivado (Vid)	2.280	S₁	8.0	MA
	VU 19	0-40	Inculto	73.800	S₄	8.4	MA
Pagancillo	PA 2	0-50	Inc. nivelado (exvid)	8.050	S₂	8.2	MA
	PA 4	0-50	Cultivado (Vid)	2.690	S₁	8.4	MA
Guandacol	GU 1	0-40	Cultivado (Ciruelo)	4.220	S₁	8.3	MA
	GU 2	0-50	Inculto (Médanos)	666	S₀	8.7	FA
	GU 3	0-50	Cultivado (Olivo)	4.820	S₁	8.5	MA
	GU 4	0-50	Cultivado (Vid)	1.577	S₀	8.4	MA
	GU 5	0-50	Cultivado (Vid)	1.129	S₀	8.4	MA
	GU 9	0-50	Cultivado (Olivo)	6.110	S₂	8.4	MA
	GU 6	0-40	Cultivado (Vid)	1.577	S₀	8.0	MA
	GU 11	0-50	Inculto	7.270	S₂	7.7	MA
	GU 12	0-50	Cultivado (Vid)	2.480	S₁	7.9	MA
	GU 13	0-50	Cultivado (Vid)	1.812	S₀	8.0	MA
	GU 14	0-50	Cultivado (Vid)	1.780	S₀	8.0	MA

Escalas de interpretación de análisis de tenor de sales en suelos

Clase	Rango	Interpretación
S ₀	<2000	No salino
S ₁	2000-5000	Salinidad ligera
S ₂	5000-15000	Salinidad moderada
S ₃	15000-30000	Salino
S ₄	>30000	Muy salino


Escalas de interpretación de análisis de pH en suelos

Reacción	Sigla	pH
Fuertemente ácido	Fa	Menor de 5
Moderadamente ácido	Ma	5,1 – 6,5
Neutro	N	6,6 – 7,3
Moderadamente alcalino	MA	7,4 – 8,5
Fuertemente alcalino (suelos sódicos)	FA	Mayor de 8,5


Valle de la Costa

En esta zona fueron realizadas 19 observaciones, los suelos que predominan son de textura arenosa y arenosa franca y en la mayoría de los casos con un alto contenido de gravas en el perfil (20-40%). Estos ambientes frágiles dominan en las localidades de Veracruz y San Pedro y hacia el sur (Pinchas, La Calera y Sanagasta). En los sectores pedemontanos más altos la cobertura de canto rodado es tan importante que dificultaría la habilitación de tierras para fruticultura. Un perfil representativo de esta situación puede ser el correspondiente a la Obs. CO 2 (Cuadro 36.). Por otra parte, en las áreas cultivadas de Anjullón, Anillaco, Los Molinos y Aminga, si bien se mantiene texturas gruesas, la presencia de gravas y gravillas en el perfil disminuye al 15% o menos hasta 1 m de profundidad o más (Cuadro 36.).

Cuadro 36. Ficha descriptiva en cuartel de olivo joven en producción (sitio CO 2).

0,00 m	Ubicación: Santa Veracruz Fecha: 23/05/17 Altitud: 1562 msnm	OBS. CO 2 
Arenoso	Coordenadas : 28 40 11,67,0 S– 66 57 09,35 W- Uso actual: Cultivado. Cultivo: Olivo Estado: Viejo, con pocas malezas Observaciones: Cultivo de olivos variedad Arauco. Perfil de suelo con gravas y gravillas (40%)	
0,80m		

Cuadro 37. Ficha descriptiva en cuartel de olivo joven en producción (sitio CO 9).

0,00 m	Ubicación: Aminga	OBS. CO 9 
Arenoso Franco	Fecha: 23/05/17 Altitud: 1338 msnm	
0,35 m	Coordenadas : 26 51 30,8 S – 66 55 52,8 W - Uso actual: Cultivado. Cultivo: Olivos Estado: abandonado	
Arenoso	Profundidad de muestreo (m): 0,00-0,50 Salinidad: 6.690 μ S.cm pH: 8,3 Observaciones:	
1,00	Abandonado con riego por goteo 8 m x 6 m. Salinidad leve Gravillas en superficie. 0,35-1,00 Arenoso grueso con gravillas (15 %)	

En relación a salinidad y pH, el Cuadro presenta los resultados obtenidos:

Cuadro 38. Niveles de salinidad y pH determinados en el Valle de La Costa

Localidad	Obs. N°	Prof. (cm)	Uso actual	Salinidad		pH	
				CEe (μScm^{-1})	Interp.	Valor	Interp.
Aminga	CO 8	0-40	Cultivado (Vid)	478	S0	7.8	MA
	CO 9	0-50	Olivo abandonado	6.690	S2	8.4	MA
	CO 9-1	0-50	Cultivado (Vid)	747	S0	8.4	MA
Chuquis	CO 10	0-40	Inculto	1.071	S ₀	8.6	FA
	CO 11	0-50	Cultivado (Nogal)	702	S ₀	8.3	MA
La Calera	CO 15	0-50	Inculto	5.620	S ₂	8.2	MA
El Huaco	CO 19	0-50	Cultivado (Nogal)	2.230	S ₁	8.6	FA
	CO 20	0-50	Inculto	447	S ₀	8.9	FA
Sanagasta	CO 16	0-50	Cultivado (Nogal)	2.600	S ₁	8.6	FA
	CO 17	0-50	Cultivado (Nogal)	6.080	S ₂	8.6	FA
	CO 17-1	0-40	Inculto	1.036	S ₀	8.7	FA

En las zonas cultivadas la CEE media es de 1.132 $\mu\text{S.cm}$ (Clase S0) que indican baja salinidad mientras que en los sectores no cultivados el promedio es de 2.970 $\mu\text{S.cm}$ que indican salinidad leve. En cuanto a pH el valor medio es de 8,5 con un rango de variación entre 7,8 y 8,9. Indica que los suelos son moderadamente alcalinos a fuertemente alcalinos. En relación a contenido de macronutrientes en el

Cuadro 39 se presentan resultados en cinco sitios determinados en este valle.

Cuadro 39. Valle de La Costa Contenidos de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en suelos. (ppm)

Localidad	Obs.	Uso actual	Tipo de suelo	N	P	K
Aminga	CO 8	Cultivado (Vid)	Franco arc. limoso	488 (P)	106 (A)	168 (B)
	CO 9-1	Cultivado (Vid)	Arenoso	591 (P)	89 (A)	284 (A)
Chuquis	CO 11	Cultivado (Nogal)	Franco arenoso	1062 (B)	233 (A)	264 (A)
El Huaco	CO 19	Cultivado (Nogal)	Franco	1154 (B)	134 (A)	199 (A)
	CO 20	Inculto	Franco arenoso	489 (P)	88 (A)	447 (A)
Promedio				757	130	631

MP: Muy Pobre – P: Pobre – M :Medio – B: Bueno – A: Alto

En sectores cultivados con vid los valores de Nitrógeno son pobres en cultivo de vid en el sector de Aminga y más altos en cultivos de nogal en el sector de Chuquis y El Huaco (Más de 1000 ppm). En relación a Fósforo y Potasio los valores encontrados son de normales a altos en general.

Valle de Famatina

En este pequeño pero encantador valle de altura (< 1200 msnm), predominan suelos profundos con una capa superficial (primero 50 cm) de textura Fina (Franco a Franco arcilloso) sobre un subsuelo de textura Franco arenosa (hasta 1m o más) que en general presentan inclusiones de gravas y gravillas en el perfil (5-15%). El perfil más común está representado en el Cuadro 40 en la zona central del valle.

Cuadro 40. Ficha descriptiva en cuartel de vid añoso (sitio FA 6).

<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>
--

Los análisis para salinidad y pH se presentan en el

Cuadro 41, donde se puede ver que de 10 muestras analizadas para salinidad en el 90% resultaron no salinos, con valores de CEe menor a 2.000 $\mu\text{S.cm}$ (S_0). Con respecto a pH, los valores obtenidos son muy variables desde 5,3 (Moderadamente ácido) hasta 8,7 (muy alcalino).

Cuadro 41. Valle de Famatina . Valores de CEe y pH

Localidad	Obs. N°	Prof. (cm)	Uso actual	Salinidad		pH	
				CEe ($\mu\text{S.cm}$)	Interp.	Valor	Interp.
Pituil	PI 2	0-40	Cultivado (Vid)	1.371	S_0	8,7	FA
	PI 3	0-50	Cultivado (Vid)	1.379	S_0	8,7	FA
Famatina	FA 1	0-60	Cultivado (Nogal)	1.329	S_0	5.3	Ma
	FA 1-1	0-50	Cultivado (Nogal)	1.334	S_0	6.4	Ma
	FA 2	0-50	Cultivado (Nogal)	1.762	S_0	5.3	Ma
	FA 5	0-50	Cultivado (Nogal)	1.058	S_0	5.3	Ma
	FA 6	0-50	Cultivado (Vid)	5.710	S_2	7.0	N
	FA 7	0-50	Cultivado (Nogal)	1.448	S_0	7.0	N
	FA 8	0-60	Cultivado (Nogal)	1.762	S_0	8.6	FA

	FA 9	0-50	Cultivado (Vid)	2.550	S ₁	8.5	MA
--	------	------	-----------------	-------	----------------	-----	----

En cuanto a fertilidad (

Cuadro 42), en todos los casos correspondió a terrenos cultivados en nitrógeno se determinaron valores muy distintos según sector. Varían entre 430 ppm (MP) hasta 1202 ppm (B). Respecto a fósforo en la mayoría de las muestras se determinaron contenidos bajos (< 30 ppm) mientras que en Potasio los valores resultan altos en todos los casos (>200 ppm)

Cuadro 42. Valle de Famatina. Contenidos de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en suelos.


Localidad	Obs. N°	Prof. (cm)	Uso actual	Salinidad		pH	
				CEe (µS.cm)	Interp.	Valor	Interp.
Pituil	PI 2	0-40	Cultivado (Vid)	1.371	S0	8,7	FA
	PI 3	0-50	Cultivado (Vid)	1.379	S0	8,7	FA
Famatina	FA 1	0-60	Cultivado (Nogal)	1.329	S0	5.3	Ma
	FA 1-1	0-50	Cultivado (Nogal)	1.334	S0	6.4	Ma
	FA 2	0-50	Cultivado (Nogal)	1.762	S0	5.3	Ma
	FA 5	0-50	Cultivado (Nogal)	1.058	S0	5.3	Ma
	FA 6	0-50	Cultivado (Vid)	5.710	S2	7.0	N
	FA 7	0-50	Cultivado (Nogal)	1.448	S0	7.0	N
	FA 8	0-60	Cultivado (Nogal)	1.762	S0	8.6	FA
	FA 9	0-50	Cultivado (Vid)	2.550	S1	8.5	MA

MP: Muy Pobre – P: Pobre – M : Medio – B: Bueno – A: Alto

Sañogasta - Guanchin


En la zona alta de Sañogasta-Guanchín, se destacan los perfiles de textura Franca a Franca arenosa hasta 1,30m de profundidad o más. En algunos sectores aparecen por debajo de 50 cm inclusiones de gravas y gravillas, entre el 5 y el 40% según sitio (Cuadro 43). En Sañogasta los perfiles de suelo son muy variables según sector. Predomina la textura media y gruesa (Franco arenosa-arenosa franca).

Cuadro 43. Ficha descriptiva en cuartel de Nogales (sitio SG 1-1).

0,00 m	Ubicación: Guanchín	OBS. SG 1-1 
Franco	Fecha: 23/09/17 Altitud: 1758 msnm	
	Coordenadas : 29 10 29,2 S-67 38 51,8 W -	
0,30m	Uso actual: Cultivado	
	Cultivo: Nogales Estado: Plena producción	
Franco arenoso	Observaciones: Cultivo c/riego tradicional	
Con gravas y gravillas (30%)	Y cobertura de gramíneas	
0,80m	Suelos someros a profundos Franco / Franco Arenoso con Gravas y gravillas en el perfil (30%)	

En la periferia de las áreas cultivadas los suelos son esqueléticos con gran contenido de gravas, gravillas y rodados (60-80%). También presenta alta pedregosidad en superficie.

Cuadro 44. Ficha descriptiva en cuartel de Nogales (sitio SG 9).

0,00 m	Ubicación: Sañogasta	OBS. SG 9 
Franco -	Fecha: 13/10/17	
0,20 m	Altitud: 1235 msnm	
Arenoso	Coordenadas : 29 15 24,6 S- 67 36 21,1 W	
	Uso actual: Cultivado	
Arenoso Franco	Cultivo: Nogal Estado: Cultivo homogéneo, Pocas malezas	
	Profundidad de muestreo (m): 0,00-0,40	
0,90 m	Salinidad: 1.152 µS.cm pH: 8,0	
	Observaciones: 1,10-1,20 m Arenoso con gravillas (10 %)	
Arenoso	Cultivo regado con micro aspersión. Suelos no salinos.	
1,10 m		
Arenoso		
1,30 m		

La salinidad en los sitios muestreados resultó baja con valores de CEe por debajo de 2.000 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}$ (S₀), En cuanto al pH los valores obtenidos se encuentran entre 7,2 y 8,0 clasificados como moderadamente alcalinos (Cuadro 45.). En relación a contenido de macronutrientes (Cuadro 45), los valores de Nitrógeno encontrados son aceptables (más de 600 ppm) y altos en Fósforo y potasio (> 80 ppm y >200 ppm, respectivamente).

Cuadro 45. Valle de Famatina . Valores de CEe y pH

Localidad	Obs. N°	Prof. (cm)	Uso actual	Salinidad		pH	
				CEe (μScm^{-1})	Interp.	Valor	Interp.
Guanchín	SG-2	0-50	Cultivado (Nogal)	617	S ₀	7.2	MA
	SG-4	0-50	Cultivado (Nogal)	634	S ₀	7.9	MA
	SG-5	0-50	Inc. nivelado	528	S ₀	7.9	MA
Sañogasta	SG - 8	00-40	Cultivado (Avena)	815	S ₀	7.8	MA
	SG - 9	00-50	Cultivado (Nogal)	1.152	S ₀	8.0	MA
	SG - 10	00-50	Cultivado (Vid)	598	S ₀	7.8	MA
	SG - 11	00-50	Cultivado (Nogal)	912	S ₀	7.7	MA

Cuadro 46. Valle de Sañogasta .Contenidos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en suelos. (ppm)

Localidad	Obs.	Uso actual	Tipo de suelo	N	P	K
Guanchín	SG-2	Cultivado (Nogal)	Franco	859 (M)	126 (A)	557 (A)
Guanchín	SG-4	Cultivado (Nogal)	Franco arenoso	649 (M)	218 (A)	379 (A)
Sañogasta	SG-10	Cultivado (Nogal)	Franco arenoso	818 (M)	82 (A)	208 (A)
Promedio				742	142	348


MP: Muy Pobre – P: Pobre – M : Medio – B: Bueno – A: Alto

Valle de San Blas de los Sauces

Los suelos de este Valle se caracterizan por el predominio de texturas medias a gruesas con presencia de gravas y gravillas en la capa inferior (por debajo de 50cm). Varían entre el 5 y el 15 % según sitio de observación. El perfil típico está representado por la Obs. SB 5-1 en la localidad de San Blas (

Cuadro 47).

Cuadro 47. Ficha descriptiva en cuartel de Olivos (sitio SB 5-1).

0,00 m	Ubicación: San Blas	OBS. SB 5-1 
Franco Arenoso	Fecha:31/07/17 Altitud: 1014 msnm	
	Coordenadas : 28 24 05,9 S – 67 05 13,2 W	
0,40 m	Uso actual: Cultivado.	
	Cultivo: Olivos en proceso de renovación 8 X 5 m	
Franco Arenoso	Malezas/Vegetación natural: Escasas malezas	
Con gravas y gravillas (5%)		
1,30 m		

En relación a salinidad, en el Cuadro 48 se puede ver que en los sectores cultivados se presentan valores de CEe por debajo de 4.000 $\mu\text{S.cm}$ clasificados como S_0 y S_1 . Por otra parte la CEe de sectores incultos nivelados o desmontados la salinidad es mayor ($\text{CEe} > 5.000 \mu\text{S.cm}$). Los valores de pH varían entre 8,5 y 9.

Cuadro 48. Valle de San Blas de Los Sauces. Valores de CEe y pH

Localidad	Obs. N°	Prof. (cm)	Uso actual	Salinidad		pH	
				CEe ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Interp.	Valor	Interp.
Alpasinche	AL 1	0-50	Cultivado(Olivo)	980	S_0	8,8	FA
	AL 2	0-50	Inc. desmontado	17.090	S_3	8.5	MA
	AL 3	0-50	Inc. nivelado	10.890	S_2	8.7	FA
	AL 4	0-40	Inc. nivelado	5.870	S_2	8.5	MA
Champi huasi	AL 5	0-50	Cultivado (Pasturas)	748	S_0	8.8	FA
Salicas	AL 7	0-50	Cultivado (Hortícolas)	868	S_0	8.7	FA
Cuipán	SB 2	0-40	Cultivado (Pistacho)	1.790	S_0	8.9	FA

	SB 4	0-50	Cultivado (Pistacho)	2760	S ₀	8.7	FA
San Blasito	SB 5	0-50	Cultivado (Vid)	910	S ₀	8.8	FA

En relación a contenido de macronutrientes , se muestran en el

Cuadro donde se presentan valores medios de Nitrógeno (>600 ppm) en suelos de textura media (Franco-Franco limoso) y muy pobres en suelo de textura arenosa franca (280 ppm). En cuanto a Fósforo en suelos de textura Franco o Franco limosa, los valores resultan óptimos (>80 ppm) y contextura gruesa pobres (27 ppm). Los contenidos de Potasio determinados son altos en todos los casos (

Cuadro).

Cuadro 49. Valle de San Blas de los sauces Contenidos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en suelos (ppm)


Localidad	Observ.	Uso actual	Tipo de suelo	N	P	K
Champi huasi	AL 5	Inculto nivelado	Franco limoso	727 (M)	98 (B)	435 (A)
San Blasito	AL 6	Cultivado (Olivo)	Franco arenoso	434 (MP)	34 (M)	269 (A)
Salicas	AL 7	Cultivado (Hortícolas)	Franco	603 (M)	141 (B)	302 (A)
San Blas	SB 4	Cultivado (Pistacho)	Arenoso franco	281 (MP)	27 (P)	128 (M)
Promedio				511	75	283

MP: Muy Pobre – P: Pobre – M : Medio – B: Bueno – A: Alto

Valle Antinaco-Los Colorados

En la localidad de Antinaco que se ubica al pie de la Sierra de Velasco en el extremo norte del valle predominan suelos de textura arenosa franca o arenosa con inclusiones de gravas y gravillas (10-20%). El perfil típico se muestra en la Obs. ANT 5. (Cuadro 50).

Cuadro 50. Ficha descriptiva Antinaco

0,00 m	Ubicación: Antinaco.	
Arenoso	Fecha:05/07/17	
0,40 m	Coordenadas : 28 48 53,7 S – 67 23 43,2 W Altitud: 1094 msnm	
	Uso actual: Cultivado Cultivo: Almendros con riego por goteo Estado: pocas malezas	
Arenoso	Relieve: Planicie inter-monte – originaria médanos Profundidad de muestreo (m):0,00-0,40 Salinidad: 1.973 µS.cm 8,6 pH Nitrógeno: 112 ppm Fósforo: 111 ppm Potasio: 139 ppm	
1,20 m	Observaciones: 0,40-1,20. Arenoso con gravillas (5 %).	

Hacia sur, en el límite norte del Dpto Chilecito y a unos 10 km al norte de esta ciudad se armaron proyectos de gran envergadura destinados a producción vid y olivo. La zona presenta suelos esqueléticos típicos de los conos aluvionales con presencia de gravas y gravillas que ocupan entre el 30 y el 70 % de la matriz arenosa del suelo. El perfil típico corresponde a la Obs. CH 2 (Cuadro 51).

Cuadro 52. Ficha descriptiva Anguinan

0,00 m	Ubicación: Anguinan. Chilecito. Fecha: 22/09/17	Obs. CH 17
	Coordenadas : 29 12 42,0 S – 67 27 17,9 W Altitud: 899 msnm	
Arenoso Franco Con gravas y gravillas (20%)	Uso actual: Cultivado	
	Cultivo: Vid Estado: Buen vigor, homogéneo	
	Malezas: cobertura de chepica	
	Profundidad de muestreo (m):0,00-0,50	
1,00	Salinidad: 3.280 µS.cm pH: 7,7	
	Observaciones: Viña con riego por goteo. Zona muy cercana a la montaña	



Los suelos profundos de texturas medias se presentan en una zona de transición entre los suelos someros y los arenosos (hacia el este). Corresponde a la zona más productiva del valle, con abundante agua subterránea y disponibilidad de bienes y servicios. Las localidades de referencia son Tilimuqui, Malligasta y Anguinan (Cuadro 53).


Cuadro 53. Ficha descriptiva Malligasta

0,00 m	Ubicación: Malligasta. Chilecito Fecha: 02/08/17	Obs. CH 15-1
	Coordenadas : 29 12 57,0 S–67 23 54,4 W -Altitud: 900 msnm	
Franco Arenoso	Uso actual: Cultivado.	
	Cultivo: Ajo Estado: Muy bueno, homogéneo	
	Observaciones: Cultivo con riego por goteo. Suelo profundo bien drenado	
0,90 m		
Franco Limoso		
1,30 m		



En la localidad de Vichigasta, se presentan suelos muy homogéneos en relación a lo relevado más al norte. La zona cultivada está emplazada en el costado oeste del valle (zona alta), allí predominan suelos de textura gruesa (arenosos franco y arenosos grueso) y por debajo de los 60 cm de profundidad se presentan gravillas que varían entre el 5 y el 30% según sector. La observación CH 36 es una buena referencia de esta apreciación.

Cuadro 54. Ficha descriptiva Vichigasta

0,00 m	Ubicación: Vichigasta. Chilecito	<p>Obs. CH 36</p> 
Franco Arenoso	Fecha: 21/09/17	
0,40 m	Coordenadas : 29 32 32,6 S– 67 27 35,0 W -Altitud: 800 msnm	
Arenoso Franco gravillas (2 %)	Uso actual: Inculto Vegetación natural: retamo, brea, jarilla	
1,20 m	Profundidad de muestreo (m):0,00-0,50 Salinidad: 25.900 µS.cm pH: 7,7 Observaciones: Sector inculto al fondo Relieve suavemente ondulado. Presencia de gravillas en superficie	

Aproximadamente 20 km al sur de Vichigasta se encuentra Catinzaco que es una zona productiva más angosta aún que la última descripta anteriormente. El piedemonte con suelos rojizos, arenosos y gravillosos, constituye el sector donde se desarrolla la actividad agrícola (Fig. 41). La foto de la Obs. 44 permite observar la importante pendiente O-E que presenta el área (2,5%), que recién se suaviza el fondo de valle donde se presentan importantes depósitos eólicos y afloramientos salinos (

Cuadro 55).

Cuadro 55. Ficha descriptiva Catinzaco


0,00 m	Ubicación: Catinzaco Propiedad:	Obs. CH 44
Arenoso	Fecha: 21/09/17 Coordenadas : 29 43 08,7 S– 67 20 55,8 W Altitud: 822 msnm	
0,30m	Uso actual: Cultivado Cultivo: Olivo variedad Coratina y Koroneique	
Arenoso	Arbequina y Arbosana (1,75 m x 4 m)	
Con gravas y gravillas 25%	Profundidad de muestreo (m):0,00-0,50 Salinidad: 9.840 µS.cm pH: 8,3 Nitrógeno: 285 ppm Fósforo: 50 ppm Potasio: 254 ppm	
1,00	Observaciones: Con riego por goteo Zona alta sin problema de heladas tardías	




Fig. 41. Apreciación visual de la presencia de gravillas en el perfil de la Obs CH 44


Aimogasta-Villa Mazán

La zona de Bañado de los Pantanos está ubicada en el extremo norte del Departamento Arauco, distante 25 km al norte de la localidad de Aimogasta. Los suelos que predominan son de tipo arenosos profundos bien drenados con un 5 a 15% de gravas y gravillas distribuidas en el perfil AM 26 (Cuadro 56). Otros dos ambientes edáficos, que muestran diferencias respecto al perfil típico mencionado, se presentan hacia los extremos oeste y este del sector relevado, donde encontramos suelos típicos de piedemonte (faldeo del Velasco) y suelos de textura franco Limosos profundos o franco arenosos, respectivamente. Este último tipo de suelo tiene excelentes cualidades para cultivar especies anuales como comino, trigo, entre otras pasturas y dispone de recurso hídrico para riego proveniente de Río Colorado (obs. AM 2), (Cuadro).

Cuadro 56. Ficha descriptiva Bañado de los Pantanos

0,00 m	<u>Ubicación:</u> Bañado de Los Pantanos	Obs AM 26 
	Fecha:06/07/17	
	Coordenadas : 28 28 15,4 S – 66 51 21,9 W -Altitud: 840 msnm	
	Uso actual: Cultivado.	
Arenoso grueso	Cultivo: Jojoba Estado: Denso, Homogéneo, de gran altura	
Con gravas y gravillas	Profundidad de muestreo (m):0,00-0,40	
	Salinidad: 9.970 µS.cm pH: 9,1	
	Suelo esquelético. Baja retención de humedad.	
1,20 m		


Cuadro 57. Ficha descriptiva Bañado de los Pantanos

0,00 m	<u>Ubicación:</u> Bañado de los Pantanos	Obs AM 2 
	Fecha: 06/07/17 Altitud: 797 msnm	
	Coordenadas: 28 22 17,4 S – 66 49 51,7 W	
	Uso actual: Cultivado (trigo)	
	Cultivo: Potreros sembrados con trigo.	
0,70 m	Estado: Bueno	
	Salinidad: 4.460 µS.cm pH: 8,9	
Franco	Nitrógeno: 272 ppm Fósforo: 26 ppm	
Limoso	Potasio: 495 ppm	
1,30m	Observaciones: Suelos profundos. Riego por bateas.	


Continuando hacia el sur, en Aimogasta se presentan suelos de predominio de textura media hacia el sur de la villa, en la zona de lomada conocida como vertiente “Los nacimientos” y en la zona entre Aimogasta y Villa Mazán, los perfiles de suelo presentan textura Franco y Franco Limoso de distribución variable. A modo de ejemplo se presentan las características observadas en los sitios AM 11-1 y AM 34, considerados perfiles modales (Cuadro 58) y (

Cuadro).

Cuadro 58. Ficha descriptiva Aimogasta

0,00 m	<u>Ubicación:</u> Aimogasta	Obs. AM 11 - 1 
Arenoso Franco	Fecha:23/05/17	
0,30 m	Coordenadas : 28 33 12,4 S– 66 47 27,5 W -Altitud: 826 msnm	
Arenoso	Cultivo: Olivo Estado: Parcialmente abandonado – Muchas Fallas, muy enmalezado.	
0,50 m	Malezas/Vegetación natural: Gramíneas	
Arenoso Franco con gravillas (20%)	Profundidad de muestreo (m):0,00-0,30	
0,70 m	Salinidad: 6.800 μ S.cm pH: 8,6	
Arenoso	Observaciones: Olivos problemas de verticilium sp. (rama seca).	
1,00 m	Suelo muy cementado. Estructura masiva. Consistencia dura.	

Cuadro 59. Ficha descriptiva Aimogasta

0,00 m	<u>Ubicación:</u> Aimogasta	Obs. AM 34 
Franco	Fecha:06/07/17	
0,30 m	Coordenadas: 28 34 32,6 s – 66 43 36,9 W – Altitud: 787 msnm	
	Uso actual: Cultivado.	
Franco Arenoso con gravas (5 %)	Cultivo: Olivos Estado: de gran tamaño	
	Malezas: espina blanca, Chépica.	
	Profundidad de muestreo (m):0,00-0,50	
1,30 m	Salinidad: 5.320 μ S.cm pH: 8,7	


Continuando hacia el este con la descripción de suelos, a unos 30 km al este de Aimogasta, se emplaza la localidad de Villa Mazán, con un largo historial relacionado con la producción de aceituna de mesa de la variedad Arauco (Fig. 42).



Fig. 42. Técnico extensionista de Agencia de Aimogasta y Reconocedor de suelos de INTA San Juan, previo a la descripción de perfil en calicata. Obs. AM 17-1. Villa Mazán.


Respecto a los suelos relevados se presentan dos ambientes bien contrastantes. El primer tipo se presenta en el área urbana de la villa con una distribución muy homogénea emparentada con los derrames del Río Colorado. Los colores rojizos característicos de sus sedimentos de arrastre (limos+ arcillas), permiten apreciar con facilidad los límites de este tipo de suelo. El perfil descrito, correspondiente a la observación AM 17-1, presenta una textura Franco a Franco Arcillosa en las primeras capas y un subsuelo arenoso a arenoso Franco (Cuadro 60).

Cuadro 60. Ficha descriptiva Villa Mazán

0,00 m	<u>Ubicación:</u> Villa Mazán	Obs. AM 17-1
Franco Arcilloso	Fecha: 23 /05/17	
0,40 m	Coordenadas: 28 39 40,1 S– 66 31 14,3 W - Altitud: 650 msnm	
Franco Arenoso	Cultivo: Olivo variedad Arauco.	
0,60 m	Malezas: chilquilla – espina blanca:	
Arenoso Franco	Observaciones: 0,0-0,40 estructura en bloques de consistencia dura.	
0,80 m		
Franco		
1,10 m		
Arenoso		
1,50 m		

Hacia el este y sur del pueblo, los suelos fueron sometidos a mayor aporte de material eólico formando perfiles con una o dos capas con límite difuso, siendo la superficial de textura arenoso franco en la zona de transición y de textura arenoso profundo en el resto de los ambientes que rodean la villa. El perfil y su correspondiente foto del joven olivar de la observación AM 14 (Cuadro 61), dan cuenta de la vulnerabilidad a erosión eólica de esta área.

Cuadro 61. Ficha descriptiva Villa Mazán

0,00 m	<p><u>Ubicación:</u> Villa Mazán</p> <p>Fecha:23/05/17</p> <p>Coordenadas : 28 41 03,1 S–66 29 59,2 W - Altitud: 654 msnm</p> <p>Uso actual: Cultivado</p>	<p>Obs. AM 14</p> 
<p>Arenoso con gravillas (10 %)</p> <p>1,00 m</p>	<p>Cultivo: Olivos Estado: jóvenes</p> <p>Malezas/Vegetación natural: zampa, espina blanca, gramíneas</p> <p>Cobertura 20 %</p> <p>Profundidad de muestreo (m):0,00-0,50</p> <p>Salinidad: 15.300 µS.cm pH: 8,7</p> <p>Observaciones: En el sector inculto al final de la propiedad:</p>	

8. Caracterización de las adversidades agro-climáticas

Descripción de la Ecoregión Norandina.

La provincia de La Rioja pertenece a la Ecoregión Climática denominada “Norandina”, la cual se ubica aproximadamente entre los paralelos de 22° y 31° de latitud Sur y los meridianos de 64° y 69° de longitud Oeste. Sus límites Norte y Oeste corresponden a la frontera política con Bolivia y Chile. Esta Ecoregión ocupa las zonas montañosas del Noroeste Argentino correspondientes a las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca y La Rioja. (Bianchi et al., 2008).

Abarca una superficie de 29.398.170 ha con una población total de 3.365.293 habitantes (Bianchi et al., 2008).

La subregión valles y bolsones áridos se ubica al Este y Sur de la Puna configurada por los ambientes más secos de los valles y quebradas que descienden del elevado bloque puneño, y por amplios espacios relativamente planos rodeados por las sierras Pampeanas conocidos como bolsones (Bianchi et al. 2008).

Entre las más destacadas geoformas se mencionan las Quebradas de Humahuaca, del Toro y Escoipe, los valles de Catamarca, Fiambalá, Famatina y Calchaquí, los bolsones Campo del Arenal y de Pipanaco (Bianchi et al., 2008).

Los factores que pueden influir sobre el clima de esta región son: la latitud geográfica, la altitud del lugar sobre el nivel del mar, la orientación del relieve con respecto a la incidencia de los rayos solares o la de los vientos predominantes, las corrientes oceánicas y la distancia al océano o al mar. El conjunto de estas situaciones dan al clima una fuerte característica de continentalidad.

Las producciones típicas obedecen a una diversidad de sistemas productivos: ganadería de altura, de valles y bolsones áridos (ovinos, caprinos), tambo, ganadería extensiva de monte (bovinos), vid, aromáticas, producciones hortícolas, nogal, olivo, y algunos forestales extractivas (Algarrobo).

Antecedentes del cultivo de frutos secos en la región.

El cultivo de frutos secos ha experimentado un importante crecimiento en el país durante los últimos años. Así lo demuestra el informe desarrollado por la UNCuyo para el Clúster de Frutos Secos (Fig. 43). Los mayores aumentos se deben a las nuevas implantaciones de Nogal, Pecán y Almendros y, en menor medida a los nuevos montes de Pistacho y Avellano. Esta información destaca claramente el impulso que tienen estas alternativas de producción desde la inversión privada.

Superficie Frutos Secos. Histórico y proyecciones

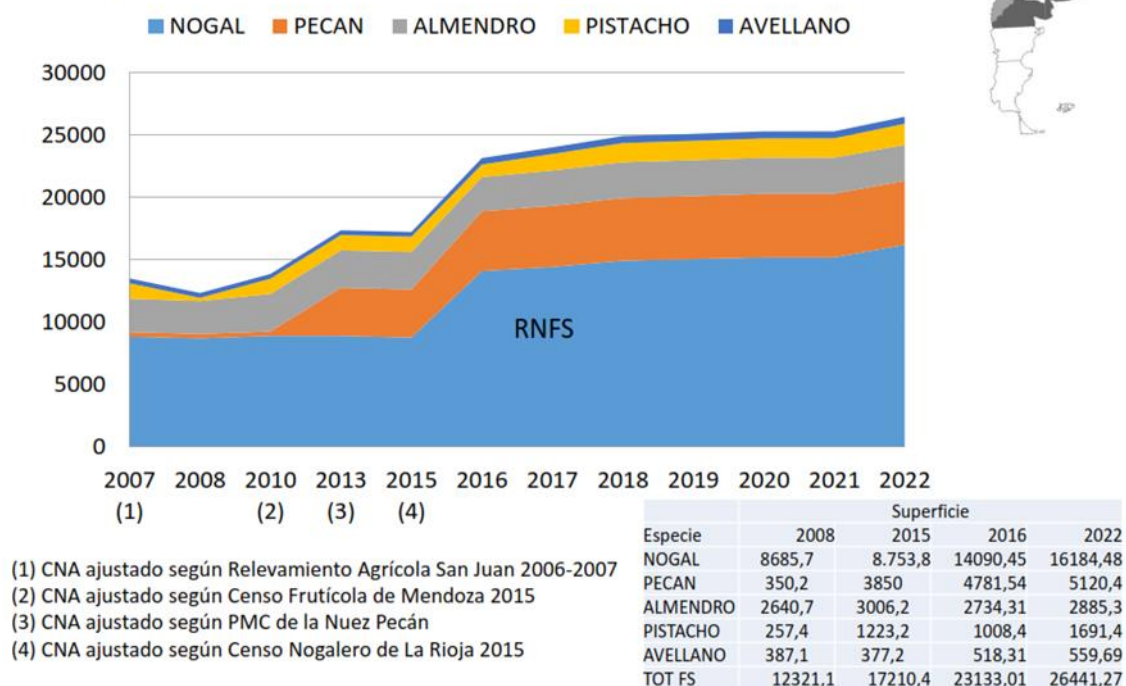


Fig. 43. Evolución del área cultivada con frutos secos en la Argentina.

**Fuente: Proyecto de generación de información para el sector de frutos secos
 Consejo Federal de Frutos Secos 2018.**

A continuación se describe la situación actual de los cultivos de Nogal, Almendro, Pistacho y Pecán en la provincia de La Rioja.

Nogal

El nogal, (*Juglans regia*), es monoico, presenta flores masculinas y femeninas separadas, en la misma planta. La flor masculina está en una inflorescencia, denominada amento, que se desarrolla lateralmente en madera del año anterior. La flor femenina o pistilada aparece en el ápice del brote primaveral, comúnmente en número de dos o tres flores, aunque en algunas ocasiones puede llegar a ser superior la cantidad de flores en la inflorescencia. En todos los cultivares los brotes con flores pistiladas emergen apicalmente, pero los llamados cultivares de producción lateral (Serr, Chandler, Chico, entre otros), también producen brotes florales en yemas subapicales.

En el país, las principales provincias productoras son Catamarca, La Rioja, Mendoza, San Juan y Río Negro. Argentina produce aproximadamente 10.000 Tn de nuez en equivalente cáscara, La producción nacional está alcanzando un equilibrio entre producción-consumo porque ha empezado abastecer el consumo del mercado interno. Hace unos años se debía importar entre 2.000 y 3.000 Tn al año, era Chile el principal país abastecedor.

El nogal es el más representativo tercer frutal en importancia en la provincia de La Rioja, luego del olivo y la vid. Los antecedentes de las primeras plantaciones en la zona, introducido por los padres Jesuitas, actualmente se observan en algunas plantaciones de Guanchin Viejo y el “Nogal Cuatricentenario” de Santo Domingo, en el Norte del Departamento de Famatina.

Este cultivo está distribuido en 7 departamentos ubicados en áreas de faldeo con pendientes de los tres valles: Valle del Bermejo, Antinaco-Los Colorados y la Costa Riojana, por lo general ubicados por encima de los 1.000 msnm. Los departamentos productivos son: Famatina, Chilecito, Castro Barros, San Blas de los Sauces, Sanagasta, Coronel Felipe Varela y Gral Juan F. Quiroga (Robles, 2008).

La distribución de la superficie implantada y la producción se detallan el siguiente cuadro (.Cuadro 62).

Cuadro 62. Distribución de la Superficie Implantada con Nogal y Producción por Departamento.

Departamentos	Hectáreas	Kilogramos
Chilecito	1.240,3	1.960,394
Famatina	1.132,5	459.950
San Blas	131,6	23.621
Gral Juan F. Quiroga	9	700
Castro Barros	82,5	39.233
Coronel Felipe Varela	50	21.345
Sanagasta	37,4	18.700
TOTAL	2683,3	2.523,3

Fuente Censo Nogalero 2015/2016- CFI.

En la actualidad el departamento de Chilecito es el centro geográfico y tecnológico de la producción olivícola, vitivinícola y nogalera de la provincia de La Rioja. En Famatina se encuentra la mayor concentración de plantaciones de nogales, productores y recursos afectados a la producción. Entre ambos departamentos concentran el 85% de la producción de nuez a nivel provincial.

La elección de variedades se ha efectuado teniendo en cuenta la experiencia adquirida con el tiempo en cada zona de cultivo, consolidando aquellas que hayan demostrado una gran capacidad para adaptarse al territorio y que contribuyan a caracterizar los estándares de calidad, para adecuar y que respondan a una recomendación de uso para las distintas localidades.

En la provincia, en Nogal se dispone de materiales genéticos, tradicionales o criollos, de origen californiano y selecciones del programa de mejoramiento INTA, Catamarca-La Rioja. Los caracteres específicos que se distinguen son carga lateral, elevada productividad, gran calidad en con color de pulpa, aptitud para la recolección mecanizada y frutos de gran tamaño. Se trabaja permanentemente en prospección de nuevos materiales y en introducir nuevos materiales con un ciclo productivo menor y más precoces. Para esto se necesita esperar un periodo razonable para que puedan realizarse los ensayos comparativos pertinentes con las mejores variedades disponibles, al objeto de demostrar su superioridad en determinados caracteres importantes. En el siguiente cuadro se resumen el

nombre de la variedad y su clasificación por fecha de brotación y requerimiento de unidades de frío (Cuadro 63).

Cuadro 63. Variedades de Nogal con su requerimiento de unidades de frío y fechas probables de brotación.

Cultivo	Clasificación por su fecha de brotación	Rango de Requerimiento de Unidades de Frío (UF)	Variedades	Fecha probable de brotación
NOGAL	Tempranas	500 – 700	Sunland, Serr, Forde, Guillet, Payne, Sexton, Tulare. Trompito. Criollas.	25/08-25/09
	Medias	700-1000	Chandler, Howar, Vina, Cisco,	25/9-20/10
	Tardías	Más de 1000.	Franquette, Lara, Fernor, Yaco Tula,	20/10 en adelante.

Fuentes: Jose Robles. Asadolah Aslani Aslamarz (2009).

Pistacho

El Pistacho (*Pistacia vera*), es un género de la familia Anacardiácea. Los otros géneros son *Pistacia atlántica*, *Pistacia mutica* Fish y *Pistacia terebintus* L. Son plantas dioicas, con flores femeninas y masculinas en plantas separadas. La inflorescencia corresponde a una panoja, portando 100 o más flores estaminadas (masculinas) o pistiladas (femeninas). Debido a lo anterior los árboles con flores machos deben ser incluidos en plantaciones comerciales en una proporción de uno por cada ocho árboles productores o hembras (Reyes et al. 2004).

En Argentina el cultivo de pistacho o también conocido como pistachio, se presenta como un cultivo relativamente nuevo en la historia agraria del país y se estima que existen alrededor de 800 hectáreas cultivadas las cuales se distribuyen entre las provincias de San Juan (75%) y La Rioja (25%). Asimismo, se estima que la superficie cultivada en San Juan asciende a las 600 hectáreas, de las cuales sólo un 15% cuenta con una antigüedad menor a los dos años (Andrieu et al. 2013).

En La Rioja, como producción frutícola alternativa, el pistacho resulta un cultivo interesante dado que existe un mercado global que cada vez lo requiere más. Existen implantados en el Departamento San Blas de los Sauces unas 200 ha.

El cultivo del Pistacho requiere de clima, similar al olivo, pero, con más frío invernal. Para el desarrollo de sus yemas frutales necesita entre 700 a 1000 Unidades de Frío. Soporta temperaturas muy bajas durante el período de receso invernal, pero es sensible a heladas primaverales. (Lemus, et al 2001).

Entre las variedades productoras (Hembras) destacamos Kerman, Sirora, Montnz, Kastel, Red Aleppo, Aegina, Sfax y Nazaret. Como polizantes (Machos) Peter, 115, Enkar, Crist, Avidon y Askar (Reyes et al., 2004).

En zonas donde el riesgo de heladas tardías es elevado, sería conveniente optar por variedades de pistacho tardías como Kerman o Kastel, mientras que en las zonas donde este riesgo es menor, se puede recomendar variedades tempranas como Larnaka, Avdat, Mateur y Aegina. (López et al., 2017). No obstante, siempre es aconsejable diversificar el número de variedades en una plantación (a partir de 10 ha) a fin de asegurarnos ante los riesgos de heladas, enfermedades y cambios de tendencia en los mercados (Opazo et al. 2011).

Almendro

El almendro pertenece a la familia Rosácea y el género *Prunus*. Su nombre científico es *Prunus amygdalus* Batsch. Posee flores blancas o rosadas las cuales se forman en centros frutales llamados dardos, cuya duración es de alrededor de cinco años, y en ramillas o brotes de un año. Sus hojas son lanceoladas de color verde claro. El fruto corresponde a una drupa.

En Argentina, la superficie cultivada con Almendros experimentó una disminución sensible en la década los 90, debido a los bajos precios de importación de almendras provenientes de Chile y España, haciendo menos rentables las explotaciones nacionales. Otro factor importante que contribuyó a la disminución de la superficie fue la utilización de variedades de floración tempranas afectadas por las heladas tardías (Iannamico, 2015).

A partir del año 2000, se experimentó una recuperación de la superficie cultivada merced a la utilización de variedades de floración tardía, extra-tardías, auto-fértiles y precoces. Las producciones por provincia se detallan en el Cuadro 64.

Cuadro 64 Distribución por provincia de la superficie plantada con Almendro

Provincias Productoras	Superficie(Ha)
Mendoza	2.580
San Juan	572
La Rioja	498
Salta	189
Río Negro-Neuquén	170
Otras	200
Total	4.199

(Iannamico Luis, 2015).

En el ámbito de la provincia de La Rioja el antecedente de implantación de almendras en la década del 90 corresponde a una plantación en la localidad de Catinzaco, en el Departamento Chilecito. Se implantó aproximadamente 300 ha, bajo el régimen de diferimiento impositivo. Se utilizaron variedades de floración temprana con fecha de floración de fines de Julio a primeros días de Agosto, las que eran castigadas por las heladas tardías y aún las de estación. En la actualidad hay una superficie mayor a las 500 ha, con variedades de floración tardía y extratardías. Existe una importante demanda del

sector productivo para conocer el comportamiento de estas nuevas variedades europeas de ciclo corto y floración más tardía, presentes en el mercado. En tal sentido, el INTA EEA Chilecito, instalará una colección con materiales de Almendros tardíos y extratardíos.

El Almendro se adapta bien a condiciones climáticas de alta radiación solar, extrema sequía ambiental y altas temperaturas, similar a las de nuestra región, siendo las heladas primaverales el factor de mayor riesgo de pérdida de producciones. La cantidad de Unidades de Frío requerida, es de 200 a 550.

En la actualidad, existen un buen número de variedades de almendro de floración tardía que se están plantando en nuestra región. La más tradicional y plantada en Argentina (así como en España) es Guara, una variedad de muy buenas características por ser autofértil, precoz, muy productiva y además, con un excelente comportamiento frente a las heladas (Iannamico, 2015; Castro et al, 2018). También se están plantando variedades extra-tardías que están disponibles en viveros nacionales, dentro de las cuales muestran muy buenas perspectivas. Ellas son Marinada, Vairó, Felisia y Mardia. Esta última es la más tardía en florecer, a fines de septiembre. Mardía está siendo ensayada y evaluada en algunos emprendimiento en la zona.

Pecán

El Pecán (*Carya illoensis* Koch), pertenece a la familias Juglandáceas. Sus origen es el sur de Estados Unidos y Norte de México. Se trata de una especie diclino monoica, lo que significa que cada árbol tiene flores masculinas y femeninas en estructuras separadas. Presenta dicogamia, es decir que la liberación del polen y la receptividad del estigma (flor femenina) no siempre se producen en forma simultánea (Lemus et al. 2001)

Se cree que el Pecán llegó a nuestro país en el siglo pasado por semillas introducidas por Domingo Faustino Sarmiento.

En la actualidad la producción de nuez pecán en Argentina ha alcanzado una amplia difusión, existiendo plantaciones adultas que se encuentran en plena etapa productiva y plantaciones muy jóvenes que en la próxima década generarán una importante producción. Los huertos se encuentran en diferentes regiones del país, desde Río Negro hasta Misiones, y desde Entre Ríos hasta Catamarca, gracias a la disponibilidad de cultivares adaptables a cada una de las regiones y sus requerimientos agro-climáticos (Madero et al. 2017).

En La Rioja no existen plantaciones de éste frutal sino solo algunos árboles añosos y ornamentales aislados ubicados en parques, como es el caso del Museo Samay Huasi (casa de descanso) de Joaquín Víctor González o fincas como las del distrito Tilimuqui, Departamento Chilecito. Las plantas tienen una altura de hasta 20 m y con una importante cantidad de frutos. Semillas de estos ejemplares han sido colectadas y sujeta a su reproducción como portainjerto en la estación experimental INTA EEA Chilecito. Así mismo, dicha Estación Experimental del INTA gestiona la instalación de una colección con variedades provenientes de Estados Unidos y obtenidas en la Estación Experimental INTA Delta del Paraná.

En el Pecán, la literatura señala que los requerimientos de Frío fluctúan entre 400 y 800 Unidades de Frío para romper dormancia. Sin embargo especialistas de Arizona (USA), indican que la especie no requiere de Frío en invierno. Tanto las yemas florales como vegetativas responden a las temperaturas superiores a 10°C que se producen a inicios de primavera, independientemente de la acumulación de Frío durante el periodo invernal. (Lemus et al 2001)

Obviamente esta distribución geográfica tiene grandes diferencias climáticas, de suelos y de disponibilidad de recursos lo que hace que el manejo de los huertos también sea diferente. Actualmente Argentina cuenta con 36 cultivares de nogal Pecán, siendo una

de las bases de germoplasma más grandes del mundo detrás de los Estados Unidos. (Madero et al 2017)

Es primordial conocer aspectos fenológicos de los cultivares en relación con el ciclo de cultivo a los fines de asegurar la correcta sincronización de la floraciones. Las variedades recomendadas por el Pro-Pecán-INTA, para la región del NOA se resumen en el siguiente cuadro, indicando el número de fruto por kilogramo y porcentaje de almendra de los materiales recomendados (Madero et al 2017) (Cuadro 65).

Cuadro 65. Cultivares de Pecán recomendados para el NOA.

Cultivo	Cultivares de Pecán	Nueces/Kg	% Almendra
PECÁN	Mahan	108	54
	Shoshoni	110	54
	Western	141	57
	Wichita	126	60

Fuente: (Madero, et al 2017)

Antecedentes del cultivo del Olivo en la región

El Olivo (*Olea europea*), figura entre las primeras plantas introducidas desde España en Las Antillas y luego al continente americano, Según registros en el Archivo de Indias, éstas fueron adquiridas al Sr. Juan de Baena, en un lugar cerca de Sevilla, y remitidas en tinas por la Casa de Contratación en el Año 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".

La introducción del Olivo a la Argentina no está bien dilucidada. Una de las teorías habla de la llegada a través de una expedición militar desde Chile al mando del Capitán Diego de Alvarado, siendo diseminada por todo el Norte del territorio adaptándose perfectamente en diversos lugares y en especial en Arauco (La Rioja). Otra versión indica que fue, introducida a La Rioja directamente desde España por el Capitán Don Pedro de Alvarado en el año 1558.

Lo concreto es que los Olivos comenzaron a multiplicarse y luego comenzaron a producir. Producción que comenzó a inquietar a los españoles por su magnitud y calidad. Según algunos historiadores, dicen que el Rey Carlos III mandó a talar todos los olivares de La Rioja, por la competencia que estos realizaban a los de Sevilla, si bien dudan a la vez de la veracidad de tal orden, lo cierto es que el Rey Carlos III insta al Virrey Vertiz a consentir que no se planten viñas y olivares ni que se elaboren paños en la Colonia. Las autoridades extremaron las medidas para que esta norma no fuere violada. Pero en La Rioja, más precisamente, en Arauco la Señora Expetación de la Fuente de Avila, salvó una planta tapándola con una batea. Esta al correr de los años se transformara en el "Padre de la Olivicultura", ya que a partir de ella se multiplicaron innumerables ejemplares que pueblan el Valle de Arauco (Vita Serman y Matias, 2013).

Este Olivo, que se salvó de la mencionada tala perdura y es conocido por el nombre del "OLIVO CUATRICENTENARIO" y se encuentra en el Distrito Arauco región, de la cual toma el nombre la única variedad argentina, que figura en el Catálogo Mundial de Variedades de Olivo (1995), publicado por el C.O.I. (Consejo Oleícola Internacional).

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 llegaron a estimarse en 7,5 millones los olivos plantados en el país; algunos de estos olivares se mantienen cerca de los cascos urbanos (Fig. 44).



Fig. 44. Olivar tradicional de ‘Arauco’ en el casco urbano de Anillaco (La Rioja) de unos 70 años, plantado a 10 x 10 m regado a manta.

A partir de 1960 se inició un periodo de decadencia de la olivicultura argentina como consecuencia de la competencia con los aceites de girasol y maíz (en teoría más sanos y baratos), lo que 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 sólo 3,72 millones de plantas, muchas en condiciones inadecuadas (Gómez del Campo et al., 2010) (Fig. 45).

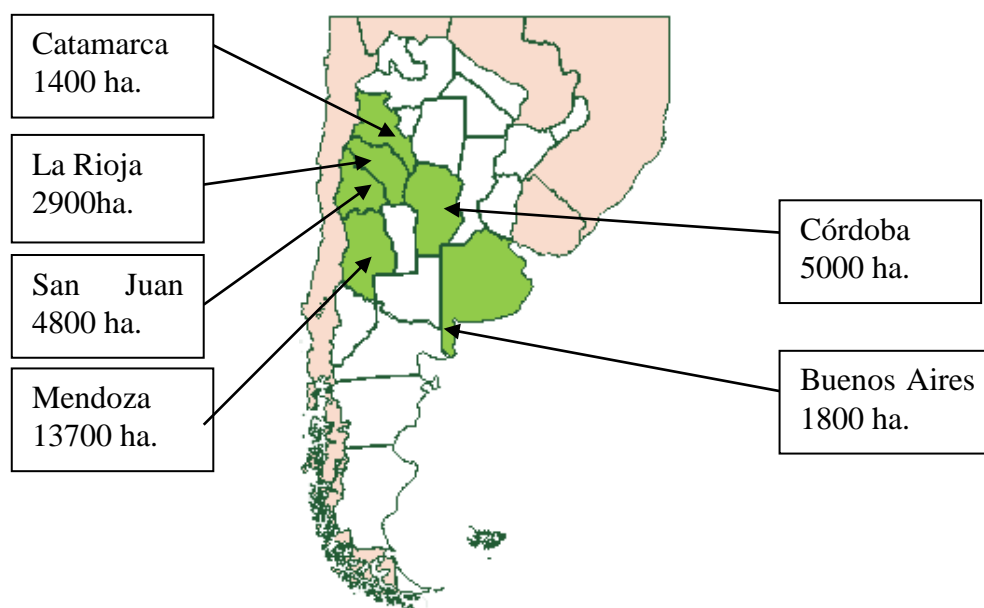


Fig. 45. Distribución de la superficie olivícola (ha) en Argentina a principio de los años 90. (SAGPyA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina, 2009)

Esta situación cambió radicalmente a principios de los años 90. Desde entonces dicha superficie mostró un crecimiento continuo debido, no sólo al aumento de la rentabilidad de la producción oleícola por el precio del aceite de oliva y 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, destacando particularmente las Leyes de Diferimientos Impositivos para emprendimientos industriales, agrícolas, ganaderos y turísticos (Ley N° 22.021 en La Rioja, Ley N° 22702 para Catamarca y Ley N° 22973 en San Juan) que comenzaron a aplicarse en el ámbito agrícola a principios de los años 90 y finalizaron en 2008. Dichas Leyes impulsaron el desarrollo de nuevas plantaciones olivícolas en las provincias del Noroeste (San Juan, La Rioja y Catamarca) aumentando notablemente su participación en el total de la superficie implantada nacional (Fig. 46). Muchos de los nuevos inversores eran ajenos al sector agropecuario ya que las Leyes permitían a las empresas argentinas diferir el pago de impuestos durante 17 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 (Vita Serman y Matias, 2013).

El mapa olivícola originado luego de la implementación de esas Leyes de Promoción lo integraron principalmente las provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza

(Fig. 46). En ellas, las áreas olivareras 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 (Gómez del Campo et al., 2010)

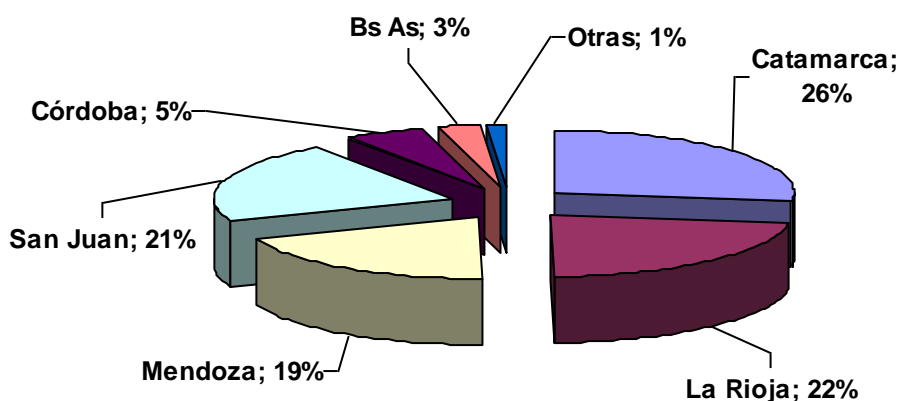


Fig. 46. Distribución de la superficie olivícola (ha) en Argentina (SAGPyA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina, 2009)

A principios de los 90 se trataba de plantaciones tradicionales, caracterizadas en general por un tamaño medio de 5-15 ha, marcos de plantación a 10 x 10 m, poda a varios brazos principales y sistema de riego por inundación. La variedad principal era la ‘Arauco’ por su alta 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 aceite, y el destino prioritario era un mercado liderado por el precio de los productos y no por su calidad. En algunos casos, los aceites eran defectuosos (atroje y borras) por la falta de fábricas modernas y almacenamiento adecuado. En 1998 ya se cultivaban en Argentina 71.000 ha de olivo, el 70% con variedades destinadas a la elaboración de aceite y el restante 30% a la aceituna de mesa. Según las últimas estadísticas oficiales provistas por la SAGPyA, las hectáreas cultivadas en 2009 llegaban hasta las 90.100 (más del 90% en regadío), siendo para aceite el 70%, aproximadamente, y el restante 30% para aceituna de mesa (Gómez del Campo et al., 2010). Si bien en la actualidad no se cuenta con nuevos datos estadísticos confiables, se

conoce que muchas de las nuevas plantaciones se realizaron en zonas agro-climáticamente no aptas. Esto lo demuestra el estudio realizado en el Valle del Tulum, San Juan, en el que se determinó que más del 60% de la superficie implantada en ese valle se encontraba en zonas marginales o no aptas para el cultivo (Fig. 47) (Babelis et al., 2013). Lo observado en aquél trabajo se supone replicable en la mayoría de los Valles cultivados del Oeste Argentino.

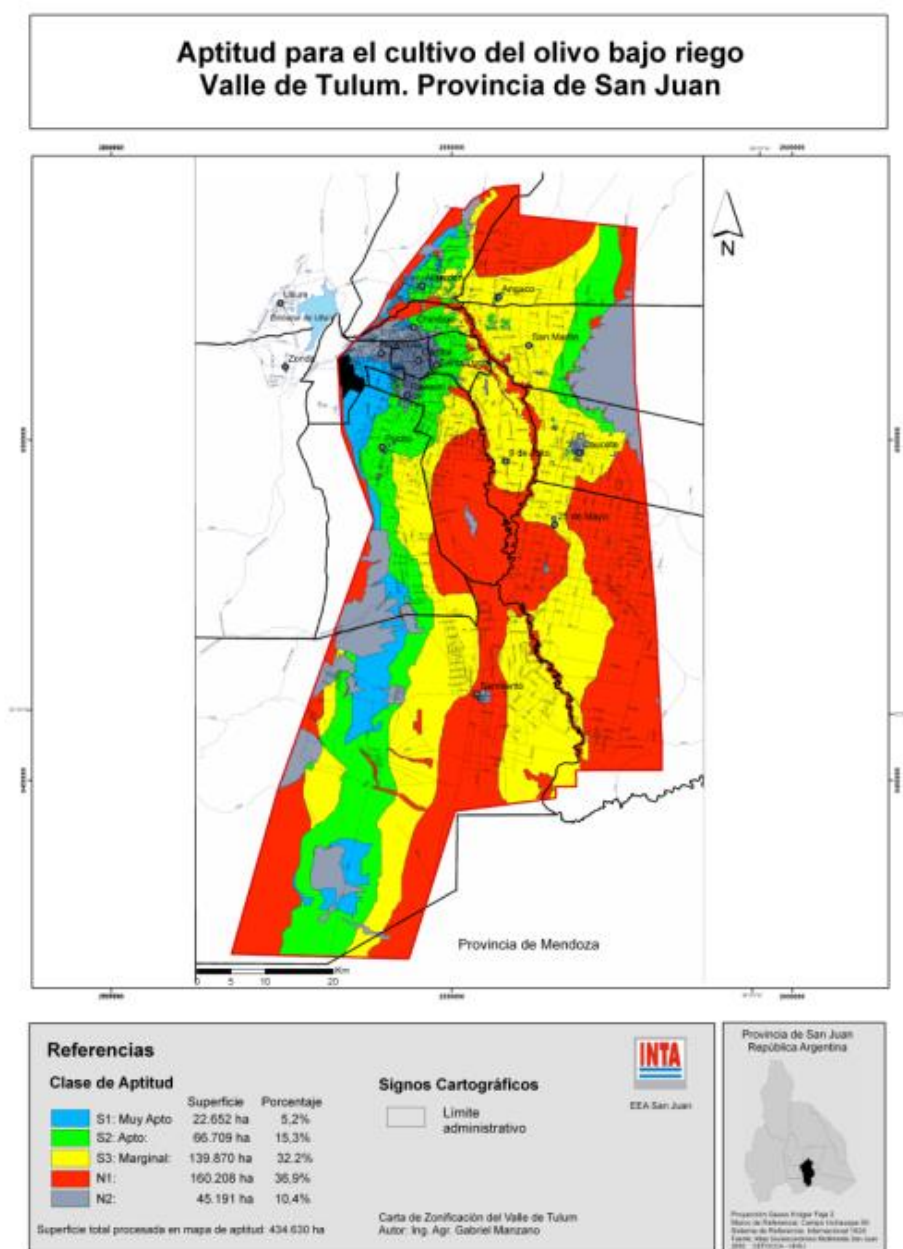


Fig. 47. Estudio de Aptitud Agro-Climática del Valle del Tulum, San Juan. (Babelis et al., 2013).

Esto ha contribuido a que una parte importante de la superficie plantada, haya sido improductiva por adversidades climáticas tales como daños por heladas, altas temperaturas en periodo de madurez de la fruta, viento Zonda y por cuestiones varietales.

Del total de superficie destinada a la producción de aceite, implantada en los últimos 30 años, se esperaba que Argentina pudiese alcanzar una producción mínima de 60 mil toneladas de aceite anual. Según el Plan Estratégico Olivícola 2020, se esperaba una producción de aceite al 2020 que alcanzase las 100 mil toneladas, una vez que toda la superficie cultivada entrase en producción. En la Fig. 48 se observa cómo la producción de aceite en los últimos años estuvo muy distante de lo esperado. La producción primaria supone un importante cuello de botella para la cadena olivícola, tal como quedó expresado en el estudio prospectivo desarrollado por el MinCyT en el año 2012 (Gomez Riera and Vita Serman, 2014).

En la actualidad el mapa de distribución de cultivo ha cambiado notablemente, debido al abandono de la superficie en la mayoría de los Valles Andinos. Se estima que La Rioja y San Juan concentra la mayor cantidad de superficie y producción de aceites, principalmente por el crecimiento en el Valle de Antinaco-Los Colorados (Chilecito) y Cañada Honda-El Acequión (San Juan), en detrimento de otras zonas de Catamarca y Mendoza.

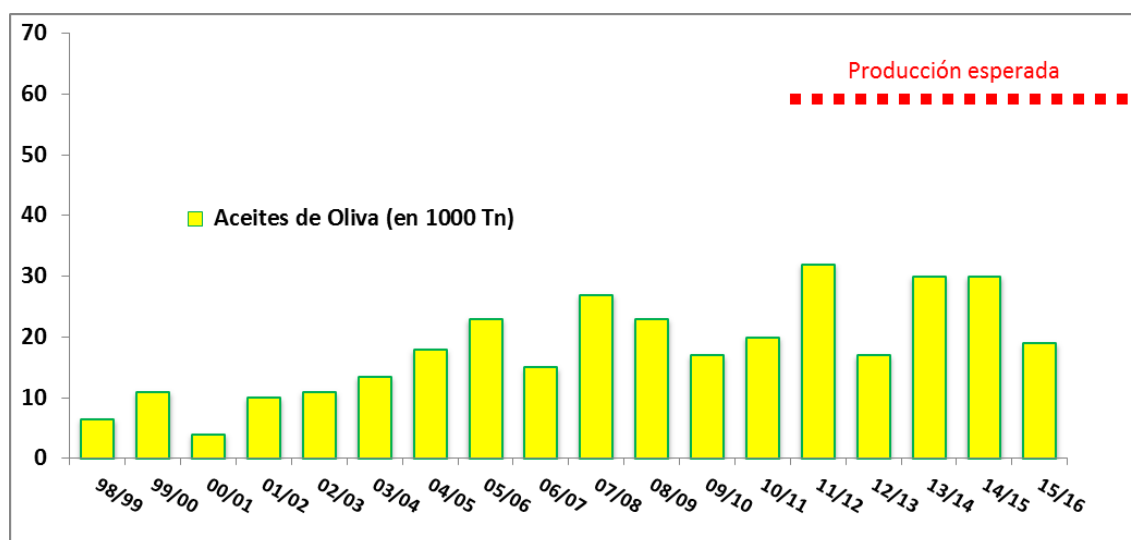


Fig. 48. Evolución de la producción de aceites de oliva de la Argentina.

Fuente: IOC 2017.

Indicadores agro-climáticos y limitantes para el desarrollo de las especies frutales.

A continuación se describen los indicadores y limitantes agro-ambientales requeridos para el desarrollo de los cultivos del Olivo, Almendro, Nogal, Pecán y Pistacho. Se han tenido en cuenta para el presente estudio algunas variables ambientales tales como: las fechas de primer y última helada, las temperaturas mínimas absolutas, las temperaturas medias y máximas y la suma de unidades de frío. Se resume en un cuadro final los rangos respectivos para cada especie vegetal en estudio.

Cuadro 66. Resumen de parámetros y rangos climático para el desarrollo de frutos secos.

Parámetros y rangos para cultivos de frutos secos.	CULTIVOS - FRUTOS SECOS			
	Almendro	Nogal	Pistacho	Pecán
Sensibilidad a las heladas.	Medianamente Sensible.	Medianamente Sensible.	Sensible	Sensible
Etapas fenológicas más sensibles a las heladas.	Fruto pequeño	Flores	Flores	Brotes Jóvenes
Temperatura crítica o de daño por heladas (periodo + crítico).	-1 °C	- 2 °C	- 3 °C – 0 °C	-2.2 °C
Temperatura base o mínima de crecimiento.	7 °C a 10 °C	10 °C	7 °C a 10 °C	10 °C
Rango de temperatura óptima de Crecimiento.	20 °C a 25 °C	21 °C a 28 °C	25 °C-35 °C	23 °C - 29 °C
Límite máximo de temperatura de crecimiento.	40 °C	36 °C	38 °C – 45 °C	46 °C
Suma térmica entre yema hinchada y cosecha.	1000 a 1200 °GD	1300 a 1700 °GD	+ de 3000 °GD	+ 2932 °G D

Elaboración Robles, José. 2017. Fuentes: (Madero, et al.2017), (Lemus et al.2001), (Opazo, et al 2011). (Requerimiento de Clima y Suelo- Frutales de Hojas Caducas.1989. Chile). (Documento base del sistema nacional de monitoreo y vigilancia de plaga para Pecán 2017).

En el mismo sentido, se definieron los rangos óptimos de suelos y se clasificaron en base parámetros físicos y químicos. También se tuvo en cuenta la calidad del agua de riego, caracterizada mediante parámetros químicos.

Unidades de Frío:

Se calculó el promedio de unidades de Frío desde el 1 de Mayo hasta el 31 de Agosto siguiendo el método de Richardson modificado (Utah), el cual ajustó mejor que el modelo de Richardson original (Cuadro 67), según la ecuación:

$$UCU_i = \sum_{j=1}^i T_{Uj}, \text{ with } T_{Uj}$$

Donde $T_u = (\text{Cuadro})$

Dicho método requiere el uso de temperaturas horarias, lo cual planteó un problema de cálculo.

Si bien se disponía de valores horarios para la temporada 2017, en que funcionaron los sensores de temperatura, resultó imposible contar con los mismos para el período completo 2008/2017 comprendido en el estudio.

Esto se debió a que los valores para el período 2008/2016 se reconstruyeron en base a los registros de temperaturas máximas y mínimas de la estación de referencia Chilecito Aero provistos por el Servicio Meteorológico Nacional, que no cuenta con observaciones horarias.

Por esta causa, los cálculos se hicieron por medio de la metodología desarrollada por Damario y Rodríguez (1991) que permite estimar las unidades de frío a partir de datos de temperaturas máximas y mínimas.

A fin de validar este procedimiento, los valores estimados se correlacionaron con los valores medidos mediante dos estaciones meteorológicas automáticas del INTA, ubicadas en la EMA Miranda (1458 msnm) y en la EMA Anguinán (949 msnm) que toman mediciones horarias y poseen incorporado un módulo que calcula las unidades de frío por el método de Richardson modificado (Utah).

Los datos así validados para ambos puntos de observación, se correlacionaron con las alturas sobre el nivel del mar, a fin de generalizarlos para todo el dominio altitudinal (Fig. 49.).

A partir de dicha relación se calcularon los valores de unidades de frío que se emplearon en el estudio.

Cuadro 67. Modelo de Cuantificación de Unidades de Frío de Richardson y Utah (TU).

Temperatura (°C)	Unidades de frío	
	Modelo Richardson	Modelo Utah
1.4	0	0
1.5-2.4	0.5	0.5
2.5-9.1	1	1
9.2-12.4	0.5	0.5
12.5-15.9	0	0
16.0-18.0	-0.5	-0.5
18.1-21.0	-1	-1
> 21.1	-2	-1

Fuente: Richardson et al, 1974

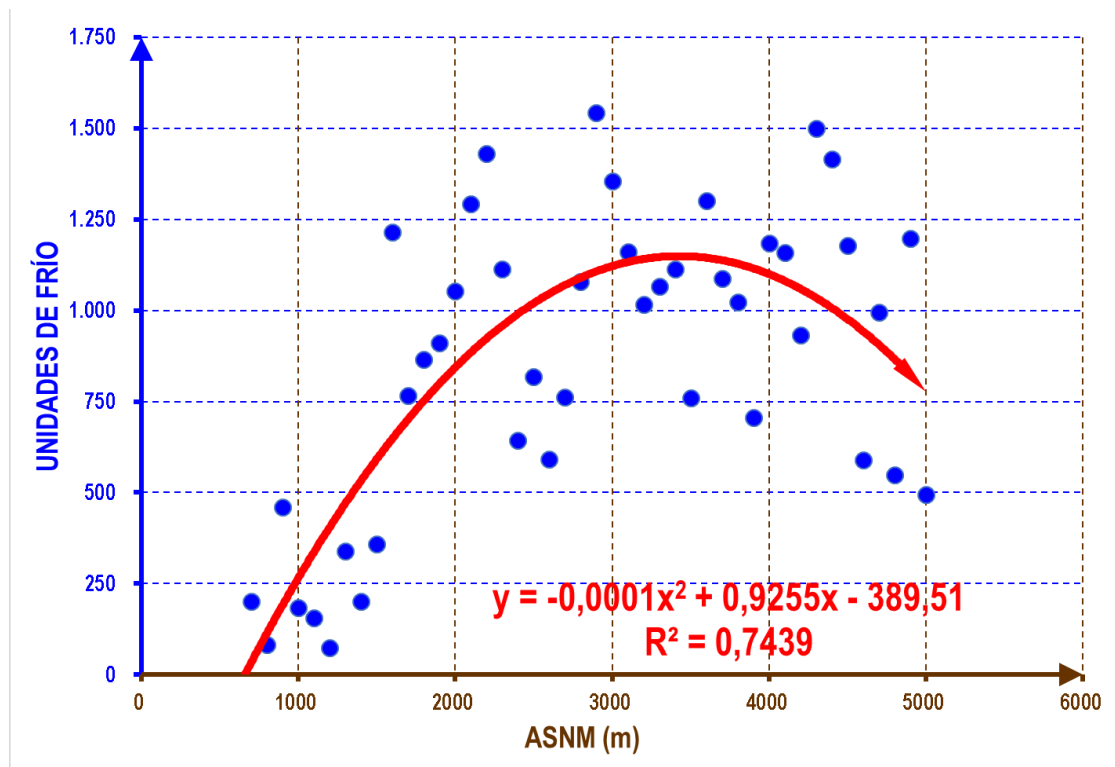


Fig. 49. Relación entre las Unidades de Frío (UF) calculadas por el método Richardson modificado y la A.S.N.M. La recta en color rojo representa la ecuación de ajuste entre las dos variables.

La ruptura o salida de la dormición es mediada por la acumulación de cierta cantidad de Unidades de Frío, que es diferente para cada especie y/o variedad.

Si bien existe diferencia en la fecha de inicio del proceso de fructificación entre las especies estudiadas, y aún entre sus variedades, se tomó como criterio general calcular la UF desde el 1 de Mayo hasta el 31 de Agosto.

Valle del Bermejo: En las

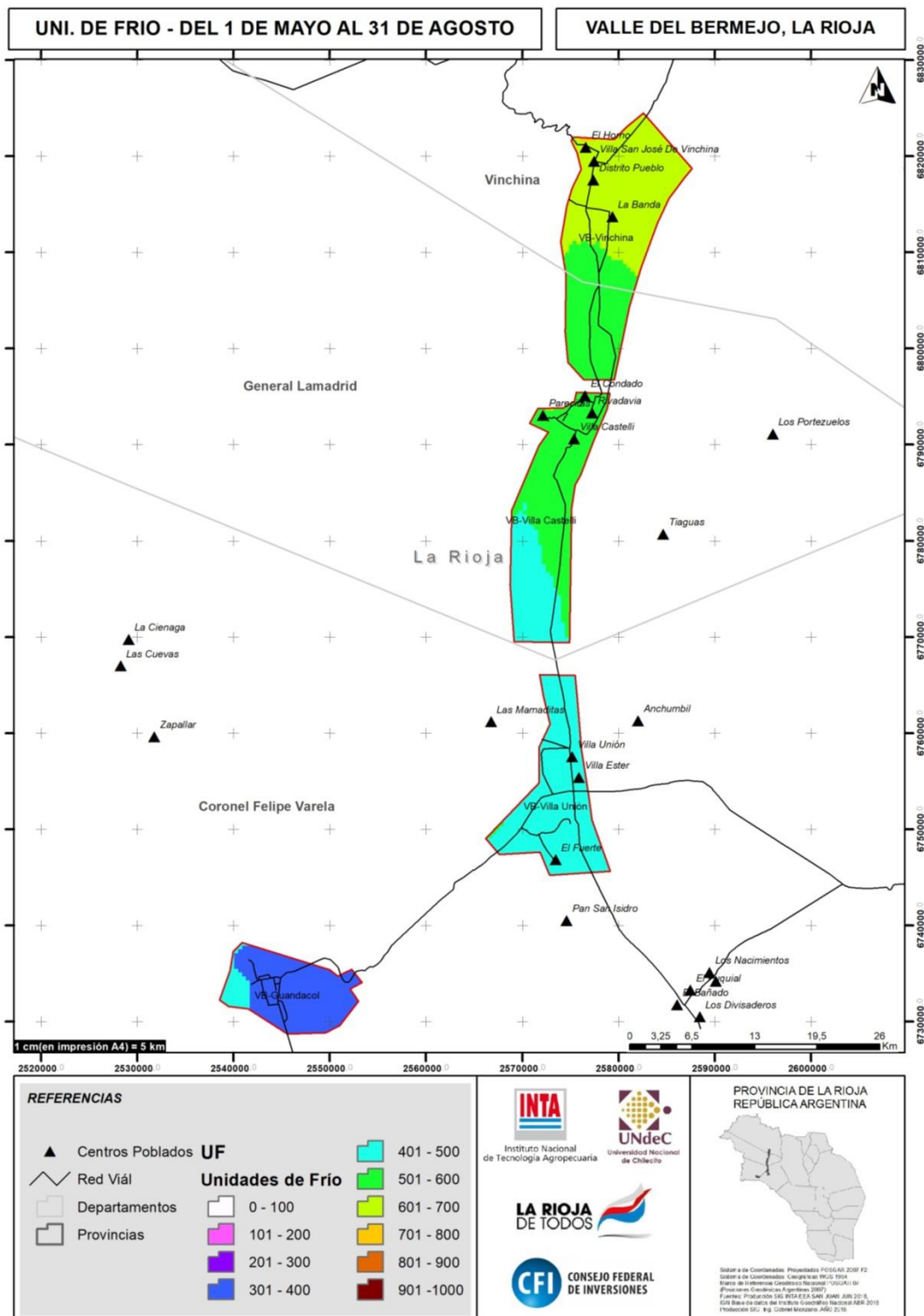


Fig. 50 se observa la distribución espacial de las UF para el Valle del Bermejo. En el Anexo I se encuentran los mapas de distribución individuales de cada sub-zona dentro del valle.



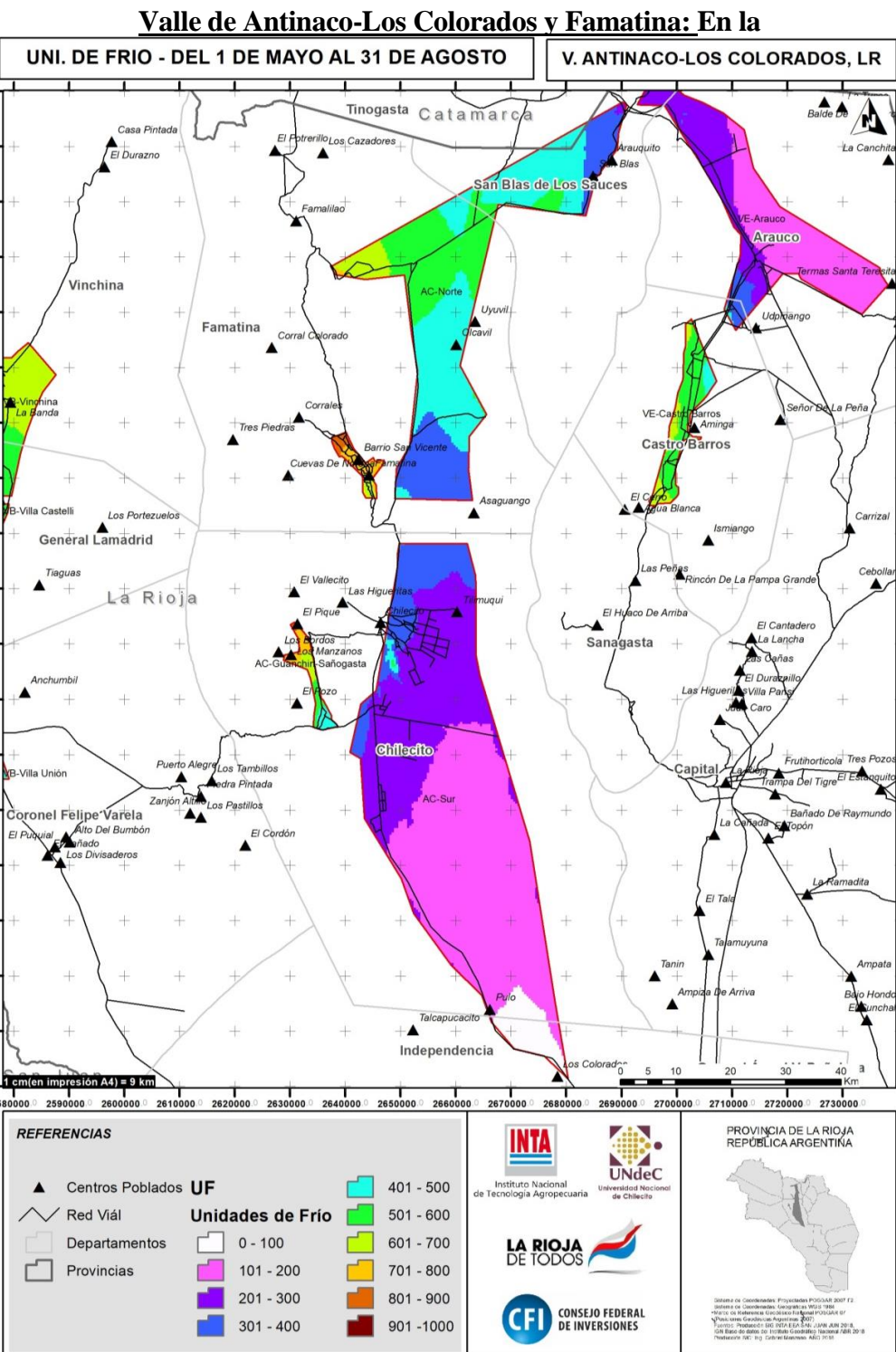


Fig. 51, se observa la distribución espacial de las UF para el Valle de Antinaco- Los Colorados y los Valles de Famatina y Guanchín-Sañogasta. En el Anexo I se encuentran los mapas de distribución individuales de cada sub-zona dentro del valle.

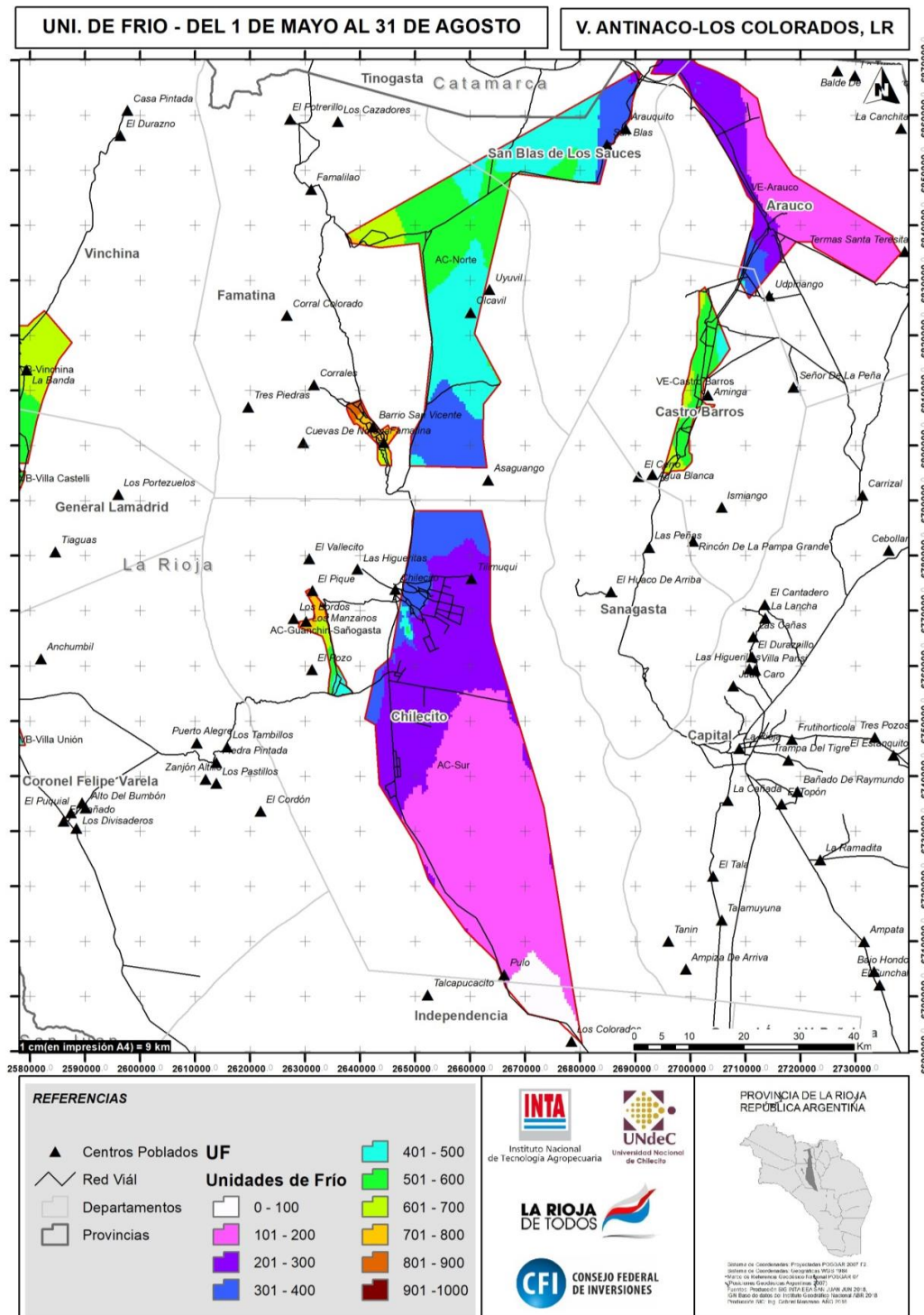


Fig. 51. Distribución de Unidades de Frío (UF) calculado en horas totales desde el 1-5 al 31-8, en los valles Antinaco-Los Colorados, Famatina y Guanchín-Sañogasta. La Rioja, Argentina.

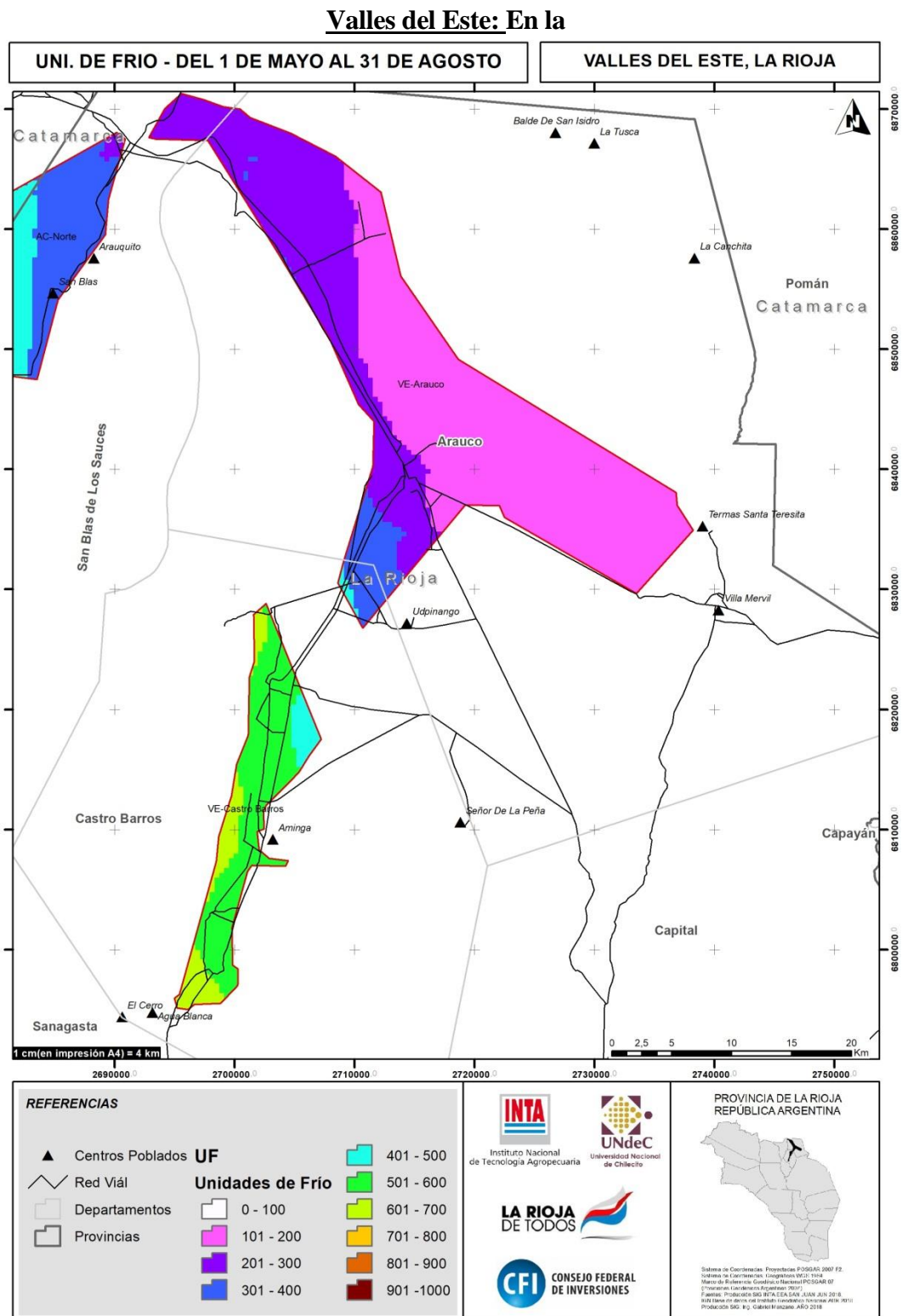


Fig. 52, se observa la distribución espacial de las UF para los valles localizados en el Departamento Arauco y Castro Barros en el Este de la provincia de La Rioja. En el Anexo I se encuentran los mapas de distribución individuales de cada sub-zona dentro del valle.



NOGAL

En este cultivo se pueden encontrar variedades con distintos requerimientos de Unidades de Frío (UF). Para simplificar el estudio hemos separado en 2 grupos según necesidad de UF: alta (Chandler, Howard y otras) y baja (Serr, Franquete y otras).

Cuadro 68. Necesidades Frío para romper dormancia en variedades de Nogal.

Variedad	Periodo de Medición	Rango de Unidades frío para romper dormancia.	Clasificación	Fecha Probable de brotación
Chandler	01/05-31/08	700 - 1000	Medias	07/10 -15/10
Serr	01/05-31/08	500 - 700	Tempranas	14/09-25/09

Fuente: Ing. Jorge Robles.

Para el caso de las variedades de alto requerimiento de UF, encontramos zonas con aptitud potencial solo en los valles de Famatina, Guanchin-Sañogasta y en la punta

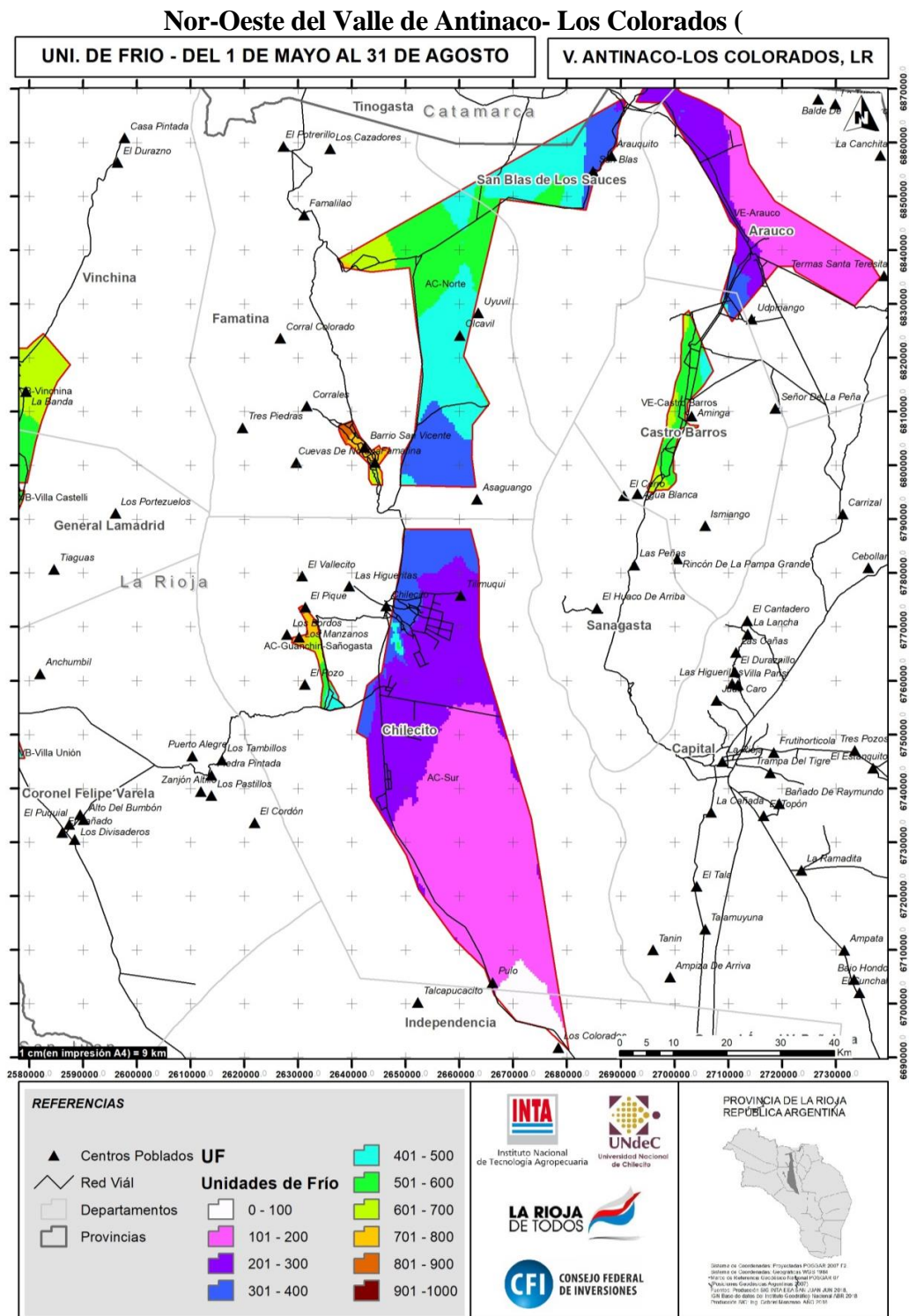


Fig. 52), la parte norte del Valle de Antinaco-Los Colorados (

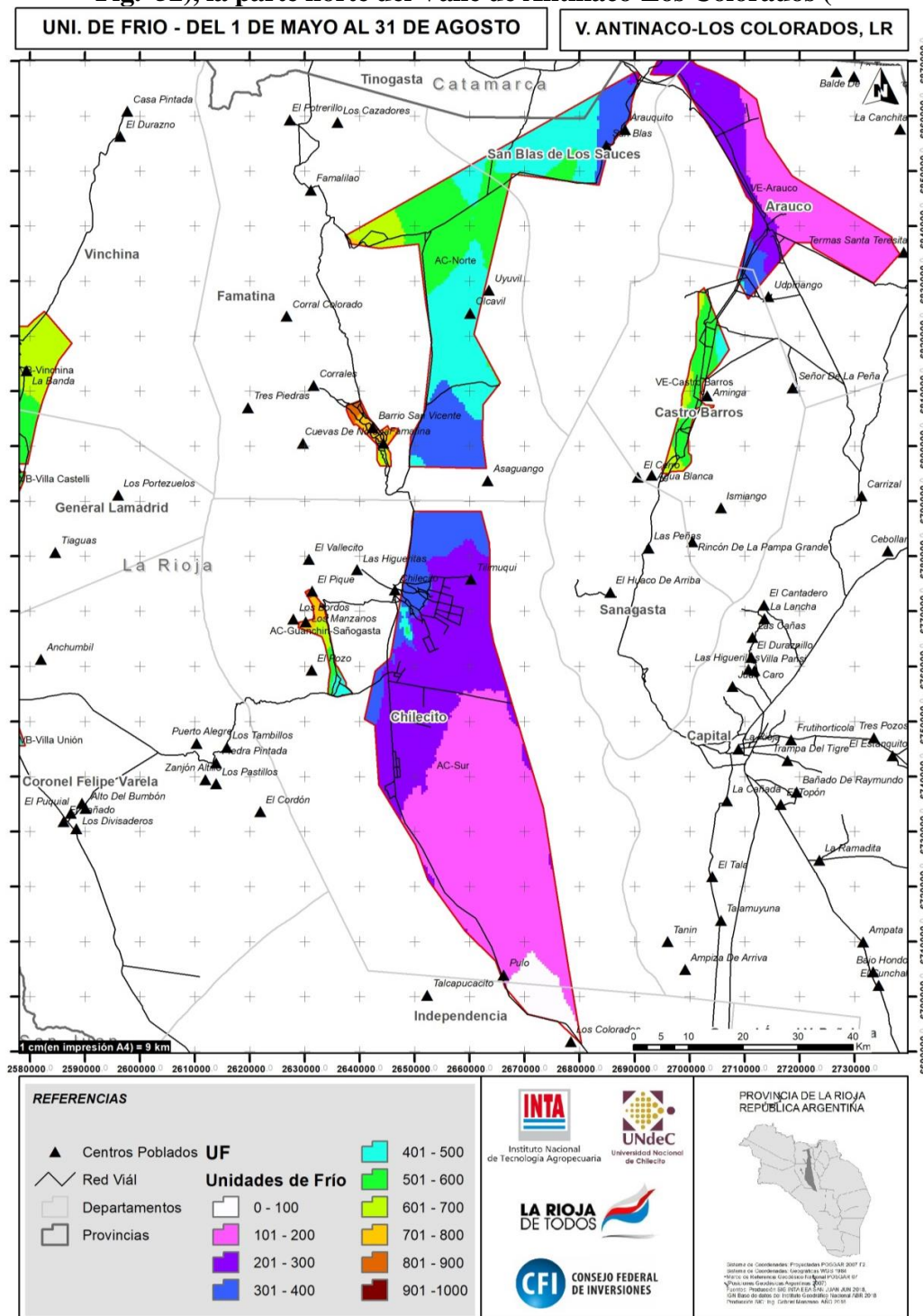


Fig. 51) y las zonas altas del Valle del Bermejo (

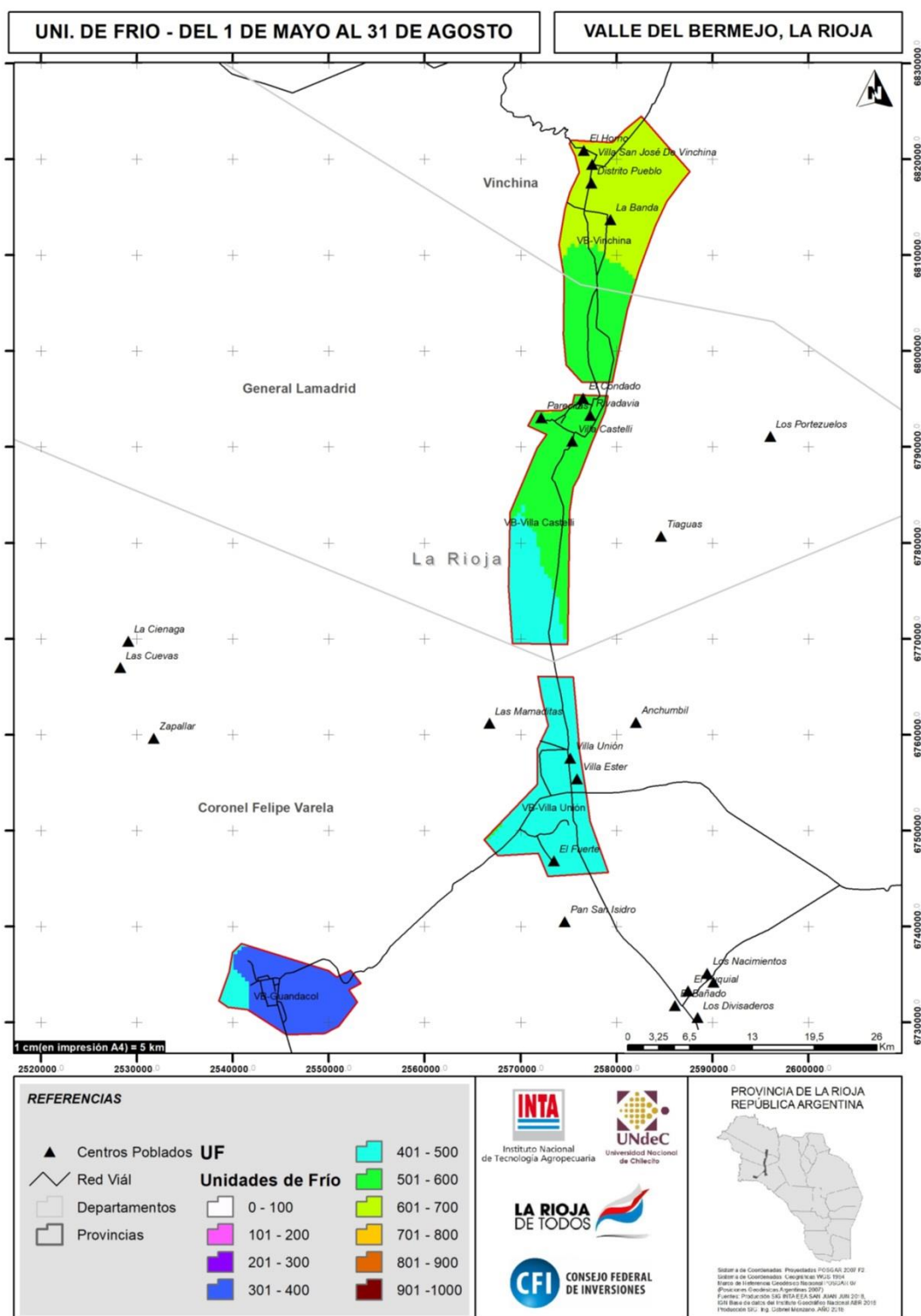


Fig. 50)

ALMENDROS

Las principales variedades de almendro (*Prunus amygdalus*) cultivadas actualmente, su clasificación depende del requerimiento de unidades de Frío. Si comparamos una de las variedades más tempranas (Desmayo Largueta), con la más tardía (Mardía), vemos que la primera requiere de 428 horas, por 503 de Mardía. No es una diferencia exagerada, pero si a esto sumamos los grados de calor que la planta debe acumular para su floración, Mardía requiere casi del doble (10.200), que Largueta (5.400), lo que en la práctica supone florecer dos meses más tarde.

Las variedades se ordenan por fecha, desde floración temprana, media estación, tardía y muy tardía. Cabe aclarar que la condición o fecha de floración para esta especie no solos la da el número de unidades de Frío acumuladas, sino también la cantidad de grados días.

Cuadro 69. Necesidades frío para las variedades de Almendro.

Variedades	Periodo de Medición	Rango de Unidades Frío para romper dormancia	Clasificación	Fechas Probable de floración
Guara	01/05-31/08	400	Tardía	26/08-15/09
Marinada/Penta	01/05-31/08	500	Extratardías	14/09-29/09
*Tradicionales	01/05-31/08	400-500	Tempranas	10/08-15/09

Fuente: Ing. Jose Robles. Requerimiento de Clima y Suelo- Frutales de Hojas Caducas (1989). Chile). FAO Protección contra heladas (2010). *Tradicionales (Peerless, NoPlus Ultra, Misión, Drake, Nonpareil, Bute)

La distribución espacial de las UF en los distintos valles sugieren que el Almendro puede cumplir con este requerimiento para iniciar la brotación reproductiva en una amplia zona estudiada. Las zonas con mayores limitaciones son el Departamento de

Arauco en el Valle del Este (

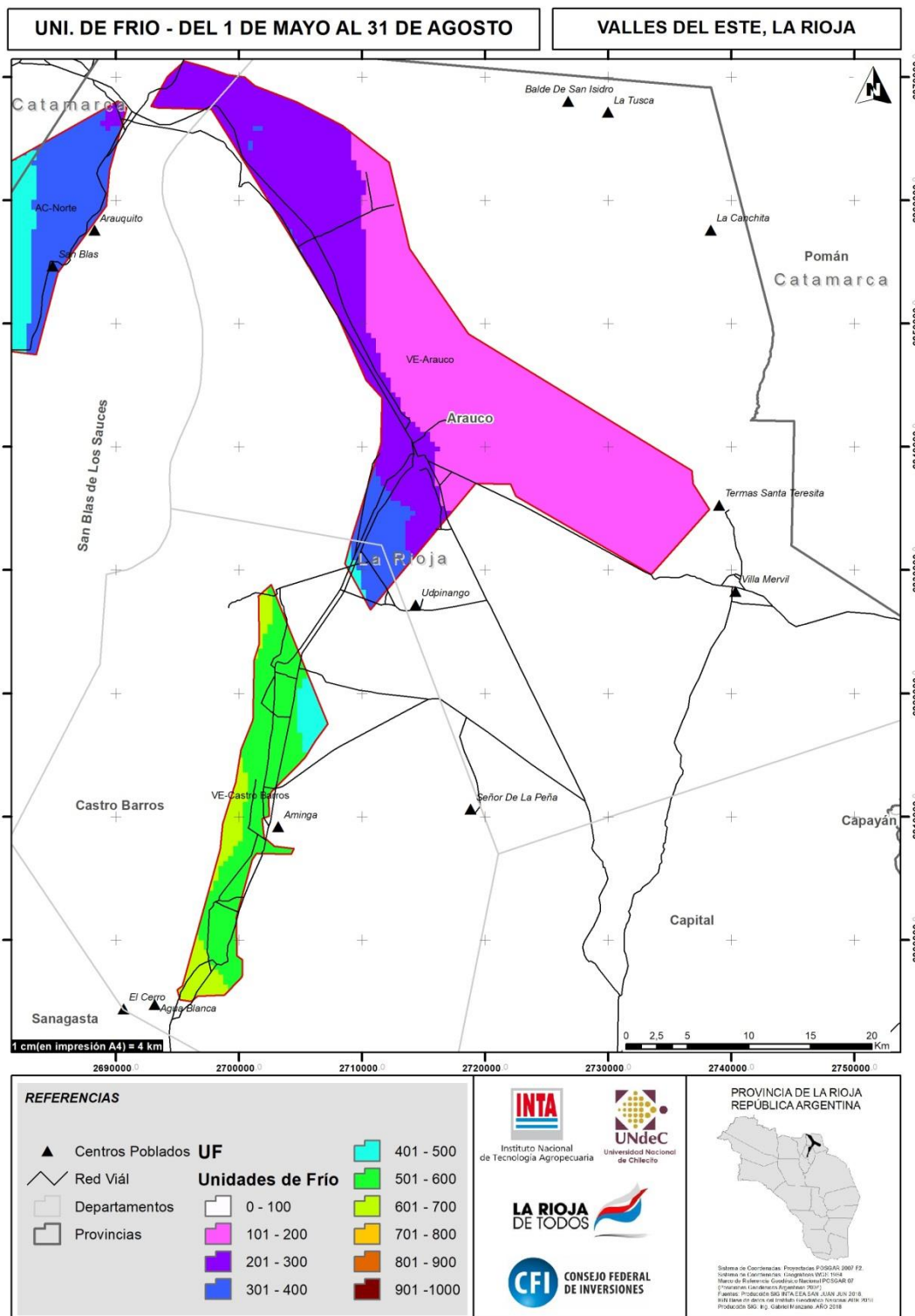


Fig. 52), la zona Sur de Valle de Antinaco- Los colorados (

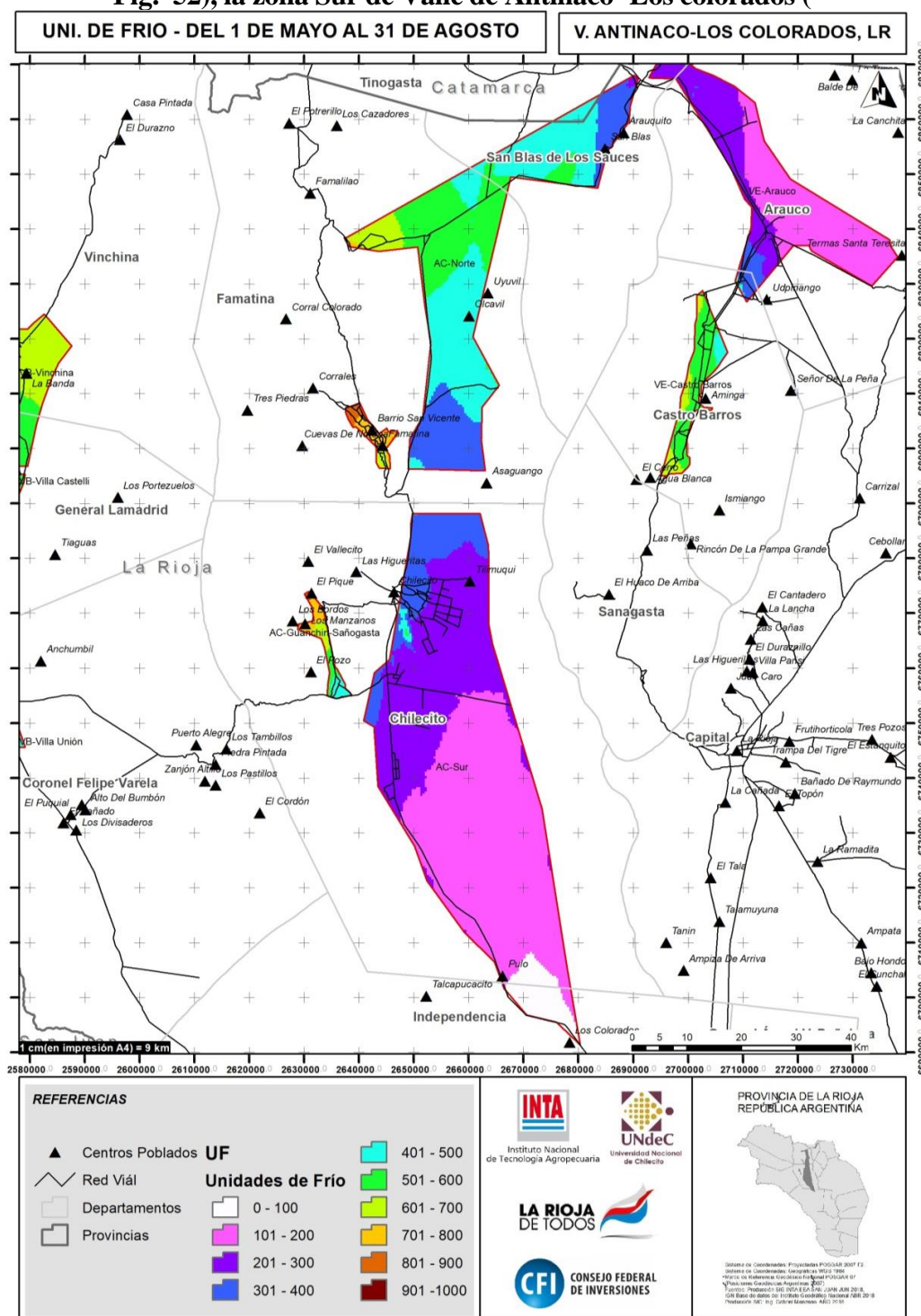


Fig. 51) y la zona de Gunadacol en el Valle Del Bermejo (

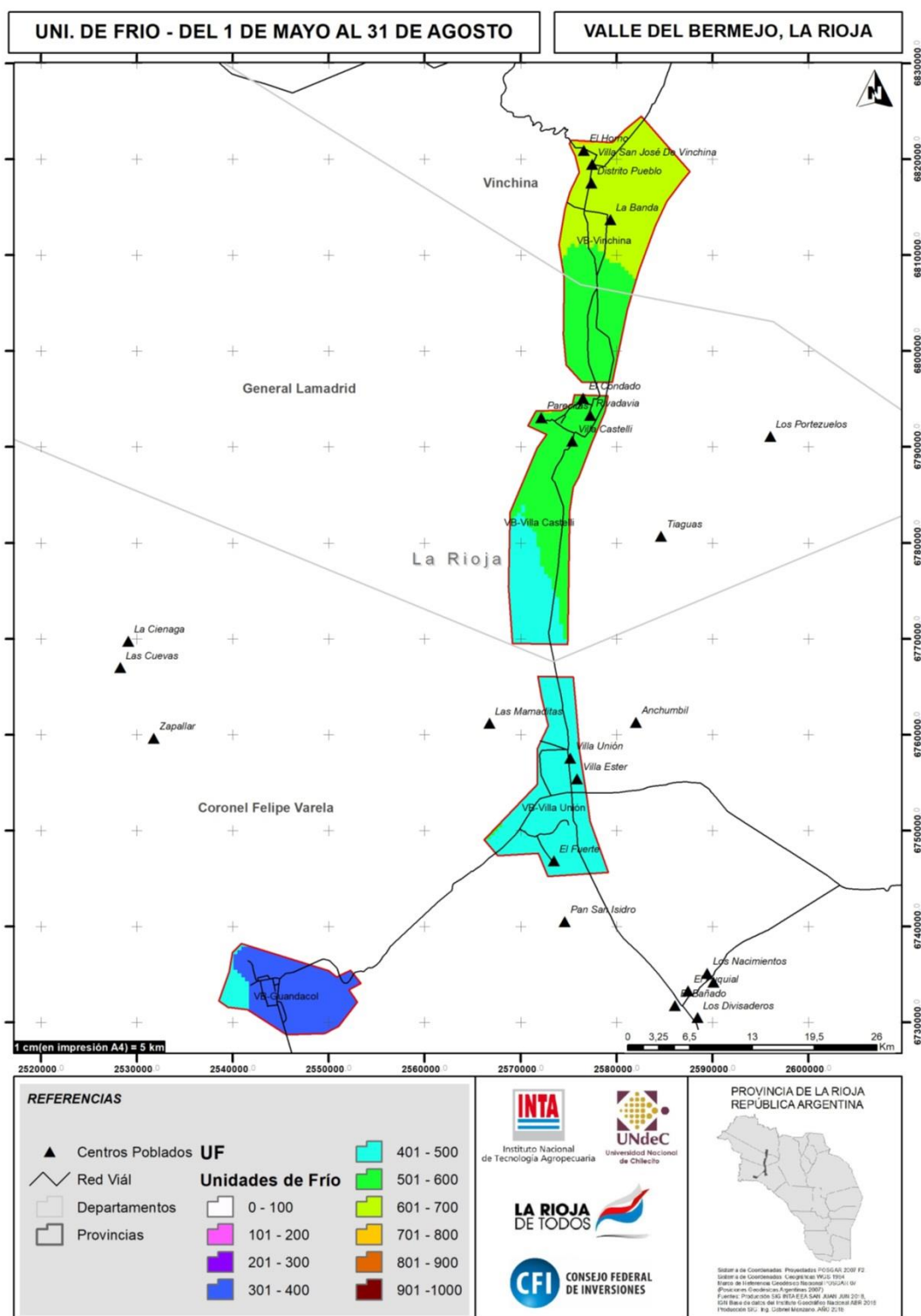


Fig. 50).

PISTACHO

La variedad hembra más utilizada en Kerman, que está clasificada dentro de las tardías, y su polinizante natural es Peters, que también es tardío.

Cuadro 70. Necesidades frío para variedades de Pistacho.

Variedades		Periodo de Medición	Rango de Unidades frío para romper dormancia.	Clasificación	Fechas Probable de floración
Hembra	Polinizante				
Kerman	Peters	01/05-31/08	700 - 1000	Tardías	26/08-15/09

Fuente: (Opazo, et al 2011)

En el caso de este frutal, los requerimientos son similares a los de Nogal, donde encontramos zonas con aptitud potencial en los valles de Famatina, Guanchin-

Fig. 52), la parte norte del Valle de Antinaco-Los Colorados (

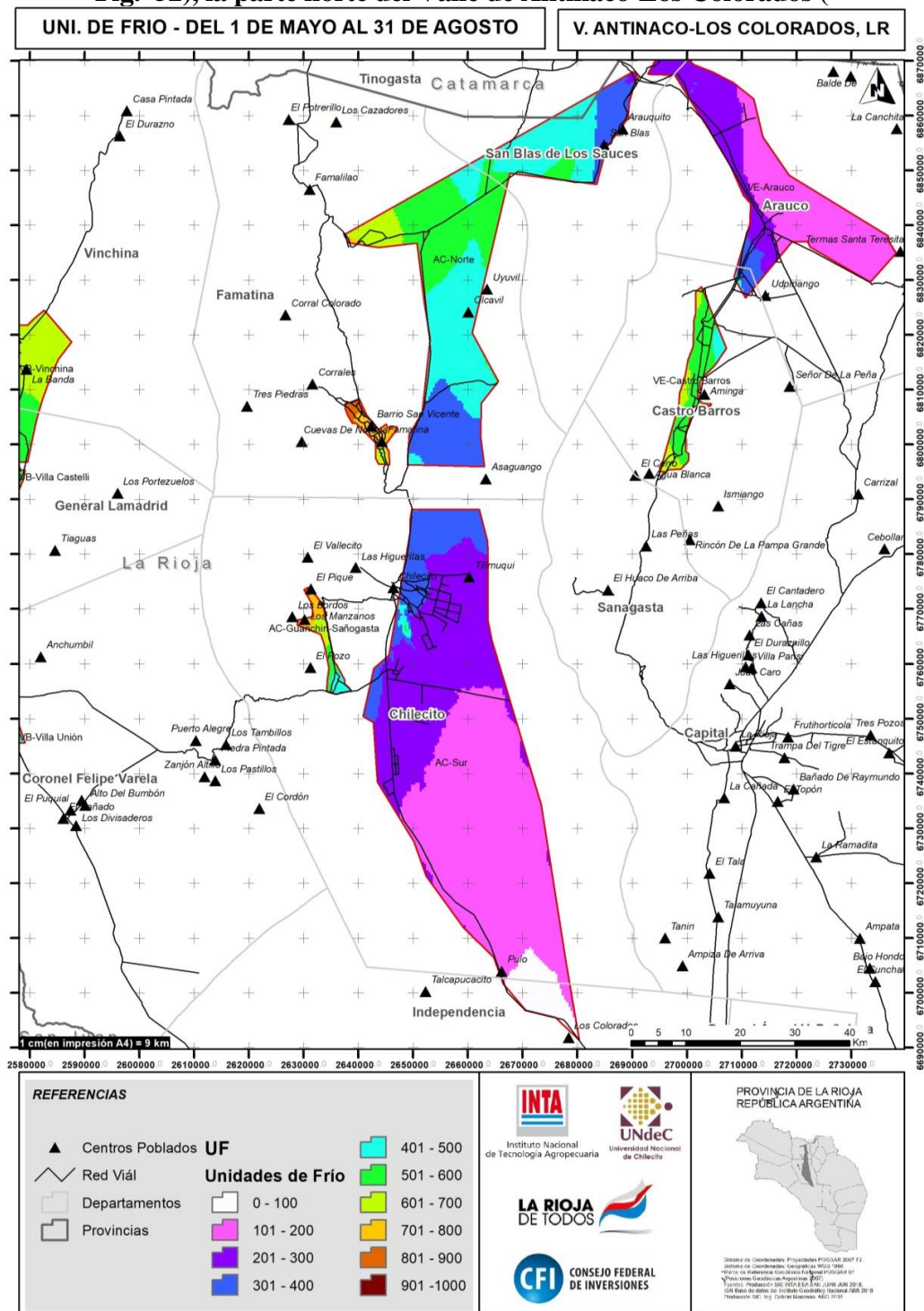


Fig. 51) y las zonas altas del Valle del Bermejo (

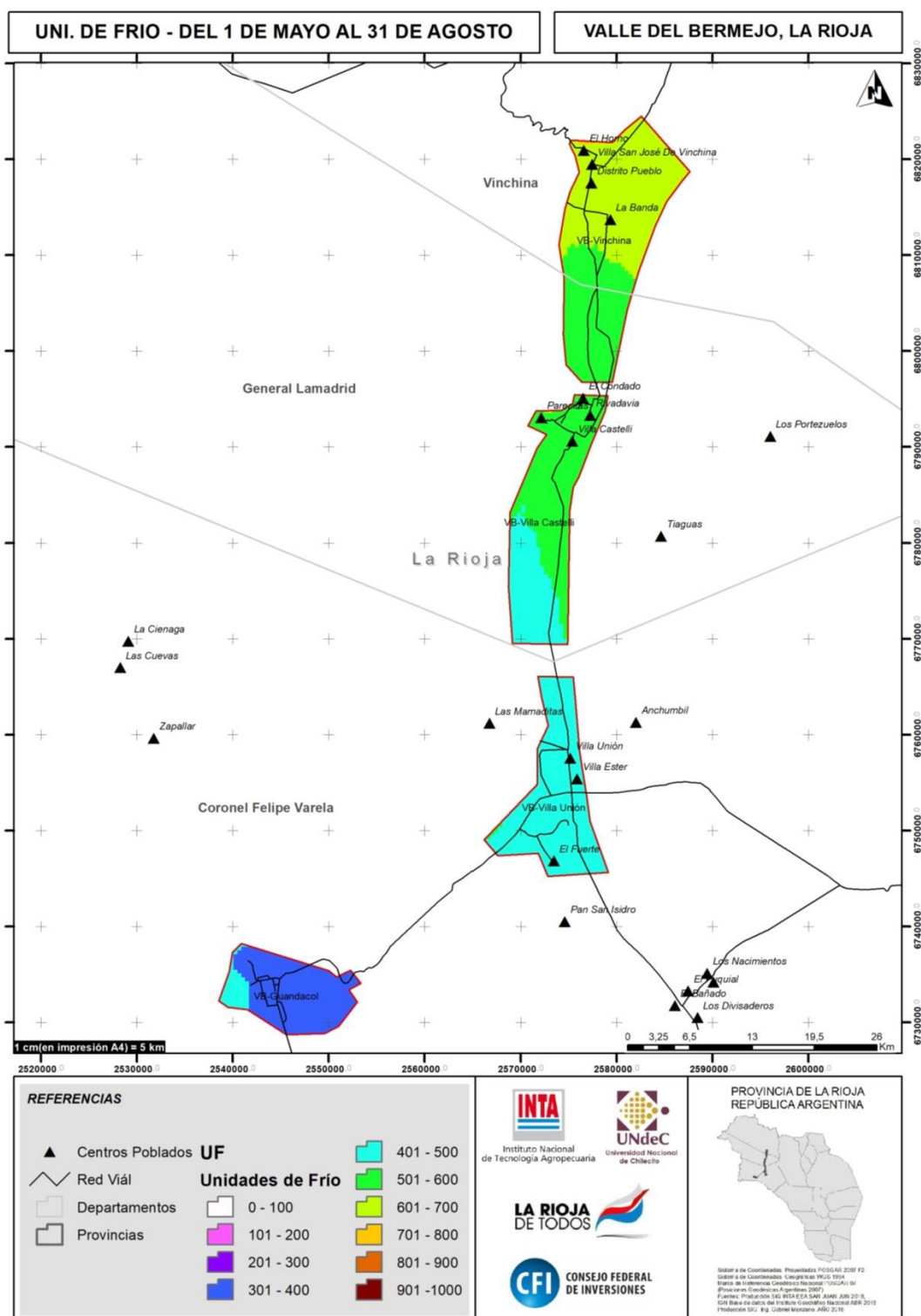


Fig. 50).

PECÁN

Los requerimientos de frío son escasos, llegando algunos a brotar normalmente, incluso sin frío, como en los casos de México e Israel. Algunos autores señalan que tiene un letargo corto y poco profundo, requiriendo entre 400 y 500 Unidades de Frío en lugares de otoño e invierno suave; sin embargo, si el otoño es frío, se desarrolla un letargo más profundo que eleva el requisito de frío para salir de él. Son los árboles más tardíos en reactivarse en primavera, lo que aparentemente se debe a un alto requerimiento de calor post receso. Se determinó que existiría una interacción entre el frío y la acumulación de calor, donde el frío es requerido para reducir la variabilidad en la salida del receso y no para romper el receso en sí (University of Georgia, 2005)

Cuadro 71. Necesidades frío para variedades de Pecán.

Variedades	Periodo de Medición	Rango de Unidades frío para romper dormancia.	Fechas Probable de Floración
Desirable	01/05-31/08	400	10/10-05/11
Mahan	01/05-31/08	400	15/10-05/11

Fuente: (University of Georgia, 2005)

Dado el bajo requerimiento de UF que presenta esta especie una amplia zona estudiada no presenta esta limitante climática para el cultivo. Las zonas con mayores

limitaciones son el Departamento de Arauco en el Valle Del Este (

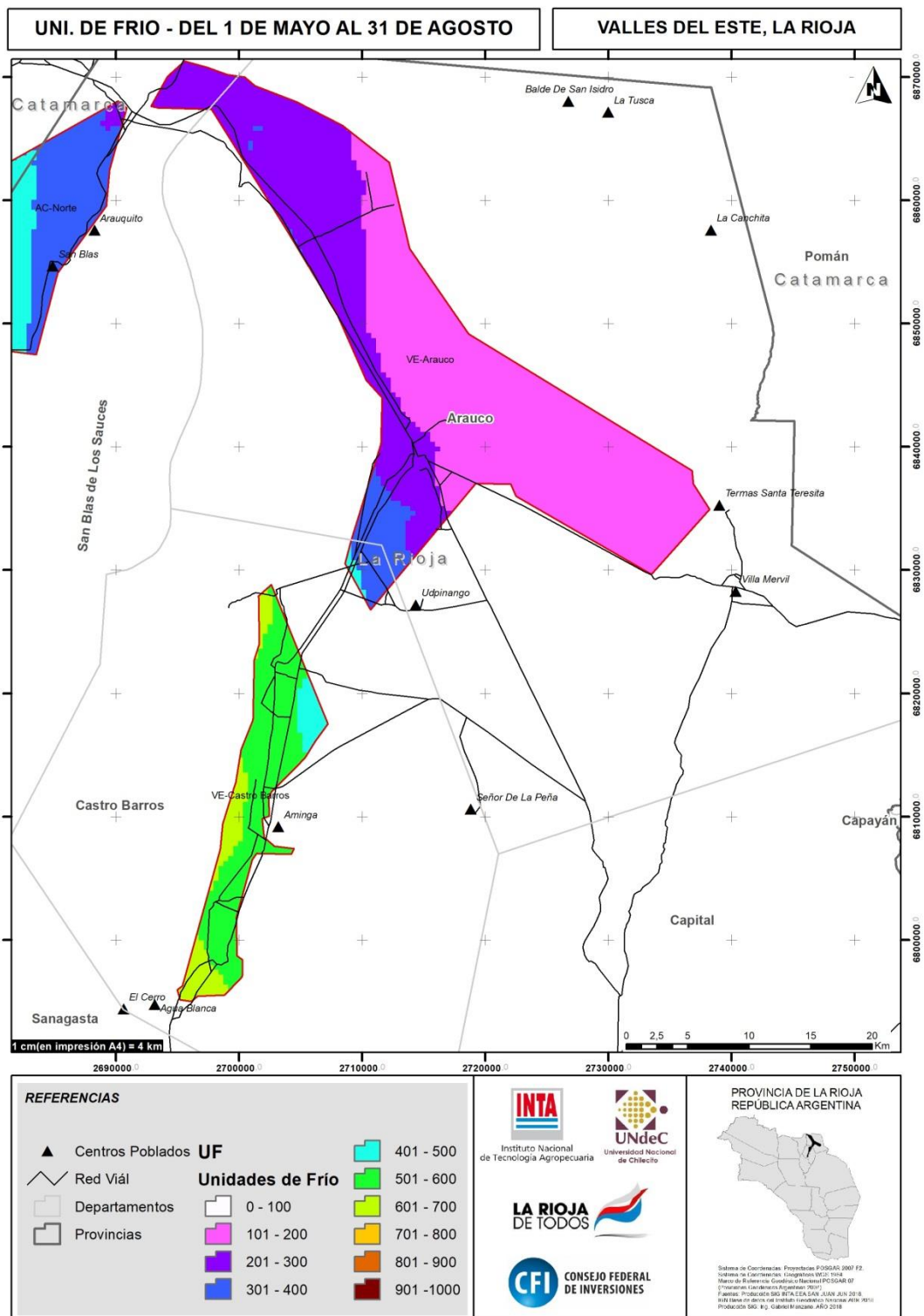


Fig. 52), la zona Sur de Valle De Antinaco- Los colorados (

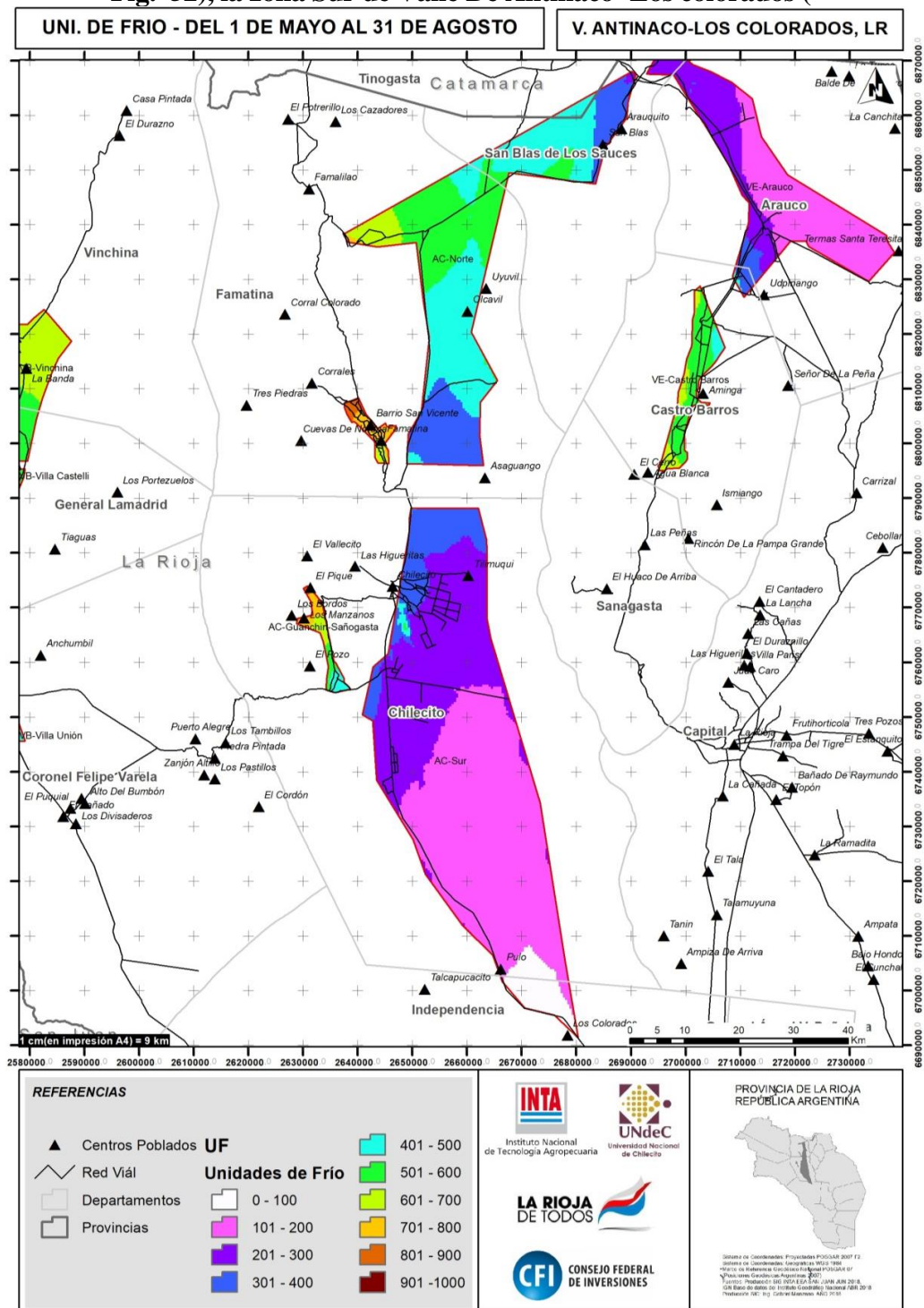


Fig. 51) y la zona de Guandacol, en el Valle Del Bermejo (

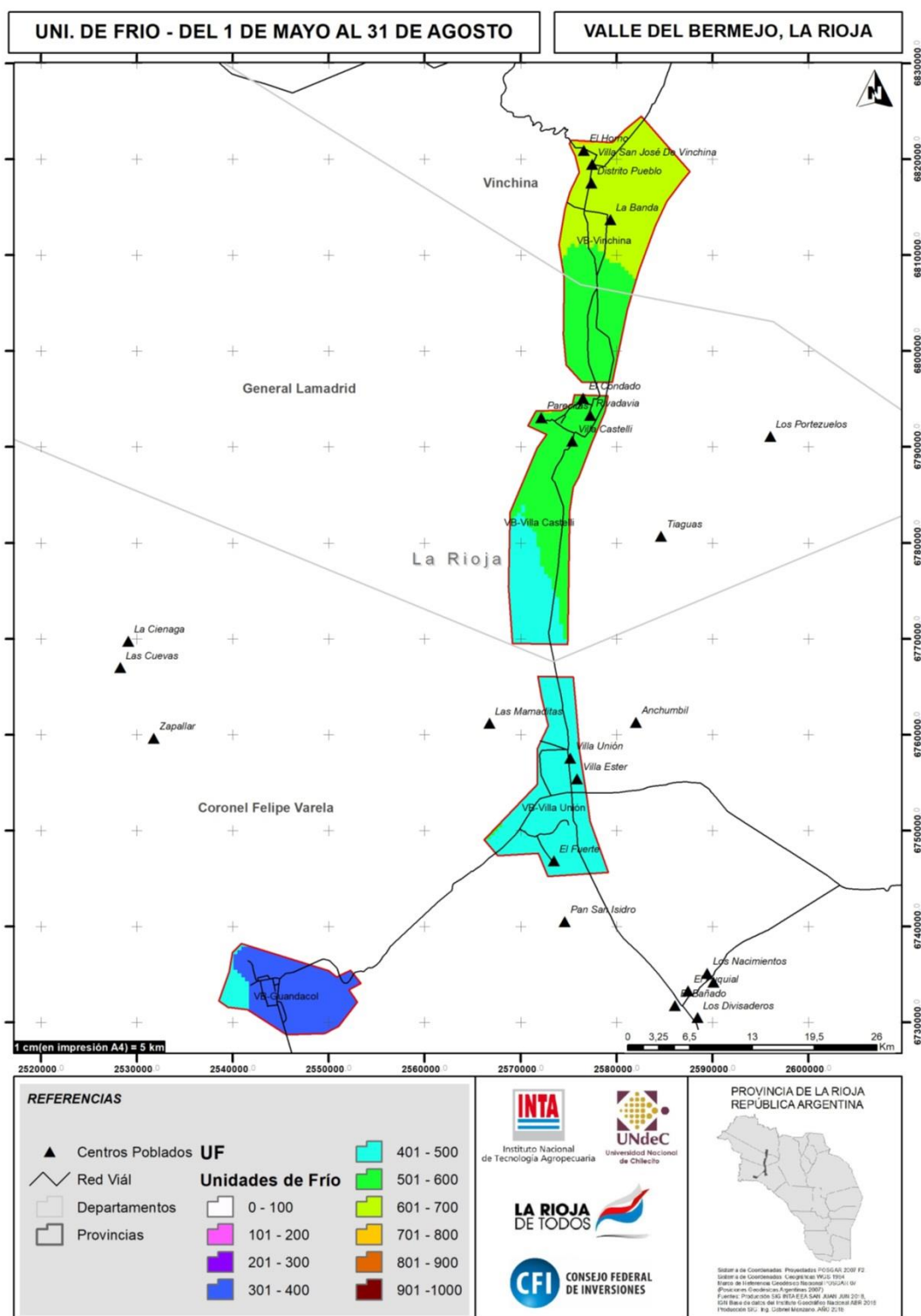


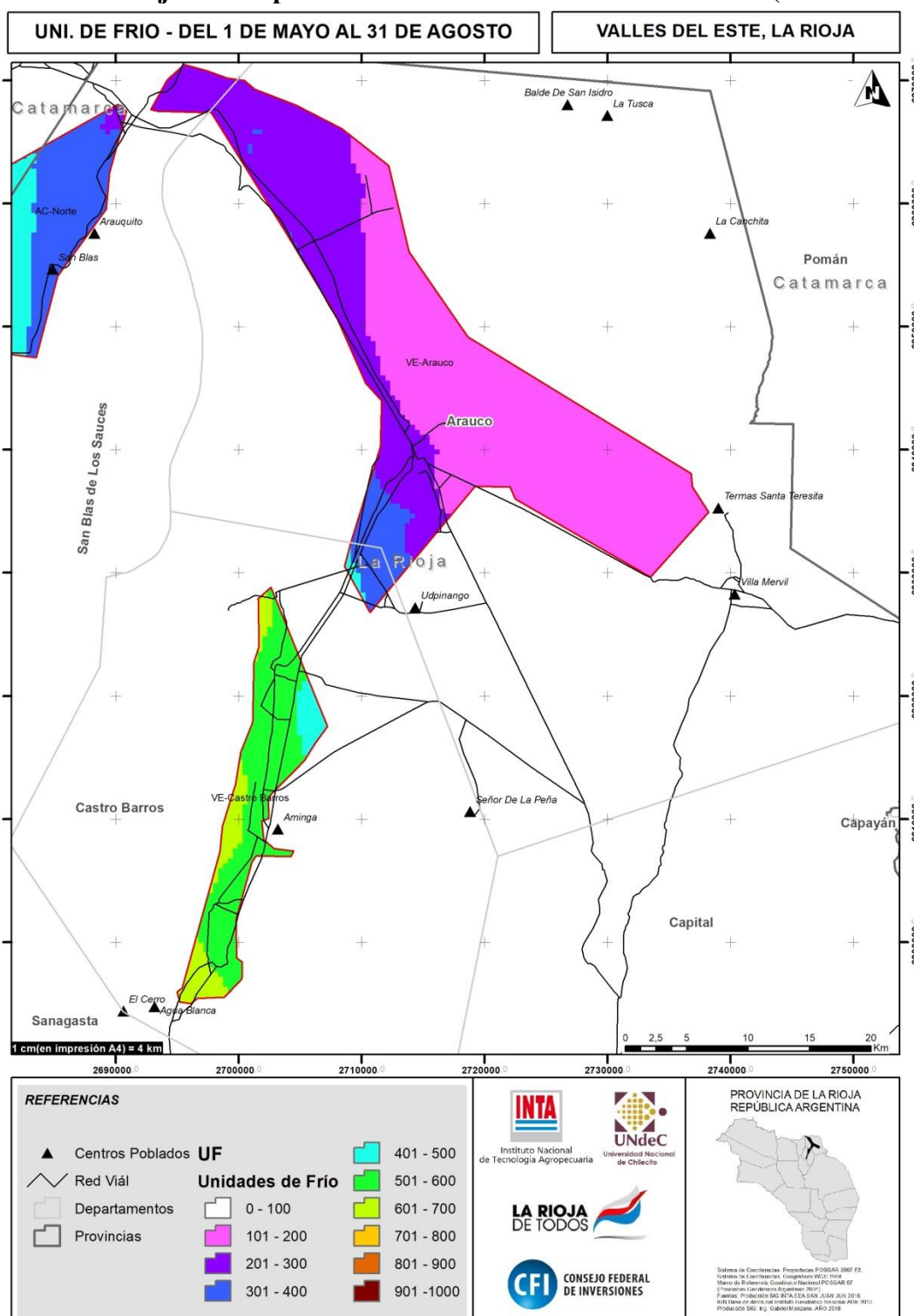
Fig. 50).

OLIVO

Dado que el origen de la especie se relaciona con climas templado-cálidos, los requerimientos de frío invernal para fructificar son bajos. Según Barranco, et al., (2017), en la principal zona productiva de España (Andalucía) las UF oscilan entre las 200 y 500 hs sin observarse mayores problemas reproductivos. Dado que en este trabajo se agrupan variedades que puedan necesitar mayor requerimiento con otras de menor, se ha tomado como cantidad mínima necesaria 200 UF.

Prácticamente toda el área comprendida en este estudio no presenta limitantes para el cumplimiento del frío invernal en este especie. Se acercan al valor mínimo las zonas

bajas del Departamento de Arauco en el Valle Del Este (



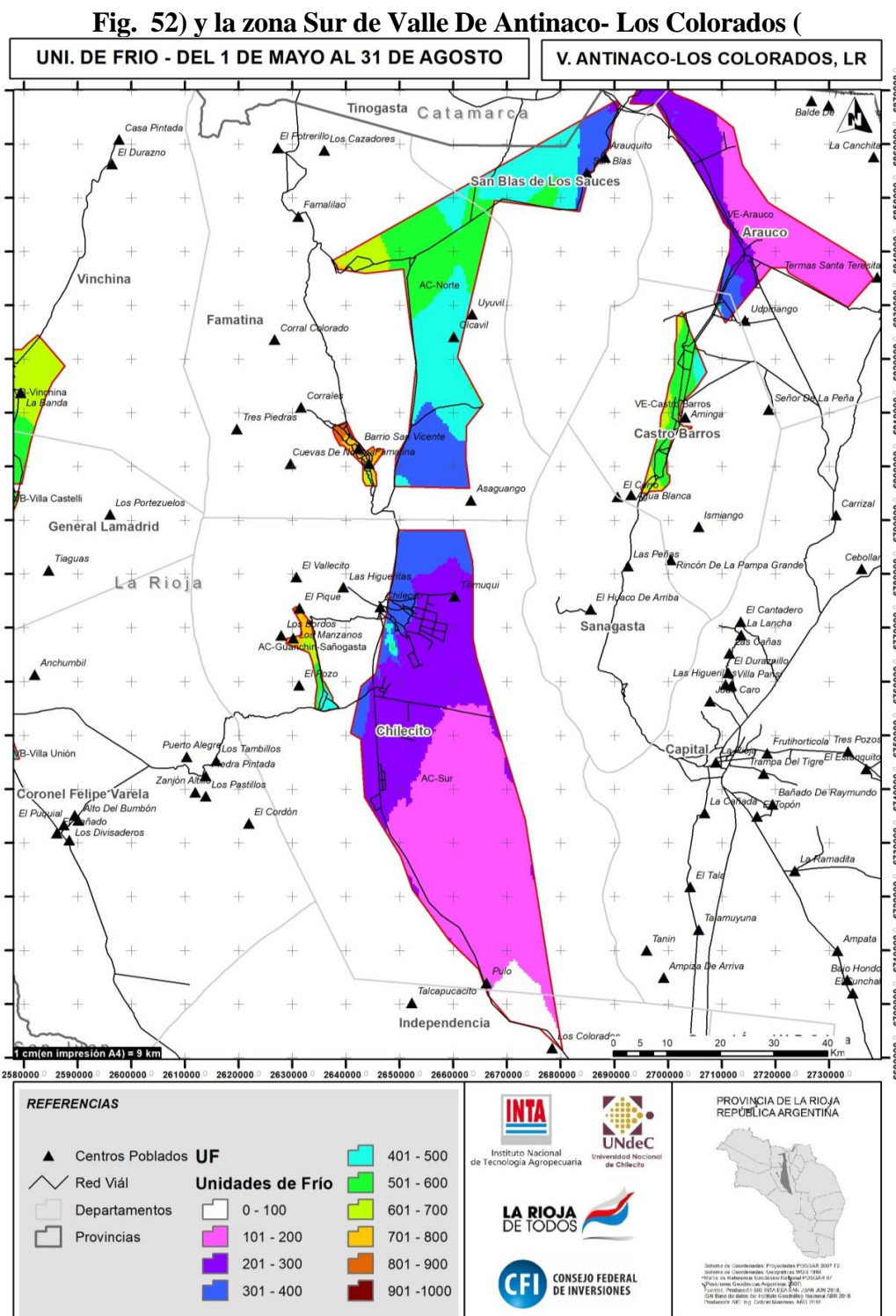


Fig. 51).

Heladas:

Las temperaturas congelantes o bajo 0°C pueden tener distintos efectos sobre los tejidos vegetales. Esto depende del órgano expuesto a tales temperaturas y el momento fenológico de la planta en que sucede (Vita Serman, 2015). Es probable que una T° de -

2°C ocasione una fuerte caída en la producción cuando ésta ocurra durante el periodo de floración, pero no produzca ningún daño económico en estado de reposo invernal de la planta. Por lo tanto, para poder analizar el impacto de esta adversidad climática en cualquier cultivo es necesario conocer en qué momento suceden las distintas etapas fenológicas y la sensibilidad de cada una de ellas. La sensibilidad de las especies varía en forma dinámica a través del ciclo de crecimiento.

Para poder describir regionalmente el impacto de las temperaturas mínimas absolutas debemos, por un lado conocer la resistencia de los frutales durante el periodo de reposo invernal y por otro conocer las temperaturas sensibles para los tejidos reproductivos que inician su crecimiento. En el Cuadro 72, se indica la etapa fenológica o parte del vegetal más sensible a las bajas temperaturas para cada una de las especies de frutos secos estudiadas. La temperatura crítica o de daño por heladas, como su nombre lo indica, se señala la temperatura a la cual comienza a ser visible el daño provocado por las mismas.

Cuadro 72. Fases y periodo sensible a las heladas.

Cultivo	Variedad	Órgano Sensible	Periodo Sensible
Nogal	Serr	Flores	14/9 - 20/10
	Chandler	Flores	07/10 - 30/10
Almendros	Guara	Fruto pequeño	05/09 - 05/10
	Marinada/Penta	Fruto pequeño	14/09 - 05/10
	Tradicionales	Fruto pequeño	10/08-15/09
Pistacho	Kerman/Peters	Flores	01/09 - 20/10
Pecán	Desirable/Mahan	Brotes Jóvenes	10/09-05/11

Fuente: Ing. Jose Robles. Requerimiento de Clima y Suelo- Frutales de Hojas Caducas (1989) Chile. (Madero, et al. 2017). (Opazo, et al 2011). (Sibbet, et al, 1998). (University of Georgia, 2005)

En el presente trabajo se separó el efecto que pueda ocasionar una temperatura mínima congelante durante el periodo de reposo invernal del frutal, de aquellas heladas que ocurren una vez reiniciado la actividad meristemática la planta (Helada Tardía o Primavera). Para poder expresar la ocurrencia de esta limitante climática sobre los distintos cultivos frutales en relación a lo productivo, se expresó como la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado. A modo de ejemplo, si la probabilidad de ocurrencia de una zona determinada es menor al 10%, esto quiere decir que es probable que 1 de cada 10 años ocurra un evento que pueda afectar severamente la producción.

-2°C	Afecta levemente Crecimiento otoñal	No Afecta	Pérdida elevada en la producción del año
-6 °C	Afecta el totalmente Crecimiento otoñal		
-7 °C		Lesiones en las yemas y ramas. Ocurre cuando las temperaturas están por debajo.	
-9 °C		Si es normal en el invierno se Recomienda no plantar.	

Fuente; Ing. Jose Robles. Sibbet, et al, 1998-

En el caso de este frutal se separó el efecto de las temperaturas mínimas absolutas ocurridas durante el reposo invernal de aquellas temperaturas congelantes ocurridas cuando ya estuvo iniciada la brotación-fructificación en primavera. En el primer caso se consideró que una temperatura menor a -7°C provocaría un daño sensiblemente perjudicial para la producción de ese año.

Para las heladas tardías o primaverales se separaron las distintas variedades en 2 grupos (Cuadro 73): Variedades de Brotación Temprana (Serr y Sunland) y de Brotación Tardía (Chandler, Csico y Franquette). La fecha de brotación-fructificación considerada para las variedades tempranas fue desde el 18 de Septiembre y para las tardías el 10 de Octubre. Para ambos casos la temperatura letal considerada fue de -1°C.

Valle del Bermejo

La sub-región de Guandacol mostró una amplia superficie con bajas probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas absolutas menores a -7°C. En el resto de las zonas, solo las partes altas y con pendiente mostraron bajos valores de probabilidad

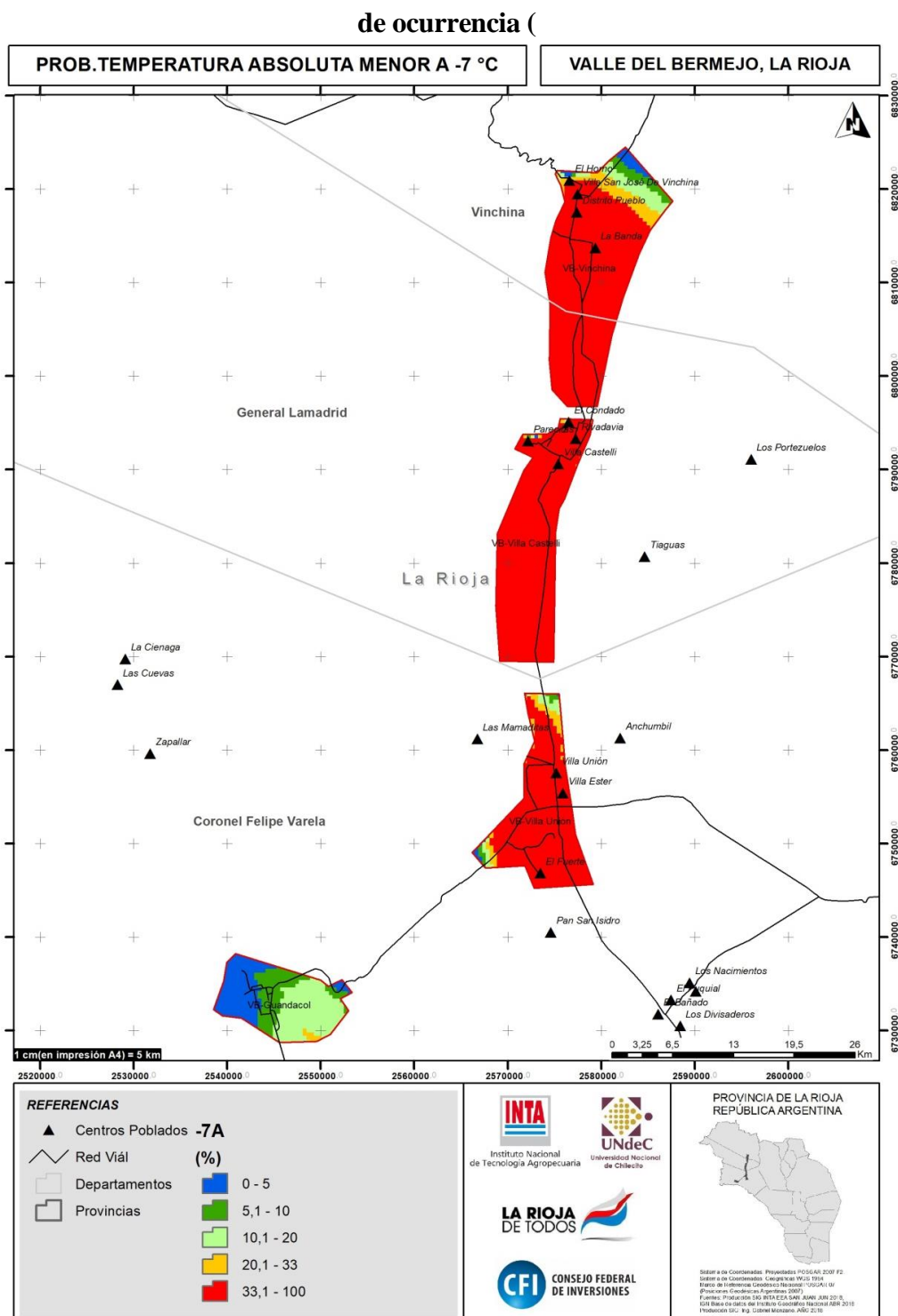


Fig. 53). En el Anexo I se encuentran los mapas individuales de cada sub-zona del valle.

ocurrencia de esta adversidad en la zona de Villa Castelli- General Lamadrid (

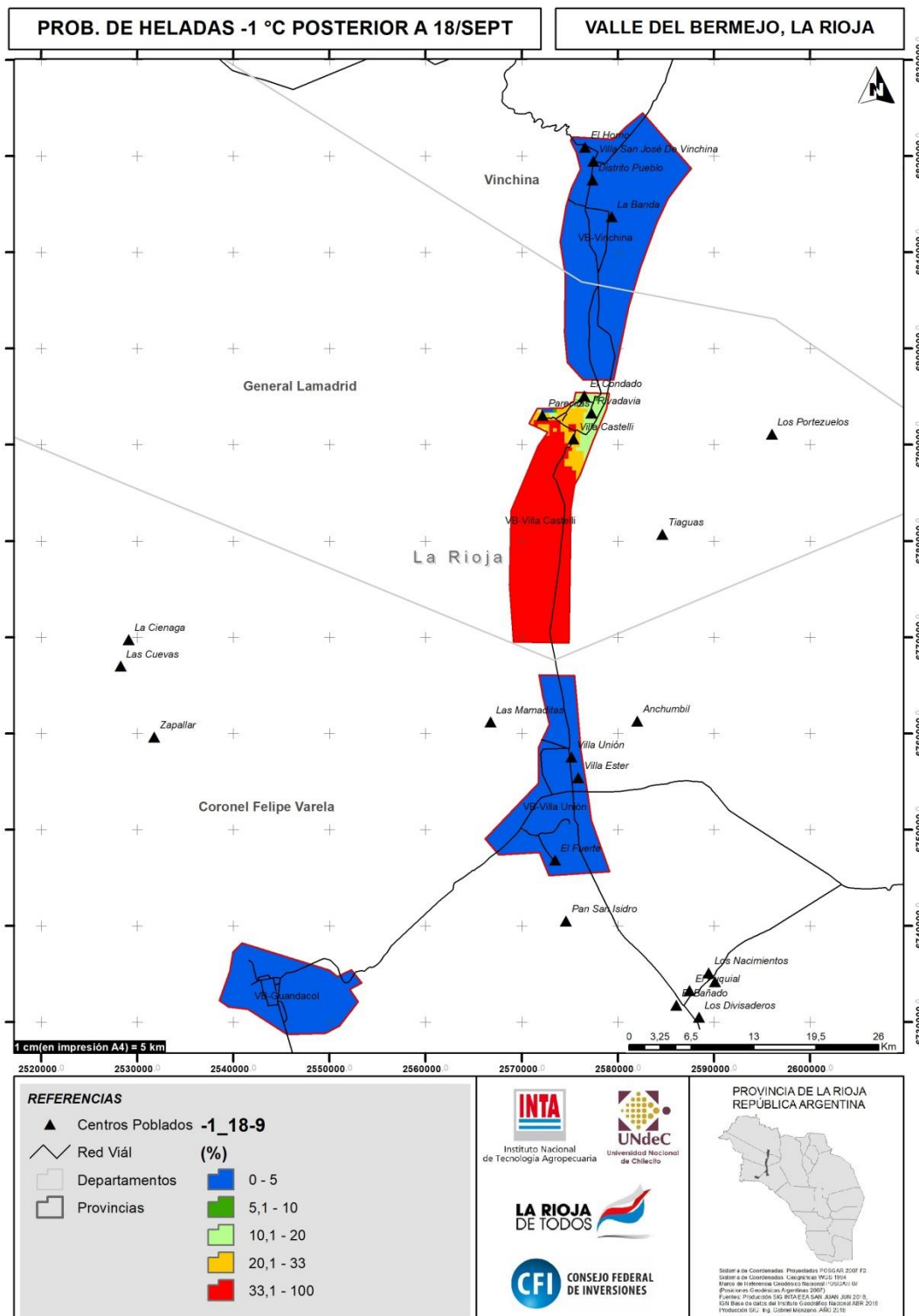


Fig. 54). En el resto de las zonas la ocurrencia de estas heladas tiene baja probabilidad (Anexo I).. Algo similar sucede con las variedades de brotación tardía

aunque la probabilidad de ocurrencia es aún menor (

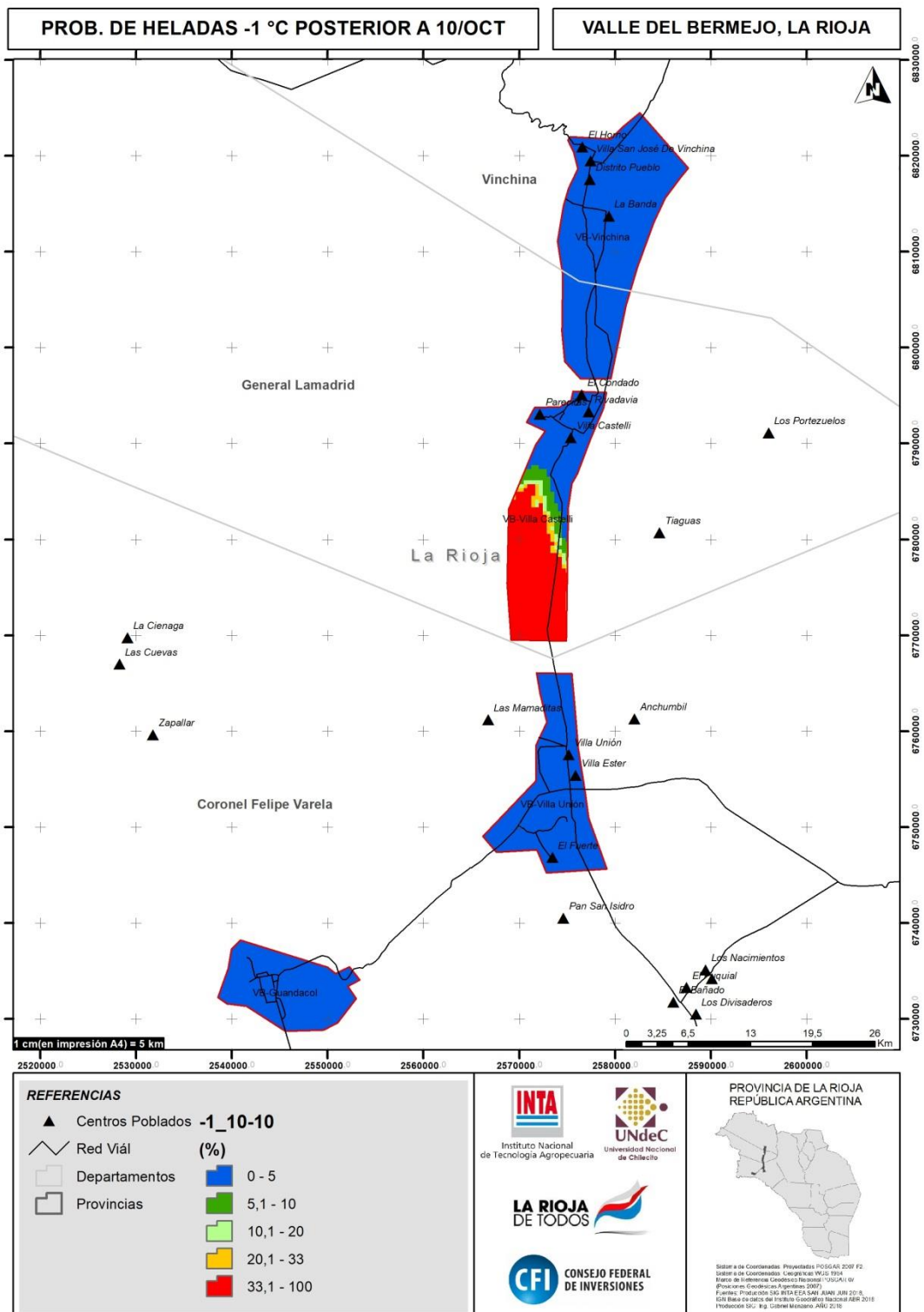


Fig. 55.)

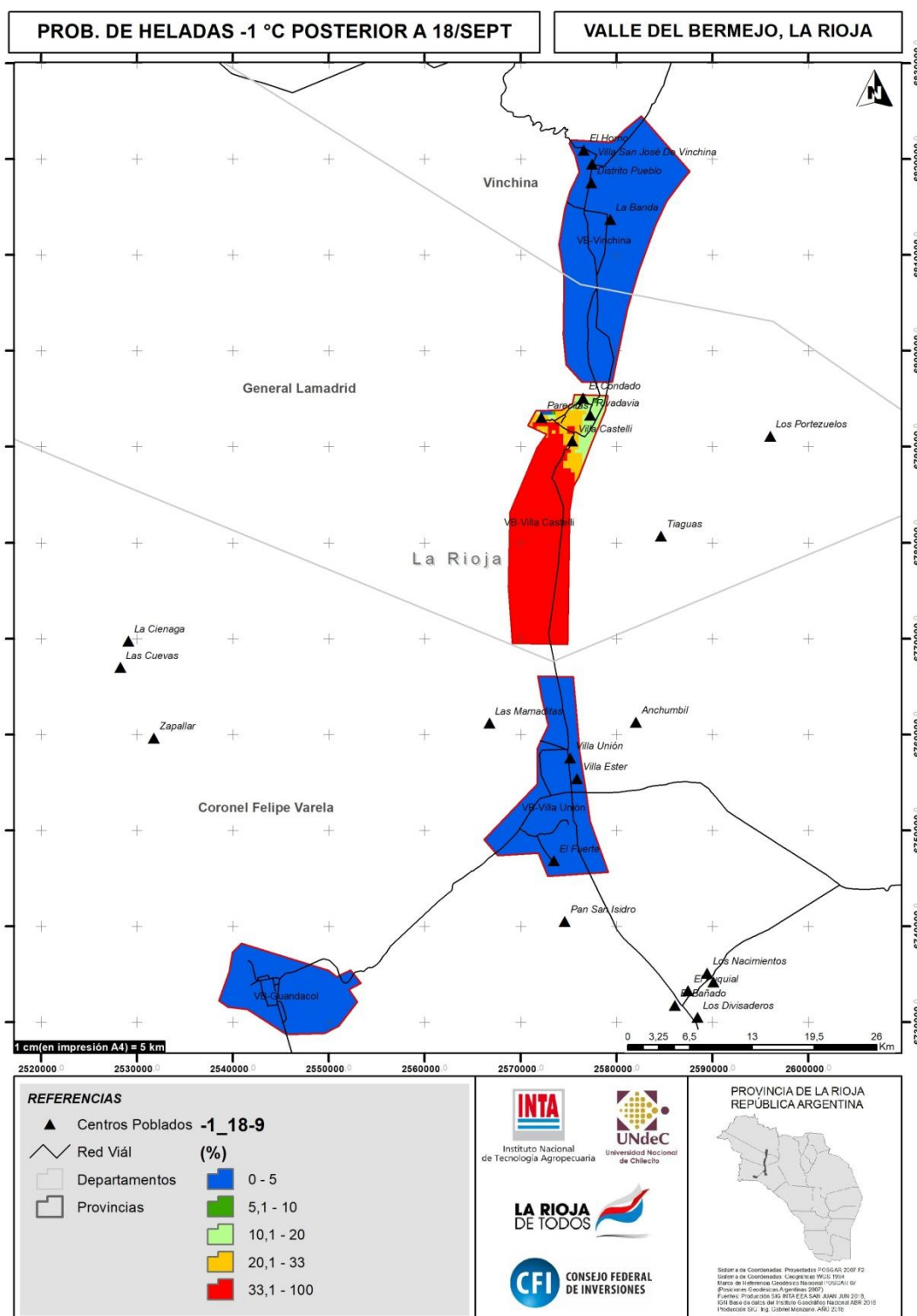


Fig. 54. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 18 de Septiembre, en el Valle del Bermejo. La Rioja, Argentina.

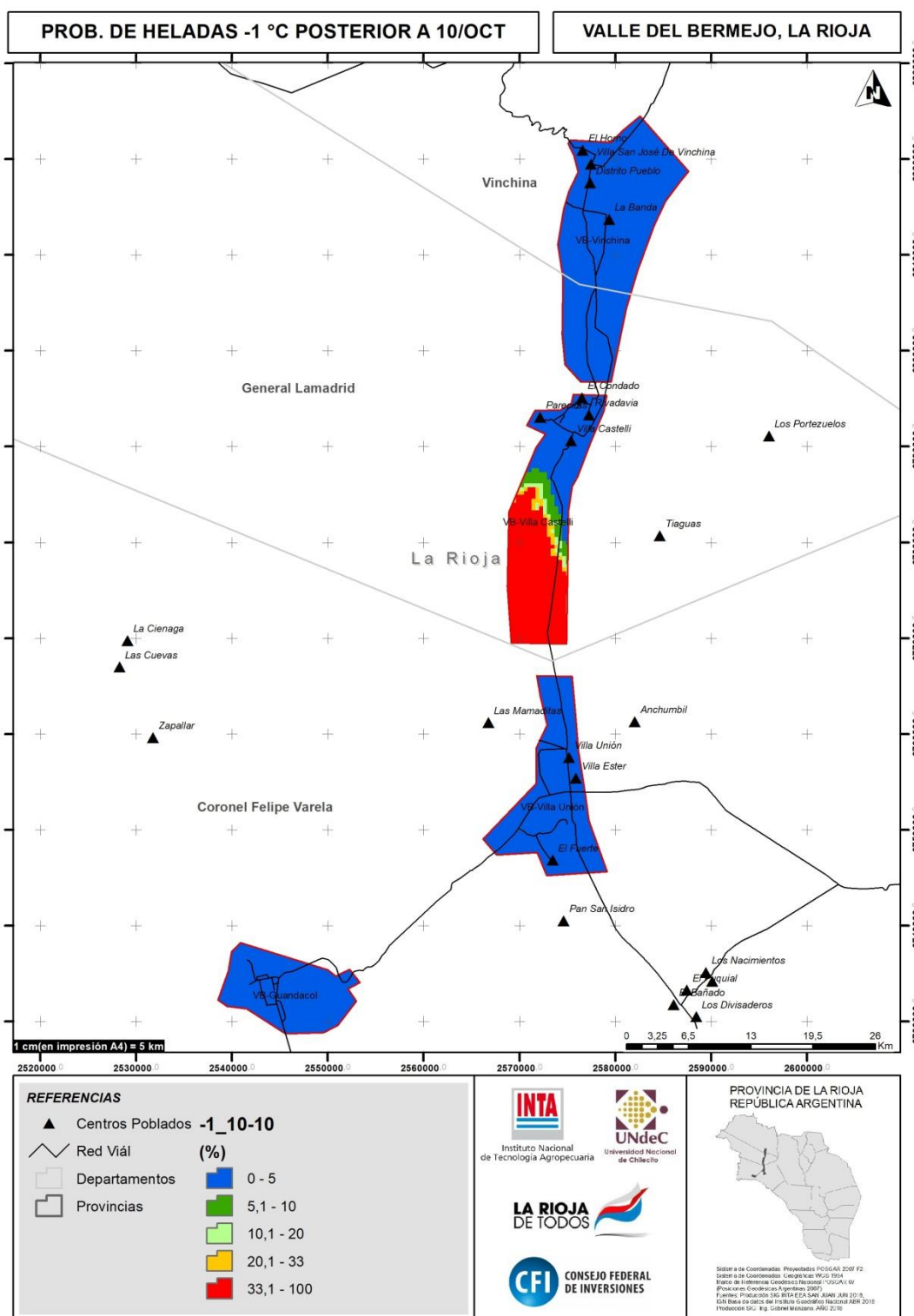


Fig. 55. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Octubre, en el Valle del Bermejo. La Rioja, Argentina.

Antinaco-Los Colorados

Una pequeña superficie de la porción Sur del Valle Antinaco-Los Colorados presenta una probabilidad mayor al 20% de ocurrencia de temperaturas mínimas absolutas menores a -7°C (

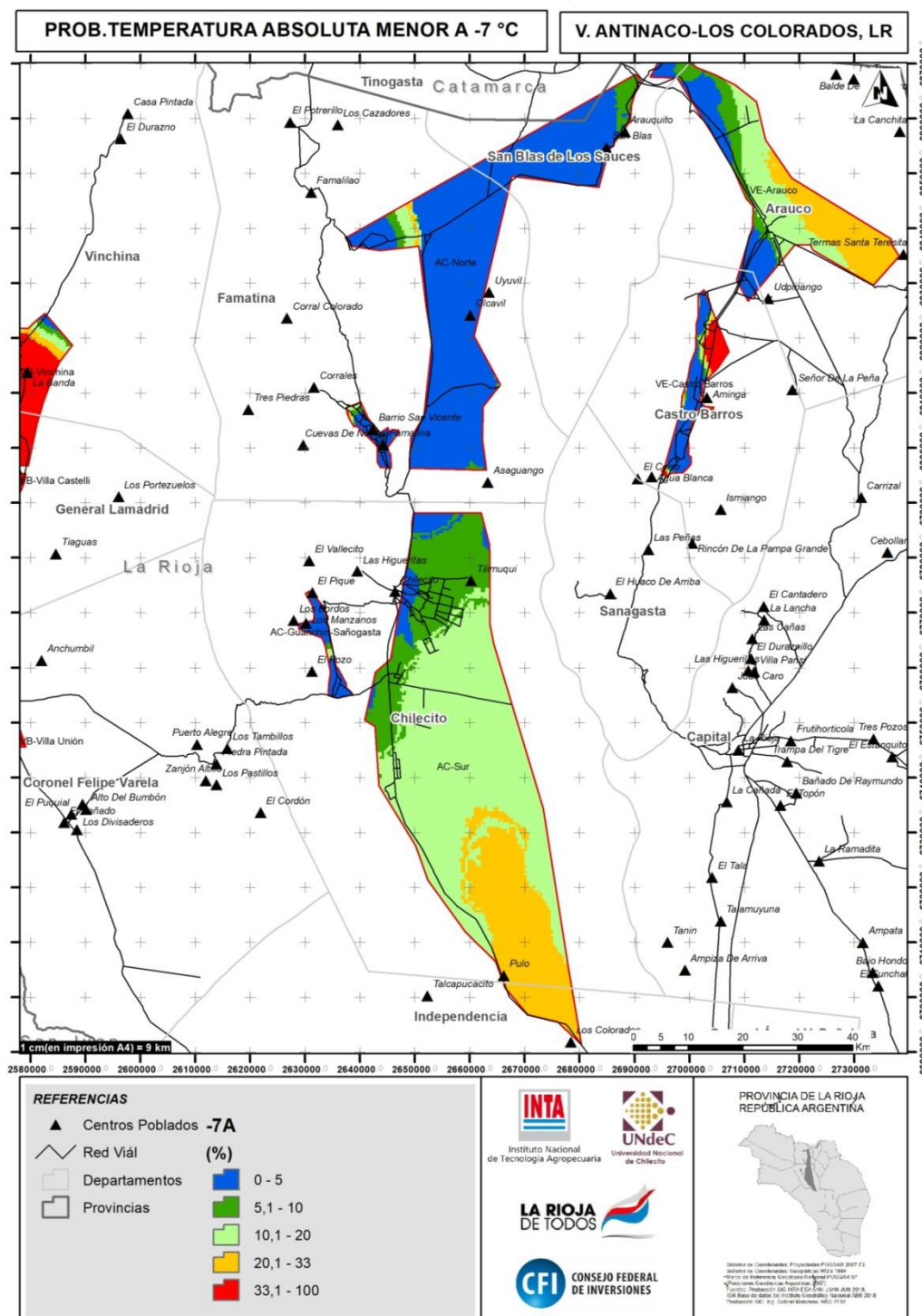


Fig. 56). La parte central y norte del Valle presentan una baja probabilidad de ocurrencia, incluso en el Valle de Famatina (Anexo D).

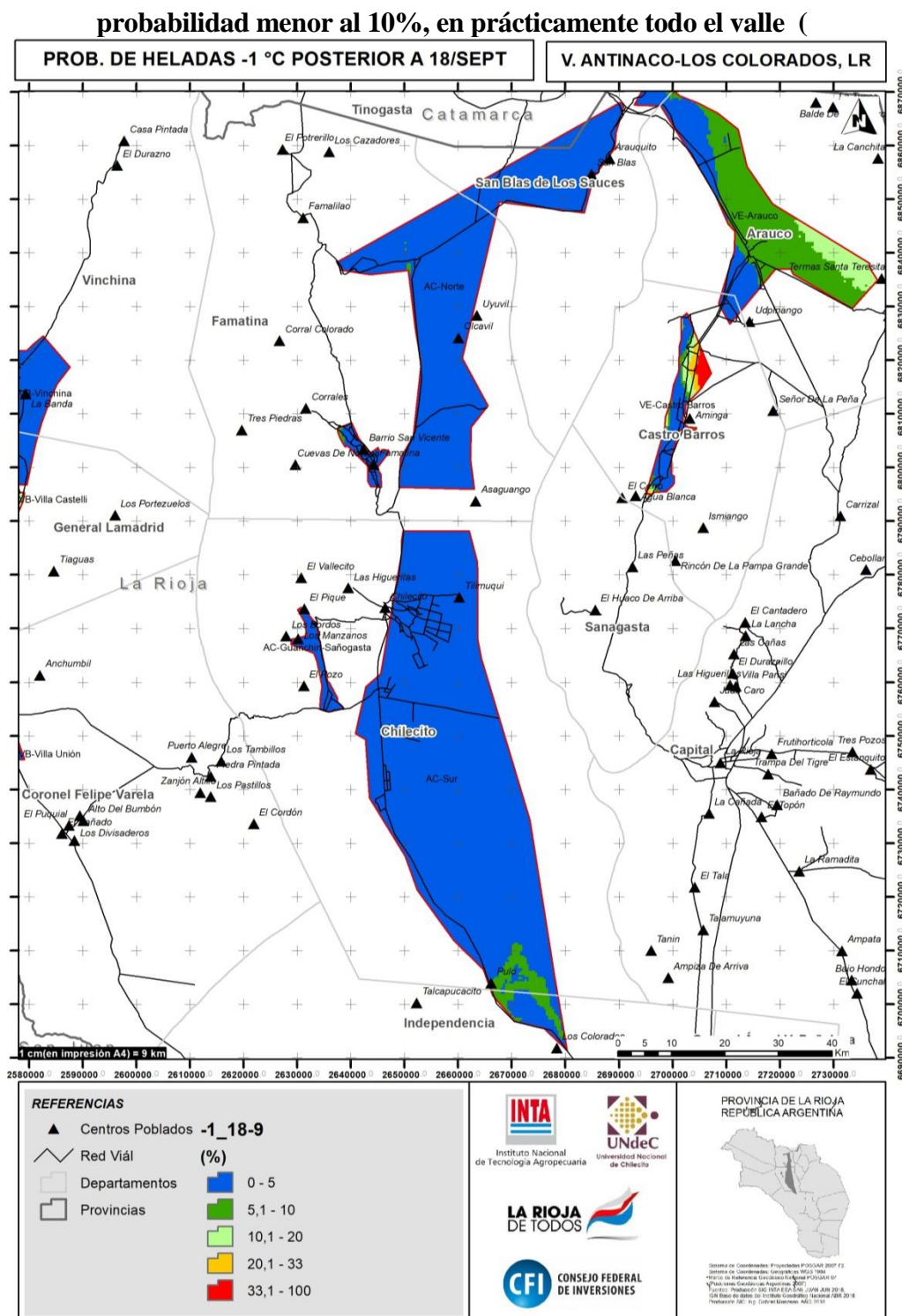


Fig. 57 y Fig. 58). Al parecer, la heladas tardías no serían una adversidad crítica en el Valle de Antinaco- Los Colorados, y aún en el Valle de Famatina.

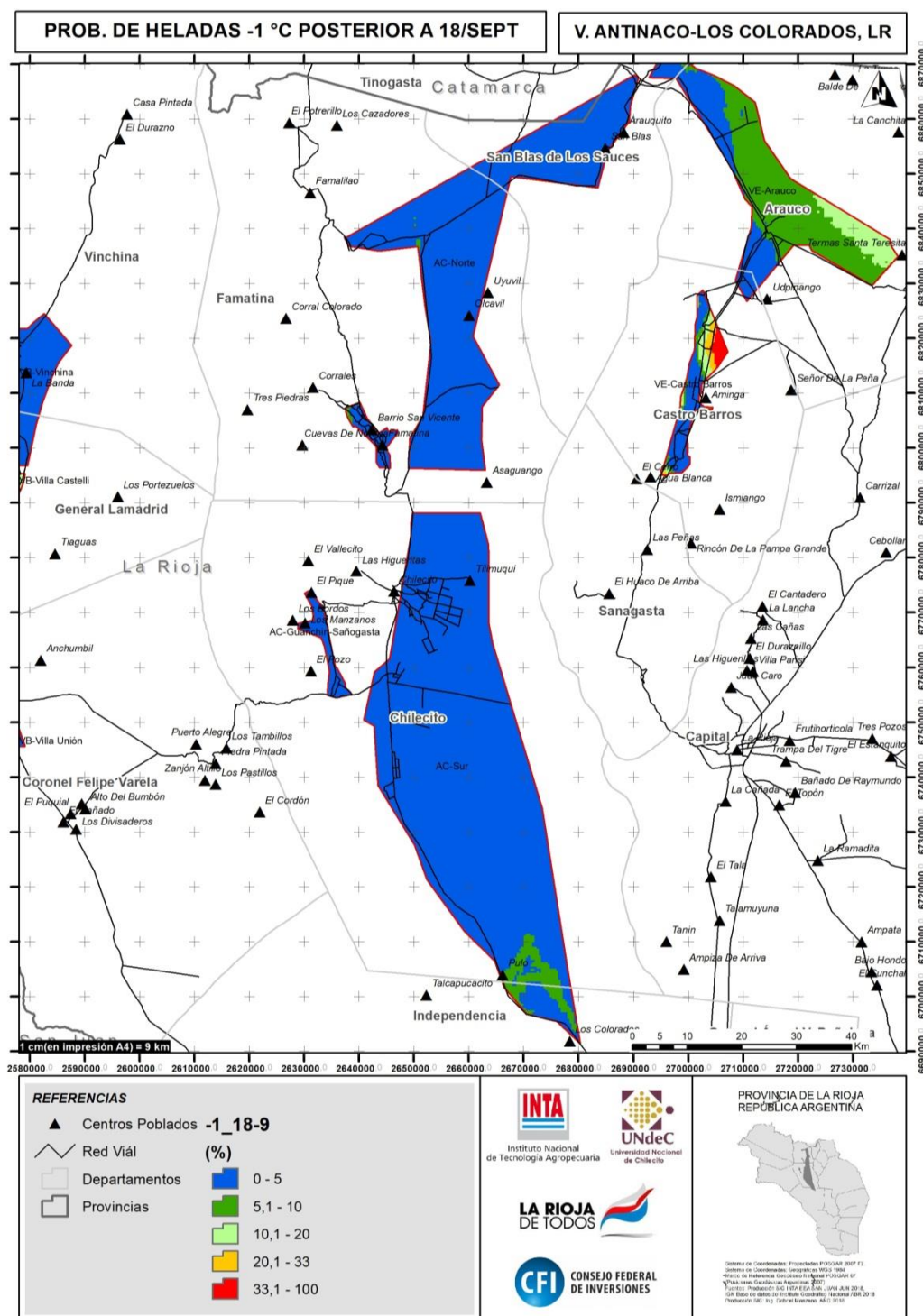


Fig. 57. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 18 de Septiembre, en el Valle de Antinaco- Los Colorados. La Rioja, Argentina.

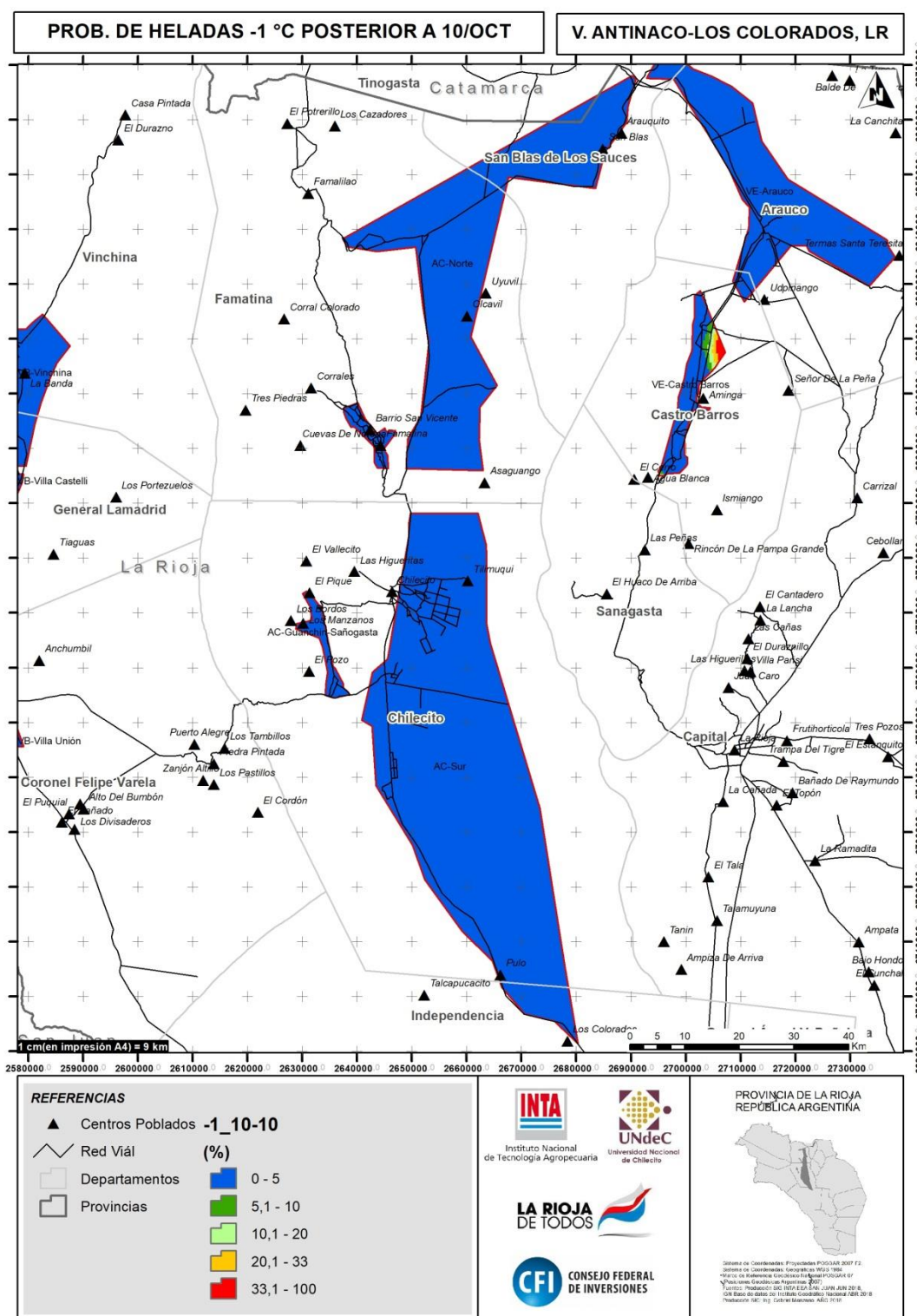


Fig. 58. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Octubre, en el Valle de Antinaco-Los Colorados. La Rioja, Argentina.

Valle del Este:

Tanto en los departamentos de Arauco y Castro Barros existe una amplia superficie con probabilidades menores al 20% de ocurrencia de temperaturas mínimas absolutas menores a -7°C (

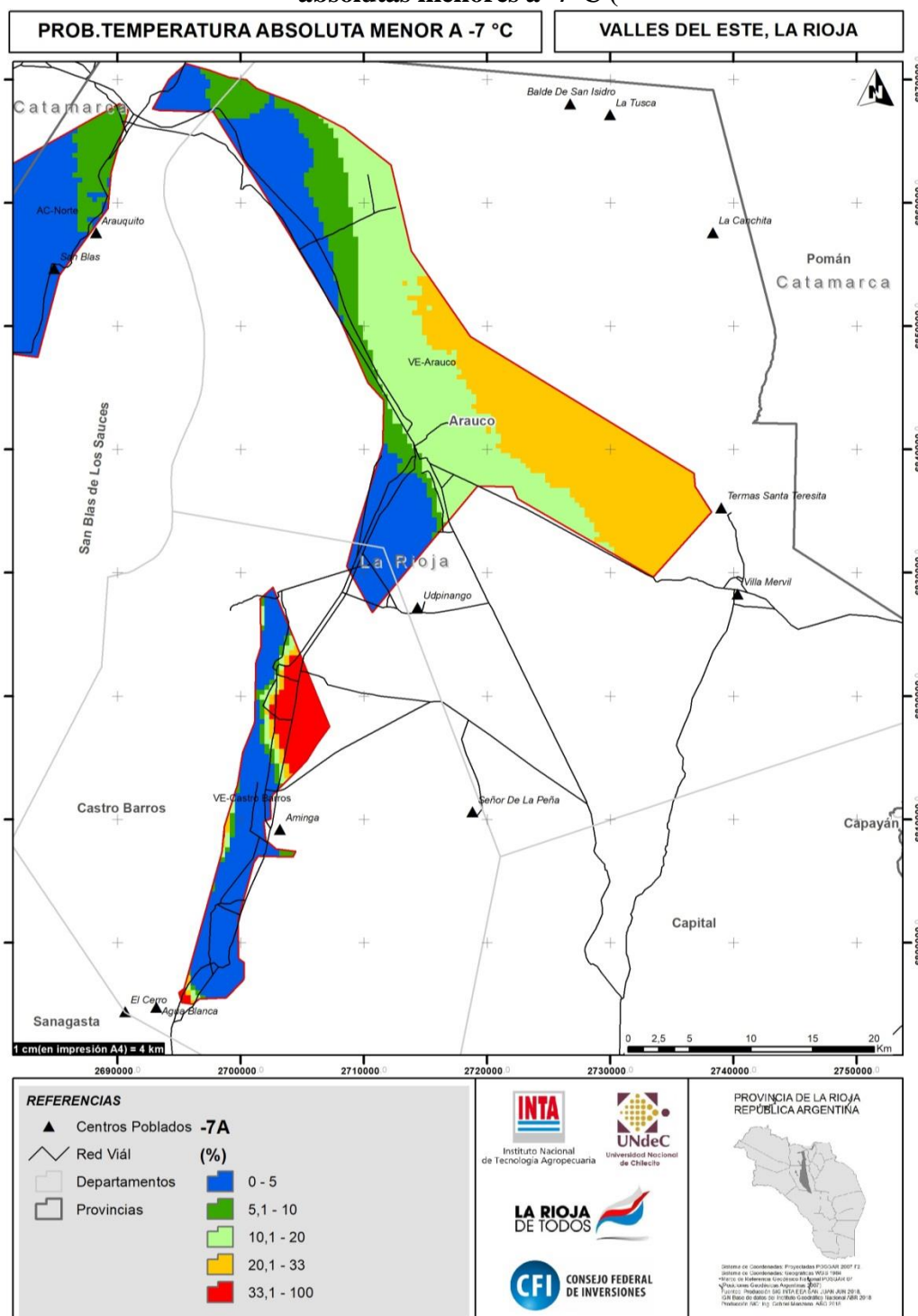


Fig. 59). El mayor riesgo se observa en la zonas bajas localizadas al Este del valle (Anexo I).

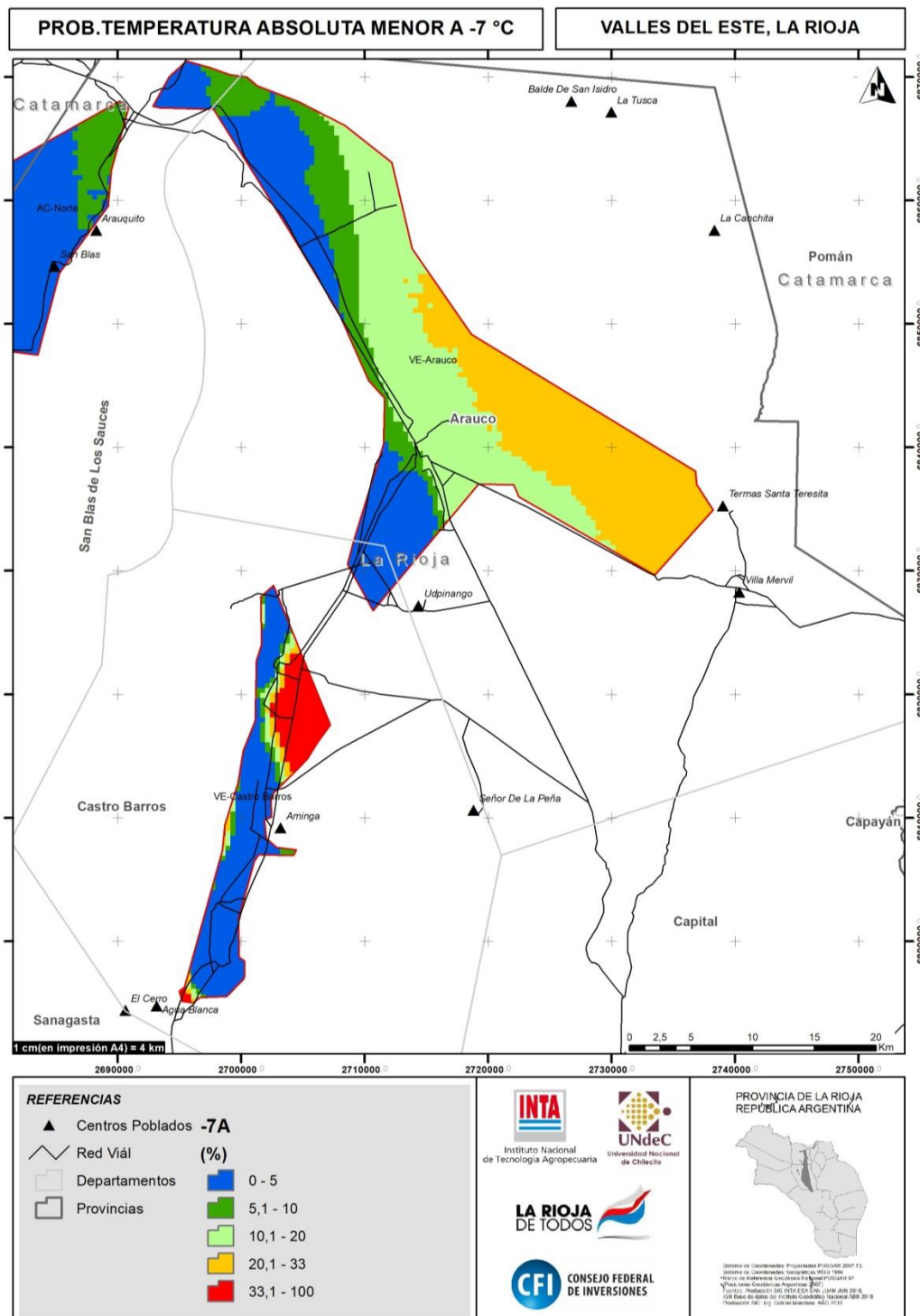


Fig. 59. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una temperatura mínima absoluta $\leq -7^{\circ}\text{C}$ en los Valles del Este. La Rioja, Argentina.
Para el caso de la probabilidad de ocurrencia de -1°C posterior al 18 de septiembre (variedades de brotación temprana) se destaca una amplia superficie con

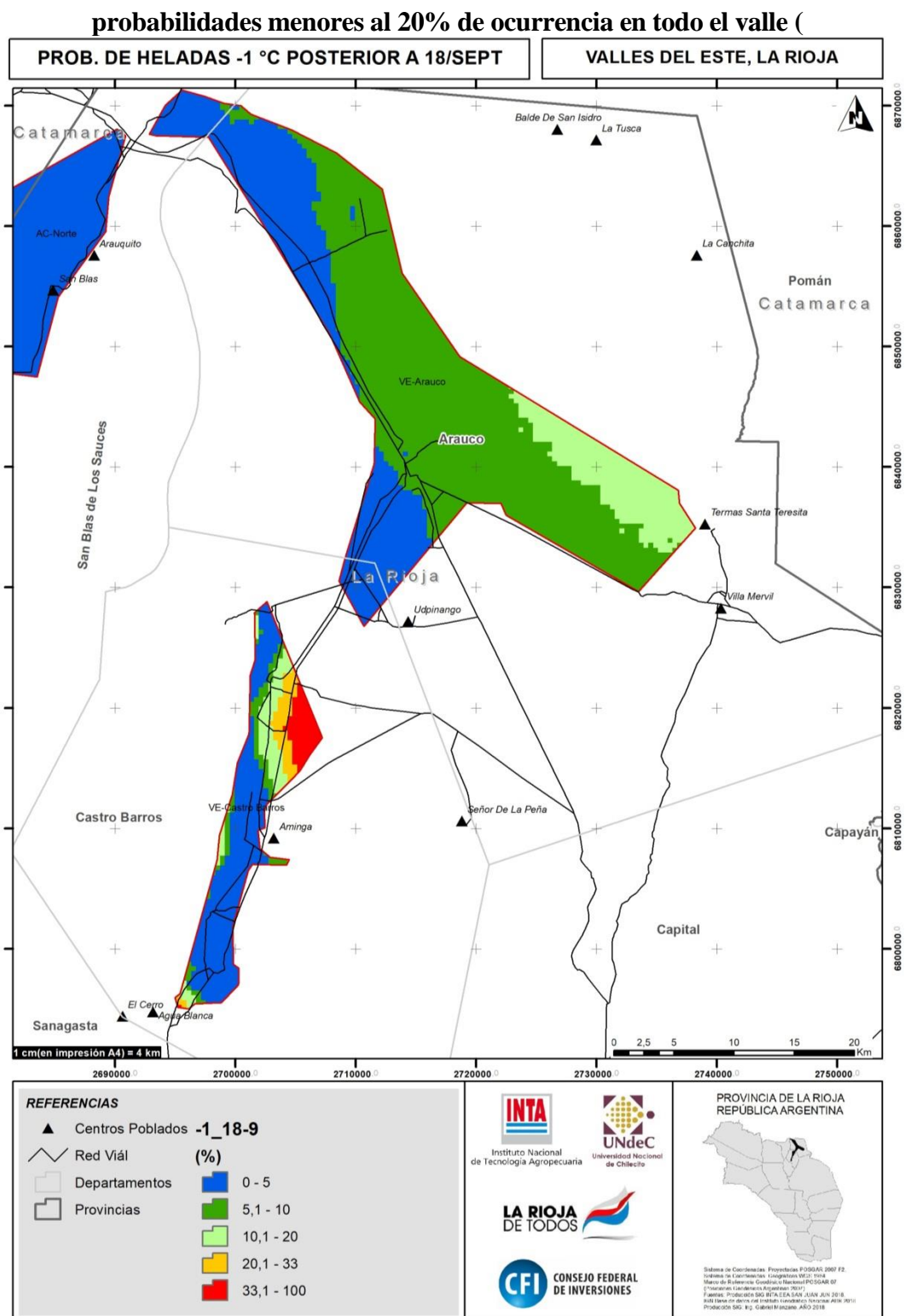


Fig. 60). Al igual que para las mínimas absolutas, el mayor riesgo se observa en la zonas bajas localizadas al Este (Anexo I). Algo similar sucede con las variedades de brotación tardía aunque la probabilidad de ocurrencia es aún menor (Fig. 61).

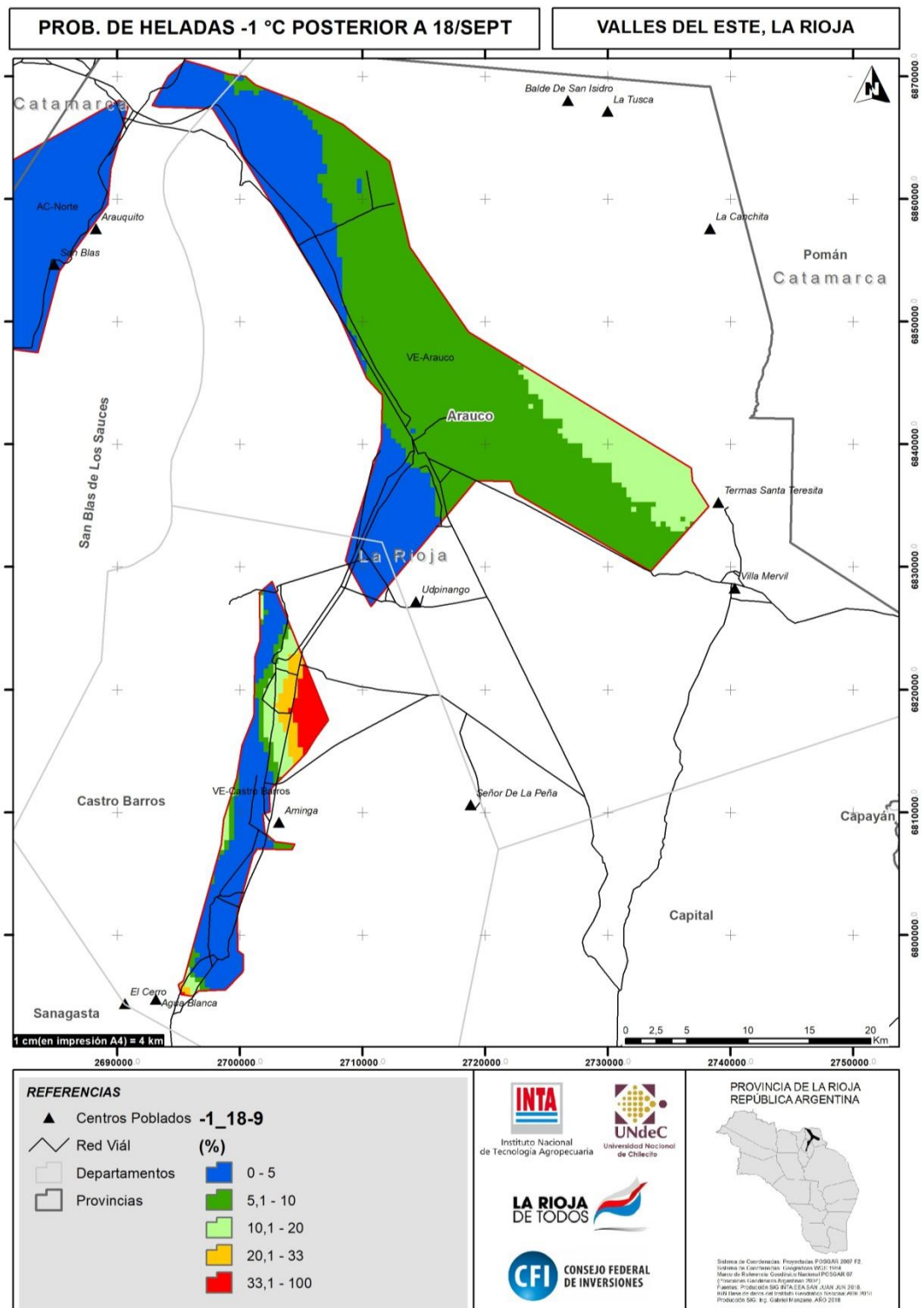


Fig. 60. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 18 de Septiembre, en los Valles del Este. La Rioja, Argentina.

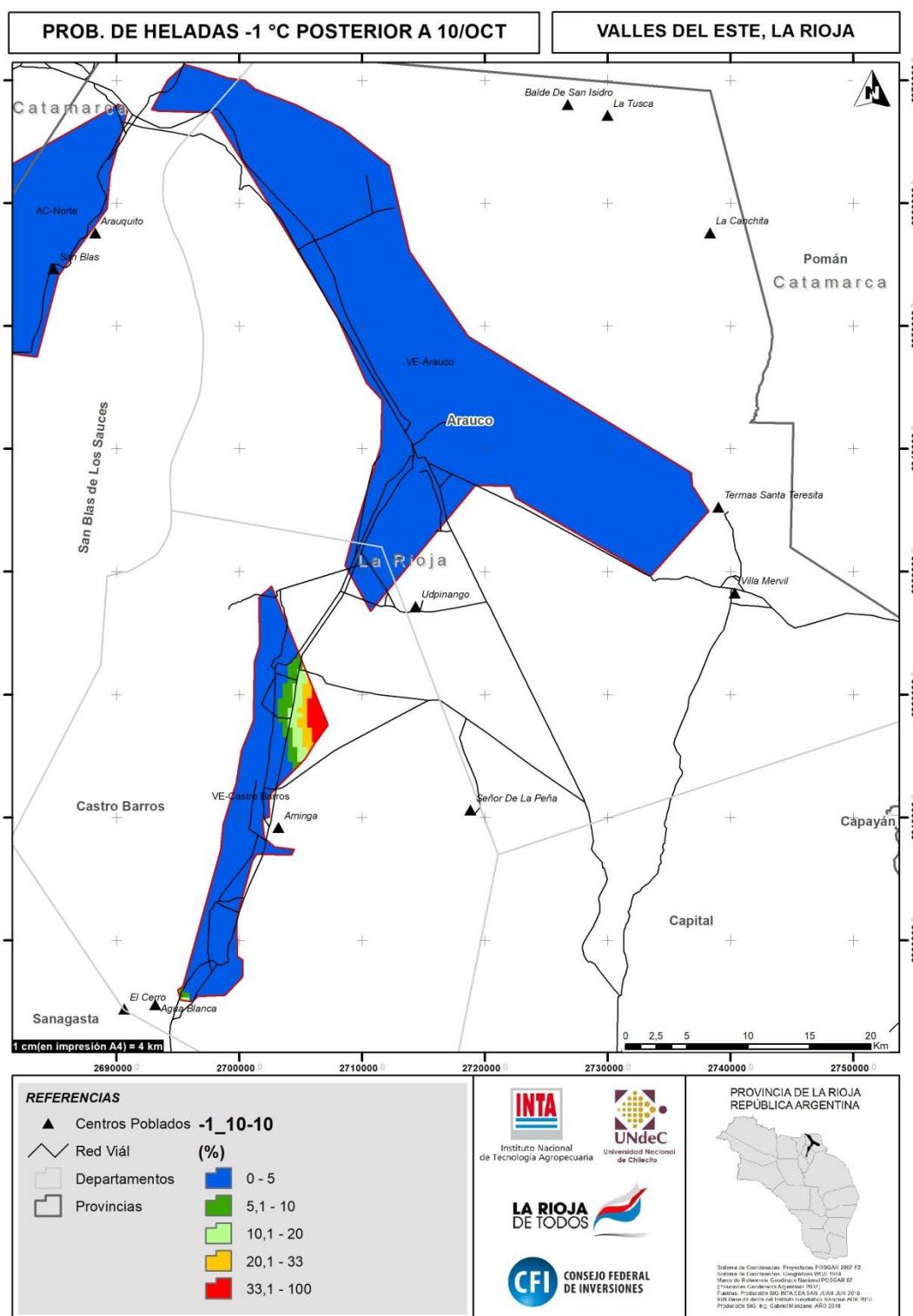


Fig. 61. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Octubre, en los Valles del Este. La Rioja, Argentina.

ALMENDRO

El almendro es el frutal de hoja caduca más expuesto a sufrir daños por helada por su hábito de florecer tempranamente, lo cual sucede en invierno. Sin embargo, la susceptibilidad está fuertemente influenciada por el estado fenológico y la variedad.

El desarrollo del cultivo de almendros, hasta no hace mucho tiempo, se hacía con variedades de floración tempranas muy sensibles a las heladas tardías, y polinización deficiente. Pero en la actualidad la actividad ha tenido un cambio muy importante merced a los programas de mejora genética que han obtenido nuevas variedades con floración tardías, reduciendo el riesgo al daño por heladas. Además, estos nuevos materiales son autofértiles, muy productivos, con frutos de alta calidad, con una gran facilidad en manejo y tolerante a condiciones adversas.

Los datos de referencia para determinar la susceptibilidad de las variedades corresponden a mediciones directas en campo y determinaciones en cámara de enfriamiento, que corresponden a revisión bibliográfica de otras zonas del país y del mundo, que nos permitirían estimar un periodo de susceptibilidad de daño por temperaturas críticas para nuestra zona, y que serviría de base para estudios de campo a futuro (Fig. 62)

A los fines de este trabajo, la vulnerabilidad al daño por heladas en relación a la fenológicamente se expresa en el

Cuadro 75. El periodo estimado de susceptibilidad a heladas para las variedades tradicionales en ésta zona estaría comprendido entre el 10/08 al 15/09. Para el caso de las variedades más tardías ese periodo de susceptibilidad comienza el 1/9 y se prolonga hasta fines de Septiembre.

Cuadro 75. Variedades Tradicionales. Daño esperable (%) para algunas variedades de almendro a distintos estadios de desarrollo después de 30 minutos por debajo de la temperatura indicada.

VARIEDAD		ESTADIO	TEMPERATURA °C							
			-5,6	-5,0	-4,4	-3,9	-3,3	-2,8	-2,2	-1,7
Peerless	[F]	plena floración				100	75	45	25	
		Color rosa visible		100	75	50	25			
Peerless	[C]	plena floración				79	50	14	1	
		Caída de pétalos						63	14	3
		Crecimiento del fruto						46	45	9
NePlus Ultra	[F]	Plena floración			100	75	50	25		
Mission	[F]	Color rosa visible	100	80	60					
Drake	[F]	Plena floración		100	75	50	25			
		Color rosa visible	75	50	25					
Nonpareil	[F]	Plena floración	75	60	40	20				
		Color rosa visible	20	10						
Nonpareil	[C]	Crecimiento del fruto						19	14	3
Butte	[C]	Crecimiento del fruto					90	45	27	10

Fuente: FAO(2010), El daño producido por las heladas: Fisiología y Temperaturas Críticas.

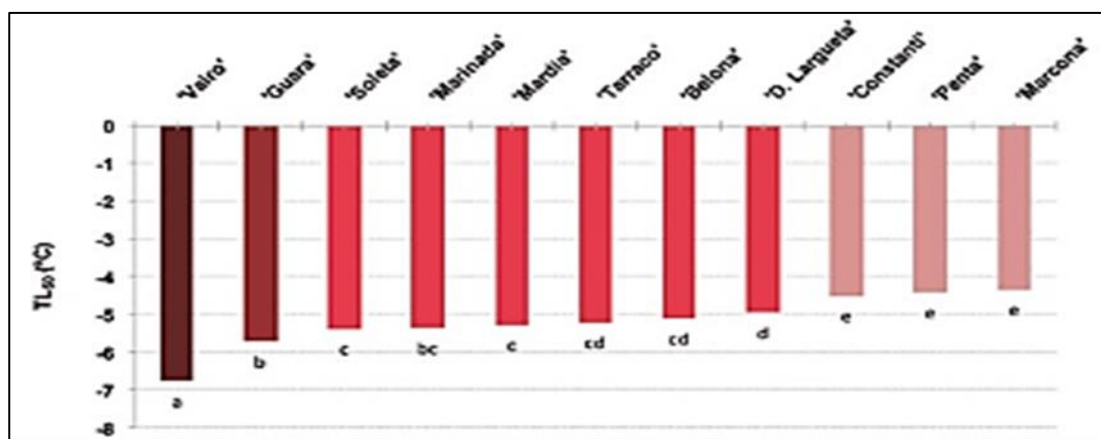


Fig. 62. Sensibilidad a bajas temperaturas de las nuevas variedades de Almendros en el estado de floración. Temperaturas letales que provoca daños en el 50% de las flores (TL 50)°C) de las Variedades Analizadas.

Fuente: Adaptado de (Miarnau, et al, 2012)

Con esta información de base se separaron las variedades de Almendro según dos grupos: tempranas (Californianas) y Tardías y extra-tardías (Europeas). Para el primer

grupo se definió el 10 de Agosto como fecha de inicio de uno de los estados de alta sensibilidad a las heladas (floración) y la temperatura de daño en -1°C o inferior. Para este mismo grupo de variedades se definió el 1 de Septiembre como inicio del estado más sensible a las heladas, como lo es el de fruto cuajado pequeño, siendo 0°C el límite de daño.

Para las variedades tardías y extra-tardías se definió el 1 de Septiembre como fecha de inicio de floración y la temperatura de daño -2°C o inferior. El 15 de Septiembre como inicio del estado de fruto cuajado pequeño, siendo 0°C el límite de daño.

Valle del Bermejo

En este valle, la probabilidad de ocurrencia de T° menores a -1°C posterior al 10 de Agosto (variedades de floración temprana) es muy alta. Solo en una pequeña porción de la superficie de la sub-zona de Guandacol la probabilidad de que ocurra este evento es menor al 20% (Fig. 63.). Sin embargo, si pensamos en la implantación de variedades de floración tardía como Guara, Marinada, Mardía y otras, se amplía la superficie con riesgo menor al 20%, fundamentalmente en Guandacol y en las zonas elevadas y con pendientes pronunciadas de Villa Unión y Vinchina (

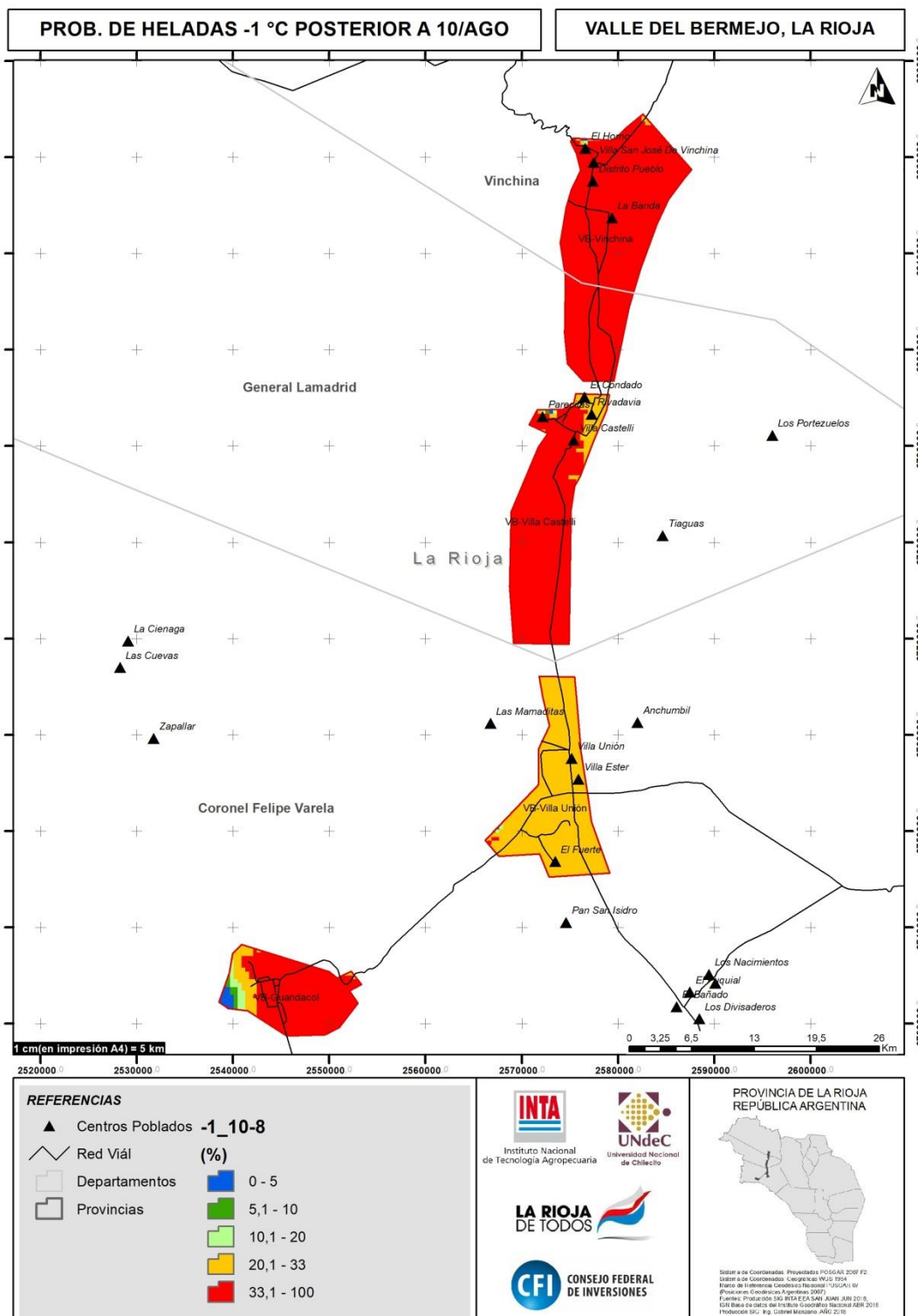


Fig. 63. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Agosto, en el Valle del Bermejo. La Rioja, Argentina.

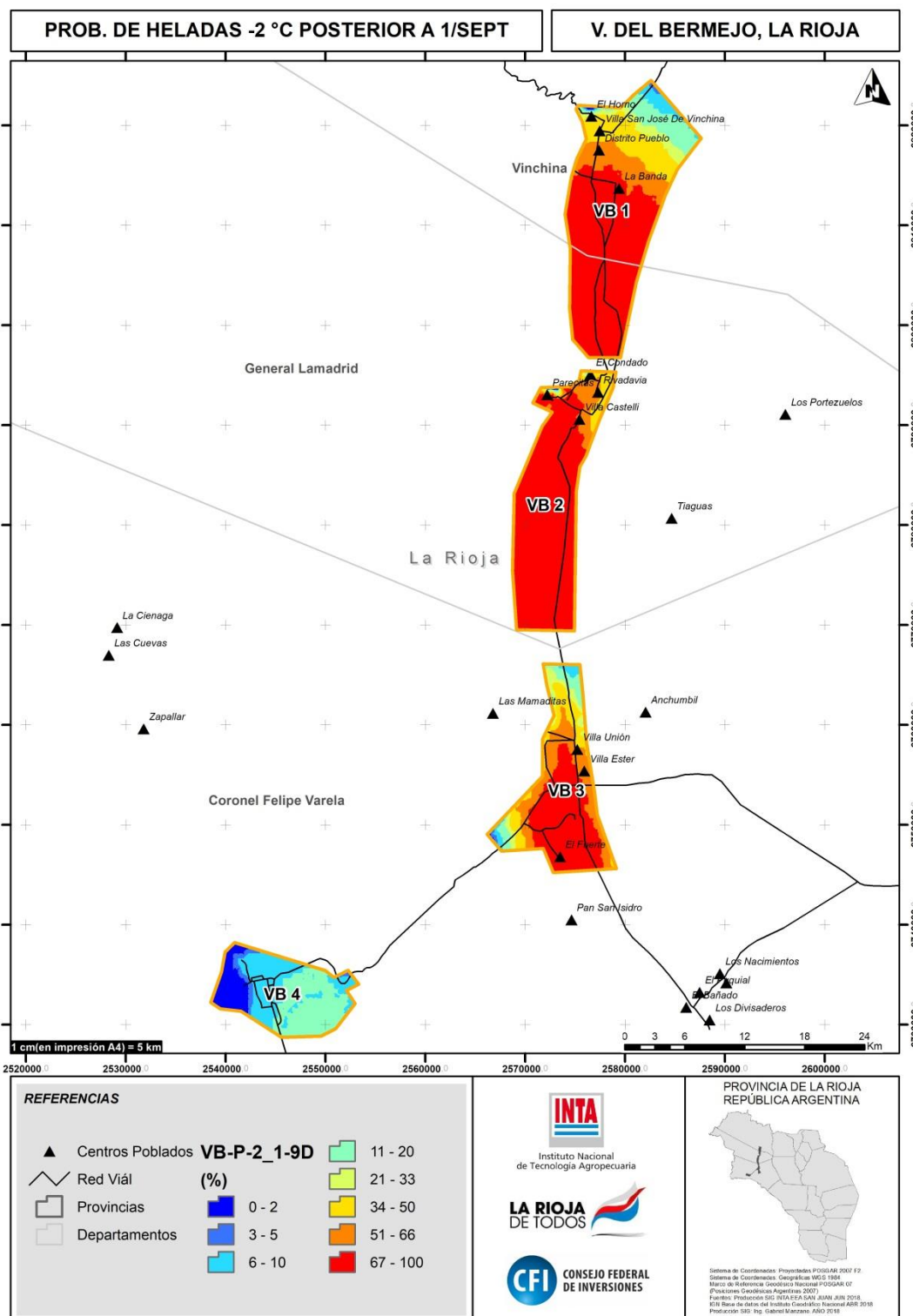


Fig. 64. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 1 de Septiembre, en el Valle del Bermejo. La Rioja, Argentina.

Valle de Antinaco- Los Colorados

En este valle sucede algo similar al Valle del Bermejo. La mayor parte de la superficie presenta una probabilidad muy alta de ocurrencia de T° menores a -1°C posterior al 10 de Agosto (variedades de floración temprana). Solo en una porción cercana a las localidades de Pituil y Antinaco existe superficie donde la probabilidad de que ocurra

este evento climático es menor al 20% (

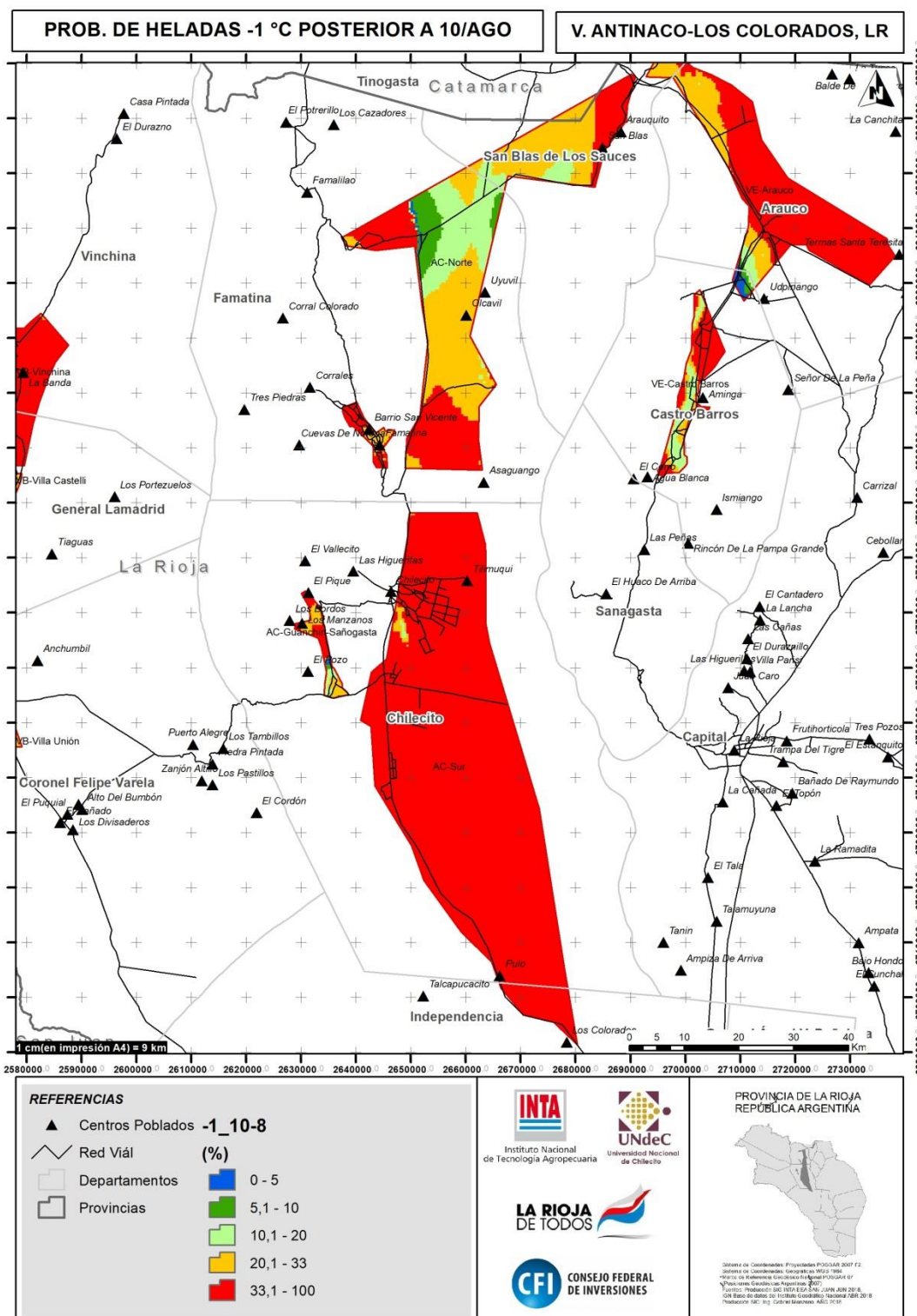


Fig. 65.).

La situación es totalmente diferente si pensamos en la implantación de variedades de floración tardía. Prácticamente la totalidad de este valle presenta un riesgo menor al

20%.(

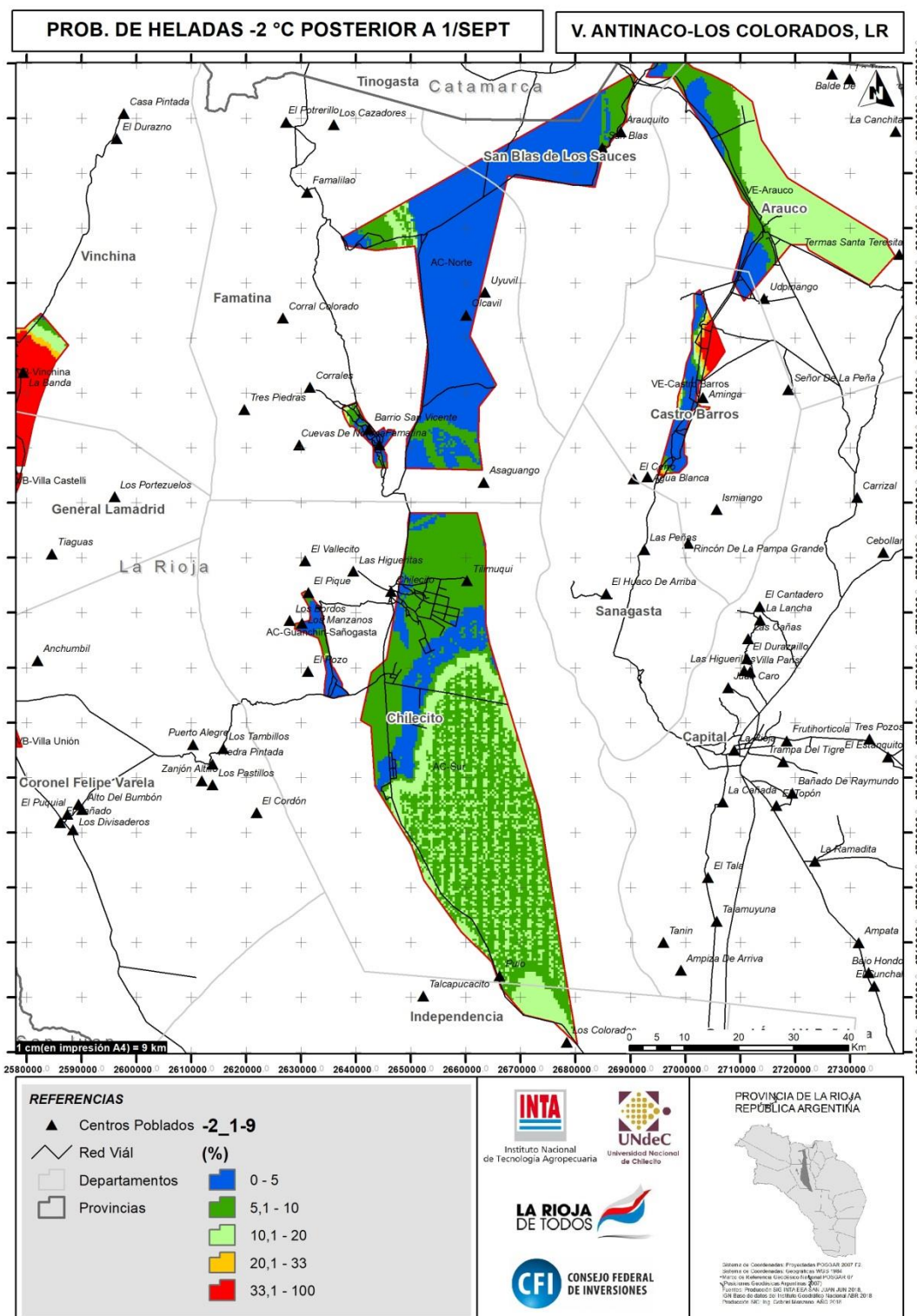


Fig. 66.). En el Anexo I se pueden observar los mapas en forma individual de cada sub-zona.

Algo similar a lo anteriormente expuesto sucede cuando analizamos la probabilidad de ocurrencia de heladas $\leq 0^{\circ}\text{C}$ cuando el tamaño de fruto es pequeño. Para el caso de las variedades tempranas existe un menor riesgo de daño. Es interesante destacar que en este valle, para el grupo de variedades tardías, aumenta el riesgo de daño en la fase fenológica de fruto pequeño post-cuaje (Anexo 1). En el Anexo I se pueden observar los mapas en forma individual de cada sub-zona.

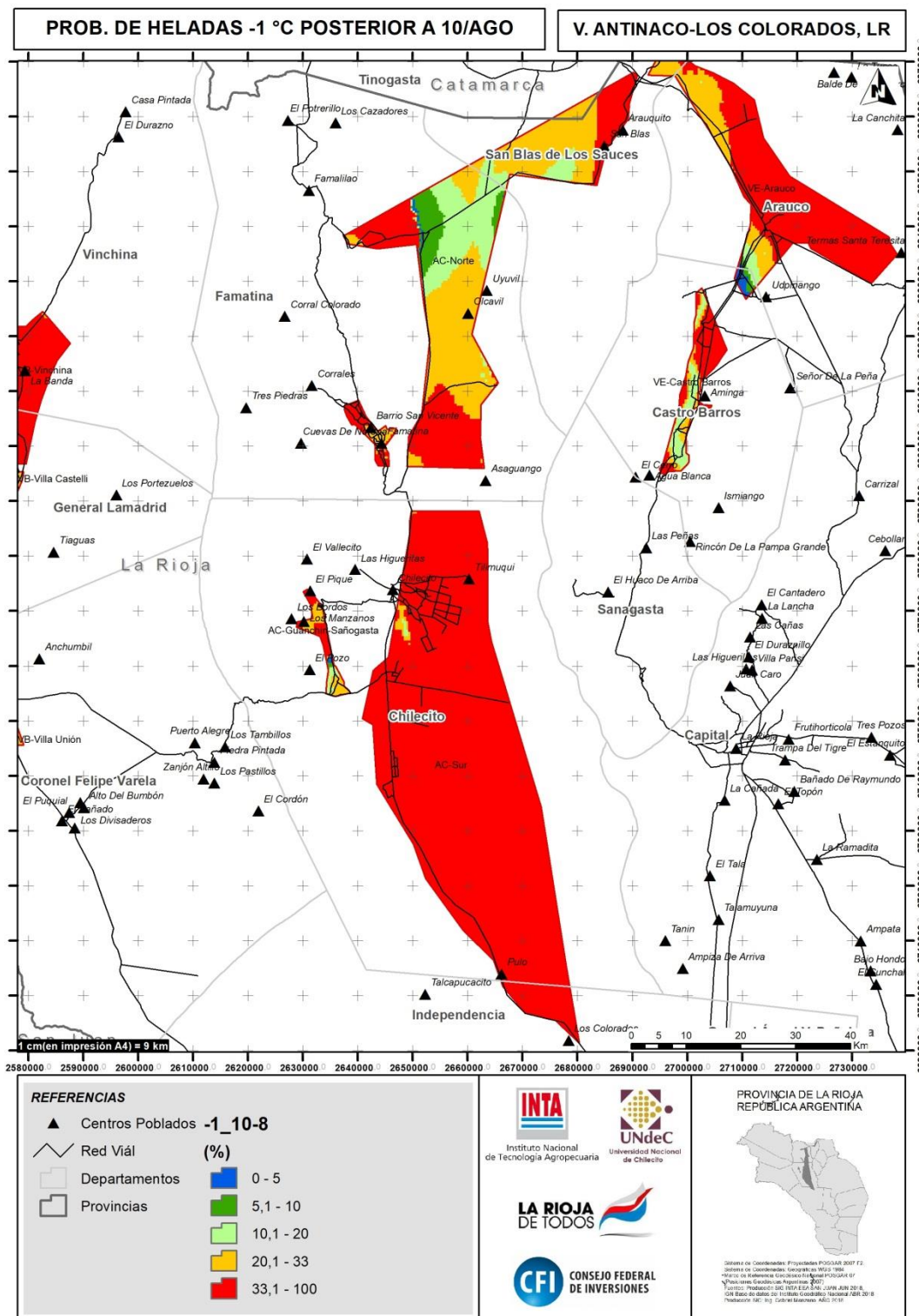


Fig. 65. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Agosto, en el Valle de Antinaco- Los Colorados. La Rioja, Argentina.

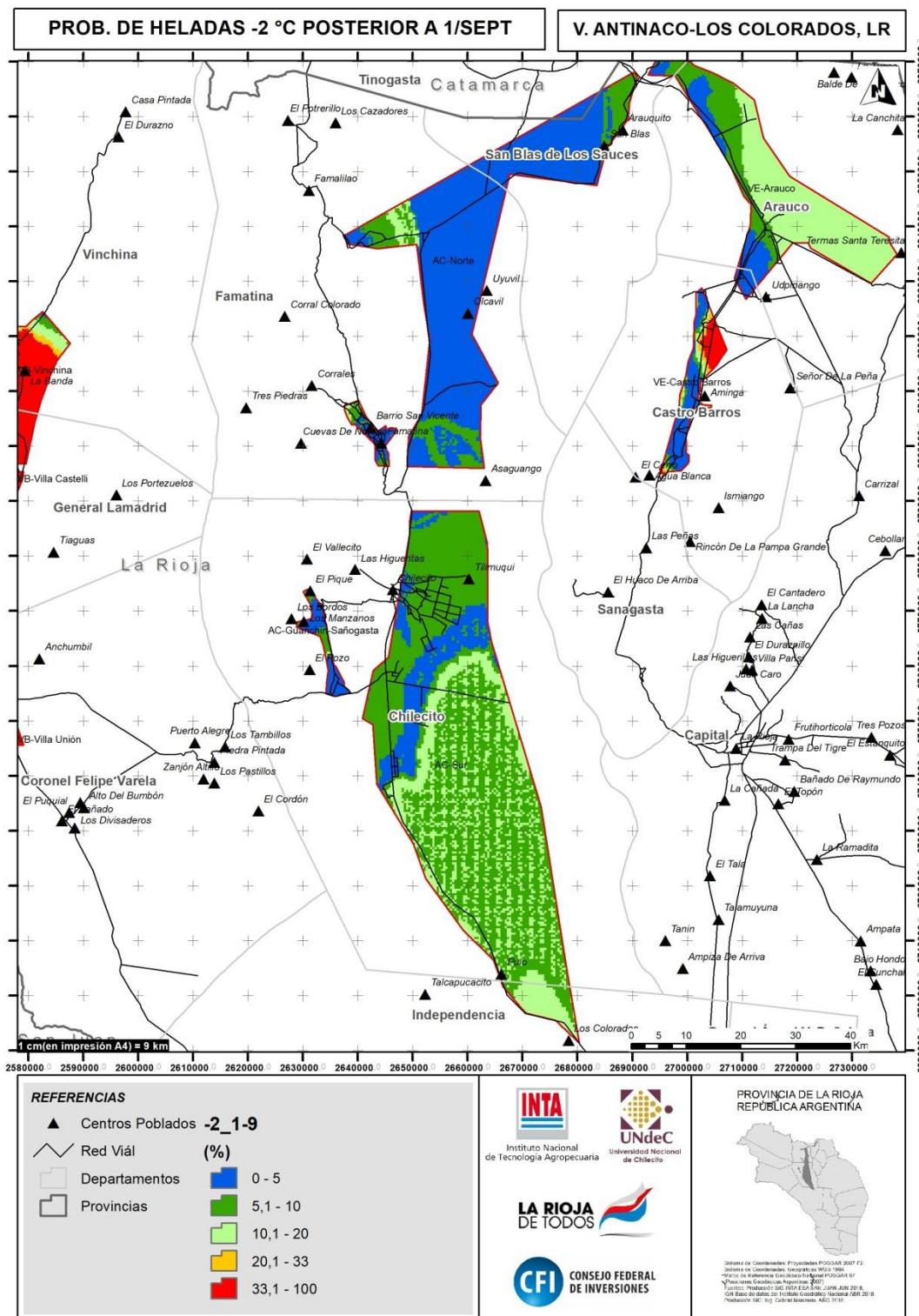


Fig. 66. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 1 de Septiembre, en el Valle de Antinaco- Los Colorados. La Rioja, Argentina.

Valle del Este:

En este valle, la probabilidad de ocurrencia de T° menores a -1°C posterior al 10 de Agosto (variedades de floración temprana) es muy alta. Solo en una pequeña porción de la superficie de la sub-zona de Arauco la probabilidad de que ocurra este evento es menor al 20% (

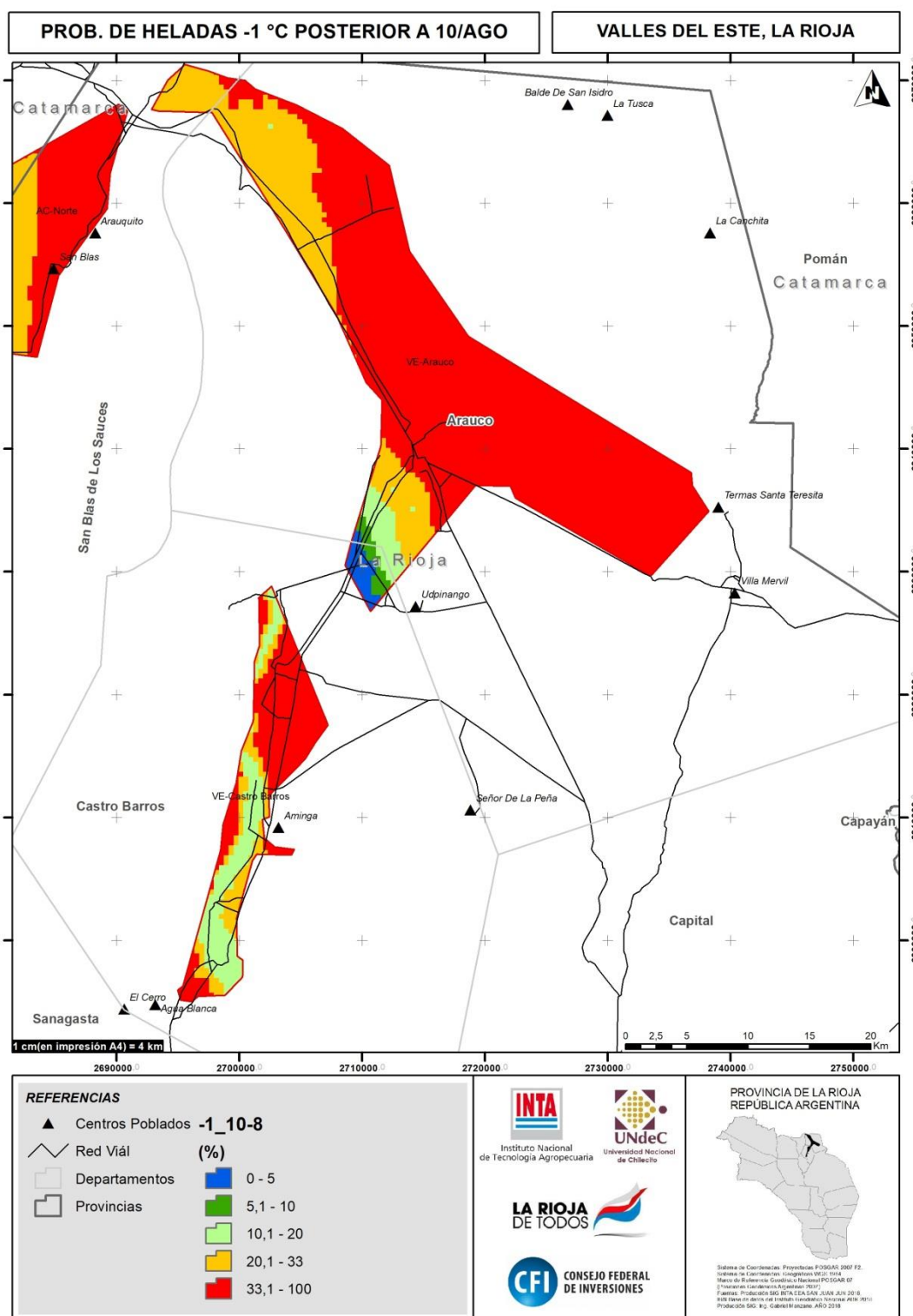


Fig. 67.). Sin embargo, si pensamos en la implantación de variedades de floración tardía como Guara, Marinada, Mardía y otras, se amplía la superficie con riesgo menor al 20%, fundamentalmente en las zonas elevadas y con pendientes pronunciadas de La Costa y Arauco (

Fig. 68.).

Algo similar a lo anteriormente expuesto sucede cuando analizamos la probabilidad de ocurrencia de heladas $\leq 0^{\circ}\text{C}$ cuando el tamaño de fruto es pequeño. Para el caso de las variedades tempranas existe un menor riesgo de daño. Sin embargo, tal como sucede con el Valle de Antinaco-Los Colorados, para el grupo de variedades tardías, aumenta el riesgo de daño en la fase fenológica de fruto pequeño post-cuaje (Anexo 1). En el Anexo I se pueden observar los mapas en forma individual de cada sub-zona.

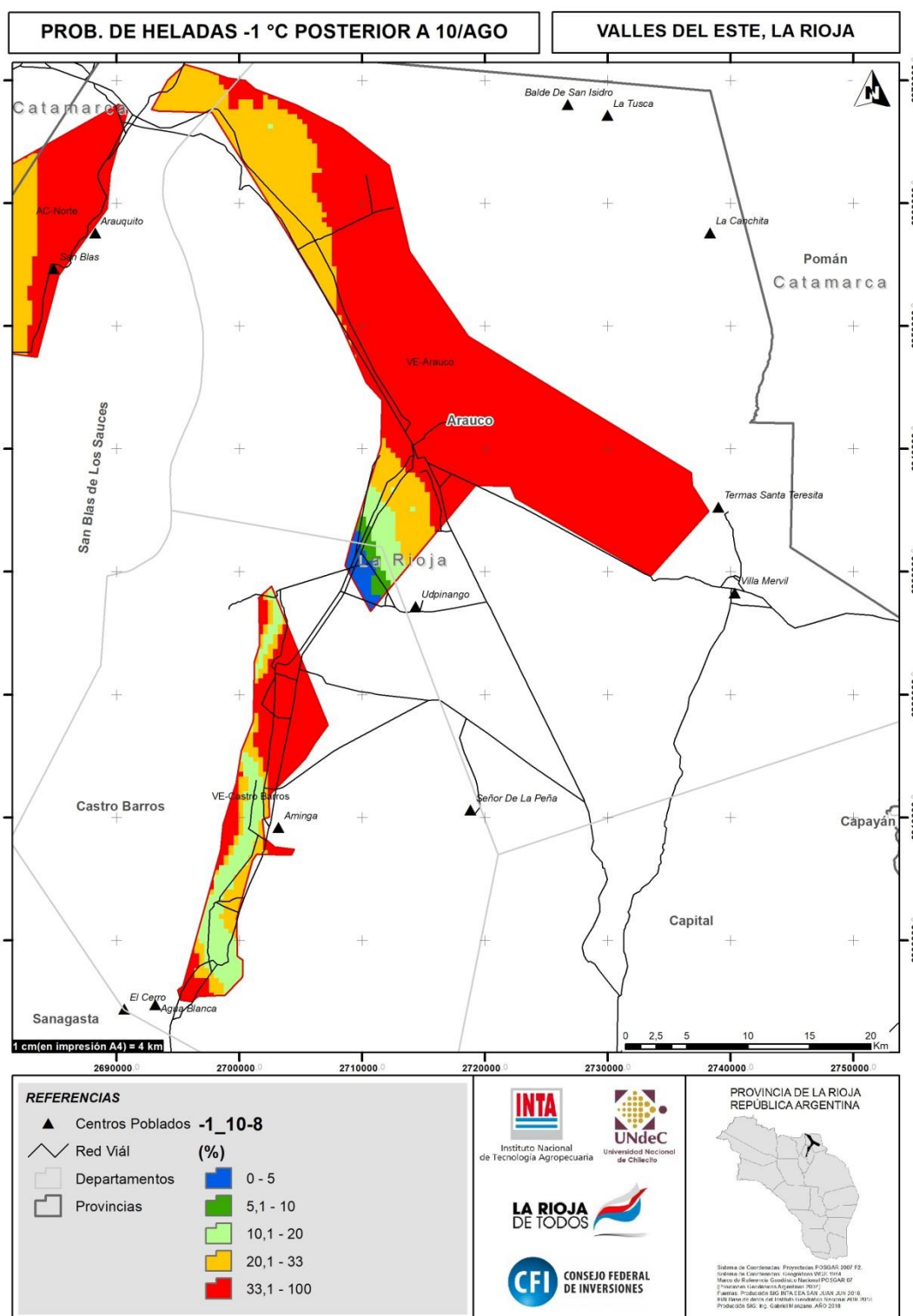


Fig. 67. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Agosto, en los Valles del Este. La Rioja, Argentina.

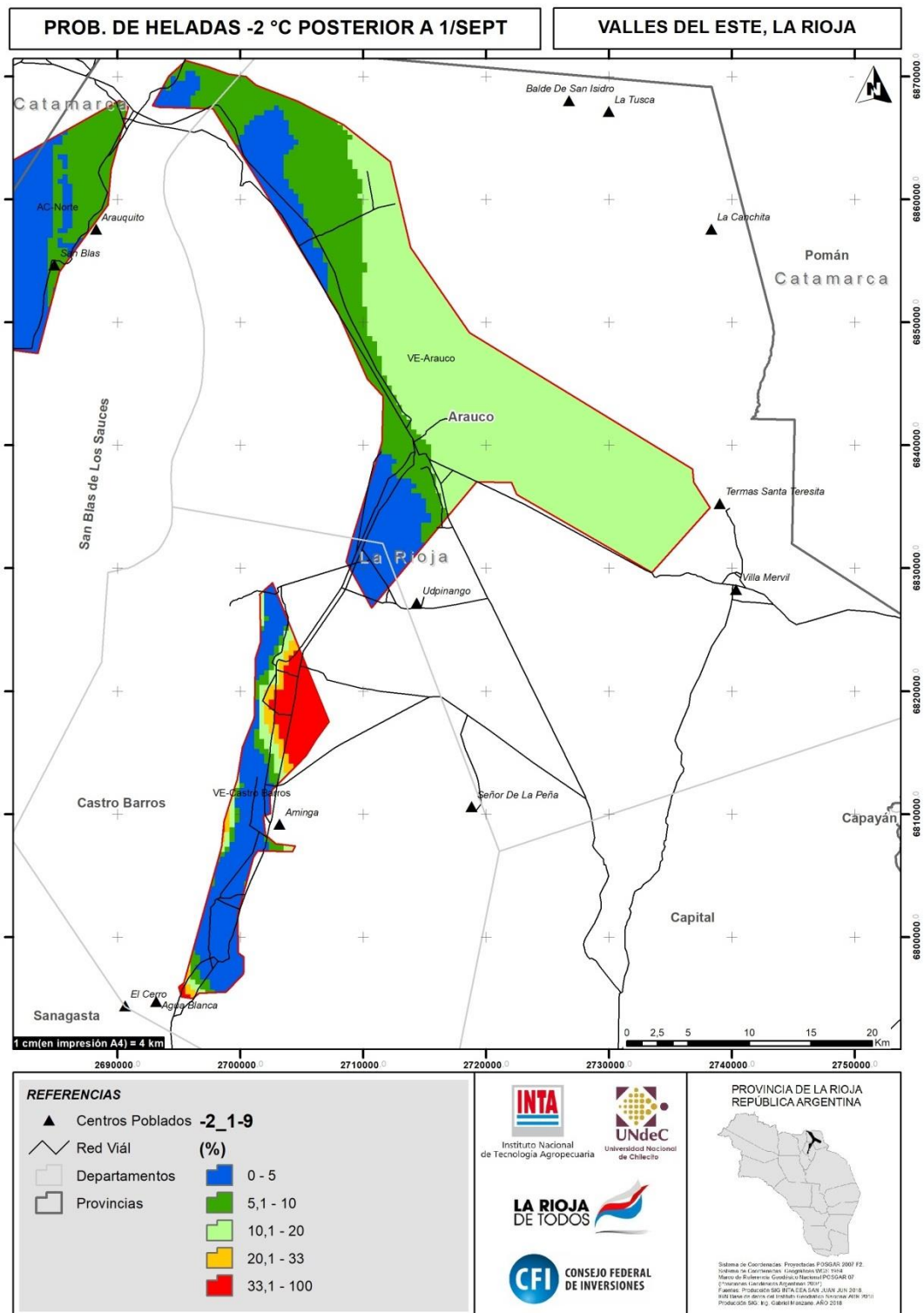


Fig. 68. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 1 de Septiembre, en los Valles del Este. La Rioja, Argentina.

PISTACHO

Ante la falta de referencias a nivel mundial de daño provocado por las temperaturas críticas en el cultivo de Pistacho y a los fines tomar como base para futuros estudios en la zona, se recurre a un estudio realizado en Chile por Tudela, et al. (2016), que surge de la necesidad de métodos cuantitativos para evaluar los riesgos de daño por heladas en la agricultura. Se usaron funciones matemáticas clásicas para modelar el daño debido a las temperaturas de congelación y se describe un método simple basado en datos experimentales para estimar los parámetros del modelo. Usando datos de supervivencia de brotes vegetativos y florales de árboles frutales de hoja caduca reportados en la literatura especializada, se probaron tres funciones sigmoidales: logística, Gompertz y Richards, función similar a la usada por Vita Serman (2015), en olivo (Cuadro 76). Este estudio muestra que es posible modelar la respuesta del cultivo a la temperatura de congelación, sobre la base de datos limitados sobre el daño por congelación. Considerando la simplicidad del método, puede ser una herramienta útil para evaluar los riesgos de daño por heladas de los cultivos del lugar y para mejorar los modelos de impactos del cambio climático (Tudela, et al, 2016).

Cuadro 76. Respuesta de T° Mínimas a las funciones sigmoides (Logísticas (L), Gompertz (G) y Richards (R) para los estadios fenológicos del cultivo de Pistacho.

Estado Fenológico	Funciones	Error	T° C Mínima
Yema Hinchada	L	0.509	-10.515
	G	0.342	-11.926
	R	0.443	-12.031
Punta Verde	L	0.586	-8.446
		0.394	-9.662
	R	0.507	-9.850
Racimo Apretado	L	0.925	-4.243
	G	0.936	-4.517
	R	1.322	-2.872
Plena floración	L	2.046	-1.999
	G	1.941	-2.173
	R	3.057	-1.308
Post floración/Cuaje	L	1.703	-2.098

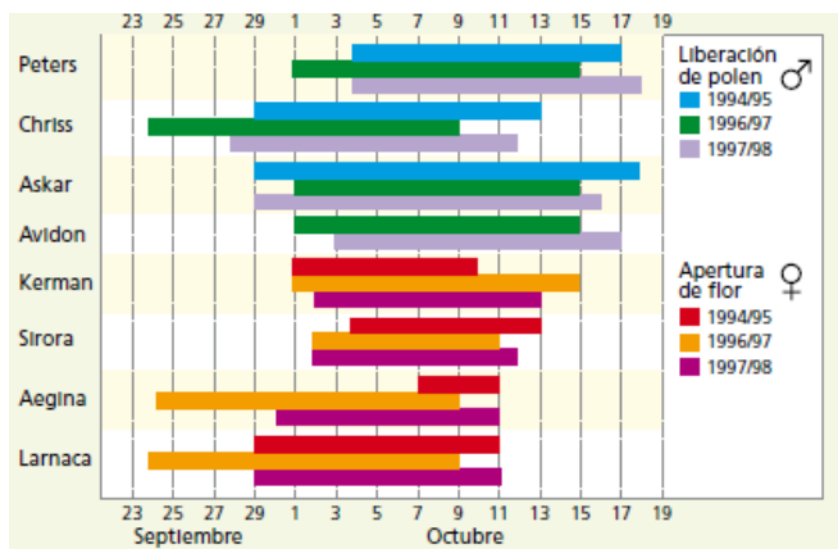


Fig. 69. Estado fenológico de floración tanto para los polinizantes como las variedades de floración femeninas en los años 94/95; 95/96, 97/98, en Chile
Fuente: El Pistachero 2011-Chile

Los antecedentes fenológicos son escasos en la región. Según información sobre el cultivo en Chile (Fig. 69) y algunas consultas realizadas a especialistas en el cultivo en la zona, se definió tomar el día 10 de Septiembre como la fecha probable de inicio de floración. Según el Cuadro 76, se definió que temperaturas inferiores a -2°C provocan un nivel de daño que afecta severamente la producción.

Valle del Bermejo

Se observa una alta probabilidad de ocurrencia de temperatura menores a -2°C después del 1 de septiembre en una amplia superficie del valle. La sub-zona de Guandacol y algunas zonas altas de Villa Unión, Villa Castelli y Vinchina presentan

probabilidades menores al 20% (

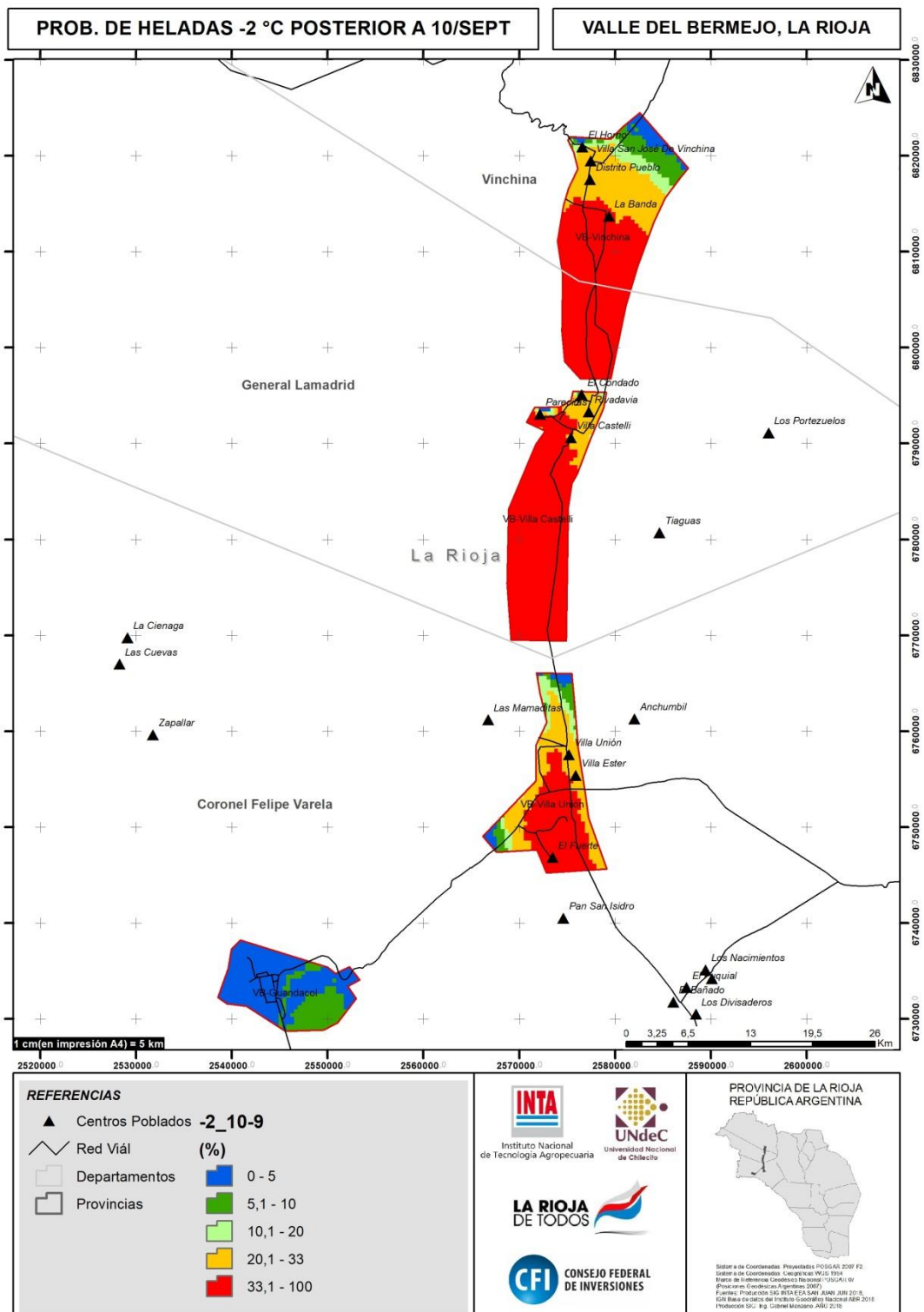


Fig. 70).

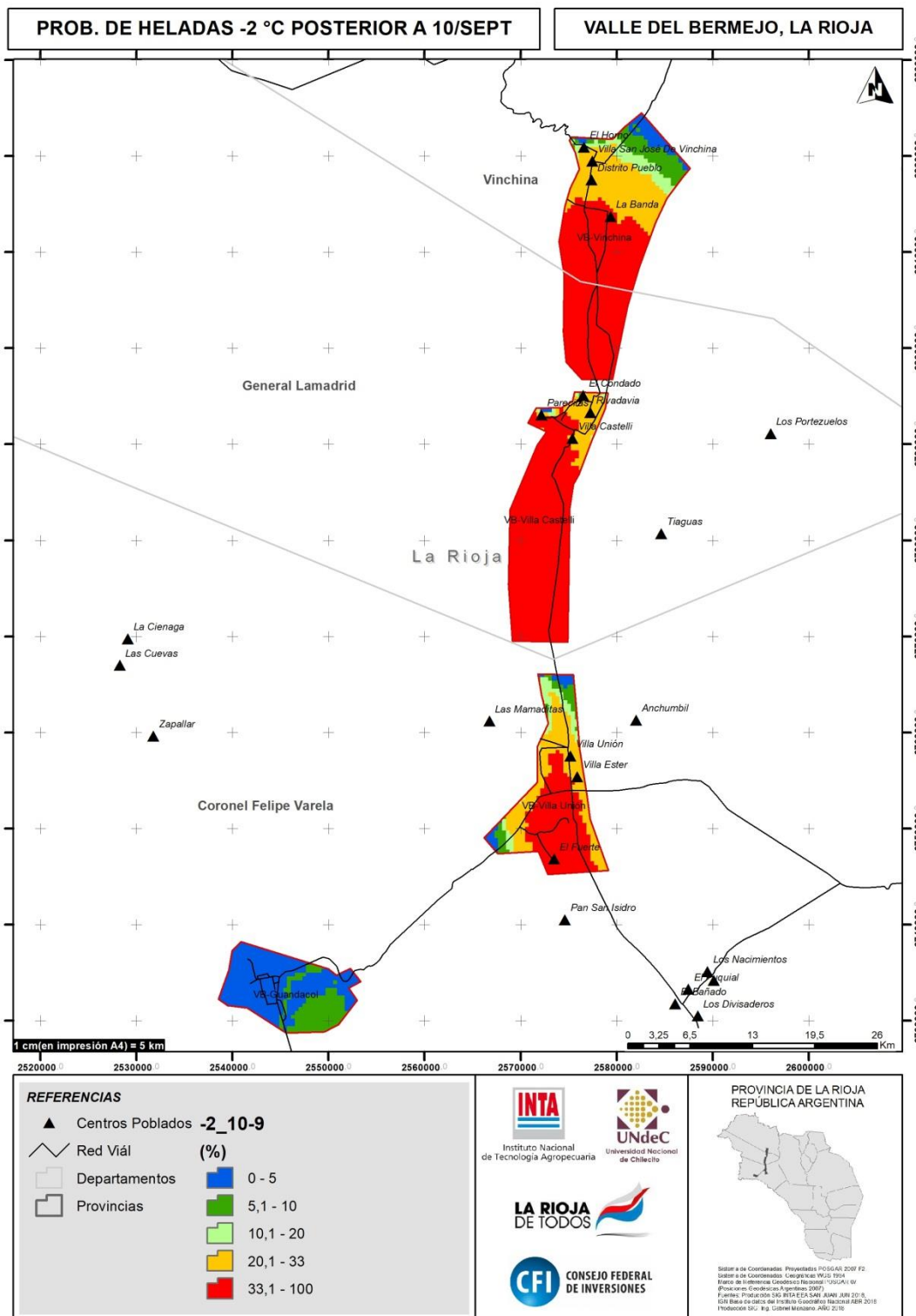


Fig. 70. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre, en el Valle del Bermejo. La Rioja, Argentina.

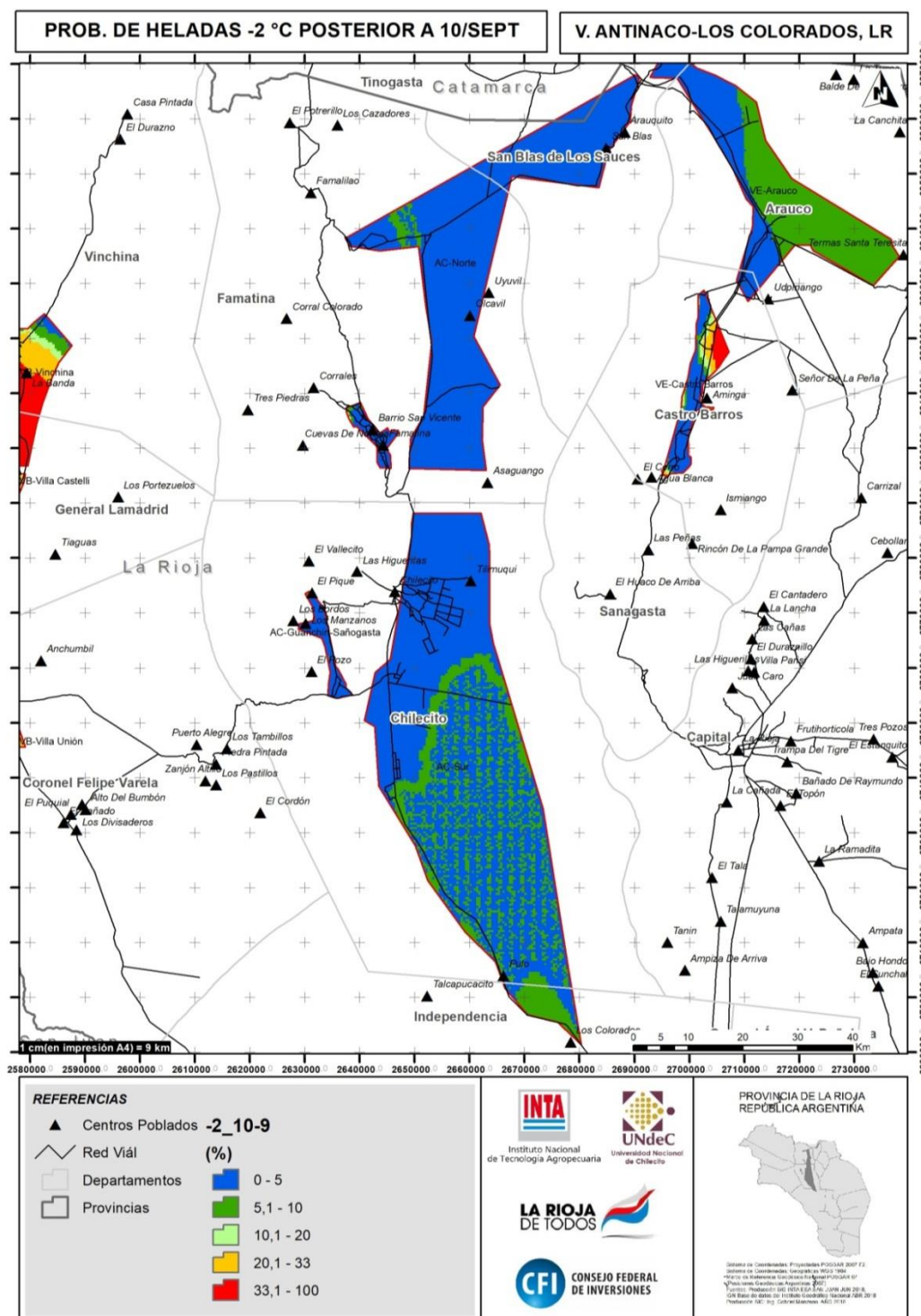


Fig. 71. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre, en el Valle de Antinaco- Los Colorados. La Rioja, Argentina.
Valle del Este:

Para el caso de la probabilidad de ocurrencia de -2°C posterior al 10 de septiembre se destaca una importante superficie con probabilidades menores al 20% de ocurrencia

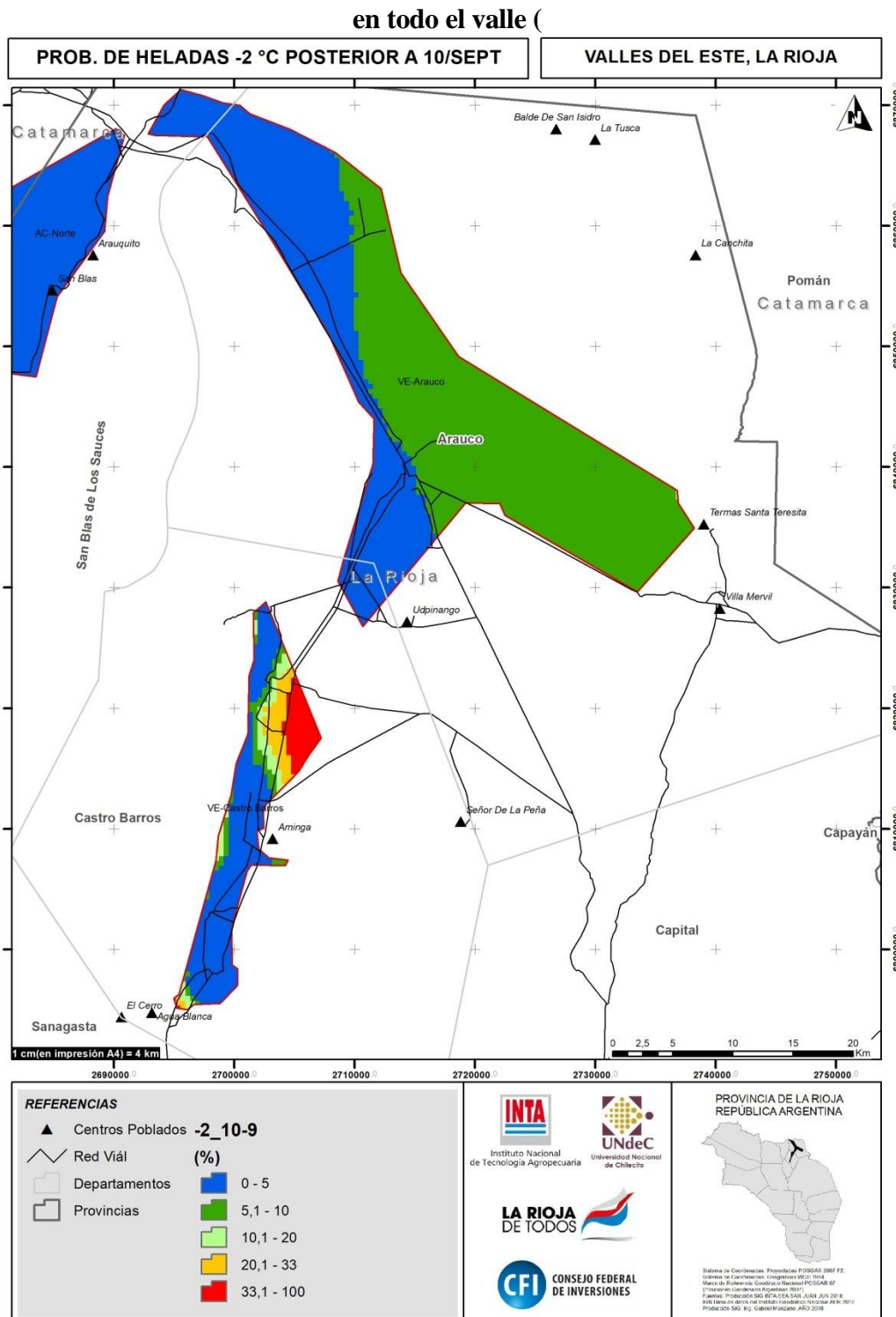


Fig. 72.). El riesgo aumenta en la zonas bajas localizadas al Este del departamento de Castro Barros (Anexo I).

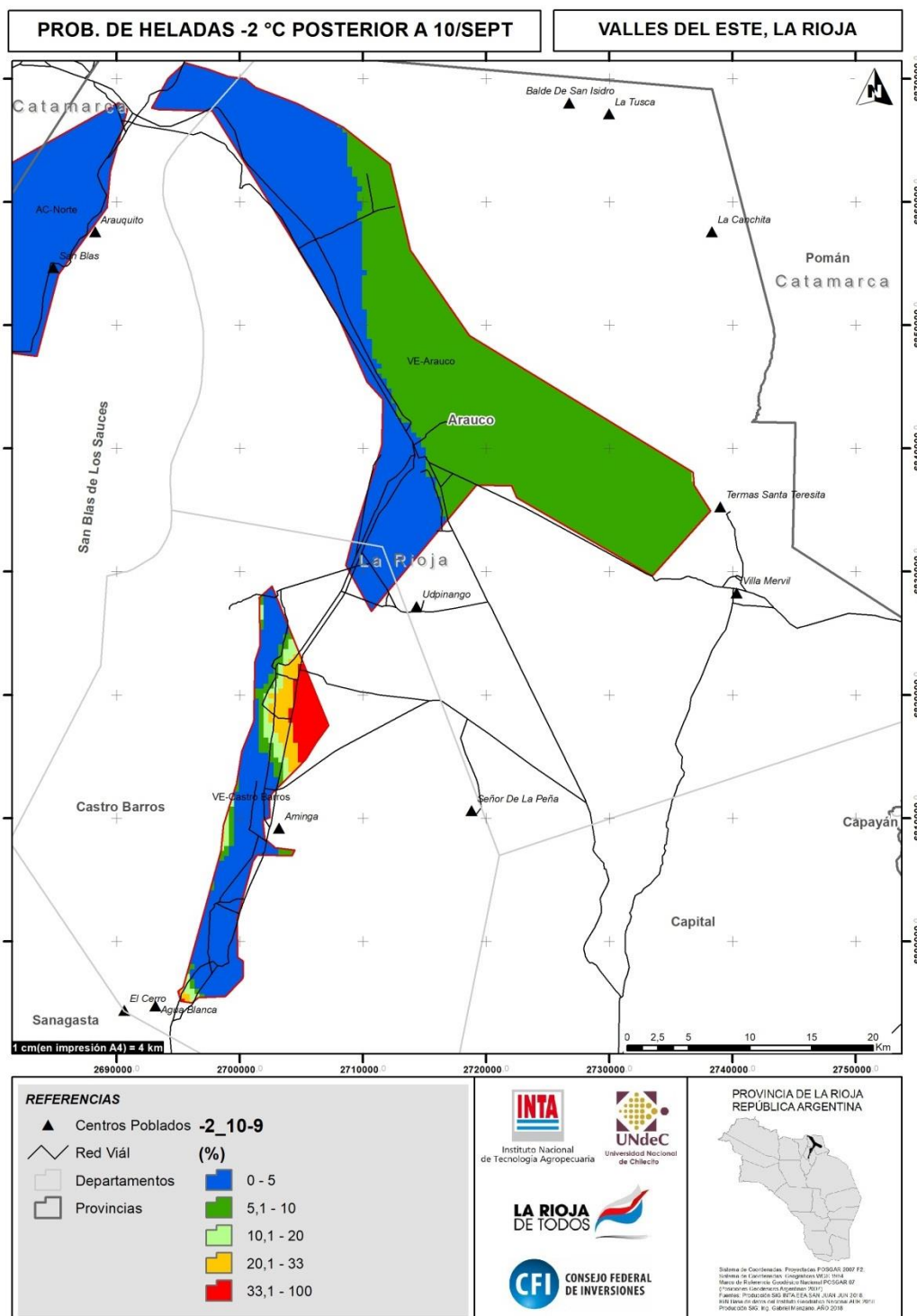


Fig. 72. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre, en los Valles del Este. La Rioja, Argentina.

PECÁN

Existe escasa información a nivel mundial de la susceptibilidad de las diferentes fases fenológicas del Pecán (*Carya illinoensis*) a las temperaturas críticas. A fin de brindar un marco agroclimático para este estudio, tomaremos como referencia el trabajo de

Sierra et al., (2007) en el cual se describe la aptitud a escala nacional de éste cultivo en relación a la suma de horas térmicas y horas de frío (Fig. 73)

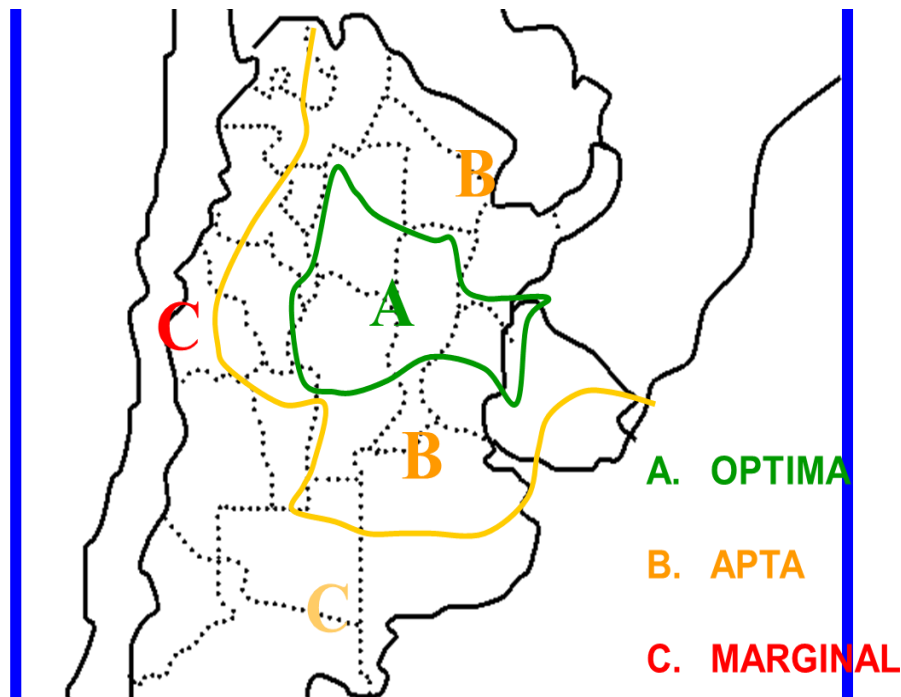


Fig. 73. Zonas térmicas para el cultivo del Pecán en La Argentina (Burgos, 1958)

Este cultivo requiere un periodo largo libre de Heladas, 150 a 210 días, desde el crecimiento en la primavera hasta la madurez en otoño.(Ibacache Gonzalez, et al, 2001). Esta necesidad está cubierta en toda el área de estudio, por lo cual los mapas de distribución no fueron considerados. La etapa fenológica más sensible a las heladas es el brote joven con -2.2°C (Madero, et al. 2017).

Si bien no se cuenta con antecedentes de cultivo que puedan usarse como referencia para describir la fecha de ocurrencia de las distintas etapas fenológicas, se ha estimado que la aparición de los brotes jóvenes se daría aproximadamente el 10 de septiembre. En el futuro, cuando se pueda contar con jardines varietales o plantaciones privadas en los distintos valles, se debería revisar estas fechas propuestas.

Valle del Bermejo

En este valle, la probabilidad de ocurrencia de T° menores a -2°C posterior al 10 de Septiembre es alta en gran parte del valle. La sub-zona de Guandacol y algunas zonas altas de Villa Unión, V. Castelli y Vinchina presentan probabilidades menores al 20%

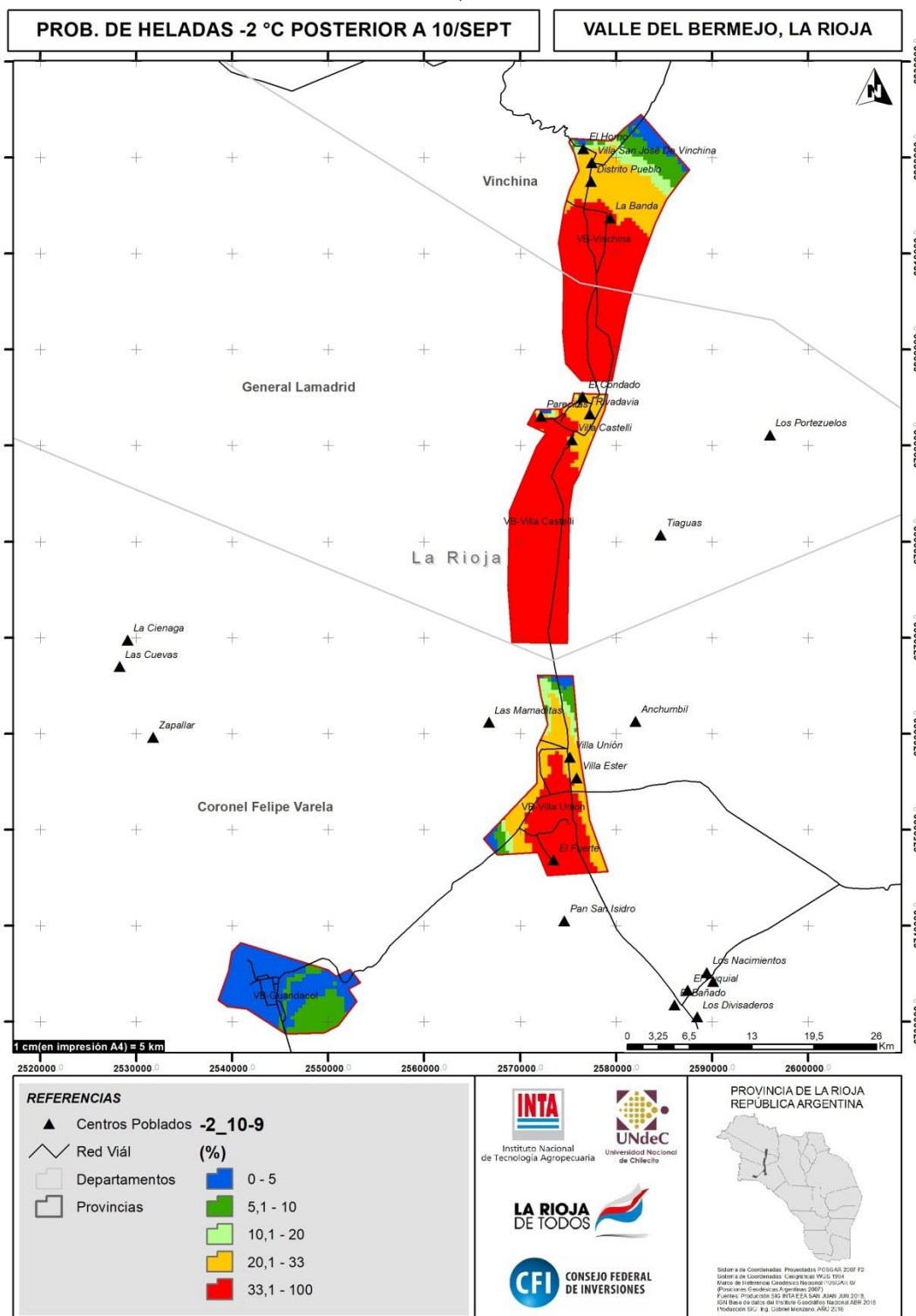


Fig. 74).

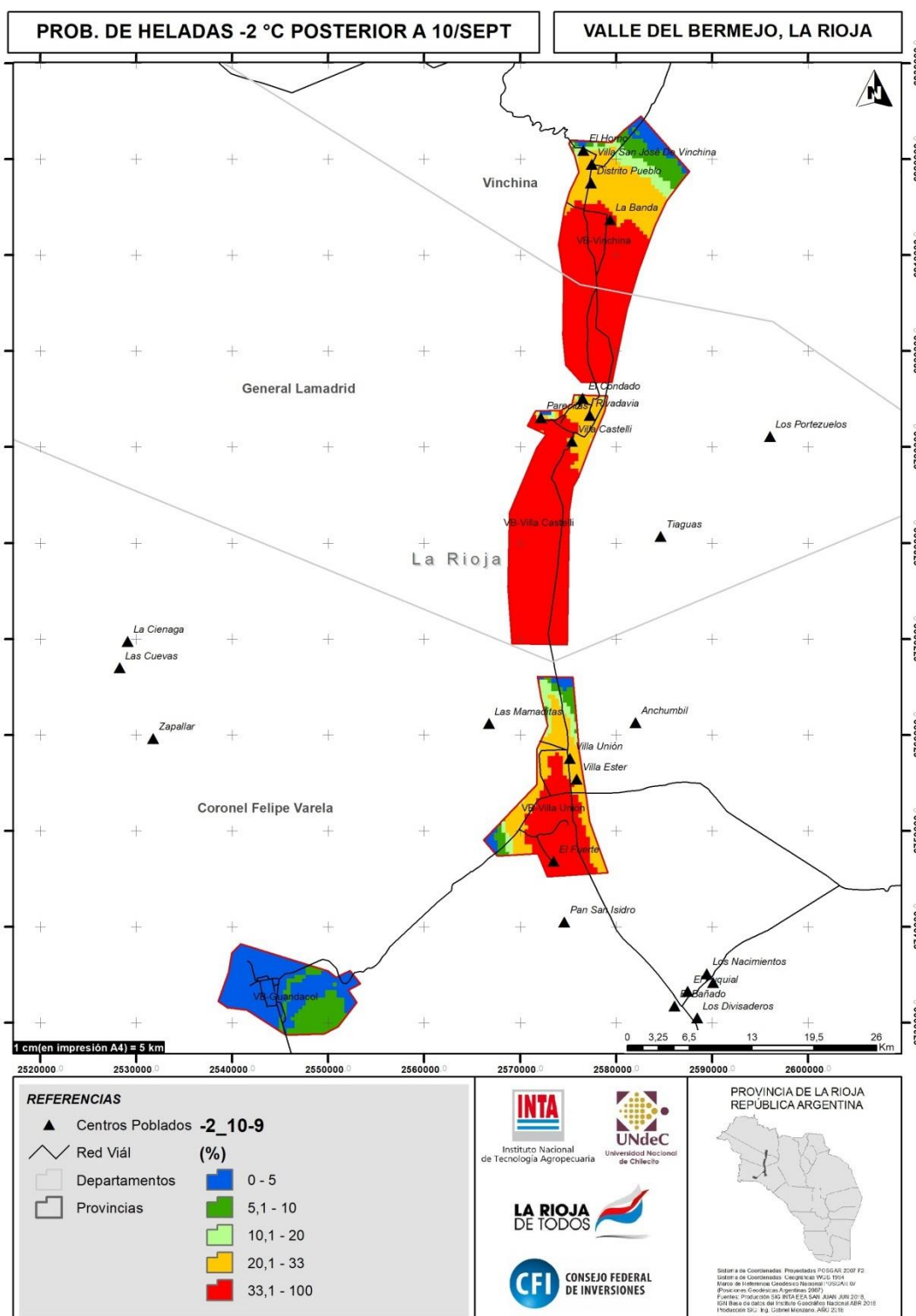


Fig. 74. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre, en el Valle del Bermejo. La Rioja, Argentina.
Antinaco-Los Colorados

Prácticamente el total de la superficie del Valle Antinaco-Los Colorados presenta una probabilidad menor al 20% de ocurrencia de temperaturas menores a -2°C (

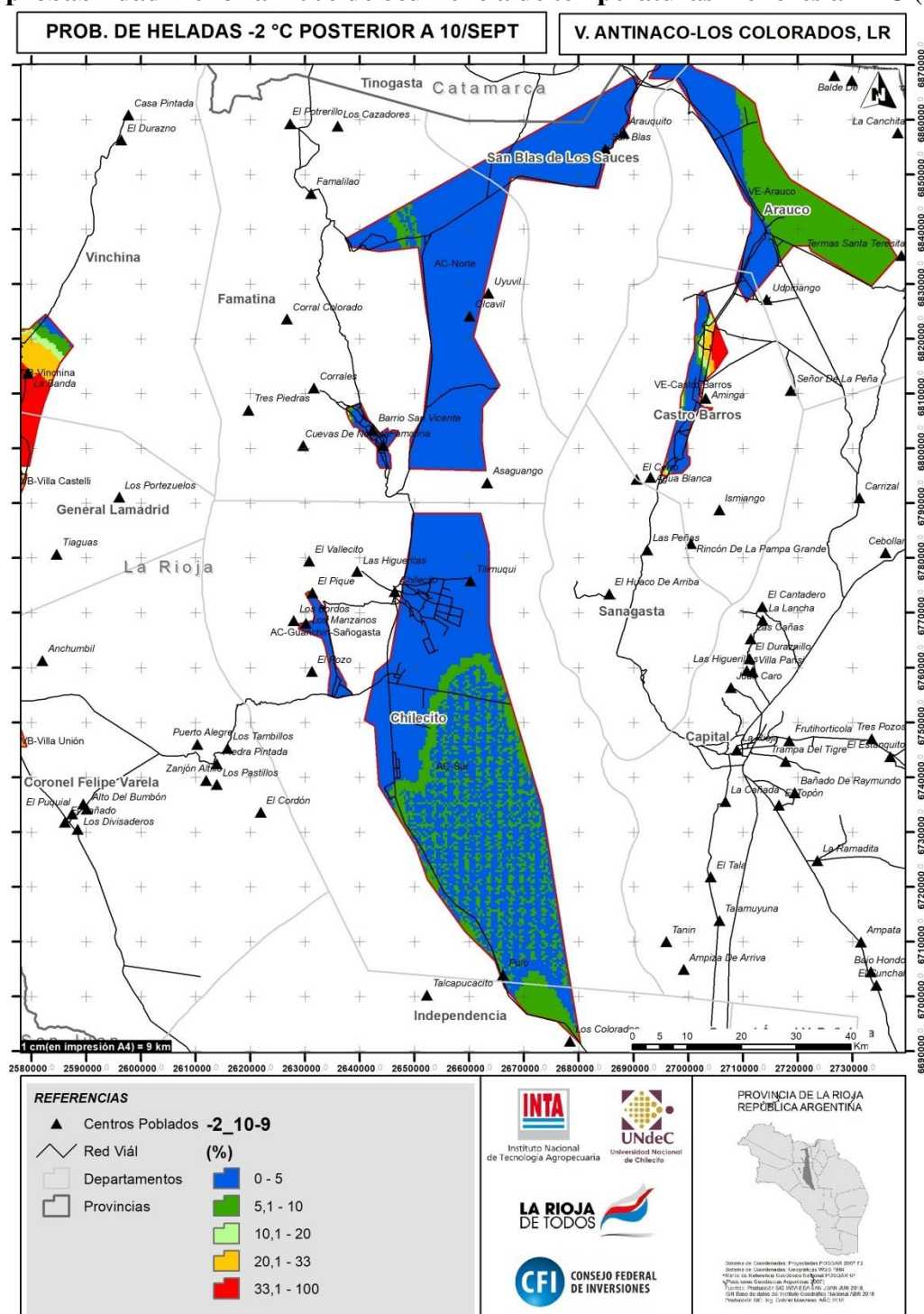


Fig. 75) después del 10 de Septiembre. Una importante superficie de este, aún presenta probabilidades menores de que ocurra ese evento cada 10 años.

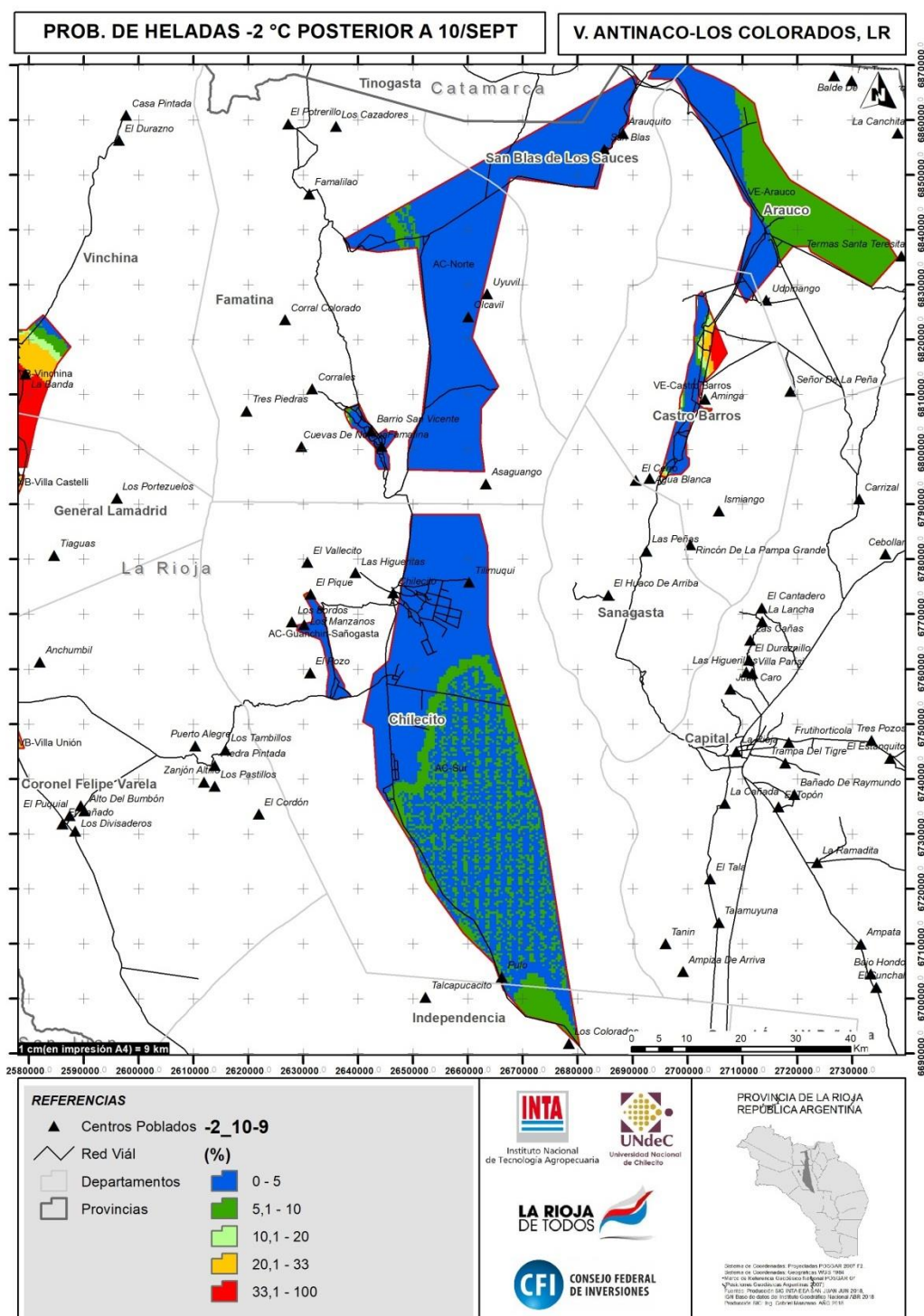


Fig. 75. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre, en el Valle de Antinaco- Los Colorados. La Rioja, Argentina.
Valle del Este:

Para el caso de la probabilidad de ocurrencia de -2°C posterior al 10 de septiembre se destaca una importante superficie con probabilidades menores al 20% de ocurrencia

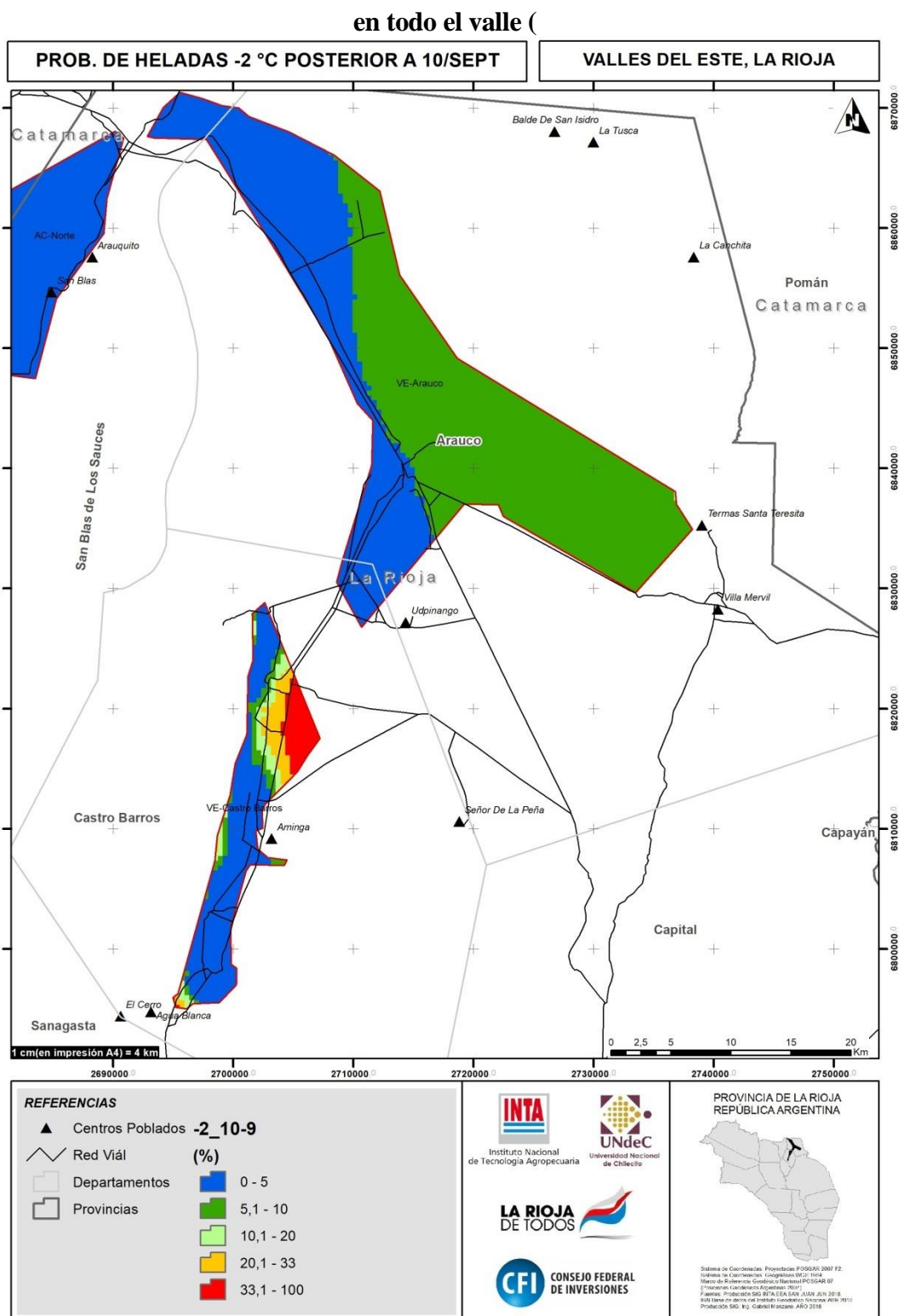


Fig. 76). El riesgo aumenta en la zonas bajas localizadas al Este (Anexo I).

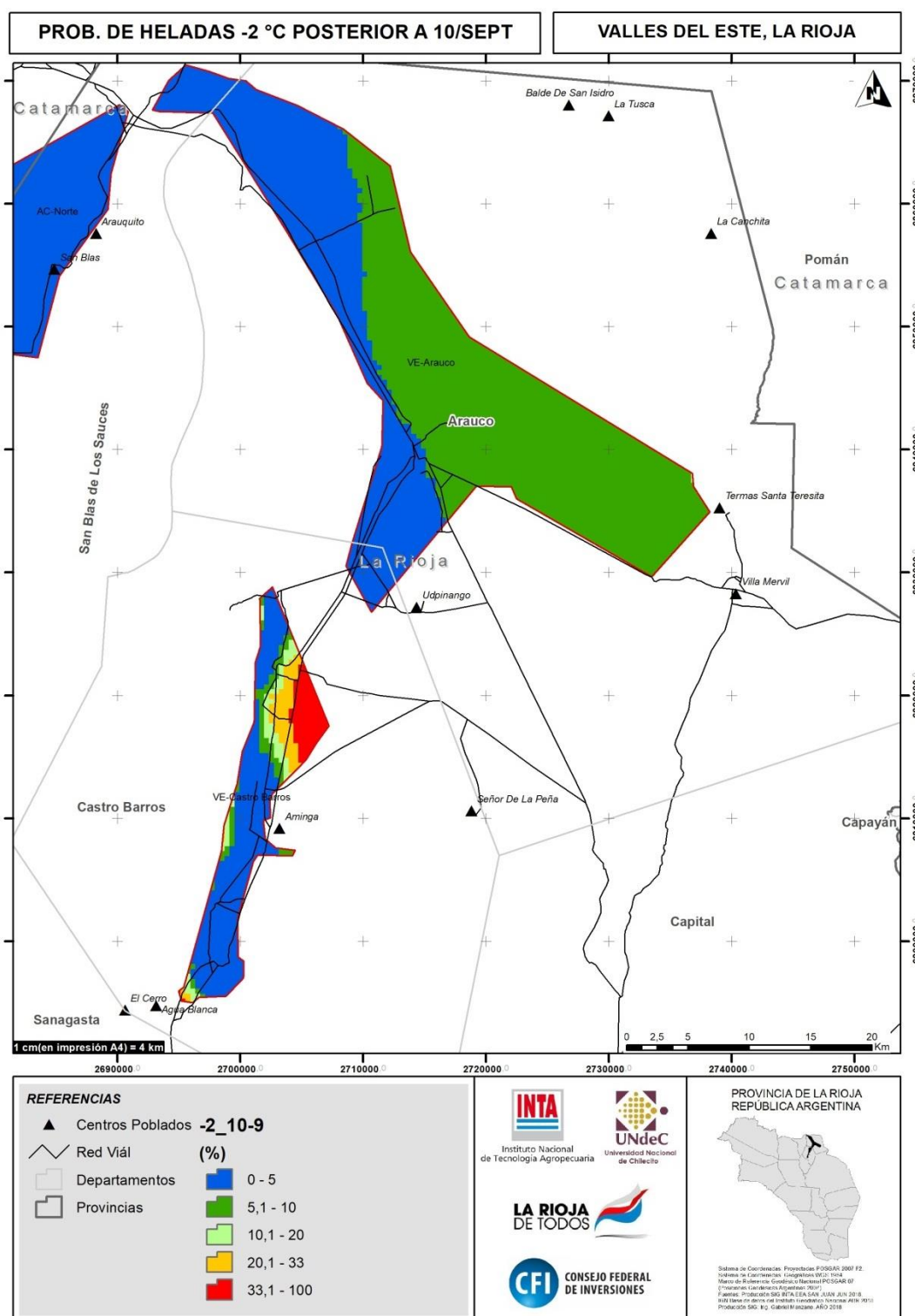


Fig. 76. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre, en los Valles del Este. La Rioja, Argentina.

OLIVO

Una de las principales limitaciones para el cultivo del olivo son las temperaturas mínimas letales alcanzadas en diferentes momentos del ciclo fenológico del olivo (Vita Serman, 2015). Las temperaturas de congelamiento dañan la mayoría de los órganos en los

periodos de activo crecimiento, pero esas mismas temperaturas pueden tener un impacto mínimo, e incluso no impactar, durante el reposo invernal (Gucci, 2014). Sin embargo, para las regiones olivareras de la Argentina son fundamentalmente las heladas durante el invierno las que limitan el crecimiento, la productividad y aún la supervivencia de las plantas, tanto por las temperaturas mínimas alcanzadas como por la duración del período de heladas (Vita Serman and Matías, 2013). Por otra parte, es poco común que las últimas heladas afecten al olivo una vez brotado o florecido, aunque existen algunos antecedentes de eventos ocurridos en algunas zonas de la provincia de La Rioja. Las heladas en olivo producen distintos niveles de daño en función de la edad de los mismos, la duración y la temperatura mínima alcanzada (Barranco et al., 2005). A pesar de que el olivo es moderadamente resistente a temperaturas bajo cero, por debajo de cierto nivel umbral puede haber daños en la planta. A temperaturas inferiores a -7 °C se observan daños que afectan la productividad, mientras que por debajo de -12 °C los daños pueden ser lo suficientemente severos como para comprometer la supervivencia de la planta (Palliotti and Bongi, 1996; Barranco et al., 2005). Temperaturas de -2 °C durante la floración pueden afectar severamente la supervivencia de la flor. Síntomas característicos de daños por heladas incluyen, principalmente, quemaduras de la punta de brotes y hojas, clorosis, defoliación, rajaduras en la corteza de ramas y troncos y daños en frutos (Ruiz et al., 2006).

Para conocer el impacto que las heladas tardías tienen sobre la floración es importante conocer la fenología del olivo en el área de estudio. A continuación se muestran los datos fenológicos de diferentes variedades, información recopilada por el EEA Chilecito del INTA.

Cuadro 77. Fechas de fenología de algunas variedades de olivo en el Departamento de Chilecito, la Rioja (información 2007/2008 y 2013). Fuente: Ing. Andrea Calahorra

FENOLOGIA		Brotadura	Formación racimo floral	Hinchazón Botón floral	Diferenciación corolas	Inicio Floración	Plena Floración	Caída de pétalos	Cuajado de fruto	Crecimiento de fruto
		B	C	D	E	F	FL	G	H	I
Aloreña	Inicio	16-ago	02-oct	09-oct	16-oct					
	Media	13-sep	16-oct	16-oct	20-oct	23-oct	15-oct	27-oct	01-nov	08-nov
Ascolano	Inicio	12-ago								
	Media	30-ago	02-oct	09-oct	16-oct	23-oct				08-nov
Arbequina	Inicio	20-ago	28-ago	11-sep	18-sep	02-oct	10-oct	15-oct		22-oct
	Media	28-ago	04-sep	18-sep	02-oct	07-oct	15-oct	22-oct	22-oct	30-oct
Barnea	Inicio		28-ago		25-sep	02-oct			15-oct	22-oct
	Media	28-ago	04-sep	15-sep	02-oct	10-oct	12-oct	15-oct	22-oct	30-oct
Criolla San Martin	Inicio	16-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	13-sep	10-oct	12-oct	16-oct	18-oct	23-oct	30-oct	01-nov	15-nov
Chapidorado	Inicio	12-ago	02-oct	-	-	-	-	-	-	-
	Media	30-ago	09-oct	12-oct	16-oct	21-oct	23-oct	26-oct	01-nov	08-nov
DAT-12	Inicio	12-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	16-ago	09-oct	16-oct	23-oct	24-oct	28-oct	01-nov	08-nov	15-nov
Della Madonna	Inicio	12-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	12-sep	02-oct	09-oct	16-oct	21-oct	25-oct	01-nov	08-nov	15-nov
Dulzal	Inicio	16-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	13-sep	-	-	16-oct	23-oct	-	01-nov	08-nov	15-nov
Farga	Inicio	16-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	30-ago	13-oct	16-oct	20-oct	23-oct	25-oct	29-oct	01-nov	15-nov
Hojiblanca	Inicio	12-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	30-ago	25-sep	09-oct	13-oct	20-oct	23-oct	01-nov	05-nov	08-nov
Koroneiki	Inicio	23-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	13-sep	-	16-oct	-	23-oct	-	01-nov	08-ene	15-nov
Manz. común	Inicio	28-ago	04-sep	26-sep	02-oct	10-oct	15-oct	15-oct	22-oct	
	Media	04-sep	25-sep	02-oct	10-oct	15-oct	17-oct	22-oct	30-oct	05-nov
Manz. española	Inicio	16-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	30-ago	16-oct	17-oct	18-oct	19-oct	21-oct	23-oct	01-nov	15-nov
Manz. Israelí	Inicio	28-ago	04-sep	25-sep	02-oct	10-oct	15-oct	15-oct	22-oct	
	Media	04-sep	25-sep	02-oct	10-oct	15-oct	17-oct	22-oct	30-oct	05-nov
Picholine	Inicio	28-ago	04-sep	11-sep	02-oct	10-oct		15-oct		
	Media	04-sep	11-sep	25-sep	10-oct	12-oct	15-oct	22-oct	30-oct	05-nov
Picual	Inicio		11-sep	25-sep		10-oct		15-oct	22-oct	26-oct
	Media	28-ago	18-sep	28-sep	02-oct	15-oct	15-oct	22-oct	26-oct	30-oct
Siria	Inicio	23-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	06-sep	09-oct	16-oct	18-oct	26-oct	28-oct	30-oct	01-nov	08-nov
Tempranillo	Inicio	12-ago	-	-	-	-	-	-	-	-
	Media	23-ago	02-oct	09-oct	16-oct	23-oct	26-oct	01-nov	08-nov	15-nov

En el caso del olivo, se separó el efecto de las temperaturas mínimas absolutas ocurridas durante el reposo invernal de aquellas temperaturas congelantes ocurridas

cuando ya estuvo iniciada la floración en primavera. En el primer caso se consideró que una temperatura menor a -7°C provocaría un daño sensiblemente perjudicial para la producción de ese año.

En el caso de las heladas tardías o primaverales se consideró la fecha del 10 de Septiembre como fecha límite para que ocurra una helada de -2°C sin afectar las estructuras reproductivas de las variedades más importantes implantadas en el Valle de Antinaco- Los Colorados (Cuadro 77). Para el Valle del Bermejo se consideró el 18 de Septiembre como fecha límite y como contraparte, para el Valle del Este se consideró el 1 de Septiembre.

Valle del Bermejo

La sub-región de Guandacol mostró una amplia superficie con bajas probabilidad de ocurrencia de temperaturas mínimas absolutas menores a -7°C . En el resto de las zonas, solo las partes altas y con pendiente mostraron bajos valores de probabilidad

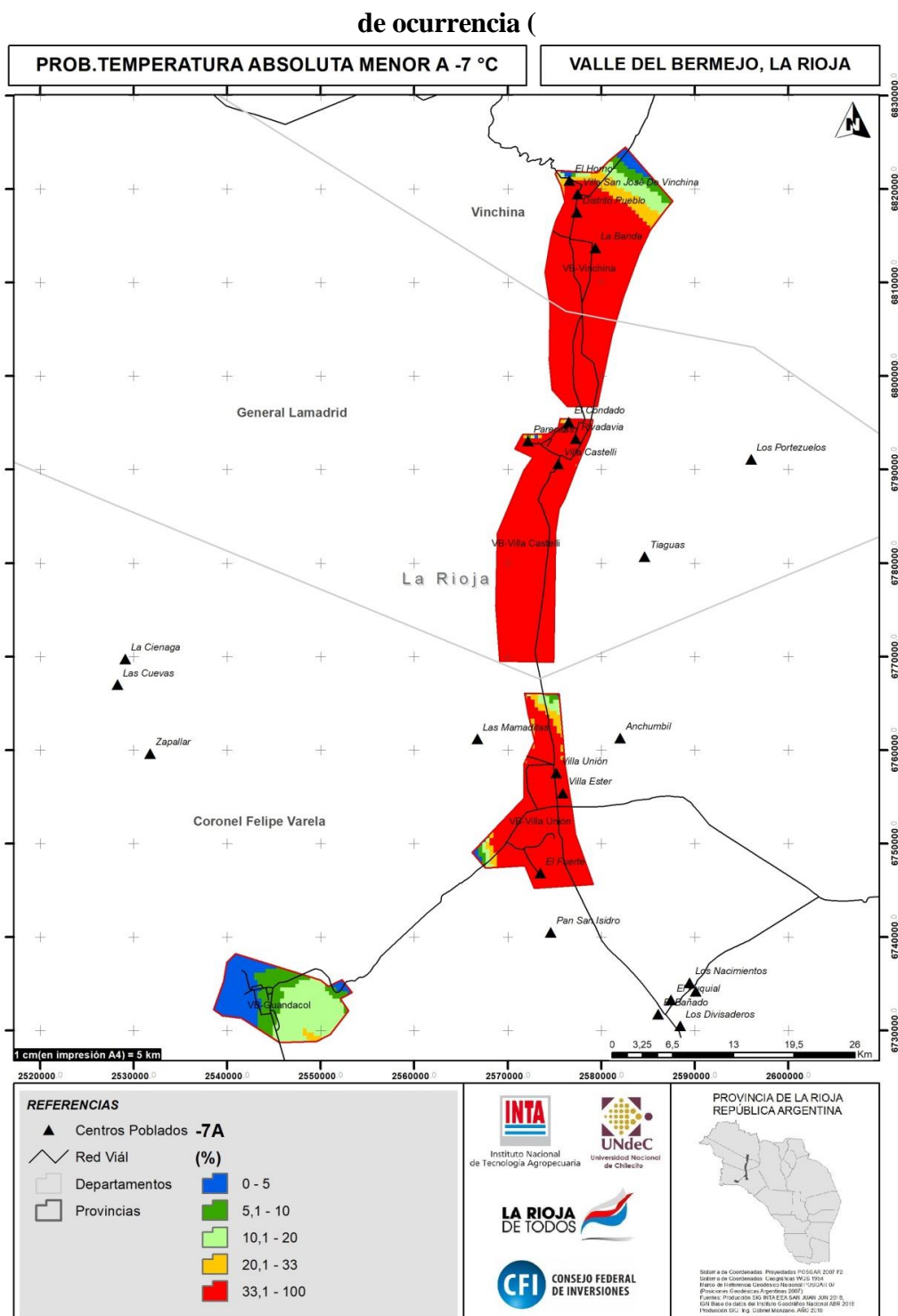


Fig. 53.). En el Anexo I se puede encontrar los mapas individuales de cada sub-zona del valle.

Para el caso de la probabilidad de ocurrencia de -2°C posterior al 18 de septiembre ocurre algo similar a lo observado con las temperaturas mínimas invernales aunque en las subzonas de Villa Unión, Villa Castell y Vinchina el área con menor riesgo es

mayor (

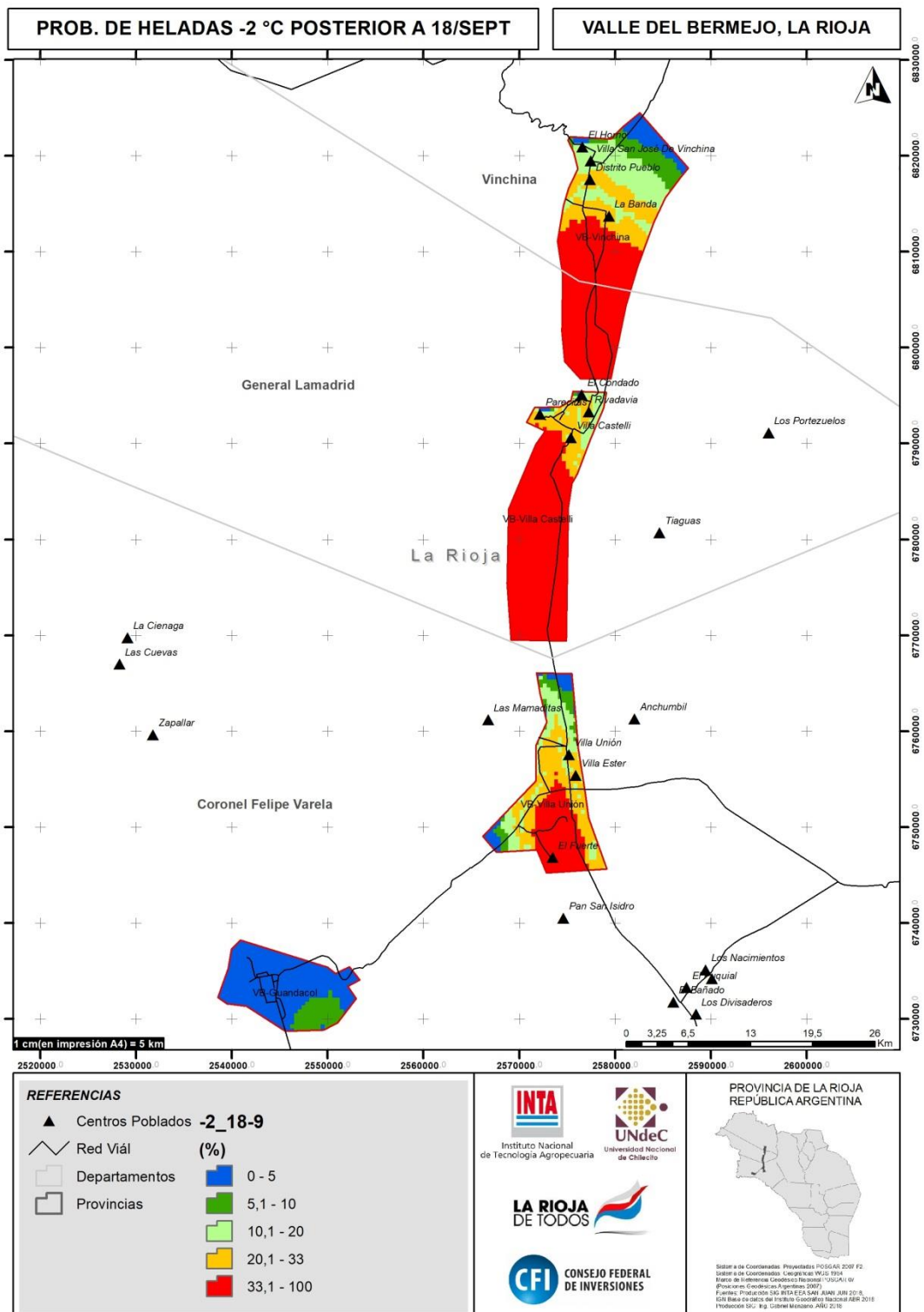


Fig. 77)

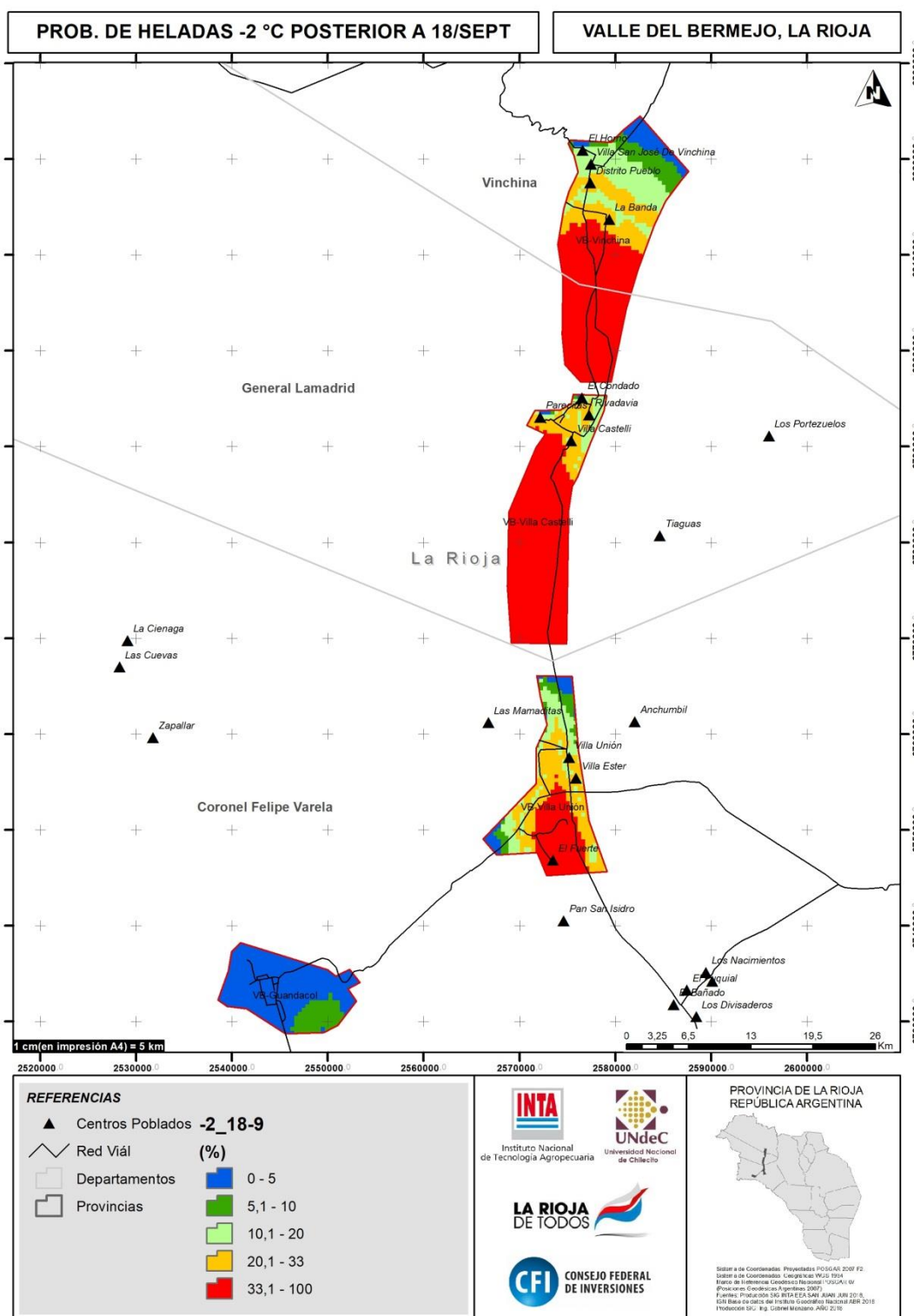


Fig. 77. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de una $T^o \leq -2^oC$ después del 18 de Septiembre, en el Valle del Bermejo. La Rioja, Argentina.

Antinaco-Los Colorados

Una pequeña superficie de la porción Sur del Valle Antinaco-Los Colorados presenta una probabilidad mayor al 20% de ocurrencia de temperaturas mínimas absolutas menores a -7°C (

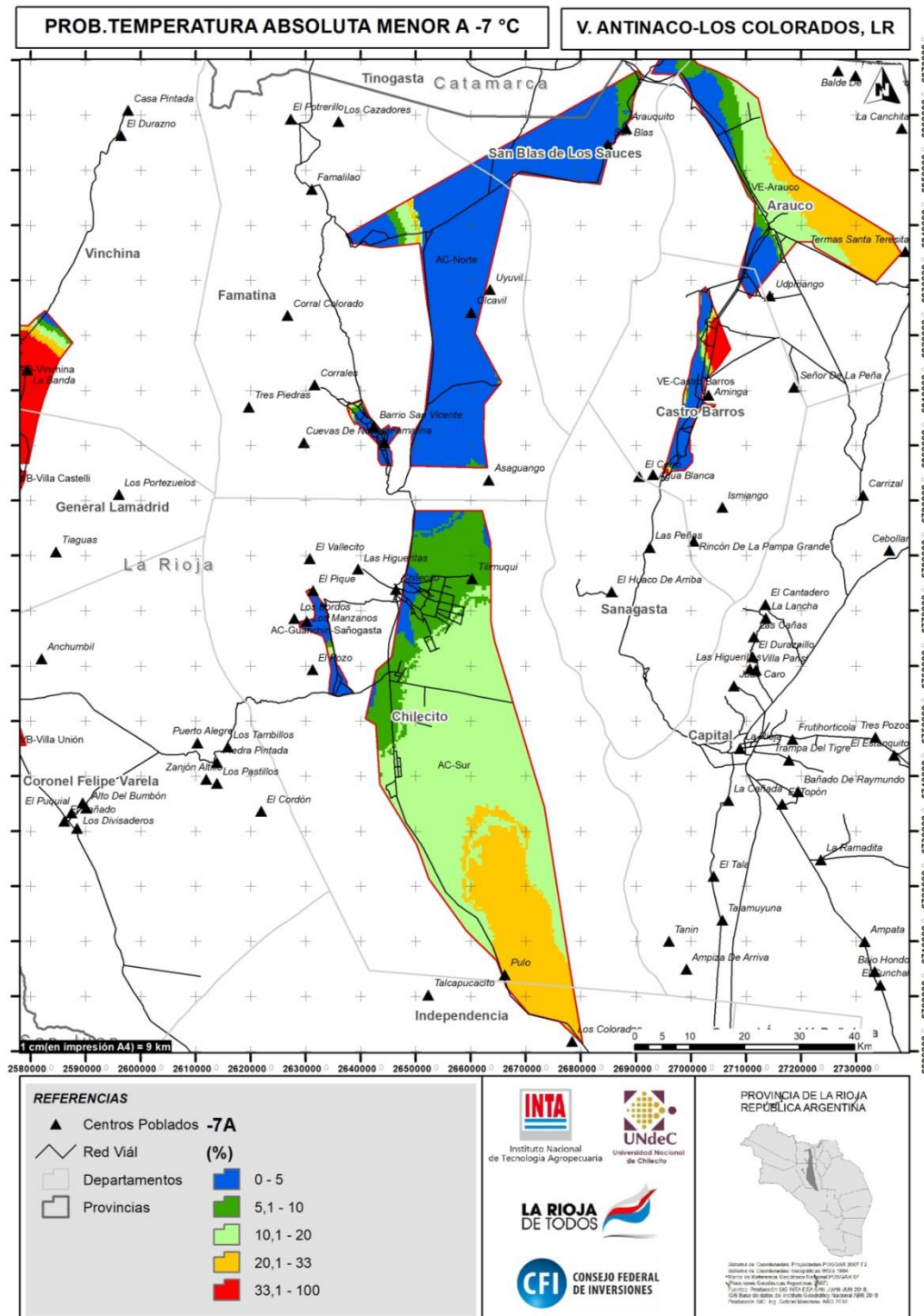


Fig. 56). La parte central y norte del Valle presenta una baja probabilidad de ocurrencia, incluso en el Valle de Famatina (Anexo I).

Prácticamente el total de la superficie del Valle Antinaco-Los Colorados presenta una probabilidad menor al 20% de ocurrencia de temperaturas menores a -2°C (

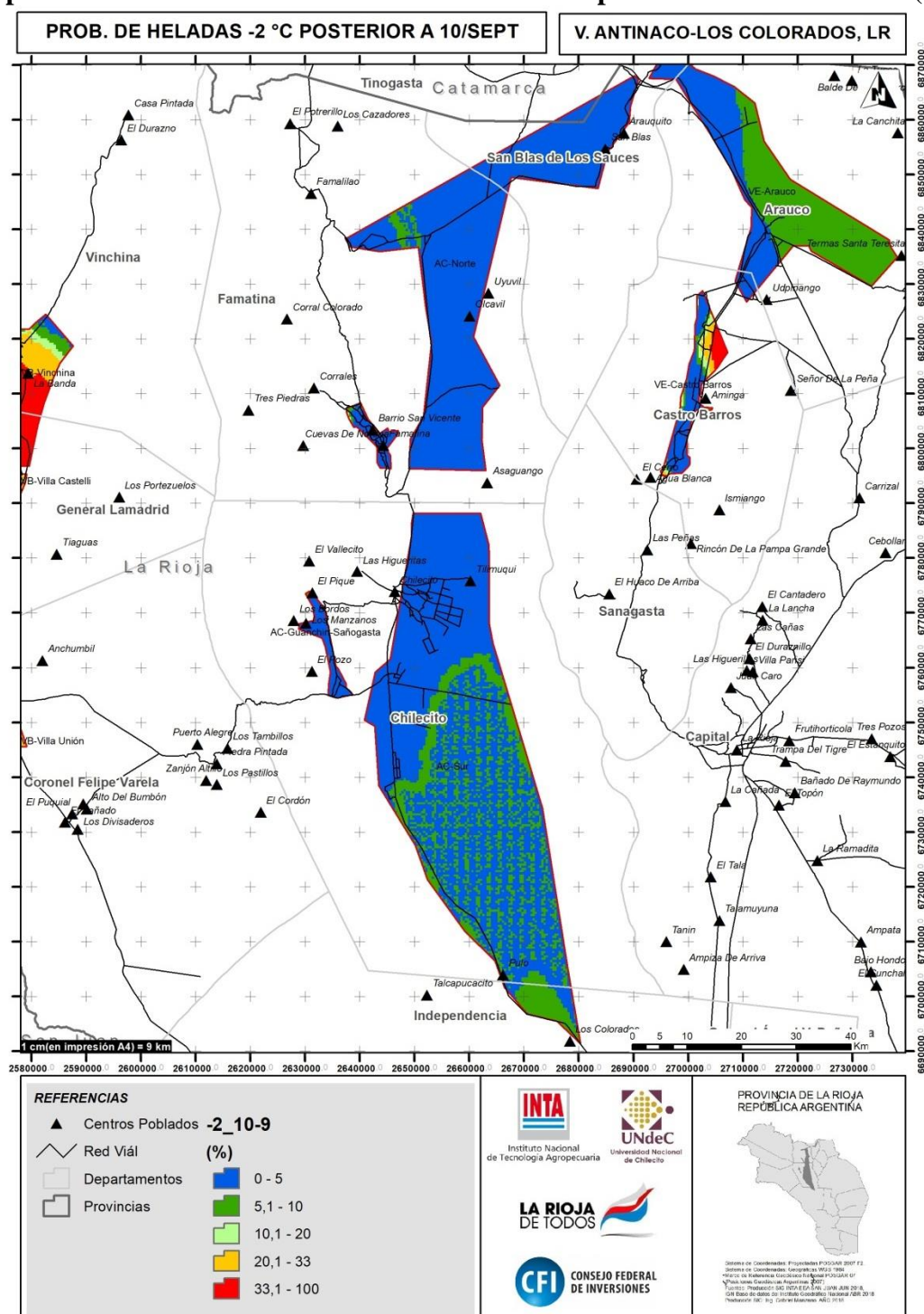
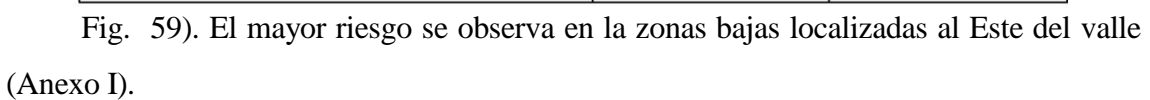


Fig. 75) después del 10 de Septiembre. Una importante superficie de este, aún presenta probabilidades menores de que ocurra un evento cada 10 años (Anexo I).

Valle del Este:



Para el caso de la probabilidad de ocurrencia de -2°C posterior al 1 de septiembre se destaca una amplia superficie con probabilidades menores al 20% de ocurrencia en todo el valle (

Fig. 68.). Al igual que para las mínimas absolutas, el mayor riesgo se observa en la zonas bajas localizadas al Este (Anexo I).

Agua de riego:

Conductividad.

El conocimiento de la calidad del agua de riego es fundamental para la elección del método de riego, su manejo y establecer el manejo del cultivo a implantar. Para Nogal el grado de restricción para la utilización del agua en función de la salinidad.

Cuadro 78. Calidad de Agua de Riego para el Nogal

Medida de la salinidad	Grado de restricción para Nogal adulto			
	Unidades	Ninguna	Creciente	Severo
Agua de riego	dS/m	<1.1	1.1-3.2	>3.2

Adaptado:(Ramos David; 1998; Walnut Production Manual).

Toxicidad por iones específicos en el agua de riego.

El sodio, el boro y el cloruro son los que, ocasionan problemas para los cultivos, aunque no todos los cultivos son sensibles a estos iones:

Cuadro 79. Grado de toxicidad Agua de Riego para el Nogal

Ion específico	Grado de toxicidad		
	Ninguna	Creciente	Severo
Sodio (SAR)	<3.0	3.0-9.0	>9
Cloruros (meq/L)	<4.0	4.0-10.0	>10
Boro (mg/L)	<0.5	0.5-3.0	

Adaptado:(Ramos David; 1998; Walnut Production Manual).

Suelo:

Los rangos óptimos:

- Profundidad del suelo: para un desarrollo de raíces óptimo se requiere más de 100 cm. Cuando existe un subsuelo suelto, constituido por piedras con matriz franca arenosa, la profundidad mínima tolerable es de 40 cm. Si el subsuelo es compacto por tener una tosca, roca o estrato de arcilla compacta, la profundidad debe ser mayor a 120 cm, siendo 75 cm el valor crítico o mínimo (Villaseca, 2007).

- Pedregosidad: las raíces no se afectan por los niveles que lleguen a un 35%, pero se ve afectada la producción moderadamente si la pedregosidad alcanza un 65 %. Severamente restringida, si supera este porcentaje.

- Pendiente: < 6%.

- pH va de 5,4 a 8,4; el mínimo tolerado es 4 y el máximo 9,5. (Requerimiento de Clima y Suelo- Frutales de Hojas Caducas.1989. Chile) (Villaseca. 2007).

- Salinidad:

Cuadro 80. Medida de la salinidad en suelo.

Medida de la salinidad	Grado de restricción para Nogal adulto			
	Unidades	Ninguna	Creciente	Severo
Zona Media de Raíz	dS/m	<1.5	1.5-4.8	>4.8

Adaptado:(Ramos David; 1998; Walnut Production Manual).

- Toxicidad

Cuadro 81. Grado de toxicidad del suelo.

Ion específico	Grado de toxicidad		
	Ninguna	Creciente	Severo
Sodio (SAR)	<5.0	5.0-15.0	>15
Cloruros (meq/L)	<5.0	05-oct	>10
Boro (mg/L)	<0.5	0.5-3.0	>3.0

Adaptado:(Ramos David; 1998; Walnut Production Manual).

9. Evaluación de la aptitud de los cultivos

Introducción.

El término Gestión del Territorio involucra una serie de acciones tendientes a propiciar el desarrollo de las comunidades que lo integran bajo un modelo sostenible, equitativo y amigable con el medio ambiente. Esas acciones requieren de información de la capacidad de las tierras frente a distintos escenarios de uso. Por su área de cobertura, el presente estudio es una contribución relevante para el desarrollo sustentable de la fruticultura Riojana. El área de estudio comprendió la totalidad de la superficie potencialmente cultivable de los valles de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este o Costa Riojana, todos ellos de la provincia de La Rioja.

El mayor conocimiento empírico de aptitud frutícola en frutos secos que se tiene en la región es sobre el Nogal y se origina desde la época de los primeros colonos, con el desarrollo de variedades criollas, que luego se reconvirtieron con variedades de origen californiano y selecciones INTA. Esto estuvo acompañado de importantes avances en técnicas de manejo del cultivo, en cosecha y pos-cosecha. Sin duda, este conocimiento fue evolucionando de forma empírica a través del éxito y fracaso de los agricultores.

Otro cultivo con mucha historia en la zona es el olivar, el cual está presente desde prácticamente la llegada de los españoles a la región. Un ejemplar de dicha época es el "OLIVO CUATRICENTENARIO" y se encuentra en el Distrito Arauco región, de la cual toma el nombre la única variedad argentina, que figura en el Catálogo Mundial de Variedades de Olivo (1995), publicado por el C.O.I. (Consejo Oleícola Internacional) (Vita Serman and Matías, 2013).

Si bien la historia nos cuenta la presencia de muchas especies frutales en la Provincia de La Rioja, no necesariamente todos los ambientes de los valles inter-montanos son propicios para el desarrollo de una fruticultura productiva y sustentable. Un ejemplo de ello es el estudio encomendado por el Gobierno de la Provincia de San Juan y financiado por el CFI, que demostró que aproximadamente el 80% de la superficie disponible para cultivo en el Valle de Tulum, es Marginalmente Apta o No Apta para el desarrollo del olivar. Esto significó que más del 60% del olivar moderno que aparece con la "Ley de Diferimiento Impositivo", estuviera implantado en zonas con severas limitaciones (Babelis et al., 2013). Con la tecnología de medición y transmisión de datos actualmente

disponible, es posible tener una descripción mejor sustentada sobre la aptitud de zonas actual o potencialmente cultivables. Tengamos presente que para establecer un monte frutal es preciso realizar desmontes y nivelaciones, alteraciones del terreno, que aumentan la vulnerabilidad del terreno a la erosión si por causas climáticas el emprendimiento es abandonado. En la Fig. 78, se puede observar una manifestación de erosión eólica incipiente como producto de la falta de cobertura en un olivar abandonado.



Fig. 78. Olivar en condición de abandono luego de haber sido implantado en zonas no aptas en el Valle del Tulum, provincia de San Juan. Argentina.

Este estudio también pretende ser el punto de partida para la evaluación de nuevas alternativas de frutos secos (Pistacho, Pecán y Almendros), partiendo de información fiable que oriente bien a los inversionistas en la elección de las tierras para que no fracasen al cabo de 5 o 6 años de realizada la fuerte inversión inicial. La Fig. 79, presenta un caso concreto de un monte de Almendro implantado en una zona topográficamente baja con manifestaciones de heladas tardías que provocaban pérdida casi total de la floración.



Fig. 79. Cultivo de Almendro joven abandonado con aparición de renoval arbustivo nativo.

Es por esto que los diferentes actores involucrados entienden que el desarrollo de nuevas actividades, que busquen diversificar la producción “tradicional” y encontrar nueva alternativas económicas, permitirá adaptarse mejor a las nuevas condiciones de contexto y contribuirá al desarrollo del territorio.

Entre los factores climáticos básicos la temperatura y las heladas resultan críticos para el desarrollo de los cultivos, en tanto que entre las variables físicas y químicas del suelo se destacan la textura, profundidad del perfil, salinidad - alcalinidad y contenido de nutrientes y finalmente la calidad del agua de riego ejerce un rol crítico en este análisis integral. Los aspectos del clima relevados, son temperaturas medias y extremas, sensibilidad a heladas, temperatura crítica o de daño por heladas, temperatura base o mínima de crecimiento, rango de temperatura óptima de crecimiento, límite máximo de temperatura de crecimiento, suma térmica o grados día, horas de frío o unidades de frío. Entre los aspectos del suelo estudiados, son profundidad, acidez o alcalinidad (pH), salinidad, pedregosidad, pendiente y riesgo de erosión hídrica y eólica. En agua de riego su calidad se evaluó por salinidad y toxicidad. Los rangos de los requerimientos de los cultivos que se presentan más adelante no incluyen tan solo a las variedades aquí señaladas, si no que a la de menor y mayor sensibilidad o grado de exigencia encontrada en función de experiencias de la zona, sino también de las diferentes fuentes de información consultadas.

A fin de ajustar y/o determinar las factibilidades técnicas relacionadas con la implantación de nuevos cultivos (Pecán, Pistacho, Almendros) y ampliación (zonas productoras de Nogal y Olivo), se hace necesario completar el conocimiento de la aptitud del recurso disponible. A partir de esto, se tendrá avances en la información del suelo,

agua y clima, para seleccionar las mejores zonas a la producción agrícola bajo riego conociendo sus limitaciones. El determinar una zona productiva con su aptitud para fruticultura implica aprovechar intensamente las ventajas comparativas del lugar, disminuir los factores de incertidumbre de las inversiones y estabilizar los niveles de producción sin deterioro de los recursos naturales.

Definición de los requerimientos climáticos de los cultivos.

En la sección 8 se caracterizaron los indicadores y limitantes agro-climáticas. Es aquí donde se definen y combinan aquellas limitaciones de la tierra (áreas de estudio) para cada cultivo. Para ello se eligió, a criterio de los expertos en los cultivos estudiados, las cualidades del clima a analizar y se definió que tenga cuatro (4) niveles de impacto, en sintonía con los modelos de evaluación de tierras propuestas por FAO. Para todos los casos, el Nivel 1 implica una limitación mínima o inexistente de tal factor y el Nivel 4 implica una limitación tal que es inviable desde el punto de vista económico-productivo el cultivo analizado. A continuación se detallan las cualidades de la tierra y su interpretación por nivel aplicada a los valles estudiados.

Olivo: El conocimiento local que existe sobre este cultivo permitió diferenciar las limitantes de acuerdo al valle estudiado. Para ello fue fundamental conocer las diferencias en la fenología de cada valle. La intensidad de heladas invernales, la ocurrencia de temperaturas congelantes en floración y la acumulación de unidades de frío fueron las características del clima tenidas en cuenta (Cuadro 82).

Cuadro 82: Factores limitantes y sus niveles de impacto en el cultivo del Olivo.

Características del clima	Nivel	Valle del Bermejo	Valle Antinaco Los Colorados	Valle del Este
Probabilidad de Intensidad de Heladas en %. (IH)	1	Probabilidad \leq al 10% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad \leq al 10% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad \leq al 10% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$
	2	Probabilidad entre el 11% y el 20% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad entre el 11% y el 20% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad entre el 11% y el 20% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$
	3	Probabilidad entre el 21% y el 33% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad entre el 21% y el 33% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad entre el 21% y el 33% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$
	4	Probabilidad mayor al 33% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad mayor al 33% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$	Probabilidad mayor al 33% de $T^{\circ} \leq a -7^{\circ}C$
Probabilidad de ocurrencia de Helada Tardía. (HT)	1	Probabilidad \leq 5% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad \leq 5% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 10 de Septiembre	Probabilidad \leq 5% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 1 de Septiembre
	2	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 10 de Septiembre	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 1 de Septiembre
	3	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 10 de Septiembre	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 1 de Septiembre
	4	Probabilidad $>$ 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad $>$ 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 10 de Septiembre	Probabilidad $>$ 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 1 de Septiembre
Unidades de frío en Hs.(UF)	1	$>$ 300 unidades de frío	$>$ 300 unidades de frío	$>$ 300 unidades de frío
	2	Entre 200 y 300 Unidades de Frío	Entre 200 y 300 Unidades de Frío	Entre 200 y 300 Unidades de Frío
	3	Entre 100 y 200 Unidades de Frío	Entre 100 y 200 Unidades de Frío	Entre 100 y 200 Unidades de Frío
	4	$<$ de 100 Unidades de Frío	$<$ de 100 Unidades de Frío	$<$ de 100 Unidades de Frío

Nogal: En el caso de este frutal se separó el análisis de limitantes climáticas en base a 2 grupos de variedades según necesidad de Unidades de Frío invernal: alta (Chandler, Howard y otras) y baja (Serr, Franquete y otras). Dado que no existen suficientes antecedentes de este cultivo en los Valles del Bermejo y el Este que pudieran precisarnos una fenología diferencial con las zonas de Guanchin-Sañogasta y Famatina, es el motivo por el cual no se diferenciaron las fechas fenológicas entre valles. En el futuro será necesario precisar mejor las fechas de aparición de los distintos estados fenológicos para una mayor precisión de los mapas de aptitud. La intensidad de heladas invernales, la ocurrencia de temperaturas congelantes en floración y la acumulación de unidades de frío fueron las características del clima tenidas en cuenta (Cuadro 83).

Cuadro 83. Factores limitantes y sus niveles de impacto en el cultivo del Nogal.

Características del clima	Nivel	Variedades de bajo UF	Variedades de alto UF
Probabilidad de Intensidad de Heladas en %. (IH)	1	Probabilidad \leq al 10% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$	Probabilidad \leq al 10% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$
	2	Probabilidad entre el 11% y el 20% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$	Probabilidad entre el 11% y el 20% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$
	3	Probabilidad entre el 21% y el 33% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$	Probabilidad entre el 21% y el 33% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$
	4	Probabilidad mayor al 33% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$	Probabilidad mayor al 33% de $T^{\circ} \leq a - 7^{\circ}C$
Probabilidad de ocurrencia de Helada Tardía. Temperatura - 2° después del 18 de Septiembre en %. (HT)	1	Probabilidad \leq 5% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad \leq 5% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -1^{\circ}$ después del 18 de Septiembre
	2	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre
	3	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre
	4	Probabilidad $>$ 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre	Probabilidad $>$ 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}$ después del 18 de Septiembre
Unidades de frío en Hs.(UF)	1	$>$ 600 unidades de frío	$>$ 700 unidades de frío
	2	Entre 500 y 600 Unidades de Frío	Entre 600 y 700 Unidades de Frío
	3	Entre 400 y 500 Unidades de Frío	Entre 500 y 700 Unidades de Frío
	4	$<$ de 400 Unidades de Frío	$<$ de 500 Unidades de Frío

Pistacho: Dado la escasa información fenológica con la que se cuenta en la zona de estudio para éste frutal, se tuvo en cuenta una fecha común para el inicio de floración en los 3 valles. No se consideró la intensidad de las heladas invernales porque los límites de resistencia que tiene éste frutal en estado de reposo, no son alcanzados por las temperaturas observadas. Por último, se tuvo en cuenta la acumulación de frío invernal (Cuadro 84).

Cuadro 84. Factores limitantes y sus niveles de impacto en el cultivo del Pistacho.

Características del clima	Nivel	Interpretación
Probabilidad de ocurrencia de Helada en Floración. Temperatura -2°C después del 10 de Septiembre en %. (HF)	1	Probabilidad $\leq 10\%$ de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
	2	Probabilidad entre el 11% y el 20% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
	3	Probabilidad entre el 21% y el 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
	4	Probabilidad $> 33\%$ de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
Unidades de frío en Hs.(UF)	1	>700 unidades de frío
	2	Entre 500 y 700 Unidades de Frío
	3	Entre 400 y 500 Unidades de Frío
	4	$< \text{de } 400$ Unidades de Frío

Almendro: En el caso de este frutal se separó el análisis de limitantes climáticas en base a 2 grupos de variedades según el momento de floración: tempranas (Californianas) y Tardías y extra-tardías (Europeas). Dado que no existen suficientes antecedentes de este cultivo en los tres valles que pudieran precisarnos una fenología local, es que no se diferenciaron las fechas fenológicas entre valles. En el futuro será necesario conocer mejor las fechas de aparición de los distintos estados fenológicos para una mayor precisión de los mapas de aptitud. No se consideró la intensidad de las heladas invernales porque los límites de resistencia que alcanza éste frutal en estado de reposo, no son alcanzados por las temperaturas observadas. Por último, se tuvo en cuenta la acumulación de frío invernal (Cuadro 85).

Cuadro 85. Factores limitantes y sus niveles de impacto en el cultivo del Almendro.

Características del clima	Nivel	Variedades de Floración Temprana	Variedades de Floración Tardía
Probabilidad de ocurrencia de Helada en Floración. Temperatura -1° en %. (HF)	1	Probabilidad ≤ 5% de ocurrencia de una T° ≤ -1° después del 10 de Agosto	Probabilidad ≤ 5% de ocurrencia de una T° ≤ -2°C después del 1 de Septiembre
	2	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una T° ≤ -1° después del 10 de Agosto	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una T° ≤ -2°C después del 1 de Septiembre
	3	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una T° ≤ -1° después del 10 de Agosto	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una T° ≤ -2°C después del 1 de Septiembre
	4	Probabilidad > 33% de ocurrencia de una T° ≤ -1° después del 10 de Agosto	Probabilidad > 33% de ocurrencia de una T° ≤ -2°C después del 1 de Septiembre
Probabilidad de ocurrencia de Helada en desarrollo del fruto en %. (HDF)	1	Probabilidad ≤ 5% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 1 de Septiembre	Probabilidad ≤ 5% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 15 de Septiembre
	2	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 1 de Septiembre	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 15 de Septiembre
	3	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 1 de Septiembre	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 15 de Septiembre
	4	Probabilidad > 33% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 1 de Septiembre	Probabilidad > 33% de ocurrencia de una T° ≤ 0° después del 15 de Septiembre
Unidades de frío en Hs.(UF)	1	>400 unidades de frío	>500 unidades de frío
	2	Entre 300 y 400 Unidades de Frío	Entre 400 y 500 Unidades de Frío
	3	Entre 200 y 300 Unidades de Frío	Entre 300 y 400 Unidades de Frío
	4	< de 200 Unidades de Frío	< de 300 Unidades de Frío

Pecán: Al igual que en el caso del Pistacho, la escasa información fenológica con la que se cuenta en la zona de estudio para éste frutal, solo permitió estimar una fecha común para el inicio de floración en los 3 valles. No se consideró la intensidad de las heladas invernales porque los límites de resistencia que alcanza éste frutal en estado de reposo, no son alcanzados por las temperaturas observadas. Por último, se tuvo en cuenta la acumulación de frío invernal (Cuadro 86):

Cuadro 86. Factores limitantes y sus niveles de impacto en el cultivo del Pecán.

Características del clima	Nivel	Interpretación
Probabilidad de ocurrencia de Helada en Floración. Temperatura -2°C después del 10 de Septiembre en %. (HF)	1	Probabilidad $\leq 5\%$ de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
	2	Probabilidad entre el 5% y el 10% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
	3	Probabilidad entre el 11% y el 33% de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
	4	Probabilidad $> 33\%$ de ocurrencia de una $T^{\circ} \leq -2^{\circ}\text{C}$ después del 10 de Septiembre
Unidades de frío en Hs.(UF)	1	>400 unidades de frío
	2	Entre 300 y 400 Unidades de Frío
	3	Entre 200 y 300 Unidades de Frío
	4	< 200 Unidades de Frío

Requerimientos edáficos del cultivo.

Las especies frutales se desarrollan en una vasta diversidad de tipos de suelo 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. Para el presente trabajo se realizó una valoración integral de la Aptitud del suelo para cada ambiente edáfico identificado. Si bien se han presentado diferencias en los parámetros físico-químicos dentro de un ambiente, consideramos que las mismas no tienen una influencia tan marcada sobre la respuesta del árbol como para ampliar más el abanico de ambientes. El lector podrá acceder a los resultados analíticos de todas las observaciones realizadas y hacer ajustes de manejo del suelo para resolver problemas puntuales. La clasificación de los ambientes, sus limitantes y valorización se detalla en el cuadro 87.

Cuadro 87. Ambientes edáficos, su valorización y limitantes principales.

Ambiente edáfico	COLOR (modelo de color RGB)	Valorización x Aptitud para frutales	Limitantes principales
Rios y bajadas de Creciente	CELESTE (0-255-255)	4 – No Apto	Erosión hídrica severa/ anegamientos temporarios
Serranías y roca	MARRON (148-138-84)	4 – No Apto	Roccosidad -Pendientes abruptas
Pedemonte	GRIS (166-166-166)	2 - Apto	Escasa profundidad de suelos – Baja retención agua
Suelo arenoso	LILA (255-102-255)	3 – Apto Marginal	Susceptibilidad a erosión Eólica – Baja retención humedad
Suelo Franco profundo	AMARILLO 226-226-64	1- Muy Apto	--
Suelos Franco Arcilloso profundo	VERDE CLARO 0-255-0	2- Apto	Riesgo de compactación- salinización
Suelos limoso salino	LILA 255-130-45	4 – No Apto	Condiciones semipermanentes de salinización/ anoxia

Clases de Aptitud. Definiciones.

Las clases indican la aptitud relativa o el grado de aptitud de una unidad de tierra para un determinado sistema de utilización. A grandes rasgos es posible decir que una tierra es APTA cuando los beneficios derivados de su uso, bajo manejo sustentable, superan los costos de producción. En tanto que una tierra se considera como NO APTA cuando por la rigurosidad del clima, escasez de agua de aceptable calidad, suelo poco profundo, susceptibilidad a erosión hídrica y eólica, entre otras, se hace técnicamente impracticable desarrollar un cultivo ya que el valor de los beneficios esperados no justifica los costos de los insumos que serían necesarios.

Dentro de las tierras Altas se presentan niveles o Clases de Aptitud que se diferencian por la magnitud de las limitaciones:

Nivel 1 = Muy apta. Tierras que presentan limitaciones de menor cuantía que no afectan la productividad ni aumentan considerablemente los costos. Con un manejo conservacionista del suelo se puede alcanzar el máximo potencial de rendimiento del cultivo.

S2 = Apta. Limitaciones moderadas que reducen los beneficios o implican inversiones (labranzas complementarias, cultivos de cobertura) de mediana envergadura. Pero por los beneficios se justifica con creces destinarla a producción.

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 de las tierras NO APTAS, es posible también reconocer dos categorías o niveles:

N1 = No apta condicional. Tierras cuyas limitaciones podrían eliminarse con medios técnicos o insumos, pero que estas modificaciones en la actualidad son impensables.

N2 = No apta permanentemente. Limitaciones graves, de índole generalmente física, que se suponen insalvables a largo plazo. Constituyen las llamadas tierras misceláneas

INDICE o NIVEL DE APTITUD	Interpretación	Color asignado
1	MUY APTO	VERDE OSCURO
2	APTO	VERDE CLARO
3	APTO MARGINAL	AMARILLO
4	NO APTO CONDICIONAL	ROJO
-	NO APTO PERMANENTE	GRIS OSCURO

Elaboración del mapa de aptitud.

Con el procedimiento descrito en el punto anterior se obtuvieron mapas de distribución de aptitud para el cultivo del Nogal, Almendros, Pistacho Pecán y Olivo en los 3 valles estudiados, sobre una superficie total de 394.631 ha. A continuación se presentan los mapas donde se incluyen las 3 regiones por cultivo. En el Anexo I, se encuentran los mapas de aptitud por cultivo y por valle, los que brindan un mayor detalle.

NOGAL

En la Fig. 80 se puede observar la distribución geográfica por aptitud al cultivo de las variedades con alto requerimiento de unidades de frío (Chandler, Howard y otras), en los valles de la provincia de La Rioja. La mayor porción del área estudiada no es apta para el desarrollo de estas variedades. La región comprendida por los Valles de Antinaco- Los Colorados, Famatina y Guanchín-Sañogasta presentan un área con aptitud que puede alcanzar las 5.000 Ha, considerando las categorías Muy Apto y Apto. En los valles del Este riojano la superficie con aptitud no llegaría a las 1.000 ha y estaría concentrada en la zona de La Costa, en el departamento de Castro Barros. El Valle del Bermejo no contaría con superficie con aptitud para éste grupo de variedades.

En el caso de las variedades con baja necesidad de unidades de frío (Serr, Franquete y otras), si bien el porcentaje de la superficie con aptitud sigue siendo bajo, existe mayor posibilidad de realizar éste cultivo (Fig. 81). La región comprendida por los Valles de Antinaco- Los Colorados, Famatina y Guanchín-Sañogasta presentan un área con aptitud que puede alcanzar las 15000 ha, representando un 4.6% de lo relevado. En los valles del Este riojano la superficie con aptitud rondaría las 5500 ha y estarían concentradas en la zona de La Costa, en el departamento de Castro Barros. El Valle del Bermejo no contaría con superficie con aptitud para éste grupo de variedades. Para un mejor detalle del nivel de aptitud de los sectores dentro de las áreas relevadas ver mapas en detalle del Anexo I.

Es importante destacar que la mayor precisión de los mapas de aptitud se obtiene de una buena información fenológica de los cultivos en las distintas regiones. Futuros avances en la descripción de las diferentes etapas del desarrollo de los frutales en los valles del Bermejo y Región Este, podrían brindarnos una mayor certeza sobre la superficie disponible con potencial de cultivo.

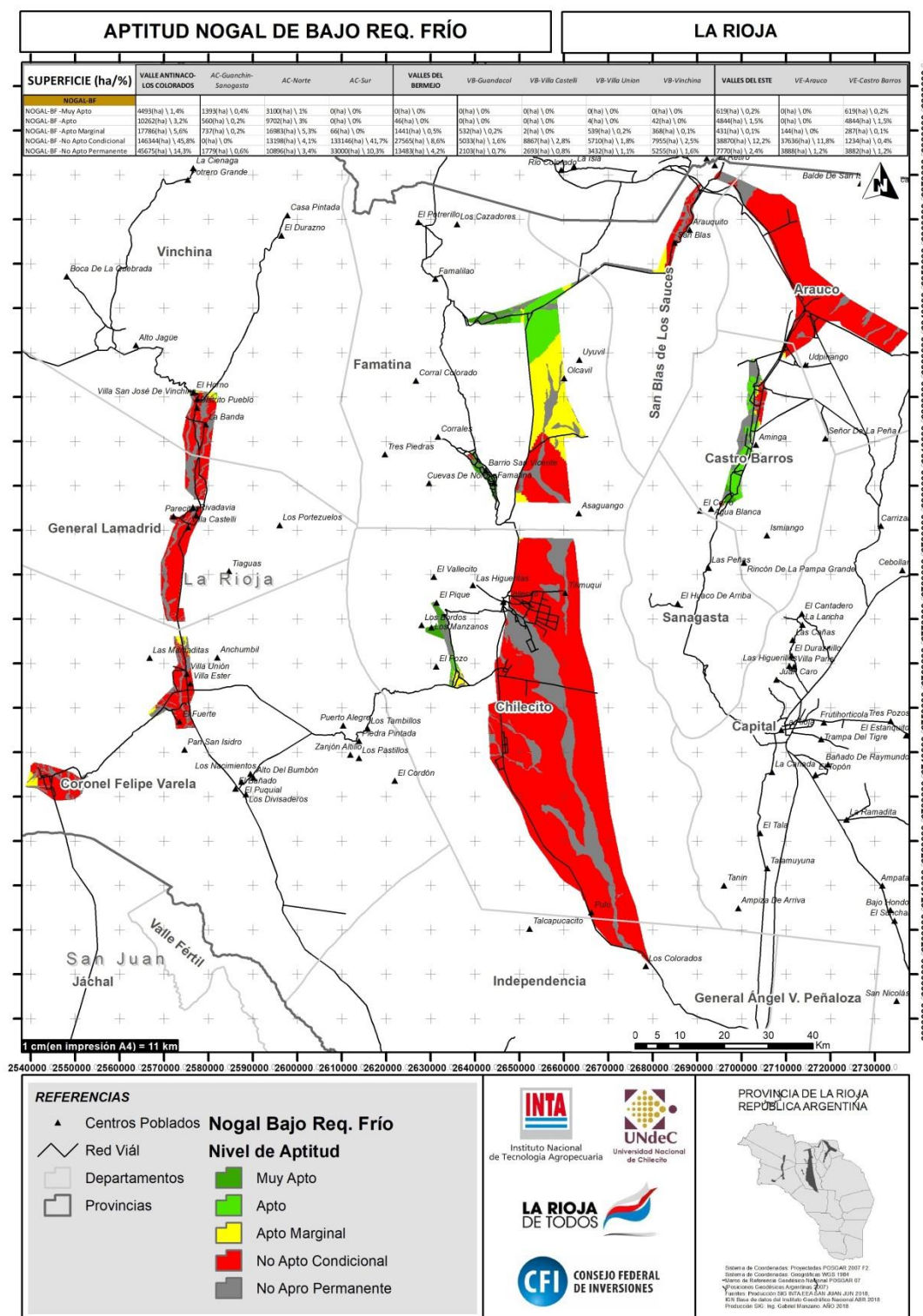


Fig. 81. Distribución de la aptitud para el cultivo de Nogal (variedades de Bajo Requerimiento Frío Invernal) en los valles del Bermejo, Antinaco Los Colorados; Guanchín Saogasta, Famatina y el Este de la provincia de La Rioja, Argentina.

En el caso de este frutal se separó el análisis de limitantes climáticas en base a 2 grupos de variedades según el momento de floración: tempranas o californianas (Non Pareil, Peerless, Bute y otras) y Tardías y extra-tardías o europeas (Guara, Marinada, Tarraco, Mardía y otras). Para el caso de las variedades tempranas o Californianas, la superficie con aptitud potencial es escasa, encontrándose ubicada en la parte norte del Valle de Antinaco-Los Colorados, cercano a la localidad de Pituil (3.200ha) y apenas unas 1.000 ha entre los dos restantes valles (Fig. 82).

La situación es totalmente diferente cuando analizamos las posibilidades de implantación de las nuevas variedades tardías y extra-tardías como Guara, Marinada, Penta, Mardía y otras (Fig. 83). La región comprendida por la parte norte del Valle de Antinaco- Los Colorados (A-C), Famatina y Guanchín-Sañogasta presentan un área con aptitud que podría alcanzar las 30.000 ha, representando casi un 10% de la superficie relevada. En los valles del Este riojano la superficie con aptitud rondaría las 4.300 ha y estaría concentrada en la zona de La Costa, en el departamento de Castro Barros. El Valle del Bermejo aportaría una superficie de 600 hs con aptitud, localizadas en la parte sur de la zona de Guandacol.

Es importante destacar también para éste frutal que la mayor precisión de los mapas de aptitud se obtendría de una buena información fenológica del cultivo.

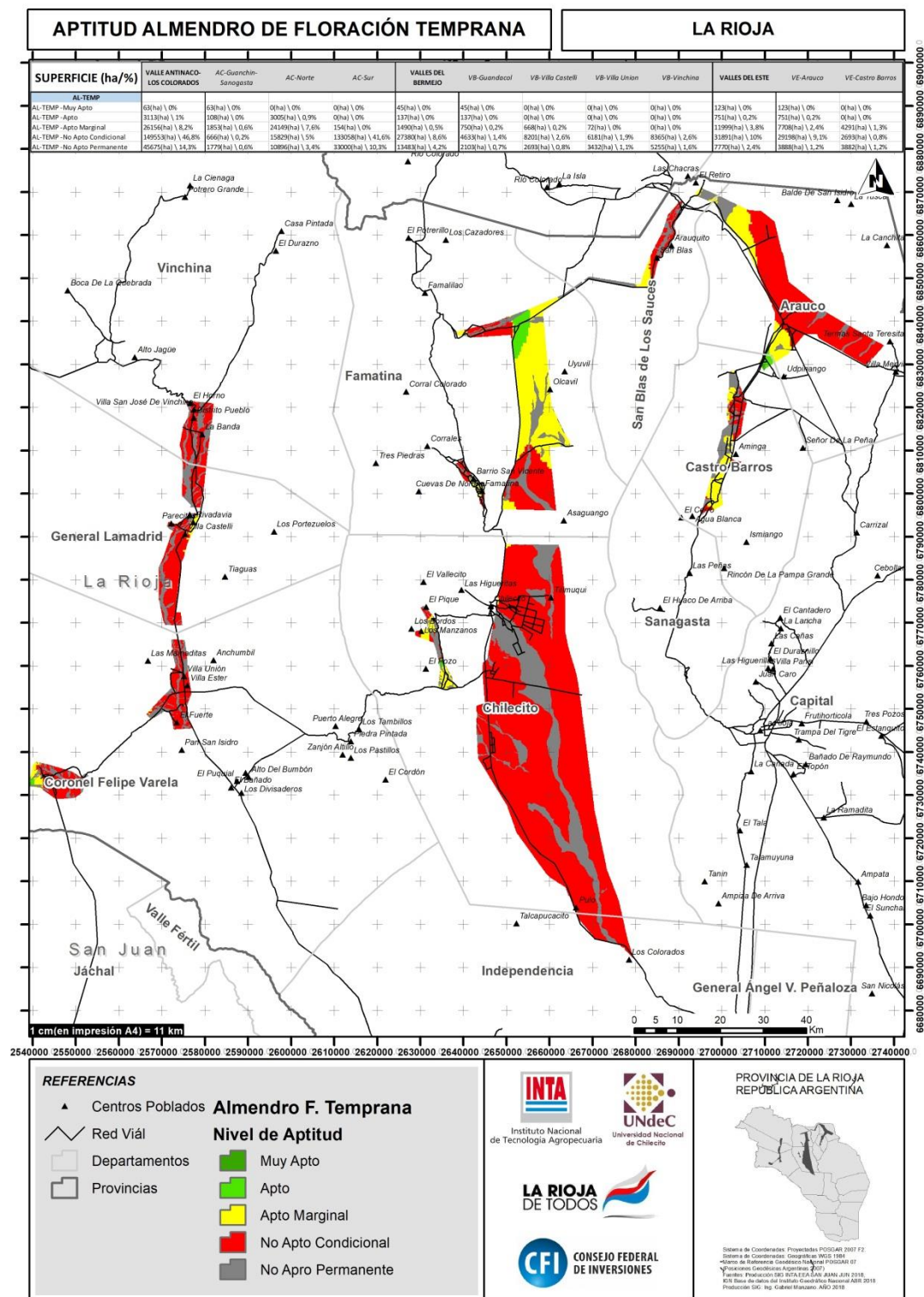


Fig. 82. Distribución de la aptitud para el cultivo del Almendro (variedades de floración temprana) en los valles del Bermejo, Antinaco Los Colorados, Guanchín Sañoagasta, Famatina y el Este de la provincia de La Rioja, Argentina.

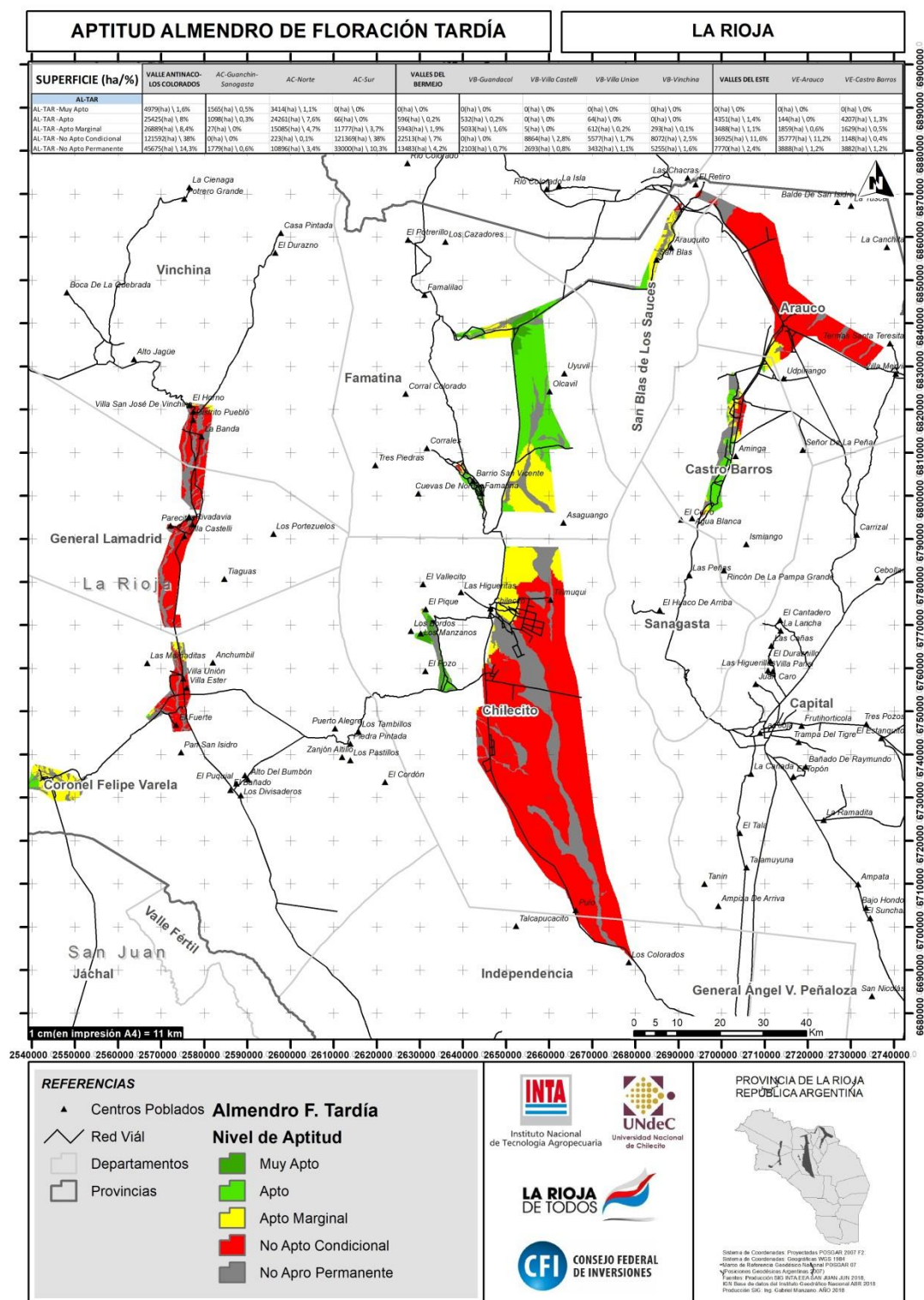


Fig. 83. Distribución de la aptitud para el cultivo del Almendro (variedades de floración tardía) en los valles del Bermejo, Antinaco Los Colorados, Guanchín Sañogasta, Famatina y el Este de la provincia de La Rioja, Argentina.

PISTACHO

Los requerimientos de este cultivo muestran una aptitud potencial que se concentra fundamentalmente en el sector norte del Valle de Antinaco- Los Colorados y el Valle de Famatina (13.000 ha), en el área de Guanchín-Sañogasta (2.000 ha), en la zona de La Costa (5800 ha) y una mínima porción de superficie en el Valle del Bermejo (170 ha) (Fig. 84). Para un mejor detalle del nivel de aptitud de los sectores dentro de las áreas relevadas ver mapas en detalle del Anexo I.

Es importante destacar que la mayor precisión de los mapas de aptitud se obtiene de una buena información fenológica de los cultivos en las distintas regiones. Para éste frutal, solo se cuenta con datos de informantes calificados. En el futuro se deberá contar con jardines varietales en el valle del Bermejo, Antinaco-Los Colorados y Región Este, los cuales podrán brindarnos una mayor certeza sobre la superficie disponible con potencial de cultivo.

Estudio de aptitud frutícola (Olivo, Almendro, Pistacho, Pecan y Nogal) de los valles cordilleranos de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja.

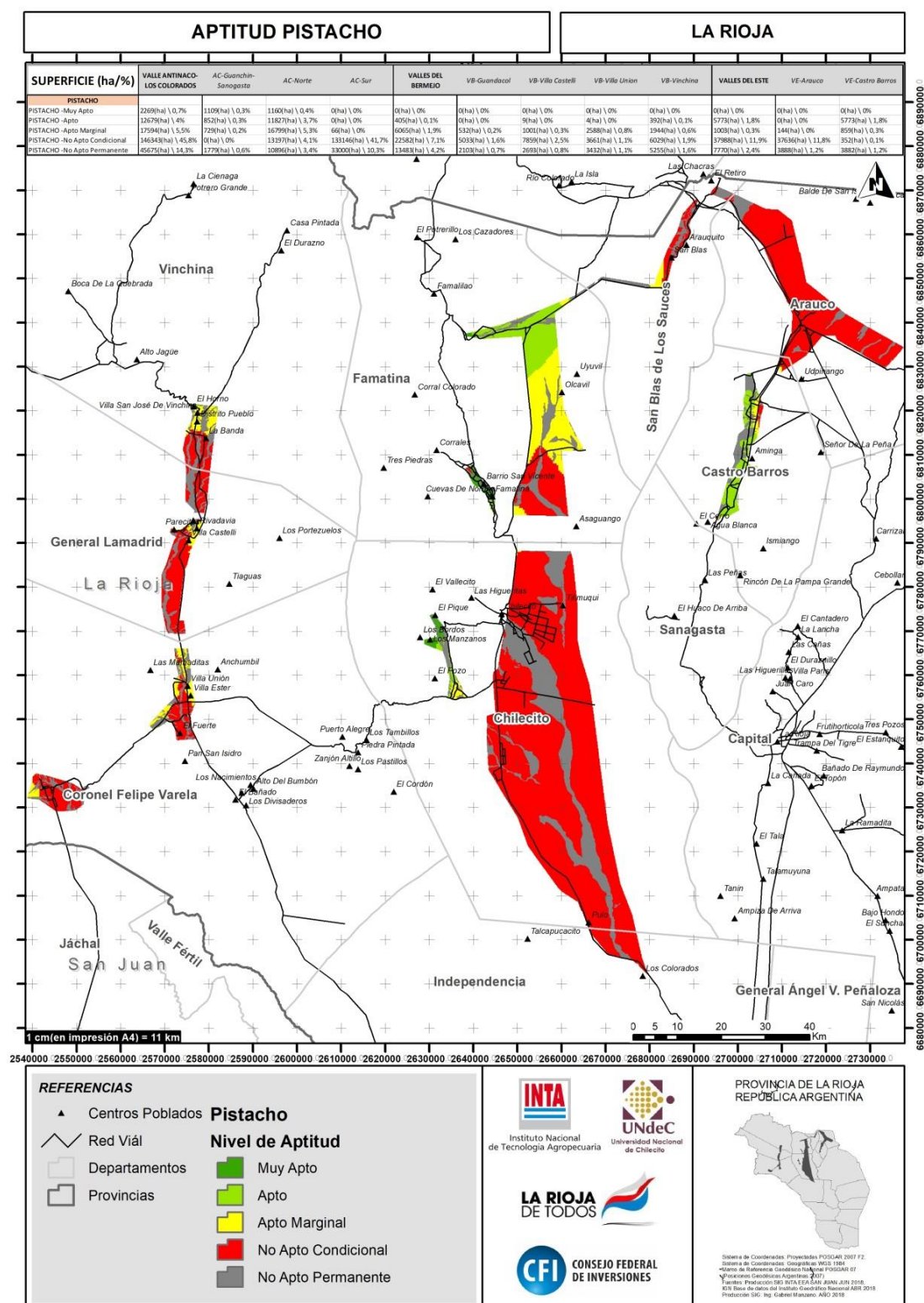


Fig. 84. Distribución de la aptitud para el cultivo del Pistacho en los valles del Bermejo, Antinaco Los Colorados, Guanchín Saogasta, Famatina y el Este de la provincia de La Rioja, Argentina.

PECÁN

Esta especie presenta mejores oportunidades para el desarrollo como cultivo que los otros frutales analizados. Es el Valle de Antinaco-Los Colorados, Guanchín-Sañogasta y Famatina los que muestran mayor potencial, pudiendo encontrarse más de 57000 ha cultivables (fig. 85). El aporte de los Valles del Este alcanza las 7500 ha, destacándose el departamento de Castro Barros. En el valle del Bermejo podemos encontrar una superficie entre Apta y Muy Apta de 6000 ha, localizadas fundamentalmente en Guandacol.

Al igual que en el caso del pistacho, destacar que solo se cuenta con datos de informantes calificados sobre la fenología del cultivo en las distintas regiones. En el futuro se deberá contar con jardines varietales en el valle del Bermejo, Antinaco-Los Colorados y Región Este, los cuales podrán brindarnos una mayor certeza sobre la superficie disponible con potencial de cultivo.

Estudio de aptitud frutícola (Olivo, Almendro, Pistacho, Pecan y Nogal) de los valles cordilleranos de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja.

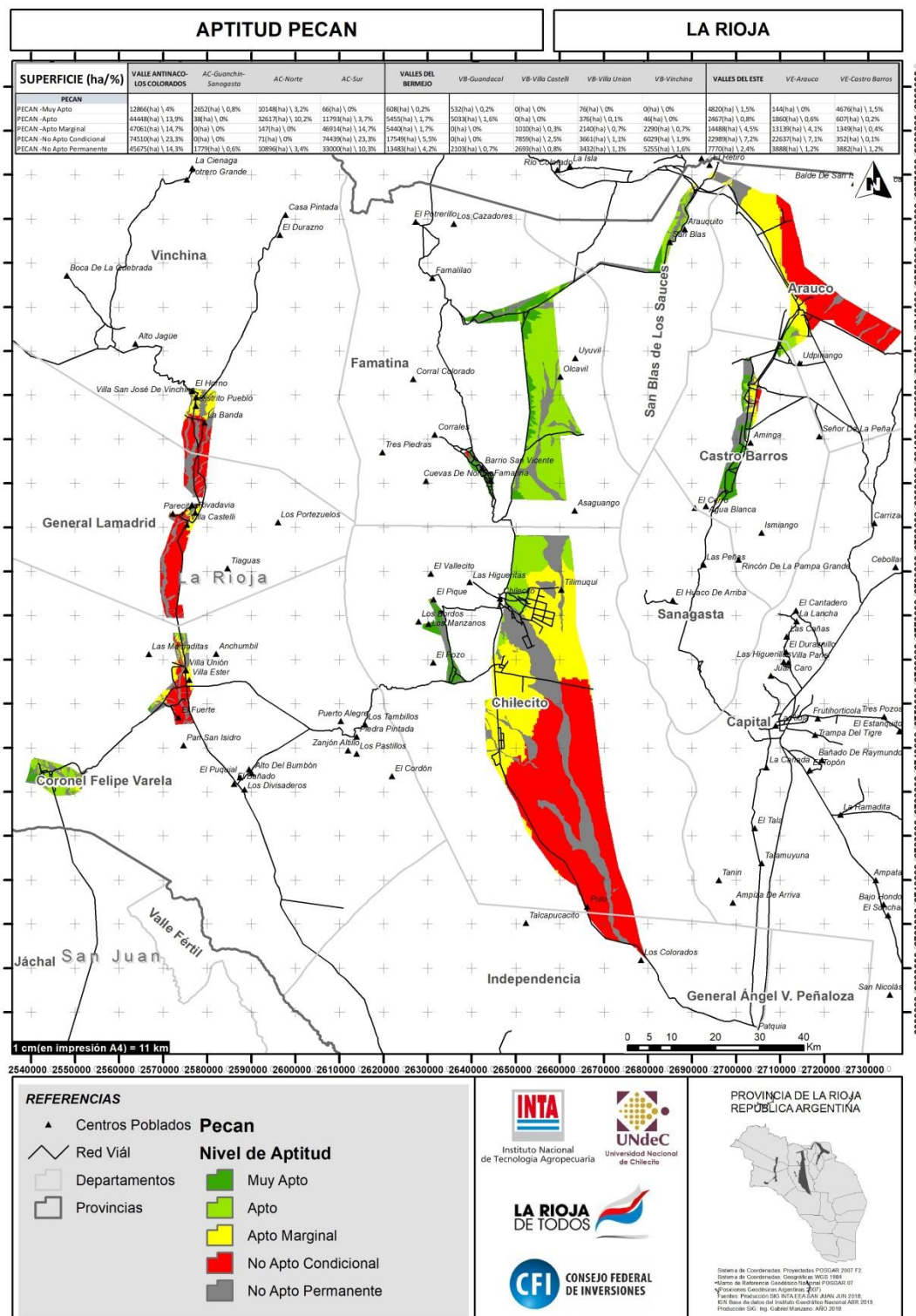


Fig. 85. Distribución de la aptitud para el cultivo del Pecán en los valles del Bermejo, Antinaco Los Colorados, Guanchín Saogasta, Famatina y el Este de la provincia de La Rioja, Argentina.

OLIVO

Es sin duda el cultivo del Olivo el que muestra una mejor aptitud para su desarrollo en los valles cordilleranos de La Rioja. De la Fig. 86, se desprende que solo en el Valle de Antinaco-Los Colorados, incluyendo las sub-zonas de Guanchín-Sañogasta y Famatina, se puede encontrar una superficie de 26.700 ha con un nivel de Muy Aptas y 77.500 ha Aptas para el desarrollo de este cultivo. A esto se le puede sumar las casi 6.000 ha aportadas por el Valle del Bermejo y las casi 20.000 ha de los Valles del Este. En este último, encontramos una superficie de 6.200 ha Muy Aptas, localizadas en el departamento de Arauco y Castro Barros.

Estudio de aptitud frutícola (Olivo, Almendro, Pistacho, Pecan y Nogal) de los valles cordilleranos de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este, de la provincia de La Rioja.

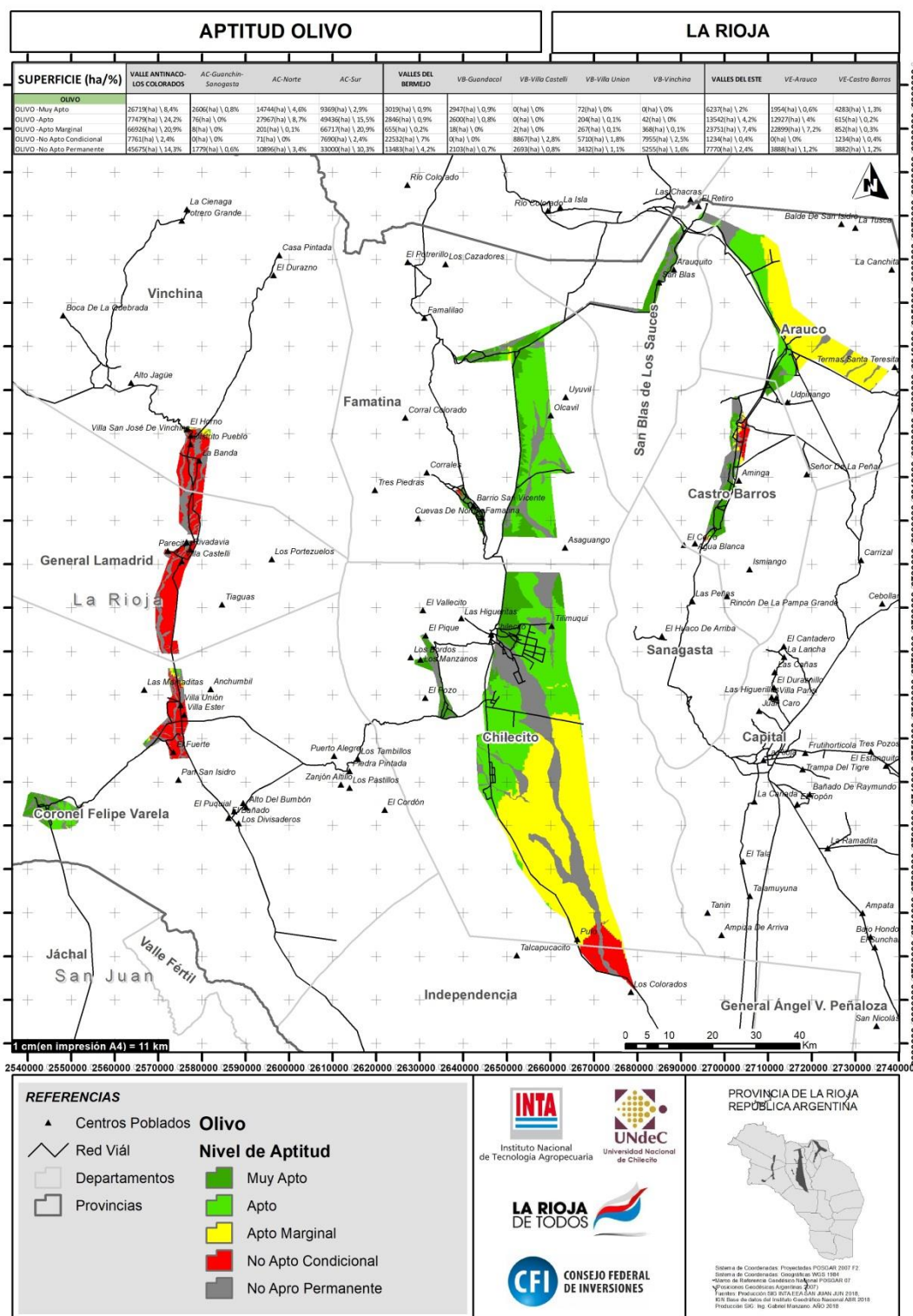


Fig. 86. Distribución de la aptitud para el cultivo del Olivo en los valles del Bermejo, Antinaco Los Colorados, Guanchín Saogasta, Famatina y el Este de la provincia de La Rioja, Argentina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sobre el recurso hídrico disponible

En el territorio evaluado existe una gran variabilidad y complejidad hidrológica e hidrogeológica. Los numerosos antecedentes describen los marcados contrastes en la calidad, cantidad y disponibilidad de agua, tanto superficial como subterránea en la provincia de La Rioja.

La información relevada para la elaboración de este documento debe considerarse como una foto o una situación puntual. No obstante, es objetivo del trabajo realizar recomendaciones para monitorear y gestionar el recurso hídrico. En este sentido, es menester destacar que lo que aquí se expresa como recomendaciones no es novedoso ya que se ha repetido constantemente en todos los trabajos hidrológicos e hidrogeológicos de La Rioja. Para ello es ineludible destacar los documentos de Victoria (1961 y 1962) y del Geólogo Mario Sosic en el trabajo publicado sobre el Valle Antinaco-Los Colorados en el 1971. Posteriormente, muchos de los trabajos efectuados por el INA CRAS remarcaban la necesidad de toma de datos, sistematización y control de la cantidad y calidad del recurso, especialmente, en las áreas fuertemente explotadas como el Valle Antinaco-Los Colorados y Arauco (Salar de Pipanaco) o en futuras áreas donde se pretenda ampliar la superficie cultivada o efectuar obras de importancia hidrológica (diques, por ejemplo) e hidrogeológica (galerías filtrantes, nuevos pozos). En este sentido, se puntualizan algunas recomendaciones:

- Efectuar aforos de los principales ríos y vertientes utilizados para riego en los valles irrigados del Oeste y Este de La Rioja. De no ser posible realizarlo de manera horaria o diaria, al menos efectuarlo mensualmente por personal capacitado y con equipos adecuados evitando sistemas poco precisos, como el método de flotador.
- Montar una red multisectorial (públicas y privadas) de estaciones meteorológicas en todo el Oeste Riojano no sólo incluyendo los valles irrigados sino, además, las áreas remotas y de media-alta montaña.
- Evaluar la situación de las tomas (azudes) y canales del Oeste Riojano debido al deterioro que algunos presentan. Se han advertido numerosas pérdidas de captación y conducción debido a roturas y obstrucciones de diferentes orígenes.

- Analizar la potencial competencia de usos del agua, principalmente para riego y uso doméstico (consumo humano y riego) en las áreas donde se evidencian marcados cambios de uso de suelo, pasando de fincas a loteos para casas de fin de semana o urbanización. Algunos problemas de este tipo se evidencian en Nonogasta, Sañogasta y en la Costa Riojana.
- Evitar el desarrollo –sin estudios previos de detalle– de pozos para uso agrícola en áreas aguas arriba de vertientes tradicionalmente utilizadas para riego como el área del bosquecillo (agua utilizada en Nonogasta) y vertientes de Vichigasta.
- Desarrollar obras hidráulicas como presas y galerías filtrantes sólo considerando la complejidad del sistema hídrico y con suficientes datos hidrológicos e hidrogeológicos que garanticen la funcionalidad de la obra y eviten inconvenientes de disponibilidad y calidad en el corto, mediano y largo plazo aguas abajo.
- Exigir a los usuarios de agua subterránea la presencia – y funcionalidad– de un caño piezométrico y caudalímetro en las perforaciones. Además, debe requerirse el registro mensual de caudales extraídos y variaciones de niveles estáticos y dinámicos. Esta información, además de ser útil para la autoridad de aplicación – ya que le permite estar al tanto de la evolución del sistema acuífero– posibilita al usuario conocer el funcionamiento de su pozo y prevenir roturas de equipos.
- Exigir a los consorcios de regantes (agua superficial), proveedores de agua de red y usuarios privados de agua subterránea estudios químicos básicos en pos de conocer la evolución de la calidad del agua en especial en áreas con problemas de explotación intensiva, evidencias de salinización y/o calidad química para el uso que se requiera.
- Evitar la ampliación de la frontera agrícola y nuevas perforaciones en áreas sometidas a explotación intensiva ya que se agravará la tasa de profundización de niveles estáticos. Sólo debería permitirse el reemplazo de pozos garantizando que los caudales de extracción sean iguales o menores al pozo reemplazado.
- Analizar, con criterio de cuenca, la ampliación de la frontera agropecuaria en áreas poco explotadas a fin de evitar que la extracción del recurso hídrico altere su cantidad y calidad en el corto, mediano y largo plazo.
- Evitar la disposición de efluentes y residuos industriales de diferentes orígenes en suelo, en lagunas no impermeabilizadas o pozos de inyección. Es probable que parte de los problemas de salinización registrados en algunas áreas del Oeste y Este

de la provincia de La Rioja sean originados por esta gestión inadecuada. Para ello, es necesario que las industrias efectúen caracterizaciones químicas de sus efluentes, estimen cargas contaminantes y desarrollen medidas de minimización (producción más limpia) y valorización, o en su defecto tratamiento y disposición final adecuada.

- Desarrollar nuevos balances hídricos y modelizaciones matemáticas en las cuencas fuertemente explotadas por actividad agropecuaria y agroindustrial a fin de ser utilizados como herramientas de gestión. Para ello, es necesario contar con datos que a la fecha no se recaban o se encuentran dispersos en diferentes instituciones públicas, privados y consultores.
- Desarrollar un plan integral de sistematización de evacuación de excesos hídricos en fincas a fin de evitar daños o perjuicios por erosión de aquellas localizadas aguas abajo. Este plan debe priorizarse especialmente en áreas con ampliación de la frontera agropecuaria.
- Reglamentar y aplicar la Ley de Política Hídrica Provincial 8.871.
- Conformar y poner en funcionamiento el Consejo de Participación Política y Consejo Interinstitucional del Instituto Provincial del Agua a fin de democratizar la toma de decisiones y la gobernabilidad del recurso hídrico en la provincia de La Rioja.

Sobre los suelos

Los valles relevados presentan un patrón de distribución de suelos muy característico de zonas intermontanas de clima muy árido. El grado de heterogeneidad de los suelos en las áreas estudiadas está muy influenciado por el relieve de cada zona. En el caso de los valles estrechos y encajonados como Famatina o Sañogasta se presentan dos ambientes edáficos dominantes. Ellos son el “Pedemonte”, cuyo perfil característico es de suelos someros de matriz arenosa y el segundo está representado por las “Vías de escurrimiento”, constituida por bajadas de creciente y ríos o arroyos. Estas áreas presentan perfiles de suelo donde las arenas, gravas, gravillas y cantos rodados, dominan la matriz por lo que la potencialidad de uso agrícola es muy limitada o nula. En las zonas con planicies abiertas aparecen grandes zonas con micro relieve ondulado formado por la deposición de arenas finas que conforman dunas de diferente tamaño. En muchos sitios estos depósitos son de tipo mixtos es decir fluvio-eólicos donde además del relieve ondulado aparecen las vías de escurrimiento con diverso grado de erosión. En áreas aledañas al Río Bermejo se presentan suelos de textura fina con salinidad muy elevada y napa freática superficial. Una situación similar se presenta en la zona sur del Valle Antinaco-Los Colorados, en la zona más deprimida ubicada hacia el faldeo de la Sierra de Velasco. Estas áreas se identifican también por la presencia de plantas halófitas muy tolerantes a salinidad y eflorescencia salina en superficie.

A continuación, se presenta una breve descripción más detallada de cada uno de los valles relevados.

Valle de Bermejo:

En términos generales predominan suelos de texturas medias (Franco-Arenoso y Franco Limoso) y de buenas características para uso agrícola. Los más profundos se presentan en las localidades de Villa Castelli, Vinchina y Villa Unión y en general son no salinos en los terrenos cultivados y moderada en sectores incultos. En zonas aledañas al cauce actual o antiguo del Río Bermejo se presentan suelos salinos sódicos. A partir de Villa Unión, hacia el Sur el valle se amplía y con ello también el lecho del río y su planicie de inundación donde es común la presencia de suelos de textura fina (Franco arcillosa, franco limosa). En la margen derecha del Río Bermejo se presentan importantes depósitos eólicos en tierras sin dominio de riego. Finalmente, hacia el oeste, en la localidad de Guandacol se presentan suelos con alto potencial productivo. Son profundos, bien

drenados con predominio de textura franco arenosa, principalmente en el centro y hacia el oeste. Hacia el este se destacan dominan los ambientes fluvio-eólicos y medanosos muy dinámicos y poco productivos para agricultura.

Guanchín-Sañogasta: La distribución de los suelos responde a la geomorfología propia de un valle agosto y encajonado donde la transición entre los suelos someros pedregosos de piedemonte y los de tipo fluvial es bien marcada. Los ambientes pedemontanos son los más dominantes y de bajo aprovechamiento agrícola que requiere una elevada inversión para su habilitación. Los suelos de tipo fluvial son unidades con suelos Francos o franco arenosos, profundos y circunscriptos a reducidos sectores en donde se realiza cultivo de nogal principalmente.

Antinaco-Los Colorados: En un extenso territorio y donde están incluidos sub-áreas productivas de altura como son el valle de Famatina y el corredor Chañarmuyo-Las campanas que incluye diversas localidades de San Blas de los Sauces. En estas zonas dominan los suelos someros pedregosos relativamente poco profundos y con relieve ondulado. Más abajo en altitud se encuentra la localidad de Villa Pituil la cual está emplazada sobre una plataforma de suelos medios profundos y bien drenados producto de lo cual la actividad agrícola se desarrolla sin dificultad. Hacia el sur y al este, las tierras pierden calidad presentándose una importante extensión dominada por piedemonte en la zona alta y depósitos eólicos en las zonas bajas. Los suelos esqueléticos (matrices con baja retención de agua) dominan el paisaje desde Pituil hasta Tilimuqui. Desde esa localidad y hasta Nonogasta se concentra la zona con mejores posibilidades de aprovechamiento productivo ya que los suelos de texturas medias poco erosivos dominan el área. Se destacan Malligasta, Anguinán y Nonogasta que presentan con suelos de diversa granulometría y con buena potencialidad agrícola. Entre Vichigasta y Catinzaco, la agricultura solo es posible en el piedemonte occidental ya que el resto del valle (al Este) está formado por depósitos eólicos y bajos inundables muy salinos. En el extremo sur del área relevada, se presentan dos ambientes muy marginales para agricultura como lo son los suelos arenosos inestables y los terrenos bajos de textura arcillosa y muy salina.

Valles del Este:

En lo que respecta a los suelos de esta zona, se presentan dos ambientes edáficos bien diferenciados. Uno de ellos abarca una estrecha franja contra el faldeo occidental de la Sierra de Velasco, que presentan una serie de localidades con actividad agrícola. Por la superficie cultivada se destacan las localidades de Aminga y Pinchas con buenas características de suelos y, menos pedregosas por encontrarse más alejado de la sierra. Los sectores más cerca del piedemonte presentan suelos pocos profundos más difíciles de laborear por la elevada pedregosidad y cortados por bajadas de creciente.

El otro ambiente es el sector Norte que corresponde al área más deprimida de la Costa Riojana. En el sector Norte del valle las tierras con aptitud agrícola ocupan una angosta terraza recostada hacia el este, el resto del área está dominada por un importante cono aluvional. La localidad más conocida es Bañado de los Pantanos donde se presentan suelos de textura media bien drenados con niveles de salinidad de moderados a altos en sectores no cultivados. Hacia el sur de los Bañados y hasta Aimogasta es posible encontrar planicies arenosas de origen fluvial en su mayoría (arenas medias a gruesas) que corresponden en el paisaje a la zona distal de los conos aluvionales y es donde se concentran explotaciones con cultivos de jojoba. En la localidad de Aimogasta se presentan suelos de textura Franco Limosas y Franco arcillosa y hacia la periferia el paisaje es medanoso o con suelos someros. Finalmente, en la zona de Villa Mazán los suelos son profundos, de textura media y productivos. Al este de la Estación Mazán, se presentan ambientes netamente arenosos con baja retención de humedad. Al igual que Aimogasta, en la zona predominan vientos constantes de moderada intensidad pero ello no es una condición limitante para el desarrollo agrícola.

Sobre la aptitud de los cultivos

El presente trabajo tuvo como finalidad identificar, delimitar y clasificar áreas por su aptitud agroecológica para el desarrollo de cultivos frutales (Olivo, Almendros, Pistacho, Pecán y Nogal) en los valles de Antinaco-Los Colorados, Bermejo y Región Este de la provincia de La Rioja.

La evaluación agro-climática de las tierras constituye una poderosa herramienta de gestión pues ayuda a articular acciones sobre el territorio con el fin de propiciar un uso y manejo sostenible de la tierra. Involucra no solo a la información de suelos sino también precisa información de clima y aspectos agronómicos que rodean la producción. En rigor, este instrumento permite predecir los efectos positivos o negativos del uso y gestión de la tierra.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el área estudiada presenta superficie con diferentes niveles de aptitud para el desarrollo de los cultivo del Olivo, Almendros, Pistacho, Pecán y Nogal. Este conocimiento es muy valioso para la toma de decisiones sobre futuras inversiones para la actividad frutícola.

De las 394.631 ha evaluadas en los tres valles, los frutales como el Nogal, el Almendro y el Pistacho no superan en ningún caso el 10% de superficie, para los niveles: **Muy Apta**, sin limitaciones para el mismo o con menores limitaciones que no reducen los niveles de producción y que no requieren de un manejo especial y **Apta**, tierras con leves limitaciones que reducen leve o moderadamente los niveles de producción y que requieren de un manejo o prácticas especiales con gastos que no ponen en riesgo la rentabilidad del proyecto. Sin embargo, en todos los casos se podrían cultivar más de 15.000 ha por cultivo, pudiendo ser coincidente o no las áreas con aptitud.

Del estudio se desprende que existen unas 35.000 ha, lo que representa casi el 10% de la superficie relevada, que presenta condiciones **Muy Aptas** para el cultivo del olivo. Aún más, casi un 20% de la superficie se consideró **Apta**, lo que a fin práctico significa disponer de más de 90.000 ha. Si sumamos estas dos áreas, donde resulta viable el desarrollo de este cultivo, se alcanza una superficie aproximada de 130.000 ha. Si bien parte de esta superficie se encuentra actualmente en uso, las posibilidades de expansión del olivo solo en este valle, resulta muy promisoría.

En el caso del Pecán, si bien la información disponible sobre el comportamiento fenológico en la zona de estudio es muy escasa, en forma preliminar se puede afirmar que existe una superficie con aptitud potencial para este cultivo que ronda las 70.000 ha.

Una porción importante del área evaluada es **Marginalmente Apta** y **No Apta** para el desarrollo de alguno de los cultivos frutales evaluados. Esto incluye superficie con posibilidades agrícolas y no aptas para la agricultura. Cabe destacar que, en muchos casos, la categoría de tierra **Marginalmente Apta** se relaciona con la definición de una probabilidad de ocurrencia de alguna adversidad climática, que para algún inversor pueda resultar baja (Ejemplo: 11 al 33% de ocurrencia de una helada tardía que afecte la floración de Almendro). Dado que éste trabajo debe proveer una información confiable para aquellos que quieran emprender una explotación con estos frutales, los niveles de seguridad aquí considerados son altos. El usuario de la información aquí presentada cuenta con los mapas de distribución de probabilidad de ocurrencia de adversidades climáticas en el Anexo I, con lo cual podrá considerar otros niveles de riesgo no considerados en éste trabajo.

El presente trabajo concluye que existen áreas fuertemente explotadas desde el punto de vista del recurso hídrico subterráneo, lo que provoca una explotación intensiva de los acuíferos. Es interesante destacar que existe una amplia posibilidad de expansión de cultivos como el Oliva o el Almendro, especies con un muy bajo requerimiento de agua en comparación con cultivos hortícolas, pasturas bajo riego u otros frutales.

Es importante destacar que la mayor precisión de los mapas de aptitud se obtiene de una buena información fenológica de los cultivos en las distintas regiones. Para el caso del Pistacho, Almendro, Pecán y parcialmente en Nogal, será necesario generar mayor información sobre la descripción de las diferentes etapas del desarrollo de estas especies frutales en los tres valles. Será función del gobierno provincial incentivar la implementación de 'jardines varietales' en el territorio, a través de los organismos locales de investigación como el INTA, la UNDEC o la UNLAR. Esta información generada podrá brindar una mayor certeza sobre la superficie disponible con potencial de cultivo.

Para 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.

La experiencia previa, resultado del desarrollo de la actividad por más de un siglo en los valles cordilleranos de la Provincia de La Rioja, junto con éste estudio detallado del

suelo, agua y clima, 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 fruti-hortícola de la provincia de La Rioja.

LITERATURA CITADA

- Andrieu, Jimena et al. 2013. Perspectiva del cultivo del pistachero en la provincia de San Juan. INTA San Juan.
- Asadolah Aslani Aslamarz (2009). Estimation of Chilling and Heat Requirements of Some Persian Walnut Cultivars and Genotypes. Department of Horticulture, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran. HORTSCIENCE 44(3):697–701.
- Atlas total de la República Argentina 1982- Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- Babelis, G. C., Vita Serman, F. & Sierra, E. M. (2013). Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle de Tulúm. Buenos Aires, Argentina: Consejo Federal de Inversiones.
- Barranco, D., Ruiz, N. & Gómez-del-Campo, M. (2005). Frost Tolerance of Eight Olive Cultivars. HortScience 40(3): 558-560.
- Bracaccini, O.; Rey, P. 1951. “Estudios geológicos y geofísicos en el valle de Chilecito-Patquía”. Dirección de Minería de La Rioja. Inédito.
- BREMNER, J. L. 1960. Determination of Nitrogen in soil by the Kjeldahl method. J. Agr.Sci. 55. P: 1-23.
- Bianchi, Alberto. (2008). Ecorregiones Norandina, descripción, subregiones, agroecosistema productivos y cartografía regional. Ediciones INTA, EEA SALTA.
- Cabrera, A. 1994. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería (1). Ed. ACME. 85 pp. Buenos Aires.
- Cabrera, A. 1976. "Regiones fitogeográficas argentinas". Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Fascículo 1, tomo II, segunda Edición. Editorial ACME S.A.C. T.
- CFI (2015) Informe del Censo de Productores Nogaleros y Caracterización Socio-Técnica de la actividad en la provincia de La Rioja.
- Coria Jofré, D. O. 1974. “Estudio integral de la Cuenca San Blas de Los Sauces. Agua Subterráneos”. Consejo Federal de Inversiones. Biblioteca CFI. Informe 15352.
- Daminani, O.A. Savioli, G.; Sánchez, V.H. 2006. “Estudio Hidrogeológico del área de Guandacol – Santa Clara”. IT-250.
- Documento base del sistema nacional de monitoreo y vigilancia de plaga para Pecán (*Carya illanoinensis*) (2017). Argentina.

- FAO (2010), Protección contra heladas: Fundamentos, practica y economía. El daño producido por las heladas: Fisiología y Temperaturas Críticas. Capítulo 4.
- Fernández Long M., (2015). Heladas Argentinas. Centro de Información Agroclimática. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. http://www.agro.uba.ar/heladas/chilecito_aero_0.htm).
- Ferres, C.J. 2004. “Diseño y Operación de una Red de Control de la Evolución Química del Agua Subterránea en las Cuencas del Cono Aluvial de La Rioja Capital y Bañado de los Pantanos–Machigasta”. Convenio INA CRAS y Provincia de La Rioja. Informe Técnico– DI-356.
- García, E. 1994. “Actualización y evolución de las características químicas del agua subterránea del valle Antinaco-Los Colorados. Calidad de Agua para Riego”. Centro Regional de Agua Subterránea. Informe Técnico IT-147. San Juan. 22 pp.
- García Maurizzio, R.F. 1998. “Identificación y evaluación de fuentes de Agua. Villa Mazán”. Consejo Federal de Inversiones. 27 pp.
- García Maurizzio, R.F. 1998. “Identificación y evaluación de fuentes de Agua. Estación Mazán”. Consejo Federal de Inversiones. 17 pp.
- García Maurizzio, R.F. 1998. “Identificación y evaluación de fuentes de Agua. Bañado de Los Pantanos”. Consejo Federal de Inversiones. 18 pp.
- García Maurizzio, R.F. 1998. “Identificación y evaluación de fuentes de Agua. Termas de Santa Teresita”. Consejo Federal de Inversiones. 16 pp.
- Godagnone et. al. 2010. Estudio de suelos del campo experimental Tilimuqui- INTA. Provincia de La Rioja. Centro Regional Catamarca-La Rioja & Centro de Investigaciones en Recursos Naturales.
- Gómez-del-Campo, M., Morales-Sillero, A., Vita Serman, F., Rousseaux, M. C. & Searles, P. S. (2010). El olivar en los valles cálidos del Noroeste de Argentina (provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan). *Olivae* 114: 23-45.
- Gomez Riera, P. y Vita Serman, F. (Eds) (2014). Visión prospectiva de la cadena del olivo al 2030. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Gonzalez Ribot, J.V.; Miguel, R.E. 2016. “Evolución de los niveles estáticos de agua subterránea en las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán, Chilecito, Provincia de La Rioja. Período 1973 – 2005 – 2014”. Libro de Resúmenes Extendidos de las I Jornadas Internacionales Ambiente. 129-131.

- Grassi, J.C. 1960. “El problema del agua en La Rioja”. Primeras Jornadas Económicas Riojanas. Septiembre de 1960.
- Gucci, R. (2014). Implications for Orchard Management of Olive Trees Responses to Abiotic Stresses. Acta Hort: 247-256.
- Ibache Gonzalez, Antonio (2001). Curso Frutales de Nuez no tradicionales: Macadamia, Pistachio, Pecano, Avellano Europeo. Pag. 54. INIA CRI La Platina. ISSN 0717-4810.
- INTA, (2008). Plan Operativo Anual 2008. Área Frutos Secos. Agencia de Extensión Rural Chilecito (L.R.).
- Iannamico Luis (2015). Cultivos del Almendro; Ediciones INTA;
- JACKSON, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. 3ª edición, Omega. Barcelona.
- Klor, L.G. (Inédito). “Inventario y diagnóstico de los sistemas de riego y drenaje en la República Argentina, Provincia de La Rioja”. Administración Provincial de Agua de La Rioja.
- Lemus Gamalier.(2001). Curso, frutales de nuez no tradicionales: Macadamia, Pistacho, Pecano, Avellano Europeo. Fundación para la Innovación Agraria Ministerio de Agricultura de Chile.
- Lemus, Gamalier S. (Ed.) (2004). “El cultivo del Pistacho”. Proyecto FIA N° C.96-I-1-025. INIA-La Platina, Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Ministerio de Agricultura, Chile.
- López, Jose francisco et al (2017). El cultivo del Pistachio. Páginas 25-39-Ediciones Mundi-Prensa-España. ISBN: 978848476.
- MC George, W. 1939. Factors influencing the availability of native soil phosphate fertilizer in Arizona soils. Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 40
- Madero E. et al.(2017). Manual de manejo del huerto de nogal pecán – Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-778-2 (digital).
- Miarnau, Xavier.(2012). Almond flower tolerance to spring frosts in new Spanish cultivars. In proceeding of: VI International Symposium of Almonds and Pistachios, March 27-31, Murcia (Spain).
- Miguel, R.E.; Gonzalez Ribot, J.V.; Agüero Alcaras, L.M.; Juarez, O. 2016. “Hidroquímica de los ríos del faldeo oriental de las Sierras de Famatina y su relación con las formaciones geológicas”. III Jornadas Nacional y I Jornadas Internacionales de Ambiente. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 26,

27 y 28 de octubre de 2016. Campus Universitario UNICEN. Tandil, Buenos Aires, Argentina.

- Miguel R.E. y Gonzalez Ribot, J.V. (Inédito). “Caudales y calidad química de ríos y vertientes del Departamento de Famatina”. Informes mensuales de registros INTA.
- Miguel, R.E.; Tálamo, E.; Cristos, D.S.; Gonzalez Ribot, J.V.; Chayle, L. 2016. “Análisis y evolución del proceso de salinización del sistema acuífero Antinaco Los Colorados en las Colonias de Vichigasta y Catinzaco, La Rioja, Argentina”. Actas del IX Congreso Argentino de Hidrogeología 2016. Calidad de Agua Subterránea 304-311.
- Miguel, R.E. y Gonzalez Ribot, J.V. 2016. “Evolución hidrodinámica e hidroquímica del acuífero explotado para riego en las Colonias Agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinan, Chilecito, La Rioja”. Actas del IX Congreso Argentino de Hidrogeología 2016. Hidrogeología Regional. 166-173.
- Miguel, R.E.; Gareis, M.C. 2017. “Frontera agrícola, recurso agua y energía. Ampliación de la frontera agrícola e industrial en la Cuenca Antinaco – Los Colorados. Su implicancia en el recurso hídrico y en la energía”. Revista RASADEP, Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes. Vol. 7:2. pp 1-11.
- Morras, H.; Moretti, L.; Altinier, M.; Favret, E.; Bressan, E. y Romero, A. 2010. Nuevos elementos sobre la génesis y taxonomía de algunos suelos de los llanos de La Rioja.
- Nijensohn, L.; Pilasi, H. 1962. Correlación entre el contenido de agua a pF0, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla. Resúmenes de trabajos y comunicaciones. 2da Reunión Argentina y 1er Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo.
- Opazo Ernesto Saavedra (2011). El Pistachero, Antecedentes generales y avances en el manejo Agronómico del cultivo del pistachero en Chile; Chile
- Otonello, R.E. 2017, Diario El Independiente. “El viejo dique de Los Sauces”. Versión impresa: 13 de marzo de 2017.
- PASMA - Pcia. La Rioja. 2001. Suelos. Información Geoambiental Minera de Base. Secretaría de Minería de la Nación Argentina. Disponible en: <http://www.mineria.gob.ar/estudios/irn/lrioja/F-63.asp#m5>.
- Panigatti, JL 2010. Argentina 200 años, 200 suelos. Ed. INTA Buenos Aires. 345 pp. Ilustraciones y Cuadros.
- Peña, E.P. 1969. “Primera Reunión Nacional para la experiencia piloto de desarrollo cultural en la Rioja”. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinarias. Tomo XXIII. 206-218.

- Peterson, J. K. (1990). *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch Pecán. In: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., technical coordinators. *Silvics of North America*. Vol.2, 10 pp.
- Pratt, P; Morse, H., 1954. Potassium release from exchangeable and non-exchangeable forms in Ohio soils. Ohio Agricultural Experiment Station Research. Bulletin 747.
- Poblete, M.A.; Guimaraes R.E. 2006. “Evaluación hidrogeológica de los acuíferos explotados en la cuenca Antinaco-Los Colorados”. San Juan. INA-CRAS Centro Regional de Aguas Subterráneas. 28.
- Ramos David. 1998. Walnut Production Manual. Pag. 61 al 63; Universidad de California. Publicación: 3373. ISBN-13: 978-1-879906-27-3
- Requerimiento de Clima y Suelo. Frutales de Hojas Caducas(1989).Centro de Información de recursos naturales- Publicación 83.- Chile.
- Reyes Marisol, (2004). Frutales: Especies con potencial en el secano interior; Pag. 33 – 51; Boletín N° 120; Chile.
- Richardson et al (1974). A model for estimating the completion of rest for «Redhaven» and «Elberta» Peach trees. *HortScience* 9(4):331-332.
- Robles, J. A. (2008). Cadena Agroalimentaria el Nogal. Situación actual de la nogalicultura riojana. AER INTA Chilecito, La Rioja
- Rosa, H. & M. Mamaní. 2000. Geomorfología de La Rioja. In: Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina Argentina. Caracterización general y estudios sistemáticos por Provincia. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap17.htm#inhalt>.
- Ruiz, N., Barranco, D., Rapaport & F., H. (2006). Anatomical response of olive (*Olea europaea* L.) to freezing temperatures. *Journal of horticultural science & biotechnology* 81(5): 783-790.
- SAGyP – INTA. 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina. Proyecto PNUD Arg-85/019, Buenos Aires. Dos tomos, 1600 p. 39 mapas
- Sánchez, V.H.; Gianni, RN.; Di Chiacchio, J.C.; Victoria, J.A.; Pellegrino, J; Mercado, N.; Guimaraes, R. 1995. “Evaluación Hidrogeológica general del área Colonias de Machigasta y Bañado de los Pantanos. Provincia de La Rioja”. INA CRAS IT-166.
- Sánchez, V.H. 1997. “Hidrogeología del sector comprendido entre Villa Unión y Villa Castelli. General Villegas. Provincia de La Rioja”. CRAS RR-207.

- Sánchez, V.H. Damiani, O.A.; Savioli, G.; García, E. 2002. “Reserva hidrológica del área de Vinchina y Villa Unión”. INA CRAS. DI-341.
- Sibbet, Steven,(1998). Walnut Production Manual. Pag. 90 al 98; Universidad de California. Publicación: 3373. ISBN-13: 978-1-879906-27-3.
- Sierra, M, E (2007). Agroclimatología del Pecán(*Carya Illanoensis*) en la Argentina. UBA-INTA Buenos Aires Argentina.
- Sierra, E.; Dominguez, J. y Lopez, E. 2015. Estudio de prefactibilidad agroecológica y económica de los cultivos de nuez pecán, almendro y pistacho en la provincia de La Rioja
- Silva Rossi, M. 2014. Evaluación de los suelos y riego de la Finca Vista Larga, Chilecito, La Rioja.
- Sosic, M. 1971. “Descripción hidrogeológica del Valle de Antinaco-Los Colorados, prov. de La Rioja”. Buenos Aires. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín 123. 51 pp.
- Subsecretaria de Recursos Hídricos de la República Argentina. 1997. “Estadística Hidrológica 1997”. Secretaria de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. República Argentina. Tomo 1.
- Subsecretaria de Recursos Hídricos de la República Argentina. 1997. “Estadística Hidrológica 1997”. Secretaria de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. República Argentina. Tomo 2.
- Tálamo, E. 2013. “Estudio Hidrogeológico. Modelo conceptual sobre el funcionamiento hidrogeológico del Salar del Pipanaco”. Versión Resumida. ConHidro, IHLla, Gobierno de Catamarca. 64 pp.
- Torres, C.A.J.; Gianni, R.N. Ferres, C.A.; 2004. “Caracterización Hidrogeológica e Hidroquímica Preliminar en la Zona de Aminga y Pinchas”. Convenio INA CRAS y Administración Provincial del Agua, Provincia de La Rioja. Informe Técnico IT 227.
- Torres, C.A.J. 2006. “Estudio hidrogeológico preliminar de la cuenca subterránea adyacente al faldeo oriental del Norte de la Sierra de Famatina”. INA-CRAS. IT-242.
- Torres, C.A.J. 2006. “Estudio hidrogeológico preliminar de la cuenca subterránea adyacente al faldeo oriental del Norte de la Sierra de Famatina”. INA-CRAS. IT-243.

- Tudela, Viviana, et al. (2016). Modelling impact of freezing temperatures on reproductive organs of deciduous fruit trees. Centro de Agricultura y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Rocca, J.A. 1975. "Investigación del agua subterránea en el Valle Antinaco-Los Colorados, Provincia de La Rioja". Publicación N° P-067. INA CRAS. Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Ambiente Humano, Subsecretaría de Recursos Hídricos. pp. 350.
- University of Georgia, (2005). Pecán. *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch. Disponible en: www.uga.edu/fruit/Pecán.html.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1960. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual 60. Washington. 160 p.
- Varela, O. & G.S. Jaime. 2010. Nota sobre la estructura poblacional de árboles en la llanura de Los Mogotes Colorados, La Rioja- Argentina. Lilloa 47: 118-122.
- Van Wambeke, A. Y C.O. Scoppa. 1980. Las Taxas Climáticas de los Suelos Argentinos. Pub.N°168. INTA. CIRN. Buenos Aires.
- Victoria, J. 1961. "Capítulo 35: Ríos y arroyos de la falta oriental Sud-oriental del Velasco (Provincia de La Rioja)". Editor: Victoria, J. "Recursos Hidráulicos Superficiales, Tomo IV, Vol. 2. Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires. Editorial CFI. 679-686.
- Victoria, J. 1961. "Capítulo 36: Tributarios del valle de Chilecito o Bajos de Santa Elena (Provincia de La Rioja)". Editor: Victoria, J. "Recursos Hidráulicos Superficiales, Tomo IV, Vol. 2. Consejo Federal de Inversiones. Buenos Aires. Editorial CFI. 687-700.
- Victoria, J. 1962. "Capítulo 4: Provincia geológica de los bolsones de los llanos occidentales" Editor: Victoria, J. "Evaluación de los recursos naturales de la Argentina, Recursos Hidráulicos Subterráneos, Tomo V, Vol. 1 y 2" Consejo Federal de Inversiones 55-73. Buenos Aires. Editorial CFI.
- Villaseca S., 2007. El Nogal, una especie exigente en suelo y clima" Revista Tierra a Adentro; INIA La Platina, Chile.-
- Vita Serman, F., Babelis, G., Gallego, M., Kiessling, J., López, E. & Sierra, E. (2012). A Frost Regime Microclimatological Study in Southern Argentina (Añelo, Province of Neuquén). Acta Hort 1057(2): 147-153.
- Vita Serman, F. & Matías, A. (2013). Zonas olivícolas de Argentina, contexto y prospectiva de la cadena de olivo. 21: INTA. Ed. Electronica.

- Vita Serman, F. (2015). Papel del estrés hídrico sobre la resistencia al daño por heladas en plantas jóvenes de olivo y su relación con la aclimatación por frío. Instituto de Postgrado (IdeP), Vol. Master of Science, 107: Universidad de Córdoba, España (UCO).
- Volpi, C.A. 1923. “Hidrología de la Provincia de La Rioja”. Archivo técnico de AyEE. Dirección General de Irrigación.