



¿Cuánto crece y cómo afecta el clima el crecimiento del pino piñonero a lo largo de Chile?

Crecimiento de pino piñonero según macrozona

Crecimiento	Norte	Secano Costero	Sur	Media nacional
Altura (cm/año)	34	23	35	32
DAP (cm/año)	1,21	0,87	1,50	1,24
Árboles vigorosos (%)	60,4	44,4	74,1	62,8
Árboles con daño abiótico (%)	2,8	4,4	3,5	3,6

- Crecimientos superiores a los observados en su hábitat nativo.
- Adaptación de la especie a largos períodos de sequía gracias a raíces profundas.
- Chile presenta características edafoclimáticas que permiten su cultivo en importantes áreas del país, lo que posibilita su establecimiento con fines comerciales.

Variables climáticas que afectan el crecimiento del pino piñonero en Chile

Crecimiento	Oscilación térmica de invierno	Temperatura media anual	Temperatura media mínima	Precipitación anual	Déficit hídrico en primavera
Diámetro		<14,3°C (49%)	<6,6°C (18%)		
Altura	>14,3°C (2.2 veces)	<14,3°C (67%)		≥ 1.398 mm (70%)	< 400 mm (30%)

La ocurrencia de **heladas fuertes** que dañan las raíces **no son comunes donde** se ha plantado en Chile.

Estaciones secas prolongadas afectan el crecimiento debido al déficit hídrico.



- Temperatura media anual bajo 14,3°C es relevante para el crecimiento en DAP y altura.
- La importancia de la temperatura media fue **corroborada en mediciones diarias** del crecimiento diamétrico: activación a 11,6°C y drástica reducción al alcanzar 15°C.
- Relevancia de la temperatura para la especie: un hábitat más fresco le permite vivir con menor disponibilidad hídrica, explicando el comportamiento de la especie en Chile.
- También observado en el **tipo de proteínas** presentes en piñones cosechados en el país.
- Con el cambio climático se prevé una reducción de las tasas de crecimiento de la especie, especialmente en las macrozonas Norte y del Secano Costero.



¿Cuánto produce y cómo afecta el clima a la productividad frutal de pino piñonero a lo largo de Chile?



Contents lists available at ScienceDirect

Agricultural and Forest Meteorology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agrformet



Fruit productivity of Stone pine (*Pinus pinea* L.) along a climatic gradient in Chile



Verónica Loewe-Muñoza, Mónica Balzarini, Andrea Álvareza, Claudia Delarda, Rafael Ma Navarro

- * Chilean Forest Institute (INFOR), Metropolitan Office, Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago, Chile
- CONICET Biometry Unit, College of Agriculture, Universidad Nacional de Córdoba, Ciudad Universitaria, CC509, 5000 Córdoba, Argentina
- Laboratorio de Repoblaciones Forestales, Dpto. Ingeniería Forestal, E.T.S.I.A.M. Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Edif. Leonardo da Vinci Planta Baja, Crta. N-IV-a Km. 396, Córdoba, Spain

ARTICLE INFO

Article history: Received 30 September 2015 Received in revised form 11 April 2016 Accepted 12 April 2016

Keywords: Biometeorological variables Climatic impact Cone production Cone weight Pine nut yield

ABSTRACT

Pinus pinea L is a Mediterranean species of economic importance due to its edible seeds, the pine nuts that have high market value. We analyzed fruit productivity by recording cone number per tree (CN) on 3464 trees distributed along a climatic gradient in Chile. Cone weight at harvest (CW) and in-shell pine nut number per cone (IS) were measured on 76 superior trees. Climatic and biometeorological variables, defined based on 11 physio-phenological reproductive phases, were related to fruit production traits. Results showed marked differences among North, South and Dry coast areas. The highest values of cone productivity (32 kg tree-1) and CN (62 cones tree-1) were recorded in the South. Stone pine cone production throughout Chile was favored by spring minimum temperature above 7 °C; annual thermal oscillation below 12 °C and late summer temperature below 6 °C during differentiation of reproductive shoots; and a high spring rainfall, except during male flowering period. Accumulated rainfall above 14 mm during 2 year-old conelet growth produced heavier cones. IS significantly increased when accumulated rainfall during cone ripening was above 133 mm. Therefore, water supply would be recommended as a cultural practice to mitigate the negative impact of reduced water availability on fruit productivity.

© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.



Ciclo reproductivo de pino piñonero en la zona central de Chile

Año	Fase fisiológica o fenológica	Mes											
		A	S	0	N	D	E	F	M	A	M	J	J
0	F1. Inducción de primordios masculinos F2. Inducción de primordios femeninos												
1	F3. Diferenciación de brotes reproductivos F4. Floración masculina F5. Floración femenina F6. Polinización						ı						
2	F7. Crecimiento de la piña de 2 años												
3	F8. Crecimiento de la piña de 3 años F9. Fecundación F10. Desarrollo del embrión F11. Maduración de la piña												







F4 (mes 11)



F5 (mes 12)



F6 (mes 13)



F7 (meses 23-25)



F8 (meses 35-38)



F11a (meses 41-42)

F3 (mes 9)

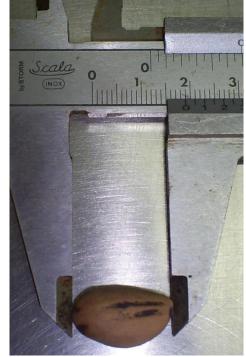












Caracterización de la productividad frutal del pino piñonero según macrozona

Variable Productiva	Norte	Secano Costero	Sur	Media
Piña				
Piñas/árbol (N°)	49	59	62	57
Peso de la piña a la cosecha (g)	480,7	489,5	513,4	495
N° Piñones con cascara/piña	93	107	106	100
Piñón				
N° piñones pelados /piña	87	94	101	94
Rendimiento de piña a piñón pelado(%)	3,7	3,5	4,3	3,9
Producción piñas (kg/100 árb)	2.355	2.888	3.183	2.821
Producción piñón pelado (kg/100árb)	87	101	137	110

- Entrada en producción adelantada, a partir de los 8 años.
- Peso superior al reportado en España, Túnez y Portugal.
- Calidad de la piña se expresa a través de su peso, que controla rendimiento, % de piñones vanos y tamaño del piñón.
- Producción media de 28 kg/árbol **elevada** en comparación con su hábitat nativo como Portugal pero inferior al Líbano.

Variables climáticas que afectan la producción de pino piñonero en Chile

Variable	Precipitación anual	Precipitación primavera	Déficit hídrico	Déficit hídrico primavera	Oscilación térmica	Oscilación térmica otoño	Temperatura media anual	Temperatura máxima otoño
N° Piñas/árbo	ol	≥65 mm (46%)		< 345 mm (60%)	<12°C (43%)	<12°C (125%)		
Peso piñas	≥ 507 mm (29%)		< 914mm (27%)				≥14°C (38%)	
N° semillas/pi	iña		< 914 mm (37%)					≤ 19°C (18%)

Cantidad de piñas depende de la disponibilidad hídrica en primavera.

Importancia de la fluctuación térmica ha sido reportada por varios autores.

Precisamente cuando la inducción de los primordios femeninos ocurre.

Precipitaciones bajo 400 mm generan pesos <200 g.

Efecto significativo del clima del año en el peso de la piña.

Tanto la **precipitación anual como el déficit hídrico afectan significativamente** la cantidad de piñas/árbol, su peso y la cantidad de piñones/piña.

Variables biometereológicas que afectan la producción en Chile

	Inducción	Diferenciación	Flo	ración	Desarrollo de la piña			
-	Primordios masculinos	Brotes reproductivos	Masculina	Femenina	Crecimiento de la piña de 2 años	Crecimiento de la piña de 3 años	Desarrollo del embrión	Maduración de la piña
Fase	Fl	F3	F4	F5	F7	F8	F10	Fll
Año	0		1		2		3	
Fecha								_
de	Nov., 15	Julio, 15	Sept., 15	Oct., 15	Sept.,15	Sept., 15	Nov., 15	Mar., 15
hasta	Enero, 15	Sept., 15	Nov., 15	Dic., 15	Enero, 15	Feb., 15	Abr., 15	Junio, 15
N° piñas/árbol		Oscilación térmica ≤ 6°C (65%)	Precipitación ≤70mm (87%)	Temp. Min. ≥ 7°C (205%) Déficit hídrico < 200mm (130%)				
Peso piñas					Precipitación >14 mm (14%)		Temp. máx. ≥ 23°C (29%) Déficit hídrico < 774 mm (23%)	
N° semillas/ piña	Precipitación >53mm (19%)				Temp. máx.≥ 24°C (12%)	Precipitación >78mm (18%)		Precipitación >133 mm (22%)

- Efecto negativo de alta precipitación en floración masculina previamente reportada.
- Precipitación durante la floración favorece la producción de piñas.
- Información útil para definir requerimientos de riego en huertos intensivos.



- La precipitación y la temperatura son variables climáticas importantes para la fructificación a lo largo de Chile.
- Su importancia relativa varía entre macrozonas para la mayoría de los caracteres, más
 elevados en la Sur, con una producción de piñas un 26% superior respecto a la Norte.
- Los resultados indican un **potencial productivo alto** en Chile, especialmente en zonas donde el clima es más favorable, como en el sur.
- Se recomienda el **riego** para mitigar el impacto negativo del **déficit de agua** en la fructificación.



¿Cómo crecen y producen procedencias europeas establecidas en la zona central de Chile?



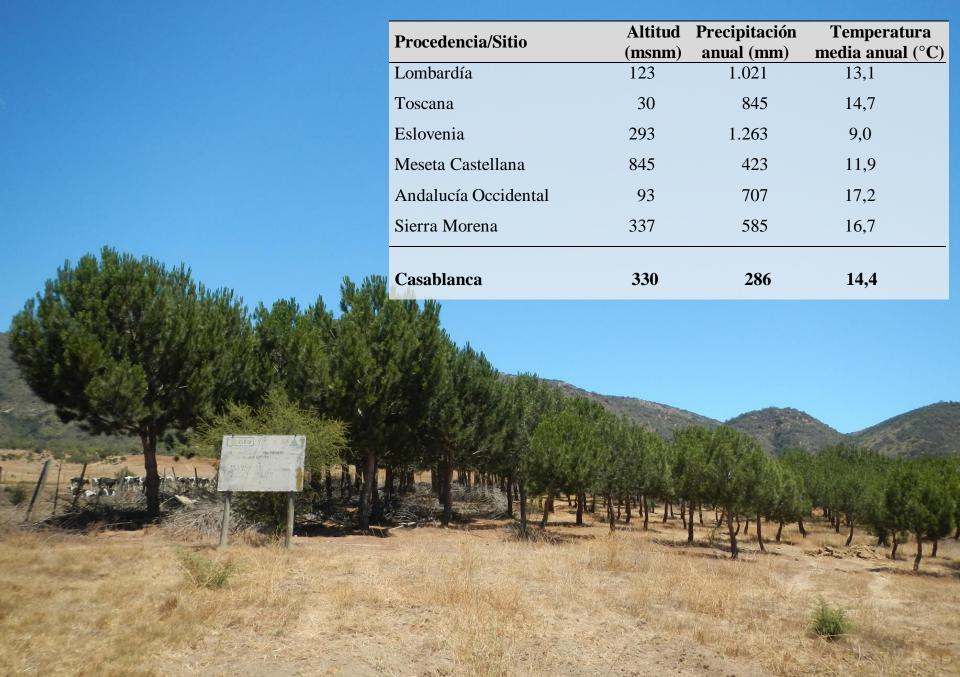
Short Communication doi: 10.3832/ifor1984-009 (Early View)

Growth of Stone pine (*Pinus pinea* L.) European provenances in central Chile

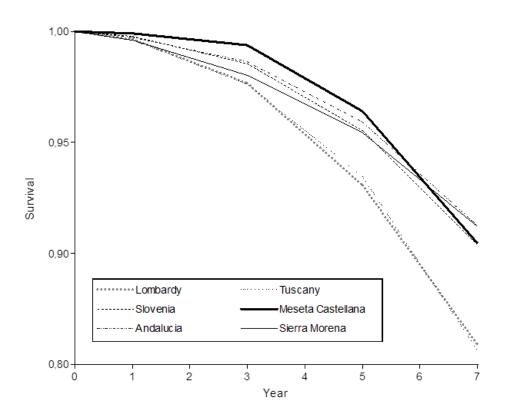
Verónica Loewe Muñoz (1), Mónica Balzarini (2), Claudia Delard Rodríguez (1), Andrea Álvarez Contreras (1), Rafael María Navarro-Cerrillo (3) Pinus pinea is characterized by phenotypic plasticity, tolerance to harsh soils and climates, but low differentiation in growth parameters and low genetic variability. Growth and cone production of six European stone pine provenances (two from Italy, three from Spain and one from Slovenia) were analyzed in a field trial experiment established in central Chile. The study evaluated height, diameter at breast height (DBH) and crown diameter growth of 147 nineteen-year-old trees per provenance, as well as fruiting variables (i.e., number of cones per tree and cone weight). Survival over the first 7 years was also evaluated. Provenances significantly differed in cone number per tree, cone weight, height and DBH growth, and crown diameter growth. Provenances were grouped according to growth and production variables: one group included the Italian and Slovenian provenances, the second group Andalucía and Sierra Morena (Spain), and the third included Meseta Castellana (Spain). Individual cone production was positively correlated with cone weight and other growth variables. Meseta Castellana provenance showed the highest growth and productivity. Our results provide useful information for the selection of P. pinea provenances to be used in new plantations in central Chile.

Keywords: Cone Productivity, Growth, Provenances, Stone Pine Plantations

Características de las áreas de origen de las procedencias estudiadas y del sitio



Curvas de sobrevida de procedencias Europeas de pino piñonero en Casablanca (1994-2001)



- Indicador clave de la adaptabilidad de procedencias.
- Sobrevivencia **elevada** (85%), con diferencias significativas entre procedencias.
- Mayor para las de España y Eslovenia (88%) por sobre las de Italia (81%).
- Confirma la capacidad de adaptación a sitios con restricciones ambientales.

Dimensiones y variables productivas según procedencias a los 19 años

Procedencia	# Piñas	Peso piñas (g)	Producción piña (kg/ha)	Altura (m)	DAP (cm)	Diámetro copa (m)
Lombardía	7,7 b	236,8 с	1.116b	5,1 b	13,9 d	3,0 d
Toscana	8,0 b	256,3 b	1.751 a	5,3 h	15,3 c	3,0 d
Eslovenia	6,3 c	294,7 2	1.062 h	6,1 a	16,1 bc	3,3 bc
Meseta Castellana	11,4 a	302,3 a	1.860 a	5,9 a	17,3 a	3,6 a
Andalucía Occidental	5,9 c	299,6 a	989 b	5,9 a	16,7 ab	3,3 с
Sierra Morena	7,6 b	301,3 a	1.676 a	5,9 a	17,0 ab	3,4 b
Media	8,3	284,3	1.494	5,7	16,2	3,3

- Diferencias significativas en todos los parámetros.
- Mejor comportamiento de españolas en DAP y peso: mayor aridez en origen.
- **Italianas** < crecimiento.
- **Meseta Castellana** > germinación, # piñas y alta correlación entre crecimiento y caracteres productivos.
- **Toscana** producción elevada con < desarrollo vegetativo.
- Árboles productivos: 100%.

- Mayor crecimiento y productividad con **suelo más profundo**, donde las raíces tienen mayor volumen para desarrollarse.
- Correlaciones significativas entre todos los caracteres estudiados, en particular, entre diámetro de copa y peso de la piña.
- Resultados confirman su potencial adaptativo.
- En condiciones desfavorables más se manifiestan diferencias entre orígenes.
- Una selección de material genético contribuiría a planificar mejores plantaciones productivas de la especie.



¿Cómo afectan la fertilización y el riego al crecimiento y a la fructificación de plantaciones jóvenes de pino piñonero?

Domesticación limitada

- **Difícil** propagación clonal
- Las piñas se ubican en **yemas apicales** de la parte superior de la copa
- Ciclo reproductivo de 42 meses: amplia ventana para interacción de factores que influyen en la producción.
 Oportunidades de regulación materna mediante aborto de óvulos, embriones o piñas, lo que evidencia la importancia del manejo.
- Entrada en producción tardía
- **Polinización por viento** dificulta cruzas controladas
- Añerismo acentuado
- Países productores consideran al piñón como un **PFNM**.



Riego y fertilización son las prácticas de cultivo de mayor impacto en la producción

Cáhuil (30 años)

- **-Clima:** 416 mm, ETP 1.201 mm, 8,6 meses secos.
- -Manejo: raleo 50% a los 20 años, y poda y raleo 65% a los 30 años (285 árb./ha).
- -Tratamientos: control (T0), fertilización (T1), riego (T2) y fertilización y riego (T3).
- -Fertilización: primavera (1.580 g; N-P-K-S-Mg; B-Fe-Zn) y otoño (550 g; P-N-Ca).
- -Riego por goteo definido en función a déficits, diario desde primavera hasta fin del verano.

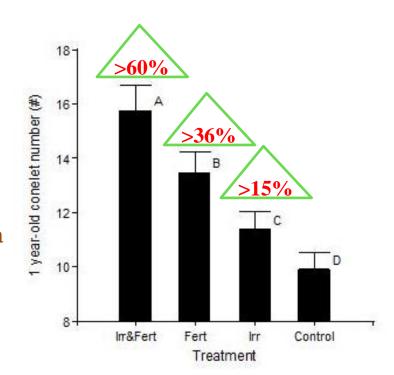






Respuesta de la fructificación 2015

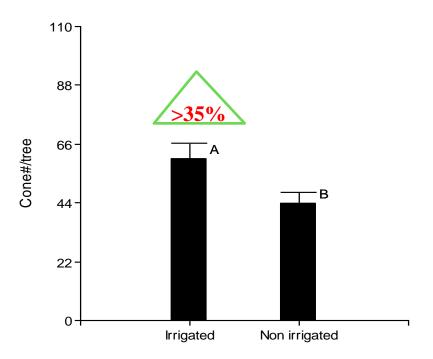
- Una temporada de riego >15% fructificación.
- Fertilización la incrementó en 82 y 36% 1 y 2 años después de aplicada.
- **Nitrógeno** beneficia la **inducción floral** en *P. radiata*, especialmente en primavera (floración masculina y femenina), e incrementa el **vigor**, que la favorece.
- Boro es crítico para el crecimiento y producción, deficiente en gran parte de los suelos de Chile.
 Reduce abortos tempranos en castaño, nogal y pistacho.
- Fertilización & riego combinados >60% fructificación.



Respuesta del crecimiento

- Fertilización: >18% DAP y >20% altura.
- Una temporada de **riego no significativo**.
- **No hubo interacción** riego × fertilización.

Efecto del riego en la producción de piñas



Disponibilidad hídrica es relevante

Riego aumenta floración y producción de piñas

También el **peso** de las piñas.

Toconey (16 años)

-Clima: 679 mm/año, ETP 1.451 mm, 8 meses secos.

-Manejo: raleo 50% y poda a 1os 16 años (204 árb./ha).

-Fertilización 2009 en primavera (260 g/planta; N-P-K-Ca-S-Na; Zn-B).

-Medición de crecimiento anual; cosecha y peso de piñas de 3 años 2012-2014.

-Categorías piñas: pequeñas (<350 g), medianas (350-550 g) y grandes (>550 g).

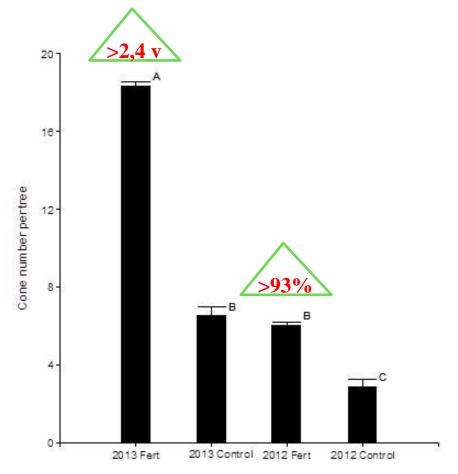








Respuesta de la fructificación (piñas de 3 años) a la fertilización 2009 en Toconey

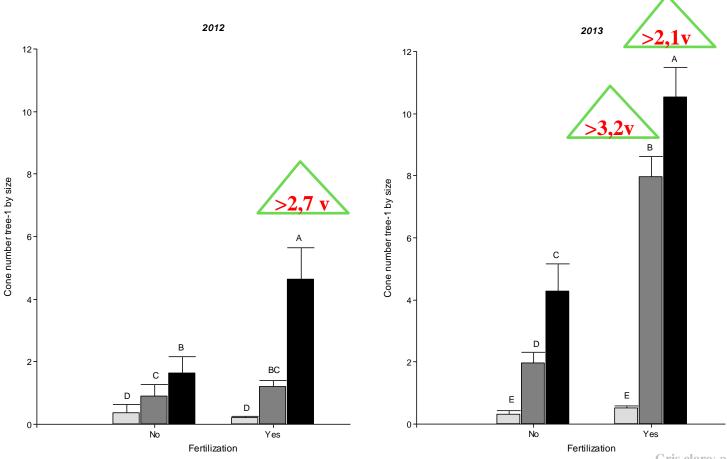


- Dosis baja aplicada una vez a comienzos de primavera determinó una mayor producción en las siguientes tres cosechas.
- Reducido aborto de estróbilos, a diferencia de países europeos.
- Árboles en producción: 58 a 100%,> a España, 54% a 80% improductivos.

Respuesta del crecimiento 4 años después

- DAP > 30%
- Altura > 40%

Efecto de la fertilización en el tamaño de piñas



- Elevado peso de las piñas: 87 a 97% > 350 g.
- Aumento significativo de cantidad de piñas grandes en ambas cosechas.
- y de piñas medianas el 2013.
- Efecto adicional sería un mayor llenado de la piña, no evaluado.

Gris claro: pequeñas (<350 g)

Gris oscuro: medianas (350-550 g)

Negro: grandes (>550 g)



- Efectividad de estas técnicas de manejo en la fructificación, que la homogeneizarían y disminuirían el añerismo, mejorando la rentabilidad.
- La fertilización es una intervención importante para ajustar los nutrientes del suelo, promover el crecimiento y mejorar producción y su calidad. Al favorecer la expansión de las copas, reduce el periodo en que es necesario controlar malezas.
- El impacto positivo del aporte de micro y macro nutrientes es **coincidente con efectos en otros pinos** (*P. tropicalis* y *P. elliotti*).
- Respuesta a la fertilización mayor en individuos más jóvenes, observado también en raleos : conveniencia de manejar las plantaciones desde temprana edad.
- Riego es importante en términos productivos. Existen nuevos métodos de riego que no requieren acceso a electricidad ni abastecimiento hídrico urbano.
- Necesidad de ajustar las prácticas de manejo anualmente según la variabilidad climática y el estado de desarrollo del huerto.



¿Qué tipo de manejo se propone para plantaciones especializadas de *Pinea pinea?*

Modelo silvícola intensivo para el cultivo de pino piñonero en Chile



Densidad
Orientación hileras
Tipo y disposición riego

Esquemas de manejo por macrozona combinando información climática, de crecimiento y de producción

Diseño

Mecanización mano de obra

Optimizar la producción de piñones

Podas de raíces Manejo intensivo

Intensificación del manejo

Material seleccionado: injertos, patrones

Polinizadores

Manejo desde establecimiento





Fertilización: déficits nutricionales
& programa anual productivo
Riego

Control de competencia

Podas de formación y producción

Raleos





Algunas preguntas que abre este trabajo

- 1. Determinar **requerimientos de frío** para la fructificación y la **acumulación térmica** necesaria para que las piñas alcancen la maduración.
- 2. Determinar programas de fertilización anual para favorecer crecimiento y la producción.
- 3. Cuantificar el **impacto de la fertilización en la cantidad y calidad de las piñas** (peso, cantidad de piñones por piña y rendimiento de piña a piñón blanco).
- 4. Evaluar el impacto de la **fertilización orgánica**, práctica apta para sistemas agroforestales.
- 5. Ajustar **programas estacionales de riego** para diferentes zonas, y cuantificar su impacto en la cantidad y calidad de piñas.
- 6. Determinar el impacto de **podas radiculares** solas o combinadas con poda aérea.
- 7. Injerto: patrones aptos para diferentes ambientes y objetivos.
- 8. Desarrollar **polinizadores** con abundante y temprana floración masculina para huertos en zonas sin ejemplares adultos.
- 9. Ecuación NIRS (espectroscopía del infrarrojo cercano) robusta, para trazabilidad del piñón.
- 10. Identificar proteínas de reserva y estrés para un mejor entendimiento de la fructificación.
- 11. Seleccionar **genotipos para diferentes ambientes:** evaluar los fenotipos superiores , y diversificar el germoplasma: variedad australiana *Walker* .
- 12. Mantención y evaluación de 20 ensayos y huertos establecidos.



Neuquén, Argentina



Actividades de transferencia tecnológica del proyecto "Desarrollo de técnicas de manejo para producir piñones de pino piñonero (*Pinus pinea* L.), una opción comercial atractiva para Chile"



Resultados

- 1. Manual de cultivo
- 2. Capítulos de libros (2)
- 3. Publicaciones científicas (10)
- 4. Publicaciones divulgativas (17)
- 5. Videos (2)
- 6. Tesis: 2 de pregrado y 1 de doctorado
- 7. Charlas divulgativas (5)
- 8. Participación en congresos nacionales (7) e internacionales (10)
- 9. Día de campo
- 10. Estrategia de Transferencia tecnológica
- 11. Proyectos de I&D (2)
- 12. Difusión permanente
- 13. Participación en proyecto internacional

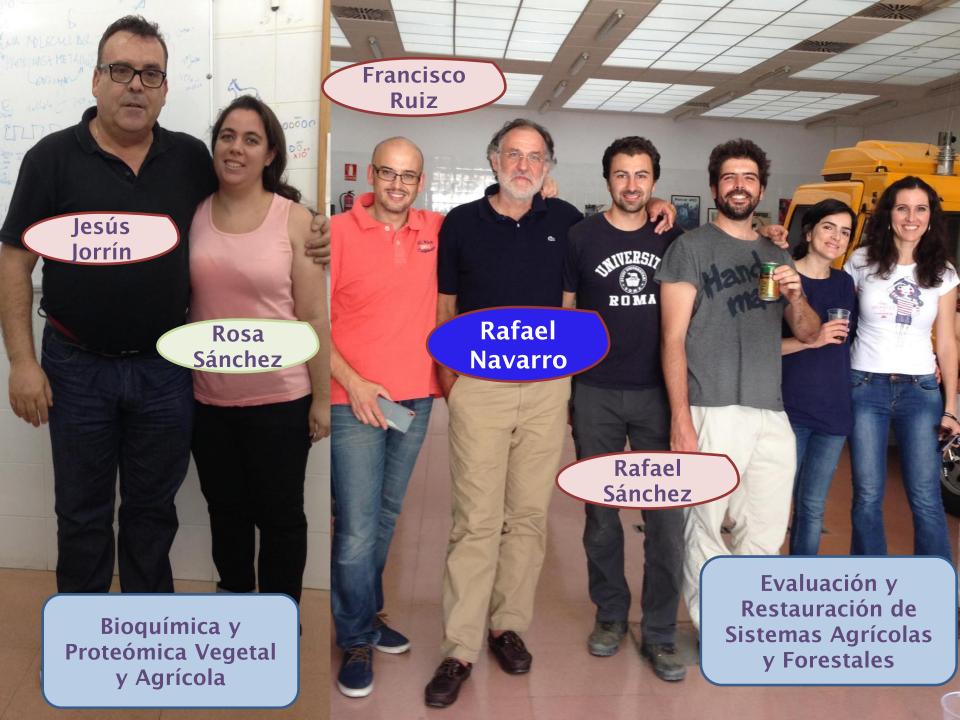


Agradecimientos









Muchas gracias

vloewe@infor.cl





