

ANTECEDENTES PARA EL MANEJO SILVÍCOLA - SANITARIO DEL CHAÑAR

(*Geoffroea decorticans*)

DOCUMENTO DE DIVULGACIÓN N° 44

Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

conaf

Fondo de Investigación del Bosque Nativo

INFOR

INSTITUTO FORESTAL
2017

Documento de Divulgación N° 44

ANTECEDENTES PARA EL MANEJO SILVÍCOLA - SANITARIO DEL CHAÑAR[1]

(Geoffroea decorticans (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart)

Editores
Braulio Gutiérrez C.[2]
Santiago Barros A.[3]

Autores
Braulio Gutiérrez C. [2]
Sandra Gacitúa A. [4]
Enrique Villalobos V. [4]
Juan Carlos Pinilla S. [2]
Luis Cerda M. [5]

Diseño
Sebastián Núñez S.
Leonardo Olivares S.

INSTITUTO FORESTAL
2017

[1] Proyecto FIBN N° 014/2013. Antecedentes de Manejo Silvícola Sanitario para la Producción Sustentable del Fruto de Chañar en la Región de Atacama.
[2] Ingeniero Forestal Sede Biobío. Instituto Forestal. Chile bgutierr@infor.cl; jpinilla@infor.cl
[3] Ingeniero Forestal Gerencia I&D, Instituto Forestal. Chile sbarros@infor.cl
[4] Ingeniero Forestal, Sede Diaguitas Instituto Forestal. Chile. sgacitua@infor.cl; evillalo@infor.cl
[5] Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Chile. lucerda@udec.cl

INFOR

Instituto Forestal
Sucre 2397 Ñuñoa
Santiago, Chile
Tel. 56 2 23667115
ISBN N°: 978-956-318-132-6
Registro de Propiedad Intelectual N° 281478. Agosto 2017.
www.infor.cl

Se autoriza la reproducción parcial de la presente publicación siempre y cuando se incluya la referencia correspondiente:

Gutiérrez, B.; Gacitúa, S.; Villalobos, E.; Pinilla, J. y Cerda, L. 2017. Antecedentes para el manejo silvícola sanitario del chañar. Documento de Divulgación N° 44. Instituto Forestal, Chile. 57 p.

CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN 7

PARTE 1:
MANEJO FORESTAL Y PRODUCTIVIDAD DE FRUTOS 9

ANTECEDENTES GENERALES 11

ENSAYO DE MANEJO 12
Tipo de Intervenciones Silvícolas y Diseño Estadístico
Época de Intervención
Evaluaciones
Análisis Estadístico

EFECTOS DE MANEJO EN PRODUCTIVIDAD FRUTAL 16
Caracterización de Parcelas Evaluadas
Evaluación de Producción de Frutos
Conclusiones

RELACIONES FUNCIONALES PARA PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE CHAÑAR 20
Producción de Frutos vs Variables Dasométricas
Modelo Predictivo
Conclusiones

PRODUCTIVIDAD FRUTAL EN ÁRBOLES INDIVIDUALES DE CHAÑAR CRECIENDO EN DISTINTOS SECTORES DE REGIÓN DE ATACAMA 25
Antecedentes del Área de Estudio
Metodología de Evaluación
Estabilidad Interanual de la Producción de Frutos de Chañar
Productividad Frutal por Sector
Relación de Productividad Frutal con Parámetros Dasométricos de Los Árboles
Conclusiones

PARTE 2:
MANEJO FORESTAL Y ASPECTOS FITOSANITARIOS 35

ANTECEDENTES GENERALES 37

PROSPECCIÓN SANITARIA EN PARCELAS DE MANEJO SILVÍCOLA 39

TRATAMIENTOS DE MANEJO SILVÍCOLA E INCIDENCIA DE DAÑO EN FRUTOS 40

CICLO BIOLÓGICO DEL INSECTO *Amblycerus dispar* Y DINÁMICA DE PRODUCCIÓN DE FRUTOS 44
Estacionalidad del Daño por *Amblycerus dispar* y Relación con Fenología Frutal
Ciclo Biológico de *Amblycerus dispar*
Localización del Ataque de *Amblycerus dispar* en la Copa de Chañar

EVALUACIÓN Y MUESTREO DE CALIDAD FRUTAL 55

CONCLUSIONES 57

REFERENCIAS 58

INTRODUCCIÓN

En Chile chañar se ubica desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de Coquimbo, específicamente se encuentra desde los valles de Lluta y Azapa hasta la comuna de Combarbalá. Se puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 2.300 msnm, ocupando terrenos de clima seco, con escasas precipitaciones, donde se presenta como ejemplares aislados o formando pequeños grupos puros y densos constituidos por especímenes arbustivos, originados por rebrotes de raíz.

En general, las condiciones ecológicas en las que se desarrolla chañar son limitantes, las precipitaciones promedios son de 25 mm anuales, con períodos secos durante todo el año y con un déficit hídrico entre 1000 y 1200 mm al año.

La región de Atacama es una zona eminentemente desértica con reducidas extensiones de terreno apropiadas para el desarrollo de la vegetación, principalmente en los valles de Copiapó y Huasco. En estos valles existen recursos vegetacionales naturales que es posible utilizar pero que no han sido suficientemente estudiados y para los cuales no existen orientaciones técnicas que permitan utilizarlos sustentablemente. Este es el caso de chañar, cuyos rodales corresponden a la única vegetación arbórea arbustiva susceptible de ser aprovechada económicamente en la parte baja del Valle del río Copiapó (Martínez, 1989).

En la cuenca del río Copiapó existen alrededor de 2.200 hectáreas cubiertas con rodales de *Geoffroea decorticans* (chañar), que en cajas de río forman un matorral denso con excelente regeneración por retoñación y abundante producción de frutos. La estructura predominante de estas formaciones es el monte bajo y se caracterizan por su restringida superficie aprovechable, situación que además se asocia a las condiciones de aridez en que se desarrolla.

El Chañar se destaca por ser un árbol multipropósito, siendo sus frutos una alternativa de potencial alimenticio (humano-animal) y medicinal natural. Tanto sus semillas como sus frutos presentan un alto valor nutritivo, el que tradicionalmente ha sido usado como alimento de consumo humano y de complemento para la ganadería. Las semillas presentan 29,4% de proteínas, 40,9% de aceites principalmente linoleico y oleico, 7,7% de azúcares y 10,5% de hemicelulosa. Los frutos verdes presentan 6,54% de proteínas. Sus frutos contienen una agradable pulpa azucarada, algo astringente que se consume en forma natural, hervida o en forma de miel (FAO, 1997). Dentro del contenido de aceite en las semillas, estás presentan 83% de ácidos insaturados, donde la semilla de Chañar puede ser una excelente fuente de aceites conteniendo ácidos grasos insaturados esenciales (Lamarque *et al*., 2000; Maestri et al., 2001). Como uso en medicina popular, tiene una relevancia etno-farmacológica para tratar una amplia variedad de enfermedades.

En esta región el objetivo del manejo de formaciones de chañar es incrementar la productividad y sostenibilidad del recurso fruto. Sin embargo, en la actualidad la falta de información básica sobre productividad frutal, factores determinantes de la misma y alternativas de manejo para mejorarla, no permiten aprovechar adecuadamente el potencial productivo de este recurso. Por esto, es importante investigar e incrementar el conocimiento de la especie, así como los factores que inciden en la producción de frutos, entre ellos los aspectos sanitarios, de modo de generar la información básica que permita el escalamiento tecnológico del manejo de formaciones naturales de chañar, o desarrollar su cultivo, con fines de producción frutal.

Por otra parte, para satisfacer el interés y aspiración de manejar productivamente las formaciones de chañar, se hace imprescindible contar con antecedentes sanitarios y conocer los posibles impactos de factores bióticos (patógenos y plagas) y abióticos que pueden afectar el desarrollo y producción de sus frutos. En tal sentido, es particularmente importante generar información respecto a *Amblycerus dispar* (Bruco o Gorgojo del Chañar), un coleóptero perteneciente a la Familia *Bruchidae*, capaz de dañar las semillas y frutos de esta importante especie de las zonas áridas de Chile y cuyo impacto actual y potencial sobre la producción de frutos de chañar es aún desconocido.

El desafío de generar información para mejorar el aprovechamiento productivo del fruto del chañar en la región de Atacama ha sido asumido por el proyecto 014/2013 "*Antecedentes de manejo silvícola-sanitario para la producción sustentable del fruto del chañar en la Región de Atacama*", ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR) con financiamiento del Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN).

En el marco de esta iniciativa se estableció un ensayo de manejo que evaluó diferentes alternativas de intervención mediante podas y raleos en parcelas permanentes, con la finalidad de identificar tratamientos de manejo que favorezcan la producción frutal en chañar. Tales antecedentes se presentan en la primera parte de este manual, junto con relaciones funcionales relativas a la productividad de frutos e información complementaria respecto a productividad frutal de árboles individuales de chañar creciendo en distintos sectores de la región de Atacama.

También se contempló determinar la relación entre técnicas silvícolas y la magnitud del daño en frutos de chañar por efecto de *Amblycerus dispar,* de modo que en la segunda parte de este documento se entrega la información derivada de los análisis de frutos infectados en parcelas permanentes sometidas a distinto tipo de manejo; de la investigación efectuada en cuanto a la incidencia de daño en distintas porciones de la copa y en los distintos estadios de desarrollo del fruto de chañar; de la biología y ciclo de vida del insecto; así como de la calidad frutal del chañar.

PARTE 1:
MANEJO FORESTAL Y PRODUCTIVIDAD DE FRUTOS

ANTECEDENTES GENERALES

En el sector forestal, la producción de frutos es una actividad muy incipiente, pues normalmente se practica la recolección de frutos desde individuos silvestres, siendo muy raras las ocasiones en que se establecen huertos para cultivar árboles forestales con la finalidad de obtener sus frutos. No obstante, en el área agrícola el desarrollo de la fruticultura ha experimentado considerables avances, constituyendo en la actualidad una disciplina consolidada y que exhibe un gran desarrollo tecnológico y productivo, que puede ofrecer guías y procedimientos de utilidad para establecer huertos fruto-forestales, así como orientaciones o referencias para el manejo de rodales forestales con la finalidad de aumentar la producción de frutos.

Atendiendo a que los fruticultores trabajan en huertos plantados a un espaciamiento que optimiza la fructificación, no les resulta de interés intervenir sobre su densidad mediante raleos, pero si han desarrollado una compleja y efectiva tecnología de poda para maximizar la producción frutal.

Por el contrario, en el manejo de rodales forestales con finalidad de producción de frutos, los raleos son fundamentales para establecer densidades compatibles con esta producción, mientras que las podas, siguiendo los esquemas frutícolas, son un importante complemento para optimizar esta producción.

Con algunas notables excepciones, como es el caso del pino piñonero (*Pinus pinea*), el manejo para producción de frutos forestales es una práctica que está en su desarrollo inicial. Las orientaciones básicas generales indican que para mejorar la producción de frutos en rodales naturales es aconsejable aplicar diferentes tipos de poda y raleos, extraer los individuos de menor desarrollo y promover una distribución espacial adecuada para la formación de copas amplias y expuestas al sol; esto, sumado a adecuados esquemas de poda, promueve una mayor eficiencia fotosintética, aumenta el vigor de los brotes secundarios y permite una mayor eficiencia productiva y calidad frutal.

La poda en los árboles frutales constituye una de las prácticas con mayores posibilidades para mejorar la producción a corto plazo. La poda acelera la floración y formación de frutos debido a que promueve el crecimiento de retoños que es donde se forman las flores y los mejores frutos. La eliminación de un exceso de brotes y/o la detención de su crecimiento mediante despunte puede aumentar el cuajado de frutos y disminuir la competencia entre ellos teniendo como resultado frutos de mayor tamaño. Los árboles podados, alcanzan los mayores valores de productividad e índices de eficiencia productiva (Quijada *et al*., 2009).

La poda, siendo una práctica indispensable para mantener la productividad en huertos frutales, es una actividad no desarrollada en el manejo fruto-forestal de especies como el chañar, por lo mismo se desconocen las intensidades y tipos de poda idóneos que permitan controlar el tamaño del árbol y obtener altos rendimientos en frutos.

Considerando la similitud del chañar con otras formaciones de monte bajo, su manejo con finalidad frutal debería considerar el uso de raleos y podas con el objetivo de disminuir la densidad de individuos e incrementar el desarrollo de los árboles remanentes.

Este manejo (raleo) elimina además aquellos individuos que presenten una mala formación, con problemas sanitarios y también de aquellas especies secundarias no deseadas dentro de los rodales por ser consideradas competencia. En el raleo se deben considerar aspectos como el espaciamiento entre los individuos y la calidad de los ejemplares.

En consecuencia se requiere efectuar investigaciones que aborden tratamientos silviculturales para el manejo orientado a la producción de frutos forestales abundantes, de calidad y en forma sustentable. La forma de realizar estas investigaciones es mediante el establecimiento y evaluación de ensayos que prueben diferentes combinaciones de tratamientos silvícolas aplicados a las formaciones naturales en las que se pretende promover la producción de frutos. Esto precisamente es lo que abordó el Proyecto n° 014/2013 denominado "*Antecedentes de Manejo Silvícola Sanitario para la Producción Sustentable del Fruto del Chañar en la Región de Atacama*" y se presenta en los puntos siguientes.

ENSAYO DE MANEJO

Se estableció un ensayo de manejo en formaciones naturales de chañar existentes en el Predio Santa Luisa II (Figura N° 1), ubicado aproximadamente a 25 km al noroeste de la ciudad de Copiapó y a 50 km de la costa, en el valle del rio Copiapó en la región de Atacama (coordenadas 6978902N; 353650S). La zona de estudio se clasifica como un clima desértico transicional (BWl), cuyas principales características climáticas se resumen en el Cuadro N° 1

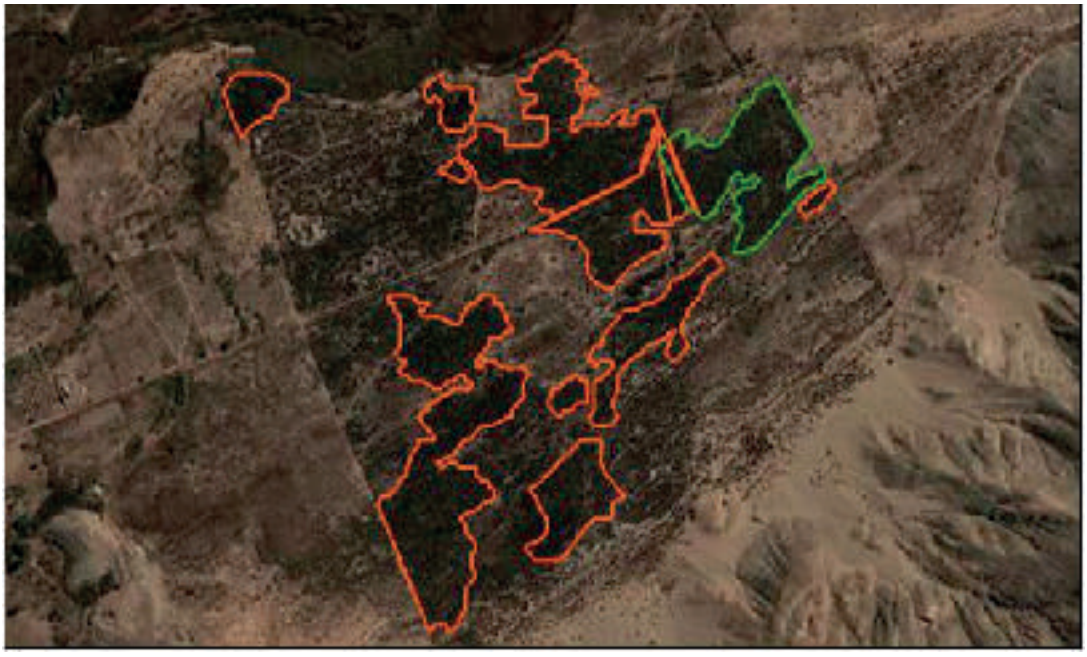


Figura N° 1
PREDIO SANTA LUISA II. RODALIZACIÓN CON PRESENCIA MASIVA DE LA ESPECIE CHAÑAR, LUGAR DE ESTABLECIMIENTO DE LAS PARCELAS PERMANENTES (PP) PARA ENSAYO DE MANEJO SILVÍCOLA

Cuadro N°1
ANTECEDENTES CLIMÁTICOS DE LA ZONA DE ENSAYO

Variable	Valor
Temperatura media anual	16,1 °C
Temperatura mínima absoluta	4,6°C (agosto)
Temperatura mínima media	4,1°C
Temperatura máxima absoluta	35,5 °C (febrero)
Temperatura máxima media	30,4 °C
Oscilación térmica media diaria	16 °C
Precipitación media anual	23,9 mm (junio, julio y agosto)
Humedad relativa promedio	67,8 %

Tipo de Intervenciones Silvícolas y Diseño Estadístico

El ensayo de manejo consideró la aplicación de tratamientos combinados de raleo y poda. Se aplicaron tres intensidades de raleo, correspondientes a 0%, 30% y 50% del número total de árboles de la parcela permanente. En combinación con los raleos se realizaron tres tratamientos de poda: sin poda, poda apical (se eliminó el tercio superior de la copa) y poda de vástagos (eliminación de los vástagos basales, dejando un fuste central). Como testigo se demarcaron parcelas sin intervención.

El diseño experimental del ensayo de manejo correspondió a uno completamente aleatorizado con tres repeticiones. Contempló 9 tratamientos de estructura factorial 3 x 3 (3 esquemas de raleo combinados con tres esquemas de poda). Cada uno de ellos se aplicó en tres parcelas rectangulares de 500 m2 (Cuadro N° 2), en total se contemplan 27 parcelas cuya distribución en terreno se representa en la Figura N° 2.

Cuadro N° 2
DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS EVALUADOS EN ENSAYO DE MANEJO

Tratamiento			N° Parcela
Raleo	Poda	Número	
0% Sin raleo	Sin poda	T1 (testigo)	5
			2
			4
	Poda apical	T2	22
			23
			24
	Poda de vástagos	T3	25
			26
			27
30%	Sin poda	T4	13
			14
			15
	Poda apical	T5	16
			17
			18
	Poda de vástagos	T6	19
			20
			21
50%	Sin poda	T7	1
			6
			3
	Poda apical	T8	7
			8
			9
	Poda de vástagos	T9	10
			11
			12

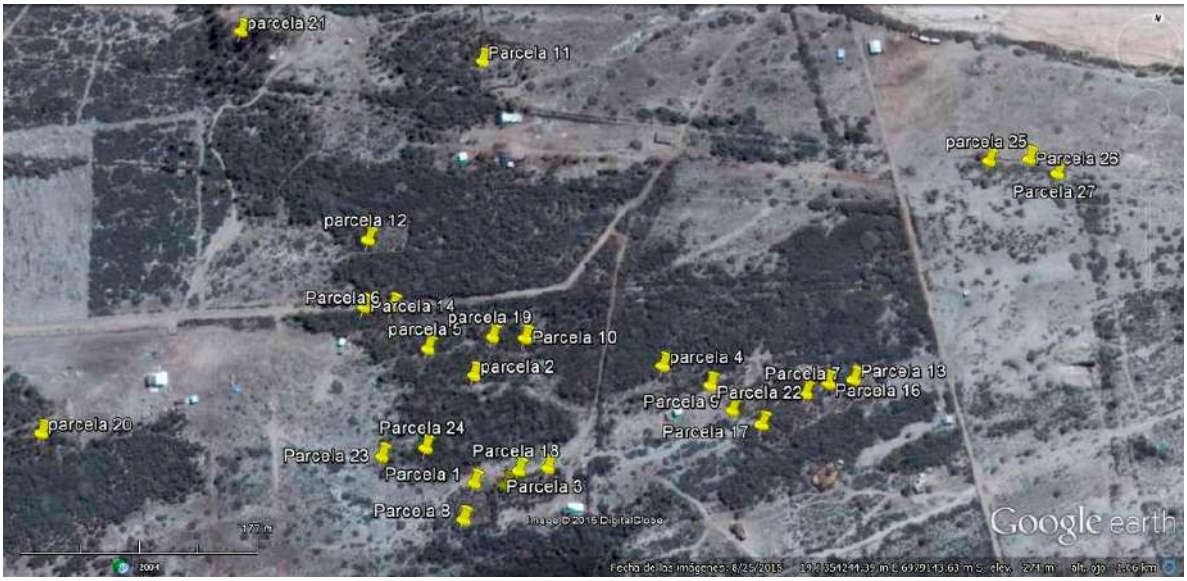


Figura N° 2
DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS DE MANEJO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Época de Intervención

Los raleos y las podas se realizaron en 2014 durante el periodo vegetativo del chañar (junio - julio) en forma simultánea, iniciando con las intensidades de raleo para luego aplicar las podas de vástagos y apicales.

Evaluaciones

Para evaluar el efecto de las intervenciones se estimaron los siguientes parámetros Productividad frutal por árbol, por parcela y por hectárea (kilos de fruto cosechado/árbol; kilos fruto cosechado/parcela); Efecto del raleo/poda en la respuesta en biomasa y frutos, Productividad según espaciamiento de tocones (kilos de fruto/densidad/ha) y Productividad según tipo de copa (largo, ancho). Para ello se registraron las siguientes variables asociadas a cada árbol: Altura total, DAP del fuste principal, N° de vástagos, Diámetro al tocón, Diámetro de copa (N-S; E-O), Longitud de copa y Estado Sanitario del árbol (Sano, dañado, tipo de daño).

Las parcelas se caracterizaron en sus parámetros dasométricos antes y después de efectuar las intervenciones durante la primera temporada. También se evaluó la producción de frutos post intervención (como línea base en la primera temporada) y se repitió esta evaluación en la temporada siguiente para cuantificar el efecto de las intervenciones de manejo sobre la productividad de frutos.

La producción de frutos se estimó mediante la colecta completa de los frutos de tres árboles por parcela. El valor promedio de kilogramos de frutos por árbol se expandió a la parcela ponderándolo por el número de árboles de la parcela; se expandió también a la hectárea ponderándolo por el número de árboles por hectárea de cada parcela. Con estos valores en kilogramos de frutos por hectárea se efectuaron los análisis estadísticos para comparar los diferentes tratamientos considerados en el ensayo.

Análisis Estadístico

Los datos de productividad de frutos por tratamiento se analizaron mediante análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de medias para la primera y segunda temporada, y también para los incrementos productivos entre temporadas en cada tratamiento.

Aprovechando la estructura factorial de los tratamientos se realizó análisis de varianza con contrastes para evaluar los efectos principales de los factores poda y raleo por separado, así como para sus interacciones.

Los tratamientos se separaron en grupos estadísticamente diferentes mediante la prueba de Scott y Knott, la que a diferencia de los procedimientos tradicionales de Duncan o Tuckey, permite formar grupos de tratamientos estadísticamente diferentes, discretos y sin traslapes.

EFECTOS DEL MANEJO EN PRODUCTIVIDAD FRUTAL

Caracterización de Parcelas Evaluadas

En el Cuadro N° 3 se muestra la situación promedio de las parcelas que componen los nueve tratamientos del ensayo de manejo, antes y después de efectuar las intervenciones. Como resultado de las mismas, es evidente un menor número de árboles por hectárea en las parcelas objeto de raleo.

Adicionalmente, como consecuencia de haber implementado un raleo por lo bajo, eliminando a los individuos de menores dimensiones y conservando a los de mayor envergadura, se produce un aumento de los valores de diámetro y altura promedio de los árboles remanentes.

Cuadro N° 3
DENSIDAD, DAP Y ALTURA PROMEDIOS EN LAS PARCELAS DE MANEJO ANTES Y DESPUÉS DE APLICAR LAS INTERVENCIONES SILVÍCOLAS

Tratamiento		Densidad (árb/ha)		Altura (m)		DAP (cm)	
N°	Descripción	Pre raleo	Post raleo	Pre raleo	Post raleo	Pre raleo	Post raleo
T1	0% raleo, sin poda (Testigo)	1.087	1.087	3,4	3,4	5,6	5,6
T2	0% raleo, con poda apical	833	833	3,6	3,6	2,8	2,8
T3	0% raleo, poda de vástagos	1.127	1.127	3,2	3,2	6,4	6,4
T4	30% raleo, sin poda	1.080	760	3,4	3,7	7,7	8,0
T5	30% raleo, poda apical	1.133	800	3,4	3,7	3,8	6,9
T6	30% raleo, poda de vástagos	1.280	860	4,7	5,3	9,9	11,1
T7	50% raleo, sin poda	1.013	507	3,5	4,1	6,8	7,9
T8	50% raleo, poda apical	1.133	567	3,4	3,9	2,2	6,5
T9	50% raleo, poda de vástagos	1.133	660	3,4	4,1	7,4	8,5

Evaluación de Producción de Frutos

Se estimó la producción de frutos (Kg/ha) para las parcelas de cada tratamiento de manejo. Esta evaluación se efectuó después de realizar las intervenciones en la temporada uno y se repitió en la temporada siguiente.

Mediante la diferencia entre la producción de frutos de ambas temporadas se obtuvo una estimación del efecto de cada tratamiento para incrementar la producción frutal.

Los datos a nivel de tratamiento junto a su diferenciación estadística se presentan en el Cuadro N° 4, donde se entregan las medias de frutos/ha asociadas a cada tratamiento, tanto en la primera y segunda temporada, como el incremento de producción entre ellas. Información equivalente se presenta gráficamente en la Figura N° 3.

Cuadro N° 4
VALORES MEDIOS Y DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS PARA LOS VALORES DE PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE CHAÑAR

Temporada 1			Temporada 2			Incremento			
Trat	(Kg/ha)		Trat	(Kg/ha)		Trat	(Kg/ha)		(%)
1	0,00	C	1	0,00	D	1	0,00	B	0,0
2	106,59	C	2	138,60	D	2	32,01	B	30,0
3	194,33	C	3	189,01	D	3	-5,32	B	-2,7
4	160,78	C	4	179,98	D	4	19,20	B	11,9
5	334,39	C	5	457,68	C	5	123,29	B	36,9
6	590,91	B	6	570,19	C	6	-20,72	B	-3,5
7	495,27	B	7	629,57	C	7	134,30	B	27,1
8	775,67	B	8	1.164,00	B	8	388,33	A	50,1
9	1.577,94	A	9	1.826,07	A	9	248,13	A	15,1
Error: 27095,7958 gl:16			Error: 39748,5060 gl: 6			Error: 13241,1362 gl: 16			
Test:Scott & Knott Alfa = 0,05 Medias con la misma letra en columna no son significativamente diferentes (p > 0,05)									

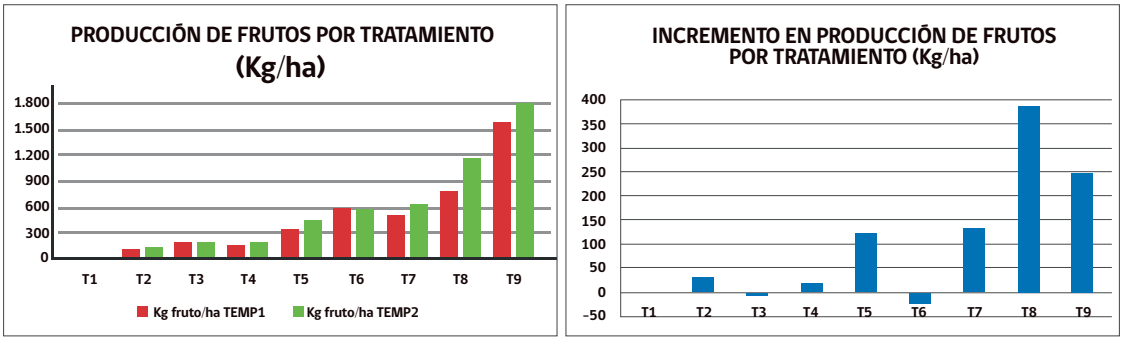


Figura N° 3
PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE CHAÑAR POR TRATAMIENTO DE MANEJO (IZQ) E INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN FRUTAL DE CADA TRATAMIENTO DE MANEJO (DER)

Los análisis de varianza efectuados para la producción de frutos en la primera y segunda temporada coinciden en identificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de manejo. En ambos casos el tratamiento T9, correspondiente a la mayor intensidad de raleo (50%) combinada con poda de vástagos, es significativamente superior a los restantes. En ambas temporadas el segundo mejor tratamiento es T8, que también corresponde a un raleo de 50% pero ahora combinado con poda apical. En la primera temporada este tratamiento no se diferenció de T6 ni T7, pero en la segunda temporada conforma un grupo independiente diferente de todos los demás tratamientos. Esta diferenciación obedece a que después de una temporada de crecimiento comienza a manifestarse el efecto del manejo, aspecto que en la primera temporada no había transcurrido el tiempo necesario para que ocurriera.

En esta primera evaluación se hace evidente que los tratamientos que involucran raleos más intensos producen mayor cantidad de frutos. Esta situación se confirma también al analizar el efecto del manejo expresado como incremento en la producción de frutos de una temporada respecto a la anterior (columna incremento Cuadro N° 4 y Figura N° 3). En efecto, los tratamientos T7, T8 y T9, que corresponden al raleo más intenso, son los que en mayor medida incrementan la producción de frutos después de un año de haber sido implementados, presumiéndose que en la medida que pase el tiempo y los árboles reaccionen a la intervención, el efecto del manejo será aún más evidente.

Se destaca también que si bien el tratamiento más efectivo para producir frutos en ambas temporadas es el T9, para efectos de incremento en la producción frutal resulta más efectivo el tratamiento T8. El primero con raleo de 50% contempla poda de vástagos, mientras que el segundo con la misma intensidad de raleo involucra una poda apical.

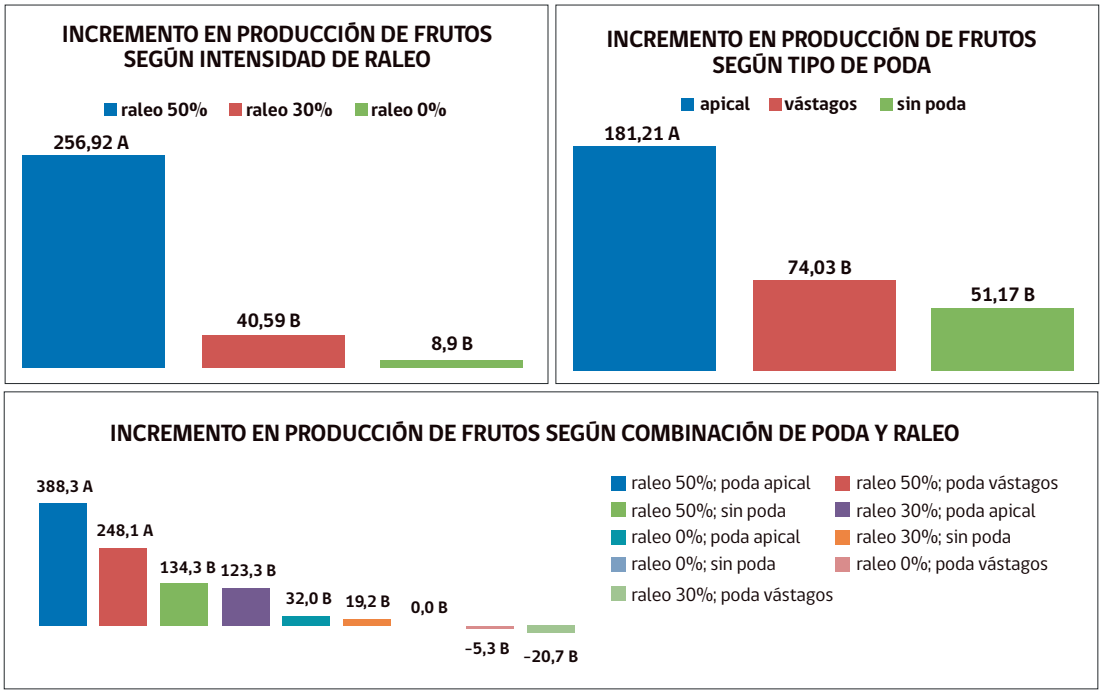
Para dilucidar los efectos de la poda, el raleo y sus interacción se evaluó el incremento de la producción frutal con un modelo de análisis de varianza con contrastes (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTOS DE RALEO, PODA E INTERACCIÓN, EN EL INCREMENTO DE PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE CHAÑAR EN LOS TRATAMIENTOS DE MANEJO EVALUADOS

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	460.717,42	8	57.589,68	4,55	0,0036
raleo	327.959,18	2	163.979,59	12,96	0,0003
poda	86.765,53	2	43.382,76	3,43	0,0548
raleo*poda	45.992,71	4	11.498,18	0,91	0,4799
Error	227.794,38	18	12.655,24		
Total	**688.511,80**	**26**			

Del Cuadro N° 5 se desprende que el 67% de la variación observada en los incrementos de producción de frutos es explicado por los factores evaluados, el porcentaje restante es variación residual o error. Del total de la variación explicada por el modelo, el raleo explica el 71%, la poda el 19% y la interacción entre ambos el 10% restante.

En la Figura N° 4 se grafica el efecto principal del raleo, de la poda y de las combinaciones de estas intervenciones, sobre el incremento de la productividad de frutos expresado (kg/ha). Se confirma que el raleo más intenso es por lejos la intervención que más favorece la producción frutal; que la poda apical es más efectiva que la de vástagos; y que existen combinaciones de podas y raleos que resultan detrimentales para la producción de frutos.



Letras diferentes en un mismo gráfico, indica que las medias son estadísticamente diferentes p>0,05

Figura N° 4
EFECTO DE INTENSIDAD DE RALEO, TIPO DE PODA E INTERACCIÓN ENTRE AMBOS FACTORES SOBRE EL INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE CHAÑAR (Kg/ha)

En otras comparaciones entre temporadas sucesivas de producción de frutos en árboles individuales de chañar, efectuadas en el marco de este mismo proyecto, se concluye que la producción es estable y no exhibe mayor variación de un año a otro[1]. Sin embargo, en el presente estudio se observa que al intervenir los bosques con actividades de manejo la producción si puede variar y que algunos tratamientos pueden producir incrementos importantes en la producción frutal.

[1]Ver sección: Productividad frutal en árboles individuales de chañar creciendo en distintos sectores de la región de Atacama, en este mismo documento.

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman que mediante intervenciones de manejo silvícola es posible mejorar la producción de frutos en rodales naturales de chañar. Al respecto, se concluyó que las podas tienen un efecto significativo para incrementar la productividad de frutos, siendo las podas apicales las de mayor contribución. Aun así, el efecto de la poda resultó ser menos importante que el del raleo, concluyéndose que, entre los manejos implementados, el raleo (50%) fue la intervención que más contribuyó a aumentar la productividad de frutos de chañar. La magnitud de los incrementos en producción de frutos dependió del tipo de intervención efectuada y en el mejor de los casos analizados (T8: raleo al 50% con poda apical) llegó a más de 300 kg/ha.

Consecuentemente, para mejorar la producción de frutos es aconsejable manejar el rodal para disminuir su densidad y mejorar la distribución espacial de los árboles remanentes. Se sugiere que una vez determinada la densidad óptima para producción de frutos de chañar, el próximo paso para incrementar esa productividad sea el desarrollo de adecuados esquemas de poda, similares a los usados en la conformación y manejo de la arquitectura de copa de los cultivos frutales tradicionales

RELACIONES FUNCIONALES PARA PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE CHAÑAR

Producción de Frutos vs Variables Dasométricas

Los procesos de planificación y gestión silvícola requieren de herramientas que permitan y apoyen la toma de decisiones. Estos modelos en general se refieren a estimadores de productividad de alguna variable de interés, las que en el caso forestal corresponden generalmente a estimaciones del volumen de árbol individual, volumen por hectárea,incremento volumétrico, crecimiento en área basal y/o mortalidad, entre otras.

En el caso del chañar es de interés generar un modelo predictor de la productividad frutal anual a partir de variables de fácil medición.

El contar con este tipo de herramienta asociada a otra información relacionada con el crecimiento de los árboles de chañar, como por ejemplo el volumen de copa, diámetro de tocón, DAP, permitiría tener estimaciones de la productividad total y con ello poder tomar decisiones de qué tipo de intervención realizar y conocer su efecto en la producción de frutos.

Al analizar el diámetro cada individuo o cada árbol (Figura N° 5a) es posible observar que las asíntotas se sitúan cercanas a los 1.500 g/árbol, sin percibirse una clara tendencia respecto del efecto del diámetro sobre la producción frutal.

Por su parte, al analizar la altura del árbol y su efecto sobre la producción de frutos (Figura N° 5b), tampoco se percibe ninguna tendencia que relacione a ambas variables; la misma situación se observa en lo que respecta al diámetro de copa (Figura N° 5e) y a la longitud de copa (Figura N° 5c), aunque en esta última se percibe una marginal tendencia que la relaciona con la productividad frutal.

En general, esta etapa del análisis demuestra que la mayoría de las variables evaluadas no evidencian una tendencia que las relacione con la producción de frutos, y que permita usarlas como estimadoras de la misma. Sin embargo, al analizar el volumen de copa del árbol (Figura N° 5d), y el diámetro de tocón (Figura N° 5f), es posible apreciar una mayor relación respecto de estas variables y su efecto sobre la producción frutal. En el caso del diámetro de tocón, éste se relaciona en forma inversa con la producción de frutos, situación que podría obedecer a una posible declinación en la producción frutal en los árboles más viejos. En cualquier caso, esta tendencia debería ser objeto de confirmación con nuevas evaluaciones.

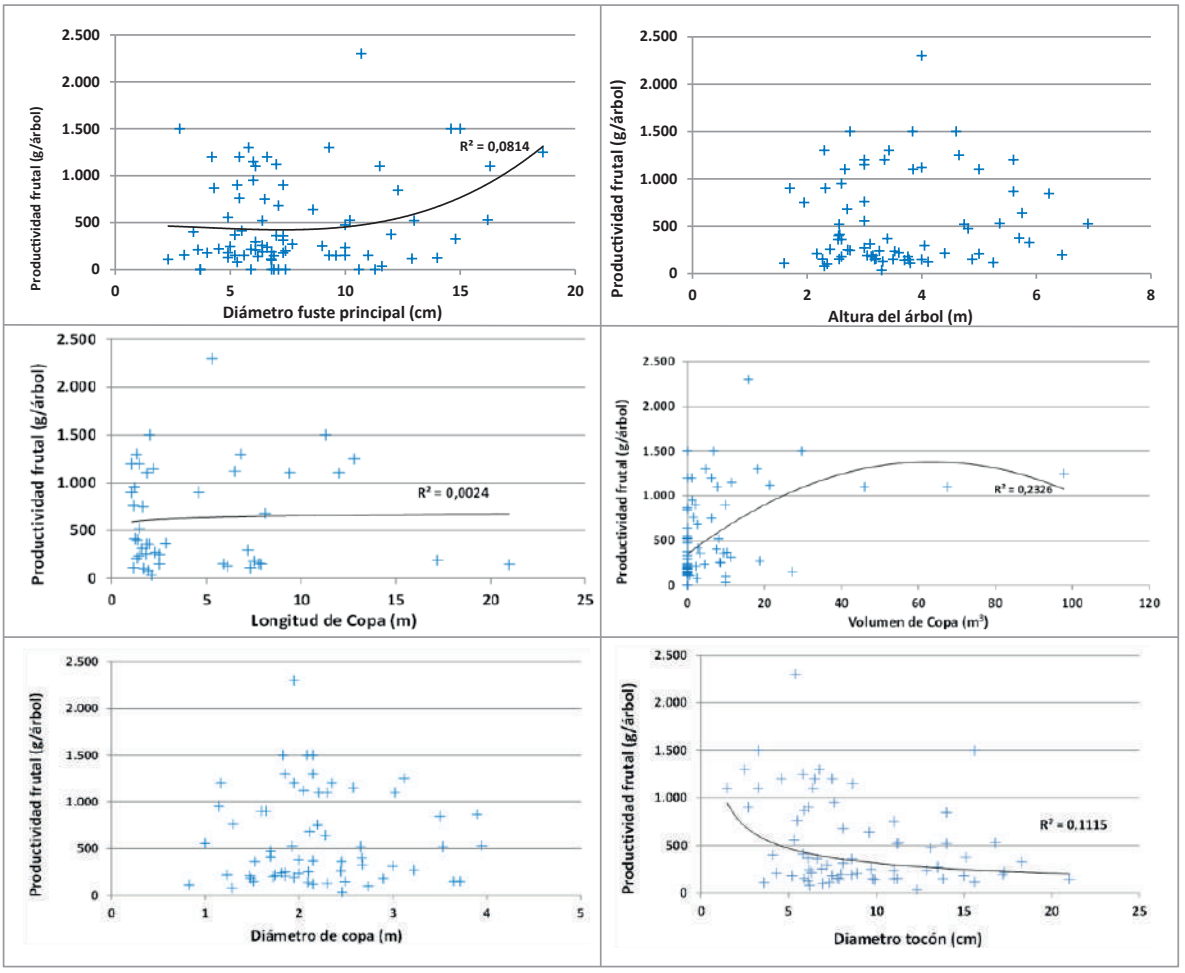


Figura N° 5
RELACIONES FUNCIONALES ENTRE PRODUCTIVIDAD DE FRUTOS Y VARIABLES DASOMÉTRICAS

La información inicial generada en estas primeras evaluaciones indica que la variable Volumen de Copa presentaría un mayor efecto sobre el valor a obtener en la productividad de frutos, situación que se debe confirmar en futuras evaluaciones. Por el contrario, la variable Diámetro de Copa a pesar de estar directamente involucrada en la determinación del volumen de copa, no evidencia efecto que permita relacionarla con la producción de frutos.

Ambas variables, el diámetro y el volumen de copa evidencian tendencias que las relacionan positivamente con el DAP del fuste principal del árbol (Figuras N° 6 y 7).

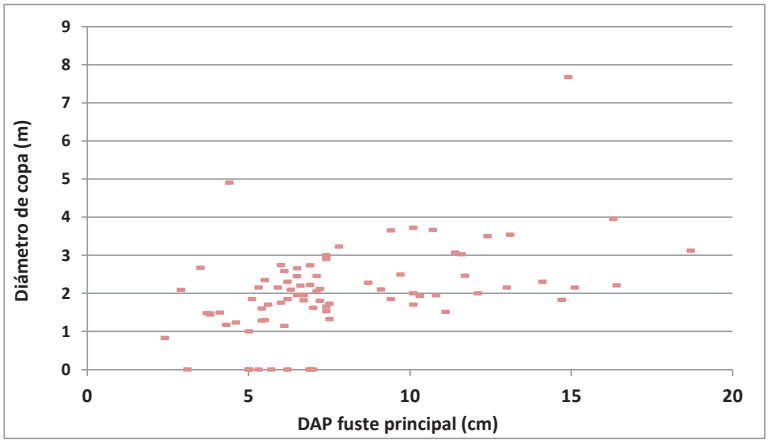


Figura N° 6
RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO DEL FUSTE PRINCIPAL Y EL DIÁMETRO DE COPA

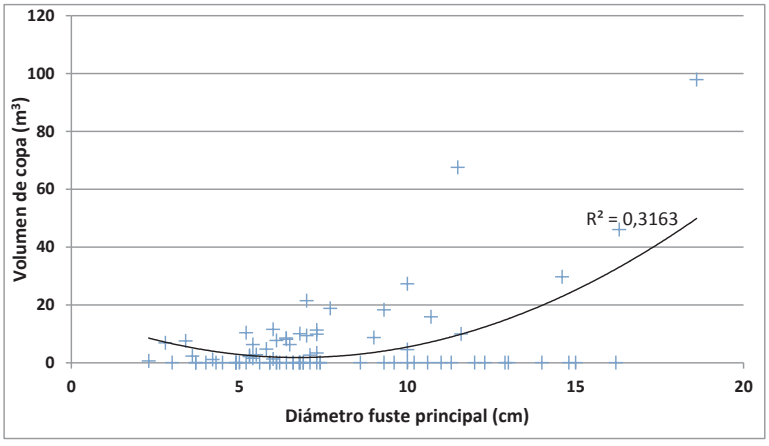


Figura N° 7
RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO DEL FUSTE PRINCIPAL Y EL VOLUMEN DE COPA

Modelo Predictivo

El modelo a construir debe ser sencillo en su estructura, e incluir como variables independientes o estimadoras a parámetros del árbol (o sus transformaciones), que sean de fácil medición.

En consecuencia, se realizó un análisis con la información del ensayo para construir un primer modelo estimador de productividad frutal. Para esto, luego de depurar la base de datos, utilizando la productividad de frutos del año 2016 como variable a estimar y en un proceso de selección tipo stepwise, se generó el siguiente modelo estimador:

PF = 543,21 – 65,3*DT + 66,6*DAP R2= 0,33

Donde: PF = Productividad frutal por árbol (g)
DT = Diámetro de tocón (cm)
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)

El modelo obtenido presenta una baja correlación, pero es un primer avance en este sentido, no obstante su estructura y su capacidad de estimación, deberá ser mejorado una vez que se cuente con más mediciones y que abarquen un mayor lapso de tiempo.

Llama la atención que el modelo no considera entre las variables predictoras al volumen de copa, el que mostró la mejor relación con la productividad de frutos en este estudio, sin embargo considera al diámetro del árbol, el cual está correlacionado con el volumen de copa y resulta de más fácil medición.

Debe considerarse también que este modelo es una primera aproximación que intenta estimar la productividad frutal, al cual indudablemente se le deberán agregar otras variables de árbol para mejorar la estimación. Estas variables se refieren fundamentalmente a expresiones del tamaño de la copa y requerirán de un mayor número de observaciones de terreno.

Aun así, el resultado obtenido permite establecer inicialmente la necesidad de aumentar las dimensiones del árbol, específicamente su diámetro, de modo de aumentar a su vez la cantidad de frutos producidos.

El objetivo de aumentar los diámetros de los árboles productores de frutos puede ser alcanzado mediante el manejo forestal, a través de la realización de raleos, cuya intensidad y efectos sobre el desarrollo del árbol y producción frutal deben ser aún analizados por un período mayor de tiempo.

Conclusiones

Los análisis efectuados permitieron constatar el efecto del manejo silvícola sobre la productividad frutal de los árboles de chañar, sin embargo este incremento de productividad frutal no se correlacionó claramente con el tamaño de los árboles expresado en variables como DAP, altura, longitud de copa y diámetro de copa, observándose correlaciones algo mejores con el volumen de copa y el diámetro de tocón. Aun así, se generó un primer modelo estimador de productividad frutal, el que si bien tiene una limitada capacidad predictiva, podrá ser mejorado una vez que se cuente con más mediciones que abarquen un mayor lapso de tiempo.

El modelo obtenido estima la producción frutal en función del diámetro de tocón y del DAP, este último usado en reemplazo del volumen de copa, con el cual presenta adecuada correlación, pero resulta más fácil de medir.

A pesar de las bajas correlaciones observadas entre productividad frutal y los parámetros individuales de crecimiento, estos en general indican la necesidad de aumentar las dimensiones del árbol para aumentar la producción de frutos. En este sentido, la práctica de raleos permitiría incrementar los distintos diámetros de los árboles remanentes y consecuentemente aumentar la productividad de frutos de los mismos.

PRODUCTIVIDAD FRUTAL EN ÁRBOLES INDIVIDUALES DE CHAÑAR CRECIENDO EN DISTINTOS SECTORES DE LA REGIÓN DE ATACAMA

Antecedentes del Área de Estudio

La cuenca del rio Copiapó se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes, abarcando una superficie del orden de 14.000 km2, y está formada principalmente por montes áridos y desérticos. La cuenca comprende la zona de transición entre lo que se conoce como el Norte Grande y el Norte Chico, y se la considera la zona de paso hacia el gran Desierto de Atacama. Viniendo desde el norte, el Valle de Copiapó es la primera zona agrícolamente desarrollada.

La zona se conforma como una meseta discontinua, con un suave declive desde Los Andes (2.500-3.000 msnm) hasta el Océano Pacífico, fraccionada por quebradas erosionadas de diferentes orientaciones y profundidades, así como por una gran cantidad de cerros que se elevan entre 700 y 800 m sobre dicha meseta.

El rio Copiapó es el más importante curso de agua que atraviesa esta meseta; su valle tiene un ancho medio de 1,5 km y una extensión de 200 km. El sector de **Piedra Colgada** (25 km al NO de Copiapó) es una de las áreas consideradas en este estudio de productividad de frutos, ella marca la transición en la dirección del curso del río. Desde el inicio del valle a 1.400 msnm hasta la Quebrada de Paipote tiene dirección SE-NO; desde Paipote a Piedra Colgada el valle toma rumbo NE-SO y desde Piedra Colgada hasta su desembocadura adquiere dirección E-O.

En este último tramo, el valle se hace más ancho, de menor pendiente y se delimita por colinas de laderas suaves, es en este tramo donde se ubica el sector de **Valle Fértil**, otra de las áreas consideradas en este estudio de productividad de frutos.

San Camilo, la tercera zona considerada, se ubica hacia el este de Piedra Colgada a 45 km al NO de Copiapó.

Metodología de Evaluación

Se trabajó en rodales naturales de chañar distribuidos en tres sectores de la caja del río Copiapó, en la comuna del mismo nombre; Piedra Colgada, Valle Fértil y San Camilo. En cada uno de estos sectores se identificaron árboles individuales, sanos, vigorosos y con evidente producción de frutos (Cuadro N° 6).

Durante dos temporadas sucesivas (2014-15 y 2015-16) se procedió a colectar la totalidad de frutos de cada árbol. Los frutos fueron secados y pesados y expresados como kg de frutos secos por árbol individual (Figura N° 8).

A su vez, los árboles fueron caracterizados en función de su ubicación y parámetros dasométricos (altura, número de vástagos, diámetro de vástagos, diámetro de copa).

Cuadro N° 6
NÚMERO DE ÁRBOLES EVALUADOS POR SECTOR

Sector	Coordenadas Aproximadas		Árboles Evaluados (N)
	Este	Norte	
Piedra Colgada	354067	6976315	34
Valle Fértil	337751	6971297	36
San Camilo	336490	6971853	6
Total			**76**



Figura N° 8
COLECTA DE FRUTOS DESDE ÁRBOLES INDIVIDUALES PARA ESTIMACION DE PRODUCTIVIDAD FRUTAL

La evaluación consistió en comparar las dos temporadas de fructificación para verificar la variación interanual de la producción de frutos mediante análisis de correlación. Se determinó valores promedios de productividad frutal individual por sector y se relacionó esta productividad con parámetros descriptivos de la envergadura de los árboles.

Para este último efecto se relacionó la productividad individual de frutos con los parámetros proyección de copa y el estimador de biomasa fustal D^2H, obtenido a partir de la altura total de cada árbol (H) y el DAP equivalente (D^2). Este último corresponde al diámetro de una circunferencia cuya superficie es igual a la sumatoria de las superficies circulares asociadas al DAP de cada vástago del árbol en evaluación.

La proyección de copa se obtuvo como la superficie en metros cuadrados de una circunferencia cuyo diámetro fue el promedio de los diámetros de copa medidos en dos direcciones para cada árbol evaluado (norte-sur y este-oeste).

Los valores obtenidos en esta evaluación se compararon con los obtenidos en otra evaluación de productividad de frutos efectuada en parcelas permanentes sometidas a distintas intervenciones de manejo[1] .

[1]Ver sección: Efecto de manejo en productividad frutal, en este mismo documento.

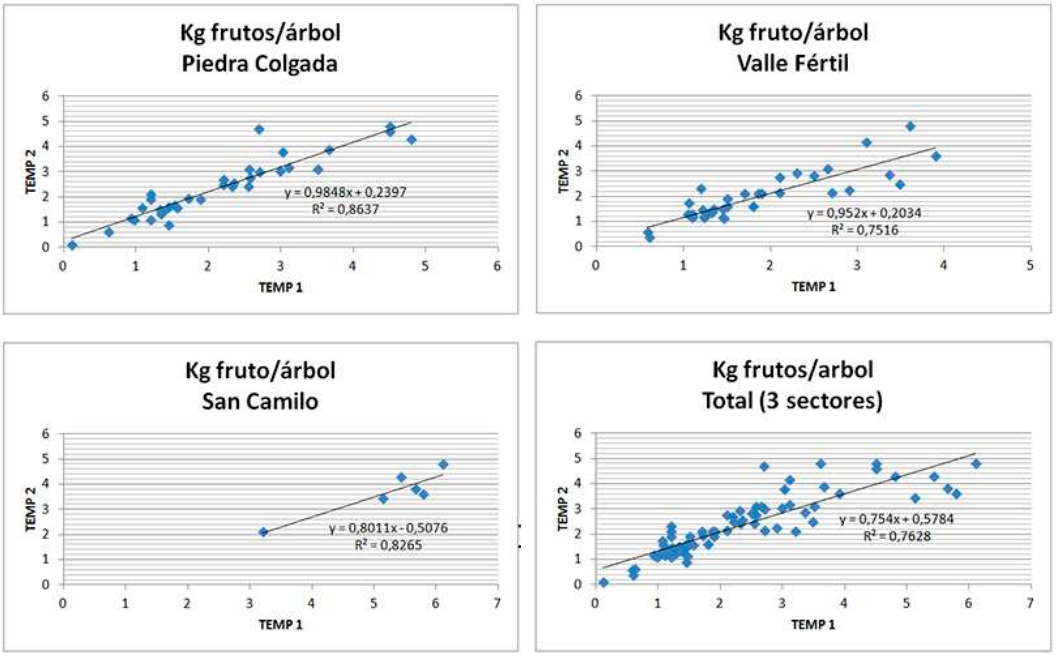
Estabilidad Interanual de la Producción de Frutos de Chañar

Se comparó la producción de frutos durante dos temporadas sucesivas, para un mismo conjunto de árboles de tres distintos sectores con presencia de poblaciones naturales de chañar.

Se observó una alta correlación en la producción individual de frutos entre temporadas, tanto a nivel global como en cada uno de los sectores por separado (Figura N° 9). La alta correlación entre la producción de frutos por árbol individual en temporadas sucesivas alcanzó un R2 de 0,76, variando entre 0,75 y 0,86 en los distintos sectores evaluados.

Si bien los antecedentes no abarcan una gran serie de tiempo, puede afirmarse preliminarmente que el chañar, a diferencia de otras especies forestales, como aquellas de Nothofagus por ejemplo, no presentaría el fenómeno de añerismo en la producción de frutos.

Esta situación constituye una ventaja para fines productivos, pues por una parte permite una producción estable de frutos en el tiempo y, por otra, evita la complejidad adicional que se enfrenta en otras especies para los cuales deben esperarse años específicos de buena semillación para poder obtener semilla adecuada para fines de propagación.



(Temp1: 2014 - 15, Temp2: 2015 - 16)

Figura N° 9
PRODUCTIVIDAD INDIVIDUAL DE FRUTOS EN DOS TEMPORADAS SUCESIVAS

Productividad Frutal por Sector

En el Cuadro N° 7 se resume la información de productividad frutal promedio por individuo, desglosada por sector y temporada de fructificación; y complementada con estadígrafos de dispersión o variabilidad de las medias.

Se observa la ya comentada estabilidad entre temporadas y también una considerable variación entre individuos y sectores.

Cuadro N° 7
PROMEDIOS Y VARIABLES DE DISPERSIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD FRUTAL POR ÁRBOL INDIVIDUAL EN TRES SECTORES DE LA REGIÓN DE ATACAMA DURANTE DOS TEMPORADAS SUCESIVAS

Temporada	Sector	n	Promedio (kg/árbol)	Valor Máximo (kg/árbol)	Valor Mínimo (kg/árbol)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación (%)
Temp1	Piedra Colgada	34	2,15	4,80	0,11	1,14	52,96
	Valle Fértil	36	1,85	3,90	0,59	0,87	46,86
	San Camilo	6	5,21	6,10	3,20	1,04	19,94
	Total	**76**	**2,25**	**6,10**	**0,11**	**1,33**	**59,26**
Temp2	Piedra Colgada	34	2,36	4,80	0,11	1,21	51,21
	Valle Fértil	36	1,96	4,80	0,36	0,95	48,46
	San Camilo	6	3,67	4,80	2,10	0,92	24,97
	Total	**76**	**2,28**	**4,80**	**0,11**	**1,15**	**50,59**

(Temp1: 2014 - 15, Temp2: 2015 - 16)

En términos absolutos, entre árboles la variación en la productividad de frutos osciló entre 0.11 y 6.1 kg/árbol, con valores medios según temporada de 2,25 y 2,28 Kg/árbol. A nivel de sectores, la mayor productividad la presentan los árboles de Valle Fértil con individuos más adultos, de mayor envergadura y menor densidad. Rodales más jóvenes y más densos, como los de Piedra Colgada presentan árboles con una productividad frutal menor (Figura N° 10). Nótese que en estos análisis los árboles evaluados en las dos temporadas son los mismos.

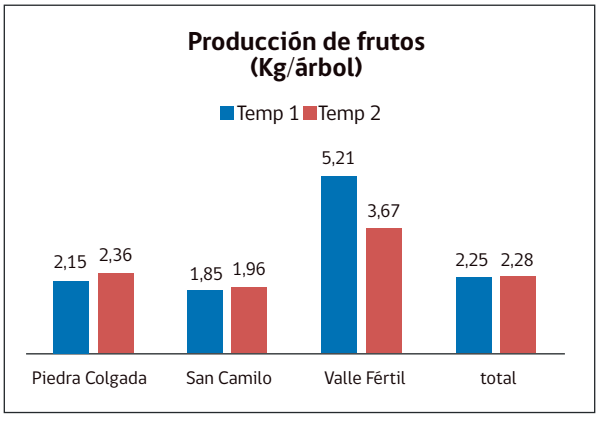


Figura N° 10
PRODUCTIVIDAD FRUTAL POR ÁRBOL VALORES PROMEDIOS POR SECTOR Y TOTAL

En relación a la diferencia en la producción de frutos que se observa entre las dos temporadas evaluadas en los árboles de Valle Fértil, debe hacerse notar que estos datos están influenciados por factores externos, ajenos a la dinámica productiva de la especie. En efecto, según declaraciones del personal de terreno encargado de la colecta de frutos de la segunda temporada, los árboles estaban siendo objeto de cosecha por parte de terceros que colectaban los frutos para fines personales. Por lo mismo, la menor producción frutal registrada en la segunda temporada es atribuible en alguna medida indeterminada a esa situación.

Para efectos puramente referenciales, en el Cuadro N° 8 se presentan los valores promedios de producción individual de frutos por árbol en las parcelas del ensayo de manejo descrito al comienzo de este documento; los datos de este cuadro resultan de utilidad para confirmar la estabilidad de la producción de frutos entre temporadas; para constatar que en situación de rodales densos como los de las parcelas de manejo la producción de frutos es considerablemente menor (0,491 kg/árbol en promedio) que la registrada en los árboles individuales analizados previamente (2,25 a 2,28 kg/árbol en Figura N° 10).

Se puede apreciar también como a medida que disminuye la densidad de las parcelas en los tratamientos de mayor numeración aumenta la producción individual de frutos, aproximándose a la registrada en los árboles individuales presentada previamente en el Cuadro N° 7 y Figura N° 10.

Cuadro N° 8
PRODUCTIVIDAD INDIVIDUAL DE FRUTOS POR ÁRBOL EN PARCELAS CON MANEJO

Raleo	Poda	Tratamiento	Productividad		
			Temp 1	Temp 2	Promedio
			(Kg/árb)		
0% (sin raleo)	Sin poda	T1	0,000	0,000	0,000
	Poda Apical	T2	0,128	0,167	0,147
	Poda de vástagos	T3	0,171	0,170	0,171
30%	Sin poda	T4	0,150	0,168	0,159
	Poda Apical	T5	0,291	0,405	0,348
	Poda de vástagos	T6	0,450	0,435	0,443
50%	Sin poda	T7	0,491	0,625	0,558
	Poda Apical	T8	0,680	1,027	0,853
	Poda de vástagos	T9	1,160	1,341	1,251
Promedio			**0,440**	**0,542**	**0,491**

(Temp 1: 2014-15, Temp 2: 2015-16)

Relación de Productividad Frutal con Parámetros Dasométricos de los Árboles

En el Cuadro N° 9 se resume la información dasométrica de los árboles considerados para la cuantificación de producción frutal en los tres sectores analizados.

Esta información resumida se utilizó para caracterizar a cada individuo en función de su envergadura o tamaño, usando las variables proyección de copa y D^2H. Estas dos variables fueron correlacionadas con la producción individual de frutos en busca de una relación que permita estimar la producción frutal a partir del tamaño de los árboles.

En general las correlaciones obtenidas entre producción de frutos y variables de crecimiento son bajas, con nubes de puntos muy dispersas y sin tendencias evidentes[1] , incluso habiendo eliminado del análisis a los individuos con valores *outlayer*.

En el caso de la relación entre producción de frutos con proyección de copa (Figura N° 11) existe una correlación lineal de R^2= 0,029 y que a nivel de sectores fluctúa entre 0,398 en Piedra Colgada y -0,017 en Valle Fértil.

En San Camilo (R^2 = -0,082), al igual que en Valle Fértil se observa una tendencia anómala, donde los árboles con mayor proyección de copa producen menos frutos.

Cuadro N° 9
CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE LOS ÁRBOLES UTILIZADOS PARA EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD FRUTAL EN TRES SECTORES DE LA REGIÓN DE ATACAMA

Variable	Sector	n	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Altura (m)	Piedra Colgada	34	4,63	11,90	1,79	1,94	42,00
	Valle Fértil	36	4,00	6,50	1,40	1,22	30,43
	San Camilo	6	3,72	4,76	3,05	0,59	15,76
	Total	**76**	**4,26**	**11,90**	**1,40**	**1,58**	**37,08**
Vástagos (N°)	Piedra Colgada	34	2,94	7,00	1,00	1,43	48,76
	Valle Fértil	36	4,75	16,00	1,00	3,62	76,22
	San Camilo	6	2,50	4,00	1,00	1,05	41,95
	Total	**76**	**3,76**	**16,00**	**1,00**	**2,83**	**75,14**
DAP eq (cm)	Piedra Colgada	34	17,38	59,00	5,00	9,98	57,39
	Valle Fértil	36	24,01	38,88	5,50	9,05	37,68
	San Camilo	6	20,13	27,46	15,00	5,33	26,46
	Total	**76**	20,74	59,00	5,00	9,70	**46,78**
D^2H (m^3)	Piedra Colgada	34	0,2854	4,1424	0,0060	0,72	252,51
	Valle Fértil	36	0,2985	0,7089	0,0058	0,23	76,61
	San Camilo	6	0,1681	0,3295	0,0815	0,11	67,41
	Total	**76**	**0,2823**	**4,1424**	**0,0058**	**0,50**	**178,83**
Proyección copa (m^2)	Piedra Colgada	34	13,65	83,32	3,03	14,26	104,49
	Valle Fértil	36	27,83	87,91	2,50	19,47	69,95
	San Camilo	6	24,31	36,53	11,16	9,43	38,79
	Total	**76**	**21,21**	**87,91**	**2,50**	**17,89**	**84,35**

[1]La misma situación se observó en el estudio de relaciones funcionales presentado en la sección previa.

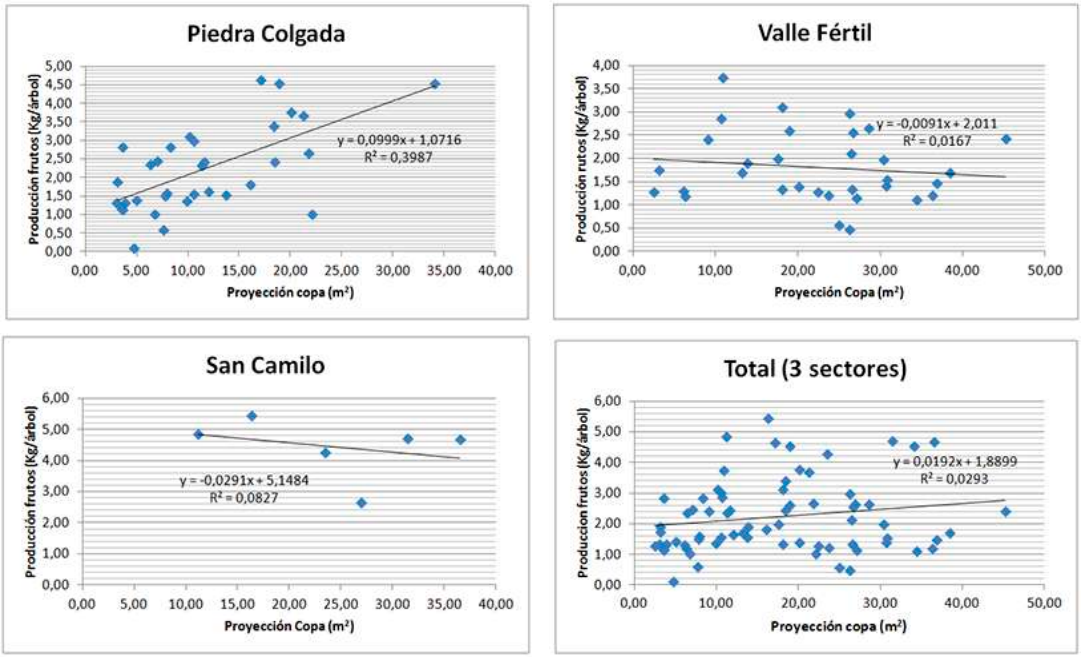


Figura N° 11
RELACIÓN ENTRE PRODUCTIVIDAD INDIVIDUAL DE FRUTOS Y PROYECCIÓN DE COPA EN CHAÑARES DE TRES SECTORES DE LA REGIÓN DE ATACAMA

Respecto de la relación entre la producción individual de frutos y el valor D^2H de los árboles (Figura N° 12) también se observan correlaciones bajas, aunque en este caso no se encuentran correlaciones negativas como las detectadas con la proyección de copa. En términos generales, considerando los tres sectores simultáneamente, se tiene un valor R^2= 0,010, el que a nivel de sectores específicos varía entre 0,270 en Piedra Colgada y 0,019 en Valle Fértil.

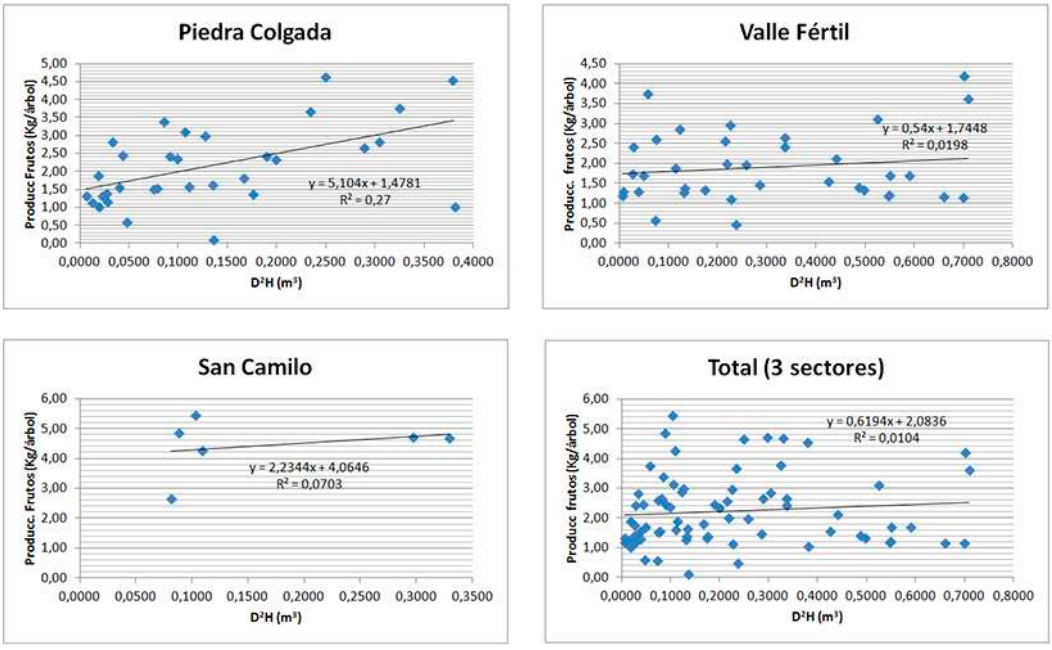


Figura N° 12
RELACIÓN ENTRE PRODUCTIVIDAD INDIVIDUAL DE FRUTOS Y D^2H EN CHAÑARES DE TRES SECTORES DE LA REGIÓN DE ATACAMA

Conclusiones

La producción frutal en árboles individuales de chañar, que crecen en los distintos sectores de la región de Atacama contemplados en este estudio, alcanzó un promedio de 2,26 kg/árbol, experimentando una amplia variación entre árboles y entre sectores, pero conservando una alta estabilidad entre las dos temporadas sucesivas que fueron objeto de evaluación.

Se concluye que la producción de frutos de chañar es función de la densidad del rodal donde se encuentran los árboles, siendo los individuos aislados los que producen más frutos, mientras que aquellos que crecen en rodales densos son los menos productivos. Esta observación coincide con lo concluido en el estudio del efecto del manejo silvícola sobre la productividad frutal, confirmando que la producción de frutos de chañar se puede incrementar interviniendo silvícolamente los rodales, para disminuir su densidad y mejorar la distribución espacial de los individuos remanentes.

Análogamente, y coincidiendo con las conclusiones de la sección anterior relativa a relaciones funcionales para producción de frutos de chañar, en este estudio también se concluye que la correlación entre producción de frutos y variables de crecimiento es baja, e inapropiada para estimar la producción frutal de árboles individuales que crecen sin manejo en distintos sectores de la región de Atacama.

PARTE 2:
MANEJO FORESTAL Y ASPECTOS FITOSANITARIOS

ANTECEDENTES GENERALES

En la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama, existen alrededor de 2.200 hectáreas cubiertas con rodales de *Geoffroea decorticans* (chañar), que en cajas de río forma un matorral denso con excelente regeneración por retoñación y abundante producción de frutos.

Tradicionalmente estos bosques habían presentado una situación sanitaria aceptable en que no se destacaba susceptibilidad a daños o enfermedades causados por agentes bióticos (Martínez, 1989; FAO, 1997), sin embargo en el marco de estudios efectuados partir de 2007-2008, en relación a Plagas y Enfermedades del Bosque Nativo en Chile (FAO-CONAF, 2008), se identificó en la ciudad de Copiapó, la presencia de *Amblycerus dispar* (Bruco o Gorgojo del Chañar), un coleóptero perteneciente a la Familia *Bruchidae*, capaz de dañar las semillas y frutos de esta importante especie de las zonas áridas de Chile y cuyo impacto actual y potencial sobre la producción de frutos de chañar es aún desconocido.

A nivel nacional se desconocen los efectos del bruco del chañar sobre la calidad y productividad frutal; la magnitud e incidencia de su daño; y su dinámica poblacional en relación a los estados fenológicos del hospedero.

El bruco del chañar se distribuye en Argentina (Córdoba, Catamarca, Tucumán, Salta, Santa Fe y San Luis) y en Chile (desde la Región de Coquimbo, Provincia Elqui, hacia el norte), aunque es probable que su distribución sea mayor, pues su hospedante (chañar) crece ampliamente en varios otros países como Perú, Bolivia, Paraguay (Chaco) y Uruguay (Barriga, 1990).

La larva de *Amblycerus dispar* es escarabeiforme, cilíndrica, de color blanco, con una longitud aproximada de 8 mm y curvada ventralmente. El insecto adulto es de forma oval, cabeza con un rostro corto y achatado; élitros más cortos que el abdomen; antenas largas, por encima de los ojos, con segmentos largos y asimétricos. Mide aproximadamente 8 mm, ningún otro Bruco en Chile alcanza más de 5 mm (Figura N° 13).



(Fuente: FAO-CONAF, 2008)

Figura N° 13
GALERÍAS DE *Amblycerus dispar* EN SEMILLA DE CHAÑAR, ORIFICIOS DE SALIDA DE IMAGOS Y ASPECTO GENERAL DE BRUCO DE CHAÑAR EN ESTADO ADULTO

El ataque a los frutos de chañar es ocasionado por la fase larval del insecto y daña casi la totalidad de la semilla. Las hembras ponen huevos al exterior de los frutos en desarrollo, de los huevos emergen larvas que barrenan e ingresan al interior de los frutos, donde ocurre la fase de pupa, para posteriormente emerger como insecto adulto con gran capacidad de vuelo y reiniciar el ciclo una vez al año7 (FAO-CONAF, 2008). En la fase adulta del insecto el daño se caracteriza por la presencia de orificios de salida o galerías de emergencia sobre los frutos (Figura N° 13).

de pupa, para posteriormente emerger como insecto adulto con gran capacidad de vuelo y reiniciar el ciclo una vez al año[1] (FAO-CONAF, 2008). En la fase adulta del insecto el daño se caracteriza por la presencia de orificios de salida o galerías de emergencia sobre los frutos (Figura N° 13).

El daño disminuye la producción de frutos sanos (calidad) y el número de semillas viables, afectando directamente la propagación sexual de la especie.

En general, el bruco adulto emerge a fines de primavera y durante el verano, ocasión en que los adultos proceden a oviponer uno o varios huevos en los frutos recién formados. Puede haber una emergencia de adultos durante el mes de enero, los cuales oviponen en los frutos ya formados que se encuentran en los árboles o en el suelo.

Solo puede haber un ejemplar por semilla, pudiendo penetrar varias larvas en un fruto, produciéndose canibalismo (Barriga, 1990).

El insecto presenta cuatro estados larvarios; las larvas del primer estado son móviles, mientras que las del segundo al cuarto son sedentarias. Las larvas del primer estado se caracterizan por poseer patas bien desarrolladas y estar aptas para el desplazamiento, puesto que la mayor parte de ellas, luego de emerger del huevo, se desplazan por la superficie del fruto antes de penetrar a este. Estas larvas poseen una gran cantidad de setas en la superficie del cuerpo. Luego de penetrar a la semilla, no necesitan ya desplazarse por lo que en las larvas de los siguientes estados, las patas están muy reducidas y tienen el cuerpo recurvo, en forma de C, muy robusto, y con pocas setas, restringidas a ciertos puntos de la superficie (Barriga, 1990).

Los antecedentes existentes acerca de problemas sanitarios afectando a este recurso son insuficientes y principalmente de tipo taxonómico, limitándose, en la mayoría de los casos, a la sola descripción de agentes o de daños observados, encontrándose escasa información acerca de hábitos y biología.

Más aún, en muchos casos ni siquiera se ha establecido fehacientemente la relación Agente - Daño - Estado de Desarrollo del Hospedante, condición mínima necesaria para poder efectuar una adecuada prospección y evaluación de aquellos problemas sanitarios considerados de mayor importancia por su impacto negativo en la productividad de este recurso forestal.

Es por tanto evidente la necesidad de iniciar y desarrollar trabajos de prospección, que detecten los problemas sanitarios asociados a este recurso, tanto los de origen entomológico como aquellos ocasionados por otros patógenos. También que se describan los síntomas y signos que se asocian con estos problemas sanitarios, identificando los agentes causales y evaluando la magnitud del daño que ocasionan. Esta información es la clave para proponer medidas tendientes a que el daño ocasionado se mantenga por debajo de los niveles en los cuales la productividad y el retorno económico pueda verse afectado en forma negativa.

[1]Observaciones efectuadas en este proyecto, sugerirían la existencia de un segundo ciclo anual. Ver sección: Ciclo Biológico de *Amblycerus dispar*, en este mismo documento.

PROSPECCIÓN SANITARIA EN PARCELAS DE MANEJO SILVÍCOLA

Al inicio del periodo de floración de chañar, durante los meses de septiembre de las temporadas 2014-15 y 2015-16, se realizó una prospección sanitaria general del fruto de esta especie.

Es así como durante el periodo fenológico señalado, la detección de ataque por *Amblycerus dispar* se registró solo en frutos de temporadas anteriores, ya que los frutos de la temporada en curso estaban todavía en formación y aún no presentaban signos de estar atacados.

Para verificar esto se procedió a abrir frutos verdes, sin encontrar evidencias de ataque, tales como huevos, larvas o galerías larvales.

En los frutos de temporadas anteriores, presentes en el suelo, se pudo observar tanto daño por insecto como daño por roedores, presumiblemente ratones (Figura N° 14, arriba).

La prospección también permitió detectar la presencia de frutos muertos y momificados (frutos con pudrición que se secan rápidamente, arrugados y oscuros, formando una masa dura, característico de pudriciones causadas por especies de hongos del género *Monilia*) (Bergamin *et al*., 1995). Estos frutos aún permanecían en los árboles, con signos evidentes de daño por insecto perforador (Figura N° 14, abajo).

El ataque a los frutos es ocasionado por la fase larval del insecto *Amblycerus dispar*, conocido comúnmente como bruco del chañar.

El daño ocasionado por este insecto se traduce tanto en la destrucción del fruto como de la semilla, lo cual conlleva una importante disminución en las posibilidades de producir regeneración natural.

Este aspecto se ve magnificado por el uso y consumo humano de los frutos, así como por el consumo animal, representado principalmente por el pastoreo de caprinos.



Frutos de temporadas anteriores con daño de insecto (A); Daño por roedores (B);
Frutos momificados en árbol (C); Frutos momificados con daño de bruco (D)

Figura N° 14
EVIDENCIA DE ATAQUE DE INSECTOS Y OTROS AGENTES EN FRUTOS

TRATAMIENTOS DE MANEJO SILVÍCOLA E INCIDENCIA DE DAÑO EN FRUTOS

Se evaluó el efecto de distintos tratamientos de manejo silvícola sobre la incidencia de daño por *Amblycerus dispar* en los frutos de chañar[1]. Para estos efecto se utilizó un ensayo de manejo[2] que contempla nueve tratamientos silvícolas correspondientes a combinaciones de tipo de poda e intensidad de raleo (Cuadro N° 10).

Cada tratamiento está repetido en tres parcelas, desde cada una de las cuales se seleccionaron tres árboles a los cuales se les extrajo una muestra de 100 g de frutos para efectos de evaluar la incidencia del daño, es decir los frutos perforados por *A. dispar*.

Se contó el número de frutos en la muestras de 100 g y se determinó el porcentaje de los mismos que presentaban daño por bruco

Esta evaluación se realizó a fines de verano, ya que solo cuando el fruto está maduro es posible constatar la incidencia del daño, lo cual en el caso de *A. dispar* es relativamente simple ya que se caracteriza por la galería de emergencia y los evidentes orificios de salida que se observan en los frutos y semillas atacadas.

Cuadro N° 10
DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DEL ENSAYO DE MANEJO SILVÍCOLA

Tratamiento			Parcela N°
Raleo	Poda	Número	
0% Sin raleo	Sin poda	**T1 (testigo)**	5
			2
			4
	Poda apical	**T2:**	22
			23
			24
	Poda de vástagos	**T3**	25
			26
			27
30%	Sin poda	**T4**	13
			14
			15
	Poda apical	**T5**	16
			17
			18
	Poda de vástagos	**T6**	19
			20
			21
50%	Sin poda	**T7**	1
			6
			3
	Poda apical	**T8**	7
			8
			9
	Poda de vástagos	**T9**	10
			11
			12

[1] También se evalúo el efecto de los tratamientos silvícolas sobre la productividad de frutos de chañar, aspecto detallado en la primera parte de este documento.

[2] Es el mismo ensayo utilizado en la evaluación del efecto del manejo silvícola sobre la productividad de frutos.

A nivel general, sobre un total de 71 árboles evaluados en las distintas parcelas de manejo silvícola, se determinó un porcentaje de frutos de chañar atacados por *Amblycerus dispar* de 22,5% (Cuadro N° 11)

Cuadro N° 11
PORCENTAJE PROMEDIO DE FRUTOS POR ÁRBOL ATACADOS POR *Amblycerus dispar*

Porcentaje promedio de frutos atacados por árbol (n = 71)	
Promedio	22,5
Valor mínimo	1,7
Valor máximo	94,7
Desviación estándar	22,4

Se constató que el porcentaje de frutos atacados es muy variable entre árboles y particularmente variable entre los distintos tratamientos silvícolas analizados. En efecto, los análisis de varianza indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Figura N° 15), observándose que estas diferencias son consecuencias del efecto del factor intensidad de raleo (Figura N°16), en tanto que el factor tipo de poda no tiene efecto sobre esta variación (Figura N° 17).

Test: Scott & Knott Alfa=0,05 Error: 163,1308 gl: 61			
Tratamiento	Medidas	n	E.E.
9	3,1	9	4,26 A
8	5,5	9	4,26 A
6	9,5	9	4,26 A
7	11,4	9	4,26 A
5	15,3	9	4,26 A
4	33,2	9	4,26 B
2	47,0	9	4,26 C
3	54,9	8	4,52 C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)			

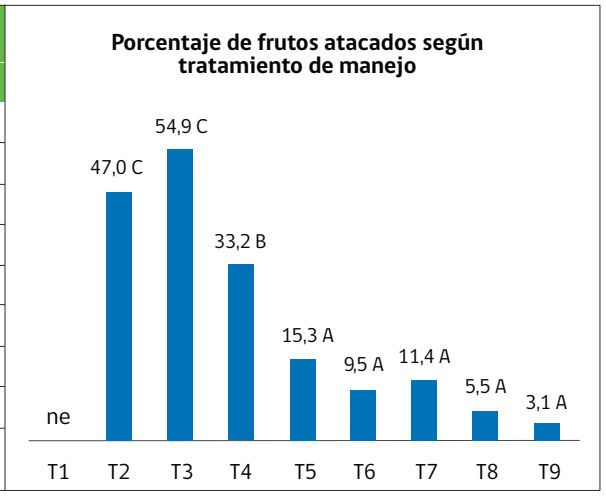


Figura N° 15
PORCENTAJE DE FRUTOS ATACADOS POR *Amblycerus dispar*
SEGÚN TRATAMIENTO DE MANEJO SILVÍCOLA

Test:Scott & Knott Alfa=0,05 Error: 174,7070 gl: 63			
Raleo	Medias	n	E.E.
50%	6,66	27	2,54 A
30%	19,3	27	2,54 B
0%	51,29	17	3,21 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

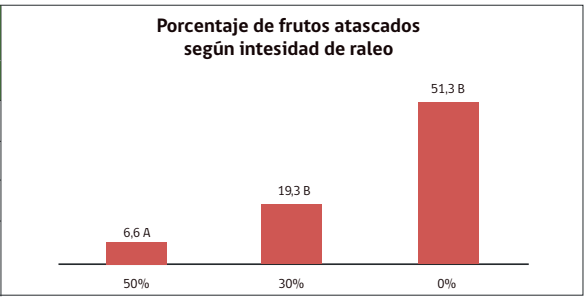


Figura N° 16
EFECTO DE LA INTENSIDAD DE RALEO SOBRE LA INCIDENCIA DE FRUTOS ATACADOS POR *Amblycerus dispar*

Test:Scott & Knott Alfa=0,05 Error: 174,7070 gl: 63			
Poda	Medias	n	E.E.
Sin poda	22,25	18	3,12 A
Apical	22,61	27	2,54 A
Vástagos	22,71	26	2,6 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

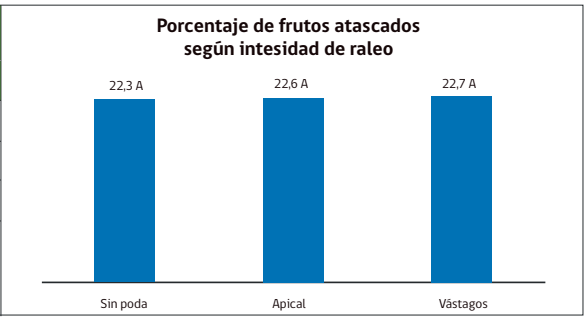


Figura N° 17
EFECTO DEL TIPO DE PODA SOBRE LA INCIDENCIA DE FRUTOS ATACADOS POR *Amblycerus dispar*

Existe un claro efecto del efecto del manejo, específicamente del raleo, sobre la proporción de frutos atacados por bruco en los árboles de chañar. Esta situación puede obedecer a distintos efectos asociados al raleo, por una parte el más evidente es la reducción de la densidad del rodal; en este sentido los tratamientos de mayor intensidad de raleo (T7,T8 y T9 con 50% de raleo), que reducen en mayor medida el número de árboles por hectárea de las parcelas intervenida, son los que presentan la menor incidencia de daño. Recíprocamente los tratamientos sin raleo (T1, T2 y T3) son lejos los con mayor incidencia de daño, mientras que los tratamientos con una intensidad intermedia (T4, T5 y T6 con 30% de raleo) presentan una situación intermedia en cuanto a la incidencia de daño en los frutos.

Los raleos efectuados corresponden a raleos por lo bajo, es decir que remueven los árboles de menores dimensiones, suprimidos y con escaso desarrollo y vigor, pudiéndose presumir que la eliminación de este material tiene un efecto inhibidor sobre la población del insecto, por cuanto en otras relaciones hospedero-plaga se ha constatado y documentado que el insecto prefiere y suele comenzar sus ataques sobre los árboles más debilitados de la población. En tal sentido el raleo por lo bajo puede tener un efecto equivalente al de un raleo sanitario. Por otra parte, antecedentes generados en este mismo proyecto indican que la captura de adultos de *Amblycerus dispar*, y presumiblemente sus niveles poblacionales, son mayores bajo los árboles que entre los árboles; por lo mismo, en situaciones de raleo donde disminuye el número de árboles y aumente la distancia entre ellos, se genera una condición que es menos adecuada para la proliferación del insecto.

En cuanto a la poda, tradicionalmente ha sido una herramienta de manejo de copa muy usada en fruticultura para optimizar la producción de huertos frutales. En el caso de chañar ésta demostró tener un efecto bajo pero significativo en la producción de frutos[10] , sin embargo, los antecedentes y análisis efectuados en este estudio indican que no tiene efecto alguno sobre la incidencia de daño en los frutos.

Un aspecto importante a considerar es que los tratamientos que presentan menor incidencia de daño por bruco en sus frutos son los mismos que resultan más efectivos para promover la producción frutal en chañar. De acuerdo con los antecedentes entregados en estudio de productividad frutal en función de intervenciones de manejo, los tratamientos T7, T8 y T9, con una intensidad de raleo del 50%, son los más efectivos en incrementar la producción frutal en chañar (Figura N° 18). Al respecto, es interesante evaluar la situación del tratamiento T6 que con 30% de raleo y poda de vástagos, presenta menor incidencia de daño que el tratamiento T7 con 50% de raleo y sin poda, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa, además esta combinación representada en el tratamiento sin poda y 50% de raleo (T7) resultó detrimental en lo que respecta a incrementar la cantidad de frutos producidos (Figura N° 18).

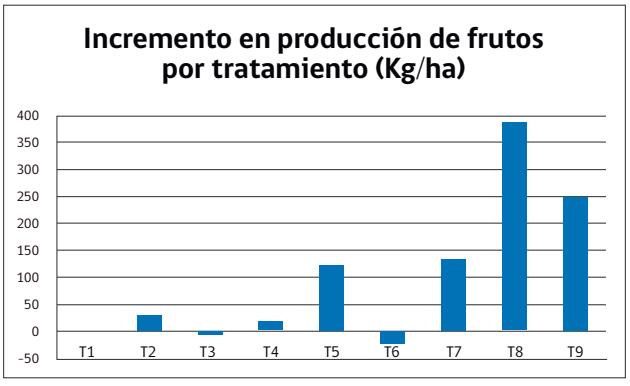


Figura N° 18
INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS EN FUNCIÓN DE INTERVENCIONES DE MANEJO SILVÍCOLA

En síntesis, los estudios y análisis efectuados aportan evidencia a favor del manejo de chañar como una herramienta para disminuir la incidencia de daño por bruco y también para incrementar su producción frutal. De los 9 tratamientos de manejo silvícola ensayados, las intervenciones más apropiadas para impactar positiva y significativamente en ambos aspectos (incrementar producción y reducir incidencia de daño) son los raleos con intensidad del 50%. Las podas por su parte tienen un efecto significativo, pero considerablemente menor, solo en la producción de frutos, y ningún efecto para disminuir el daño por bruco.

[10] Ver sección: Efecto del Manejo en Productividad Frutal, en la primera parte de este documento.

CICLO BIOLÓGICO DEL INSECTO Y DINÁMICA DE PRODUCCIÓN DE FRUTOS

Para establecer una relación entre el ciclo biológico del insecto y la dinámica de producción de frutos se monitoreo durante dos temporadas (verano 2014-15 y 2015-16) la presencia y distribución de frutos atacados en distintas épocas y posiciones de la copa de un conjunto de individuos de chañar ubicados en los sectores de San Camilo, Barranquilla (Valle Fértil) y Piedra Colgada, todos en el valle y caja del río Copiapó en la región de Atacama.

Cada sector fue visitado entre 5 y 7 veces durante los periodos de fructificación. En cada ocasión se realizó un seguimiento de la fructificación y de los frutos atacados en cinco individuos de chañar debidamente georreferenciados. Para esta evaluación la copa de cada árbol se dividió en cuatro sectores correspondientes a las combinaciones de las exposiciones norte y sur, con los estratos superior e inferior de la copa. En las mismas ocasiones se analizó la captura de insectos adultos con trampas adhesivas ubicadas bajo los árboles, entre los árboles y expuestas (estas últimas ubicadas en sectores abiertos sin árboles en su proximidad).

Estacionalidad del Daño por *Amblycerus dispar* y Relación con Fenología Frutal

En el Cuadro N° 12 se detallan los porcentajes de frutos atacados encontrados a los largo del periodo de fructificación de chañar, durante dos temporadas sucesivas, en los distintos sectores evaluados. En la Figura N° 19 se muestran los mismos datos en una escala temporal para hacer evidente la época del año en que se maximiza la presencia de frutos atacados.

Cuadro N° 12
PORCENTAJE DE FRUTOS ATACADOS POR *Amblycerus dispar* SEGÚN SECTOR Y FECHA

Temporada 1 (2014-15)					Temporada 2 (2015-16)				
Sector	Fecha	Frutos Evaluad	Con Ataque		Sector	Fecha	Frutos Evaluad	Con Ataque	
San Camilo	25.10.2014	48	0	0%	San Camilo	25.11.2015	98	0	0%
	25.11.2014	99	0	0%		22.12.2015	101	36	36%
	18.12.2014	100	0	0%		13.01.2016	112	39	35%
	15.01.2015	82	10	12%		26.01.2016	72	40	56%
	3.02.2015	25	3	12%		18.02.2016	120	57	48%
	13.02.2015	145	40	28%		**Subtotal**	**503**	**172**	**34%**
	12.03.2015	100	20	20%	Barranquilla	25.11.2015	100	0	0%
	Subtotal	**599**	**73**	**12%**		22.12.2015	100	9	9%
Barranquilla	25.10.2014	52	0	0%		13.01.2016	101	20	20%
	25.11.2014	97	0	0%		26.01.2016	68	28	41%
	18.12.2014	100	0	0%		18.02.2016	126	40	32%
	15.01.2015	30	4	13%		**Subtotal**	**495**	**97**	**20%**
	3.02.2015	72	2	3%	Piedra Colgada	13.01.2016	90	6	7%
	12.03.2015	101	15	15%		26.01.2016	87	3	3%
	Subtotal	**452**	**21**	**5%**		**Subtotal**	**177**	**9**	**5%**
Subtotal Temp 1		**1.051**	**94**	**9%**	**Subtotal Temp 2**		**1.175**	**278**	**24%**
TOTAL							**2.226**	**372**	**17%**

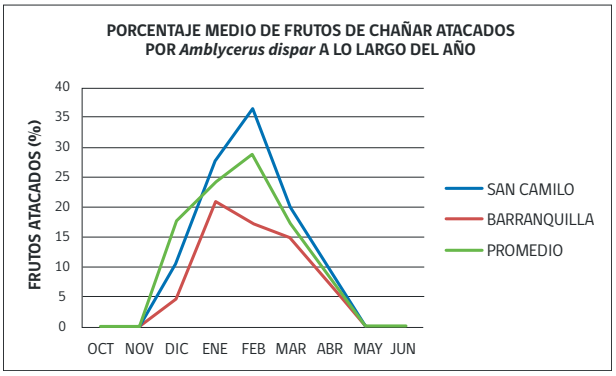


Figura N° 19
ESTACIONALIDAD EN PRESENCIA DE FRUTOS ATACADOS POR *Amblycerus dispar*

Los resultados ponen en evidencia que la presencia de frutos de chañar empieza a manifestarse entre octubre y noviembre y los daños se registran a partir de diciembre o enero dependiendo de la temporada, estos aumentan junto con la maduración de los frutos y alcanzan su máximo durante el mes de febrero, evidenciándose más o menos la misma tendencia en los dos sectores evaluados.

Estos datos permiten visualizar el número o cantidad total de frutos recolectados en los sectores considerados, en los cuales se determinó la presencia o ausencia de ataque por A. dispar, pudiéndose determinar que el porcentaje de aquellos que presentaban ataque corresponde a un 5 y 12% en los sectores de Barranquilla y San Camilo, respectivamente, durante la primera temporada; y a un 34% en el Sector San Camilo, un 20% en el Sector Barranquilla y un 5% en el sector Piedra Colgada, durante la segunda temporada.

La mayor cantidad de frutos con ataque en el sector San Camilo es consistente con la mayor cantidad de insectos adultos capturados en trampas de pegamento, en este mismo sector. Este resultado ratifica la existencia de una población mayor del insecto en este sector.

La cifra de 34% de frutos dañados observada en el Sector San Camilo muestra la potencialidad de daño que representa A. dispar en el aprovechamiento de estos, dejando de manifiesto la necesidad de desarrollar medidas de manejo y control del ataque a fin de minimizar el daño y optimizar el aprovechamiento de los frutos, tanto para el consumo humano como para los animales.

Respecto a la fenología frutal, en el Cuadro N° 13 se relaciona los porcentajes de frutos atacados con el estado de desarrollo de estos. La presencia de ataque exitoso para el insecto se manifiesta principalmente cuando los frutos presentan un estado de desarrollo casi completo, ya que el insecto requiere que la semilla esté casi o totalmente formada a fin de contar con una cantidad de sustrato alimenticio que le garantice el poder completar su etapa alimentaria y, por ende, su desarrollo hasta la fase adulta. Esta observación se refleja en que la mayor parte de los frutos que presentaban ataque exitoso tenían el tamaño adulto o maduro.

Cuadro N° 13
ESTADO FENOLÓGICO DE FRUTOS Y PORCENTAJE DE ATAQUE POR *Amblycerus dispar*

Observación	Estado Fenológico Chañar	Ataque *Amblycerus dispar* (%)	
Octubre 2014	Floración e inicio de fructificación; Presencia de frutos cuajados, inmaduros de color verde. Frutos con gomosis y manchas tipo picadura o peca, pero sin ataque de *Amblycerus dispar*	San Camilo	0
		Barranquilla	0
Noviembre 2014	Floración avanzada; Fructificación en desarrollo, maduración incipiente de frutos que empiezan a tornarse de verde a café muy claro. Frutos con gomosis y manchas tipo picadura o peca, pero sin ataque de *Amblycerus dispar*	San Camilo	0
		Barranquilla	0
Diciembre 2014	Floración casi terminada; Fructificación en desarrollo maduración en progreso con frutos de color café claro. Frutos con gomosis y manchas tipo picadura o peca, pero sin ataque de *Amblycerus dispar*	San Camilo	0
		Barranquilla	0
Enero 2015	Floración finalizada; Fructificación en pleno desarrollo hacia frutos maduros de color café. Algunos frutos han comenzados a ser atacados por *Amblycerus dispar*	San Camilo	12
		Barranquilla	13
Febrero 2015	Frutos maduros Presencia de ataque y larvas de *Amblycerus dispar* en el fruto	San Camilo	12
		Barranquilla	3
Febrero 2015	Frutos maduros Presencia de ataque y larvas de *Amblycerus dispar* en el frutos de San Camilo. En Barranquilla los árboles evaluados no presentan frutos (s/f)	San Camilo	28
		Barranquilla	s/f
Marzo 2015	Frutos maduros	San Camilo	20
		Barranquilla	15

Respecto a la captura de insectos con trampas adhesivas (Cuadro N° 14; Figura N° 20), esta se verifica entre noviembre y febrero, observándose un máximo en el mes de enero y una mayor captura en las trampas dispuestas bajo los árboles (78,2%) que entre los árboles (3,6%) o expuestas (18,2%)

Cuadro N° 14
EJEMPLARES DE *Amblycerus dispar* CAPTURADOS EN TRAMPAS ADHESIVAS

Sector	Fecha	Ubicación	Diagnóstico
San Camilo	25.11.2015	Expuesta	Sin captura
		Bajo árbol	14 adultos
		Entre árboles	1 adulto
			15
	22.12.2015	Expuesta	2 adultos
		Bajo árbol	7 adultos
		Entre árboles	Sin captura
			9
	26.01.2016	Entre árboles	1 adulto
		Bajo árbol	18 adultos
		Expuesta	2 adultos
			21
	17.02.2016	Entre árboles	0 adultos
		Bajo árbol	4 adultos
		Expuesta	6 adultos
			10
		TOTAL	**55**



Figura N° 20
TRAMPA ADHESIVA USADA EN CAPTURA DE ADULTOS DE *Amblycerus dispar*

Los resultados de captura son consistentes con la mayor cantidad de ataque observada en la revisión de frutos en estos mismos sectores, lo cual está señalando que la población de *A. dispar*, debiera ser mayor en el sector San Camilo.

Cabe destacar que la mayor captura de insectos adultos de *A. dispar* se obtuvo claramente en aquellas trampas ubicadas bajo árbol. Esta observación y este resultado permiten proponer el uso de este tipo de trampas, en forma inicial y experimental, como un mecanismo orientado a la captura de insectos adultos, con el objetivo de lograr una disminución de la población del insecto, la que traería consigo una disminución del ataque y del daño a los frutos, permitiendo así mejorar la recolección y el aprovechamiento de estos.

El uso de este tipo de trampas de captura de insectos debiera implementarse, inicialmente, en el sector San Camilo, por presentar este una mayor población de *A. dispar*, aspecto que facilitaría el seguimiento de la población del insecto y del funcionamiento de las trampas, especialmente en cuanto a número y distribución de estas en función de la superficie de los rodales de chañar.

Para lograr un mayor desarrollo y eficacia en las medidas de manejo y control del insecto resulta necesario continuar con el seguimiento del ataque a los frutos y a la dinámica poblacional y desarrollo del insecto, especialmente en cuanto a verificar o descartar la existencia de una segunda generación. La obtención de estos antecedentes resulta vital para la propuesta y desarrollo de medidas de manejo y control del insecto, las que deberían ser implementadas en función de su dinámica poblacional, como una forma de asegurar un mejor resultado, basando su implementación en la o las épocas de mayor presencia de la fase objetivo.

Ciclo Biológico de Amblycerus dispar

Las acciones de colecta, muestreo y análisis de frutos, permiten determinar la época de presencia de A. dispar en frutos de chañar, en las diferentes fases de desarrollo del insecto (Figura N° 21).

FASE	MESES											
	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
ADULTO									X X X X	X X X X		
HUEVO												
LARVA												
PUPA												

(X: Emergencia de insectos adultos bajo condiciones de laboratorio)

Figura N° 21
CICLO DE VIDA DE *Amblycerus dispar*

La presencia de la fase adulta durante a lo menos 4 meses, sumada a la permanencia de los frutos en el árbol durante varios meses más, permite presumir la existencia de una segunda generación del insecto, es decir, la ocurrencia de 2 generaciones anuales, las cuales tendrían un alto grado de traslapo, es decir, se superponen en gran parte del ciclo. Esta observación se basa en la emergencia de adultos en el mes de febrero y posteriores, los que debieran realizar la postura de sus huevos en los frutos remanentes, generando así una nueva presencia de las diferentes fases de desarrollo del insecto.

Esta observación se ratifica al encontrar que en parte de las últimas muestras de frutos, las que fueron colectados en el mes de febrero y luego mantenidas en condiciones de crianza en laboratorio, se pudo observar emergencia de insectos adultos, en los meses de marzo y abril, ratificando así la presunción de la segunda generación o ciclo de vida del insecto. Por ello resulta del todo necesario continuar con el seguimiento del ataque a los frutos y a la dinámica poblacional y desarrollo del insecto, ya que esta será la única forma cierta de poder verificar o descartar la existencia de una segunda generación.

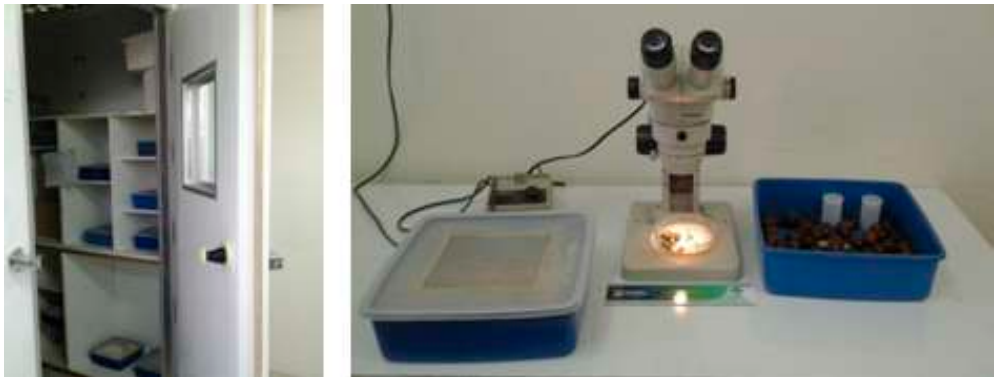


Figura N° 22
CÁMARA Y CAJA DE CRIANZA ENTOMOLÓGICA, LABORATORIO UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



Figura N° 23
ADULTO DE *Amblycerus dispar* EMERGIDO DE FRUTO Y VISTA GENERAL DE FRUTOS ATACADOS



Figura N° 24
DE IZQUIERDA A DERECHA, LARVAS, PUPA y ADULTOS DE *Amblycerus dispar*

Localización del Ataque de *t* en la Copa de Chañar

En el Cuadro N° 15 se resume el porcentaje de frutos atacados por *Amblycerus dispar* en las prospecciones efectuadas en San Camilo, Barranquilla y Piedra colgada durante dos temporadas de evaluación.

Cuadro N° 15
PORCENTAJE DE FRUTOS ATACADOS POR *Amblycerus dispar* SEGÚN SECTOR Y TEMPORADA

Temporada	Sector	Frutos Evaluados	Frutos Atacados	
1	San Camilo	599	73	12%
	Barranquilla	452	21	5%
	Subtotal Temp 1	**1.051**	**94**	**9%**
2	San Camilo	503	172	34%
	Barranquilla	495	97	20%
	Piedra Colgada	177	9	5%
	Subtotal Temp 2	**1.175**	**278**	**24%**
TOTAL		**2.226**	**372**	**17%**

La distribución porcentual de los frutos atacados en las distintas porciones de la copa de los ejemplares de chañar evaluados se presenta en el Cuadro N° 16. En ambos casos los valores corresponden a 5 árboles evaluados en cada sector y temporada. La segmentación de la copa se hizo en 4 divisiones correspondientes a las combinaciones de las exposiciones norte (N) y sur (S), y de los estratos superior e inferior de la copa (Figuras N° 25, 26 y 27).

Cuadro N° 16
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS FRUTOS ATACADOS POR *Amblycerus dispar* EN DISTINTOS SECTORES DE LA COPA

Temporada	Sector	Árbol	Porción de la Copa				Frutos Atacados	
			Estrato Superior		Estrato Inferior		Total	
			Exp N	Exp S	Exp N	Exp S	(%)	(N°)
1	San Camilo	1	13,3	33,3	20,0	33,3	100	15
		2	37,5	12,5	31,3	18,8	100	16
		3	36,4	18,2	18,2	27,3	100	11
		4	23,1	7,7	46,2	23,1	100	13
		5	33,3	11,1	27,8	27,8	100	18
		Subtotal	28,8	16,4	28,8	26,0	100	73
	Barranquilla	1	28,6	57,1	14,3	0,0	100	7
		2	33,3	0,0	66,7	0,0	100	3
		3	20,0	40,0	40,0	0,0	100	5
		4	20,0	0,0	60,0	20,0	100	5
		5	100,0	0,0	0,0	0,0	100	1
		Subtotal	28,6	28,6	38,1	4,8	100	21
	Subtotal Temp 1		28,7	19,1	30,9	21,3	100	94
2	San Camilo	1	23,5	20,6	14,7	41,2	100	34
		2	14,6	27,1	29,2	29,2	100	48
		3	22,2	25,0	27,8	25,0	100	36
		4	20,7	20,7	24,1	34,5	100	29
		5	24,0	24,0	24,0	28,0	100	25
		Subtotal	20,3	23,8	24,4	31,4	100	172
	Barranquilla	1	34,6	15,4	19,2	30,8	100	26
		2	16,7	38,9	33,3	11,1	100	18
		3	34,6	23,1	19,2	23,1	100	26
		4	14,3	57,1	0,0	28,6	100	7
		5	30,0	20,0	25,0	25,0	100	20
		Subtotal	28,9	25,8	21,6	23,7	100	97
	Piedra Colgada	1	75,0	25,0	0,0	0,0	100	4
		2	33,3	66,7	0,0	0,0	100	3
		3	100,0	0,0	0,0	0,0	100	1
		4	100,0	0,0	0,0	0,0	100	1
		5	-	-	-	-	-	-
		Subtotal	66,7	33,3	0,0	0,0	100	9
	Subtotal Temp 2		24,8	24,8	22,7	27,7	100	278
TOTAL			25,8	23,4	24,7	26,1	100	372

En los árboles afectados la distribución espacial del ataque, no presenta mayores diferencias ni tendencias claras, respecto de preferencias de zonas o áreas de ataque y alimentación del insecto en el árbol. La presencia de frutos con ataque, determinada por orientación cardinal y por altura, muestra que esta estaría dada en forma aleatoria, por la mayor o menor disponibilidad de frutos, sin mostrar alguna preferencia basada en la distribución de estos en el árbol.

Esta situación queda en evidencia en el Cuadro N° 16, donde se aprecia que los frutos atacados se distribuyen aproximadamente en un 25% en cada uno de los 4 sectores en que se dividió la copa de los árboles (superior norte= 25,8%; Superior Sur= 23,4%; Inferior Norte= 24,7% e Inferior Sur= 26,1%).



Colecta de frutos verdes con presencia de algún daño (picados o con gomosis) en estrato superior e inferior, exposición norte y sur (Izq.); Evidencia de fruto verde picado (Der.).

Figura N° 25
EVALUACIÓN SANITARIA DE INDIVIDUOS DE CHAÑAR SECTOR SAN CAMILO



Colecta de frutos verdes con presencia de pulgones (Izq); Evidencia de fruto verde con presencia de Curculionidos. (Der)

Figura N° 26
EVALUACIÓN SANITARIA DE INDIVIDUOS DE CHAÑAR SECTOR BARRANQUILLA



Colecta de frutos maduros de la temporada anterior y evidencia de fruto con perforaciones (Izq). Evidencia de semillas perforada con presencia de *Amblycerus dispar* en su interior (Der).

Figura N° 27
EVALUACIÓN SANITARIA DE INDIVIDUOS DE CHAÑAR, SECTOR PIEDRA COLGADA

La misma tendencia se observa en las dos temporadas por separado, aun cuando en la primera de ellas existe un poco más de variación que en la segunda (Temporada 1: Superior Sur= 19,1%; Inferior Norte= 30,9%). Presumiblemente esta diferencia obedezca a error de muestreo, por cuanto el número de frutos atacados durante la primera temporada fue relativamente bajo en comparación con el observado en la temporada siguiente (9 vs 24%). Aun cuando parece evidente que no existen diferencias, esto se confirmó para la temporada más variable (temporada 1) mediante un ANDEVA con contrastes para los factores exposición y estrato. Los resultados de este análisis confirman que no hay efecto de alguno de los dos factores y tampoco de su interacción en las preferencias del bruco para atacar (Figuras N° 28, 29 y 30).

Test: Scott & Knott Alfa=0,05 Error: 219,6789 gl: 196			
Estrato	**Medias**	**n**	**E.E.**
Inferior	8,53 A	100	1,48
Superior	9,35 A	100	1,48

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

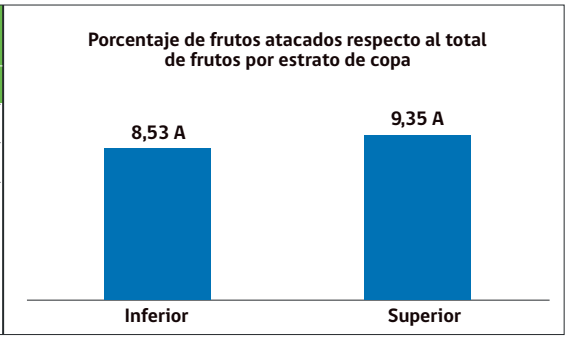


Figura N° 28
PROPORCIÓN DE FRUTOS ATACADOS SEGÚN ESTRATO DE COPA

Test: Scott & Knott Alfa=0,05 Error: 219,6789 gl: 196			
Exposición	Medias	n	E.E.
Sur	7,55 A	97	1,51
Norte	10,33 A	103	1,46

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

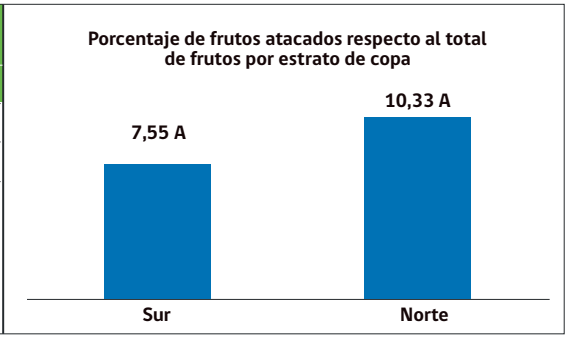


Figura N° 29
PROPORCIÓN DE FRUTOS ATACADOS SEGÚN EXPOSICIÓN DE COPA

Test: Scott & Knott Alfa=0,05 Error: 219,6789 gl: 196			
Estrato Exposición	Medias	n	E.E.
Inferior /Sur	7,34 A	47	2,16
Superior/Sur	7,77 A	50	2,1
Inferior/Norte	9,72 A	53	2,04
Superior/Norte	10,94 A	50	2,1

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

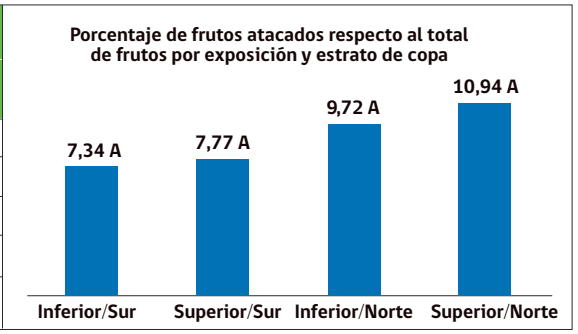


Figura N° 30
PROPORCIÓN DE FRUTOS ATACADOS SEGÚN ESTRATO Y EXPOSICIÓN DE COPA

El nulo efecto de la posición de los frutos en la copa respecto del ataque del insecto contribuye a explicar la situación observada previamente (Figura N° 17) al analizar las parcelas de manejo y constatar que las intervenciones de poda no inciden en el porcentaje de frutos afectados.

EVALUACIÓN Y MUESTREO DE CALIDAD FRUTAL

Los antecedentes de calidad frutal que se presentan a continuación corresponden a datos de caracterización de frutos obtenidos en 3 árboles de chañar por cada una de las 27 parcelas que componen el ensayo de manejo establecido por el proyecto[11] .

Las variables evaluadas y su descripción estadística se presentan en el cuadro N° 17

Cuadro N° 17
CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS DE FRUTOS DE CHAÑAR

Variable	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Diámetro polar del fruto (cm)	2,66	0,41	2,03	3,87
Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	2,04	0,42	1,3	2,93
Peso verde del fruto (gr)	5,85	0,62	4,43	6,8
Peso seco del fruto (g)	5,0	0,5	3,73	5,97
Peso seco de pulpa con cáscara (g)	1,94	0,47	1,1	3,57

Las variables descriptoras del fruto hacen referencia a su tamaño (diámetros ecuatorial y polar), peso (seco y verde) y rendimiento en pulpa incluyendo cáscara. Este último, expresado como peso seco por fruto, es un indicador de la fracción del mismo que es utilizada enpreparaciones comestibles (mermeladas, jarabes, etc.). Los atributos medidos hacenreferencia a la calidad frutal en términos físicos, de tamaño y peso, de modo que exhiben una importante correlación entre ellos. En efecto, en el cuadro N° 18 se muestran los coeficientes de correlación entre las variables evaluadas, observándose que las relaciones más sólidas son las existentes entre el peso verde del fruto con el peso seco tanto del fruto completo como de la pulpa con cáscara. Entre las variables de tamaño, el diámetro polar presenta alta correlación con el peso seco de la pulpa con cáscara y con el diámetro ecuatorial.

Cuadro N° 18
MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS FRUTOS

	Peso Verde del Fruto	Diámetro Polar	Diámetro Ecuatorial	Peso Seco del Fruto	Peso Seco Pulpa con Cáscara
Peso verde del Fruto	1,00	0,50	0,22	0,74	0,69
Diámetro polar	-	1,00	0,63	0,40	0,66
Diámetro ecuatorial	-	-	1,00	0,37	0,40
Peso seco del fruto	-	-	-	1,00	0,59
Peso seco pulpa con cáscara	-	-	-	-	1,00

[11] El ensayo está descrito en la primer parte de este documento, en la sección: Ensayo de manejo

La variación observada en las variables evaluadas puede ser atribuida en una proporción estadísticamente significativa a los tratamiento de manejo implementados (Cuadro N° 19), aunque las relaciones causales no son tan evidentes, así como tampoco las implicancias productivas de las mismas.

Cuadro N° 19
EFECTO DE TRATAMIENTOS SILVÍCOLAS SOBRE PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS FRUTOS

Tratamiento	Raleo	Poda	Diámetro Polar (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Peso Verde Fruto (g)	Peso Seco Fruto (g)	Peso Seco Pulpa con Cáscara (g)
T7	50%	Sin poda	3,40 A	2,69 A	6,28 A	5,16 A	**2,60** A
T6	30%	Vástagos	3,13 B	2,13 B	6,18 A	5,34 A	**2,18** B
T9	50%	Vástagos	2,74 C	2,14 B	6,39 A	5,38 A	**2,13** B
T8	50%	Apical	2,48 D	1,98 C	6,41 A	5,39 A	**2,13** B
T5	30%	Apical	2,41 D	1,65 D	5,88 B	4,86 B	**1,87** C
T2	0%	Apical	2,36 D	1,74 D	5,31 C	4,59 B	**1,61** D
T4	30%	Sin poda	2,34 D	1,50 E	5,26 C	4,46 B	**1,51** D
T3	0%	Vástagos	2,36 D	2,52 A	5,00 C	4,84 B	**1,42** D

Test: Scott & Knott Alfa=0,05. Medias con una letra común, en la misma columna, no son significativamente diferentes (p > 0,05)

En términos de peso seco de frutos, los tratamientos T9, T8, T6 y T7 posen frutos de mayor peso que el resto de los tratamientos; ellos corresponden a raleos intensos (50%) con y sin podas y a raleo intermedio (30%) con poda de vástagos. Es importante destacar que estos mismos tratamientos han sido los que mostraron el mayor incremento en productividad de frutos, así como la menor incidencia de daño por *Amblycerus dispar*. En cuanto a rendimiento en pulpa, nuevamente los mismos tratamientos exhiben la mejor repuesta, aunque en este caso se diferencia como mejor resultado al tratamiento T7, igualmente con alta intensidad de raleo (50%)

Consistentemente, los atributos de calidad de fruto se ven favorecidos por los raleos, observándose una relación directa entre estos atributos y la intensidad de la intervención. Por su parte, las podas poseen un efecto menor y se manifiesta solo en algunas características; el peso seco de de la pulpa y el peso verde del fruto completo no se ven influenciado por la poda, mientras que el peso seco del fruto y los diámetros del mismo si muestran influencia de la misma. En el caso del peso seco del fruto, el mejor resultado lo exhiben los frutos cosechados en parcelas con poda de vástagos, en tanto que los mejores diámetros de frutos se obtienen en parcelas sin poda.

Conclusiones

El manejo silvícola de rodales de chañar tiene efecto sobre el porcentaje de frutos atacados por *Amblycerus dispar*. Particularmente existe un efecto muy favorable de los raleos intensos, los que presentan una incidencia de ataque en sus frutos del orden del 6,6%, en circunstancias que el promedio fue de 22,5% y las parcelas no raleadas presentan una incidencia de 51%.

La poda por su parte no tiene ningún efecto sobre esta variable. Los raleos también tienen efecto sobre los parámetros de calidad física de los frutos de chañar, observándose nuevamente que las intervenciones más intensas son las que en mayor medida favorecen a estos atributos.

La conclusión anterior es consecuente con la obtenida en otros estudios de este mismo proyecto, donde se indica que los raleos particularmente los de mayor intensidad son los tratamientos más efectivos para incrementar la producción de frutos de chañar.

El ataque de *Amblycerus dispar* es estacional y está estrechamente relacionado con el grado de maduración de los frutos, sugiriéndose que el insecto requiere que la semilla esté casi o totalmente formada, a fin de contar con una cantidad de sustrato alimenticio (hidratos de carbono y proteínas) que le garantice poder completar su metamorfosis.

Coincidiendo con la época de maduración de los frutos de chañar los mayores niveles de ataque se producen en verano (enero y febrero), ocasión en que también se obtiene la mayor captura de insectos adultos en trampas adhesivas.

Los insectos tienen preferencias por sectores del terreno, detectándose que existen considerablemente más individuos bajo los árboles (76%) que entre los mismos (3%). Sin embargo, no manifiestan preferencia por frutos ubicados en segmentos específicos de las copas, al menos en lo que se refiere a exposición y estrato. Aparentemente la presencia de frutos maduros es el principal estímulo que provoca el ataque, independientemente de la posición que estos frutos ocupen en la copa del árbol

Amblycerus dispar es descrito como un insecto que experimenta un ciclo de vida al año, sin embargo la emergencia de insectos adultos, en los meses de marzo y abril, permite presumir la existencia de un segundo ciclo traslapado con el primero.

De acuerdo a los resultados se recomienda continuar con el estudio del ciclo de vida del insecto, realizando un seguimiento a más largo plazo a fin de establecer con toda claridad la existencia de una o dos generaciones anuales de *A. dispar*. Asimismo, para bajar los niveles poblacionales del insecto se recomienda el uso experimental de las trampas de pegamento.

REFERENCIAS

Barriga, J. E., 1990. Revisión de los Brucos de Importancia Agrícola y Cuarentenaria en Chile (Coleóptera: Bruchidae). Tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 243 Pp.

Bergamin, F.; Kimati, H.; Amorim, L., 1995. Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos. 3 ed. São Paulo: Ceres, v.1. 919 p.

FAO – CONAF, 2008. Manual de Plagas y Enfermedades del Bosque Nativo en Chile. Proyecto Cooperación Técnica TCP/Chi3102. 1ra Ed. Santiago, Chile. 228 P.

FAO, 1997. Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N°12.

Lamarque, A.; Maestri, D.; Zygadio, J. y Guzmán, C., 2000. Chemical evaluation of *Geoffroea decorticans* seed as source of oil and proteins. Grasas y Aceites 51(4): 241-243.

Maestri, D.; Fortunato, R.; Grepi, J. y Lamarque, A., 2001. Compositional studies of seeds and fruits from two varieties of *Geoffroea decorticans*. Journal of Food Composition and Analysis N° 14: 585-590.

Martínez, L. E., 1989. Caracterización y Antecedentes para el Manejo de Chañar (*Geoffroea decorticans* (Gill. Ex Hook et Arn.)) en La Zona de Copiapó. Tesis para Optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 132 Pp.

Quijada, O.; Ramírez, R.; Castellano, G.; Camacho, R. y Burgos, M., 2009. Tipos de Poda y Producción de Guayabo (*Psidium Guajava L.*) en el Municipio Baralt, Estado Zulia, Venezuela Revista UDO Agrícola 9 (2): 304-311. 2009

DOCUMENTO DE DIVULGACIÓN N°44 ANTECEDENTES PARA EL MANEJO SILVÍCOLA -SANITARIO DEL CHAÑAR *(Geoffroea decorticans)*



INFOR

INSTITUTO FORESTAL

www.infor.cl