



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN
DE LA NATURALEZA

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN, GERMINACIÓN Y VIABILIDAD
DE SEMILLAS DE *Araucaria araucana* (MOLINA) K. KOCH, PARA
TRES AÑOS DE FRUCTIFICACIÓN Y TRES LOCALIDADES DE LA
COMUNA DE LONQUIMAY, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

JORGE IGNACIO ZAVALA HIDALGO

Profesor Guía: Sr. Sergio Donoso Calderón. Ingeniero Forestal,
Doctor Ingeniero de Montes

Santiago, Chile

2018

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE
LA NATURALEZA

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN, GERMINACIÓN Y VIABILIDAD
DE SEMILLAS DE *Araucaria araucana* (MOLINA) K. KOCH, PARA
TRES AÑOS DE FRUCTIFICACIÓN Y TRES LOCALIDADES DE LA
COMUNA DE LONQUIMAY, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

JORGE IGNACIO ZAVALA HIDALGO

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Sergio Donoso Calderón	7,0
Prof. Consejera Srta. Karen Peña Rojas	6,7
Prof. Consejero Sr. Carlos Magni Díaz	6,5

*“Si quieres ir rápido camina solo,
si quieres llegar lejos, anda acompañado”
Proverbio africano*

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
3. MATERIAL Y MÉTODO	6
3.1 Material.....	6
3.1.1 Antecedentes generales	7
3.2 Método.....	8
3.2.1 Evaluación de la producción de conos	8
3.2.2 Evaluación de la cantidad de semillas por cono	8
3.2.3 Evaluación de la germinación de las semillas	9
3.2.4 Comparación y análisis de la producción, con la cantidad, peso, germinación y viabilidad de las semillas	9
4. RESULTADOS	11
4.1 Producción de conos.....	11
4.2 Número de semillas por cono y número de semillas por kilo.....	13
4.3 Resultados del ensayo de germinación de las semillas en los tres años de producción de conos	13
5. DISCUSIÓN.....	15
6. CONCLUSIÓN.....	17
7. BILIOGRAFÍA.....	18

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1. Comparación del número de semillas por cono y número de semillas por kilo, en los tres años de medición.....	13
Cuadro 2. Comparación de los niveles de la producción de conos sobre la germinación en laboratorio: promedio de Capacidad Germinativa, Valor Máximo de Czabator (media \pm error estándar).....	14

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la comuna de Lonquimay; localidades donde se realizó el estudio y se recolectaron los conos.....	6
Figura 2. Producción de conos por hectárea en las tres localidades (Cruzaco, Quinquén y Mallín), en los tres años de fructificación.....	11
Figura 3. Seguimiento de la producción de conos por hectárea durante 11 años en las tres localidades.....	12
Figura 4. Diagrama de caja de la estimación de la producción de conos por hectárea, en los tres años de evaluación.....	12
Figura 5. Evaluación de la germinación de las semillas en los tres años de producción de conos, a) Energía Germinativa y b) Periodo de Energía.....	14

RESUMEN

La *Araucaria araucana* es una especie endémica de los bosques de Chile y Argentina, de gran importancia en las comunidades Mapuche-Pehuenches de la zona sur de nuestro país, que a pesar de ser declarada Monumento Natural en el año 1990, se ha visto afectada por una escasa incorporación de regeneración por falta de semillas en los bosques, peligrando su conservación. El objetivo de esta memoria es analizar si existe relación entre la producción de conos con la cantidad de semillas por cono, el peso de las semillas y la germinación de éstas. La investigación se llevó a cabo entre los años 2012 y 2014, en tres localidades de la comuna de Lonquimay, Región de la Araucanía, en las cuales se instalaron las parcelas, identificando los árboles femeninos y se contabilizaron los conos potencialmente disponibles por hectárea. En los conos colectados se midió el número y peso de las semillas. Finalmente se seleccionaron semillas al azar para realizar el ensayo de germinación. Se estableció que el año 2012 corresponde a un año de baja producción, el 2013 a un año de alta producción y el 2014 a un año de producción media de conos. Se obtiene una media de entre 150 y 83 semillas por cono, siendo el año de baja producción, el que presenta los valores más altos. Las semillas tienen un peso promedio 3,3 gramos, pero en el año de producción media esta baja a 2,8 gramos por semilla. Los valores más altos de capacidad germinativa y valor máximo corresponden al año de alta producción con un 91,7% y un 3%/día respectivamente, mientras que el año de producción media presenta valores significativamente más bajos. Los resultados muestran que existe una sincronía o “masting” a nivel regional en la producción de conos. El éxito y velocidad de germinación de las semillas tiene relación con su peso y no con la cantidad de conos producidos ese año.

Palabras claves: *Araucaria araucana*, fructificación, producción de conos, semillas por cono, germinación.

ABSTRACT

The *Araucaria araucana*, which is an endemic species from Chile's and Argentina's forest, is very important for the Mapuches-Pehuenches communities from the south of our country. Despite of being declared Natural Monument in 1990, it has been seeing affected by a scarce incorporation of regeneration for lack of seeds in forests, jeopardizing its conservation. The objective of this research is to analyze the relation of the cone production in order to the amount of seeds per cone, weight and germination of the seeds. The research took place in three Lonquimay's locations, Araucanía Region, between the years 2012 and 2014. The areas were delimited, female trees were identified, and the potentially available cones were counted per hectare. Collected cones were measured in order to number and middleweight of the seeds. Finally, random seeds were selected for do the germination assay. It was established that 2012 correspond to a low production year, 2013 correspond to a high production year, and 2014 correspond to a medium production year of cones. Results show a median between 150 and 83 seeds per cone, being the lowest production year, which present the highest values. Seeds have an average weight of 3.3 grams, but in a medium production year it gets low to 2.8 grams per seed. The highest values of the germination capacity and maximum values correspond to the high production year with 91.7% and 3%/day respectively, the medium production year has significantly lower values. Results show a synchrony or "masting" to regional level related to the cones production. The success and speed of germination of the seeds is related to their weight and not to the amount of cones produced that year.

Key words: *Araucaria araucana*, fruiting, cone production, seeds per cone, germination.

1. INTRODUCCIÓN

Araucaria araucana (Mol.) K. Koch (araucaria), es una especie endémica de los bosques de Chile y Argentina, que presenta un gran valor ecológico y estético, teniendo gran importancia para las comunidades indígenas del sur de Chile, siendo generador de recursos que son aprovechados y utilizado por el hombre (Muñoz, 1984).

La familia Araucariaceae está constituida por tres géneros: *Araucaria*, *Agathis* y *Wollemia*. El género *Araucaria* está representado por 19 especies distribuidas en el hemisferio sur. En Chile solo se encuentra una especie de este género (Farjon, 1998; Serra, 1987). *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch., “araucaria” o “pehuén” es una Gimnosperma perteneciente al orden coniferales (Serra, 1987).

Los bosques de *Araucaria araucana* en Chile se distribuyen en ambas cordilleras. En la Cordillera de los Andes, se encuentra desde los 37°27', hasta los 40°03' latitud sur, a una altitud que va desde los 1.000 a los 1.800 msnm, constituyendo parte de los bosques templados de Chile y dando nombre al tipo forestal al que pertenece (Montaldo, 1974; Donoso, 1993).

Estos bosques de araucaria se desarrollan en tres distintos climas que son: clima templado-cálido, clima de frío o de nieve y clima frío de estepa (Montaldo, 1974; Peralta, 1980; Donoso, 1993). Y pueden formar asociaciones con diferentes especies del género *Nothofagus*, o encontrarse en rodales en forma pura. Estos últimos se presentan en el límite altitudinal arbóreo, por sobre los 1.800 msnm, o creciendo hacia la estepa (Donoso, 2006).

Veblen (1985) y Donoso (1993), plantean que los bosques de araucaria tienen una dinámica de claros, producto de la caída de árboles de grandes dimensiones, presentando regeneración junto con los *Nothofagus*. Otro aspecto importante sobre la dinámica regenerativa y el desarrollo de los rodales de araucaria, son los disturbios y alteraciones que se producen en esta zona (Donoso, 2006).

Los suelos de la Cordillera de los Andes, donde se desarrolla esta especie, son de rocas volcánicas y cubierto en gran parte por cenizas volcánicas recientes. (Montaldo, 1974; Peralta, 1980; Donoso, 1993).

La *Araucaria araucana* en su etapa juvenil las ramas alcanzan el suelo, ocupando todo el fuste, presentando una copa cónica. En su etapa adulta las ramas inferiores van desapareciendo, la copa se reduce, quedando más abierta y con ramas más angostas dobladas hacia abajo (Serra, 1987). Estos pueden crecer hasta los 50 metros de altura, llegando a tener un fuste de más de 2 metros de diámetro, cilíndrico y recto. Con corteza áspera y rugosa, con placas hexagonales. Copa piramidal, hojas perennes coriáceas, rígidas y puntiagudas, casi espinosas, dispuestas helicoidalmente en el árbol (Rodríguez *et al*, 1983; Donoso, 1997).

La araucaria por lo general presenta distintamente individuos femeninos e individuos masculinos, sin embargo, se pueden encontrar ejemplares con ambos sexos (hermafroditas),

es decir con flores masculinas y estróbilos femeninos (Muñoz, 1984). La razón entre árboles masculinos y femeninos es de 0,87 (FIA, 2007).

El ciclo reproductivo dura casi dos años, esto consta de la formación de estróbilos femeninos hasta la diseminación de las semillas. Es por esto que en un mismo individuo se puedan encontrar conos con diferentes estados de madurez, los conos maduros son de mayor tamaño y de color castaño, y los conos inmaduros son de color verde y más pequeños (Caro, 1995). El ciclo reproductivo comienza durante el invierno del primer año, donde aparecen las yemas florales femeninas. En los meses de diciembre y enero los conos femeninos son polinizados, producto de los amentos formados hace un año atrás. El polen viaja producto del viento hasta los estróbilos femeninos y se produce la fecundación, sin embargo, no hay claridad en qué momento se produce. El cono se desarrolla durante el segundo año del ciclo. Finalmente, entre los meses de febrero y mayo, con los conos ya maduros se produce la dispersión de las semillas (Montaldo, 1974; Donoso, 2006).

Las semillas por su tamaño y peso son diseminadas por gravedad, abarcando un radio de entre 9 y 11 metros alrededor del árbol, quedando la mayoría bajo la copa. Las semillas que sobreviven a la predación de aves y roedores permanecen en latencia durante el invierno (bajo nieve), ya en primavera se inicia la germinación (Muñoz, 1984; Caro, 1995; Donoso, 2006).

El número de semillas por cono varía entre 100 y 200, y el número de semillas por kilogramo es aproximadamente 260, teniendo un peso promedio de 3,8 gramos por piñón (Muñoz, 1984; Caro, 1995).

En relación a la araucaria, la producción de semillas es irregular y varía de año a año, no pudiendo establecer un ciclo o patrón de este comportamiento. González (2006), señaló que cada 2 a 5 años había una producción de conos más abundantes. En un ensayo entre 1981 y 1992 evidencio la alta variación que existe en la producción de conos, midiendo entre 7 y 894 conos/ha. Además, se estableció que, si se realizan intervenciones silvícolas, orientadas a aumentar la disponibilidad de luz que incide sobre las copas de los árboles, el número de árboles productores incrementa, por lo tanto, la producción de conos aumenta (Caro, 1995). Finalmente, el mismo autor concluyo que en los bosques naturales la proporción de árboles que participan es la reproducción es bajo (un 33% de la población), perteneciendo en su mayoría al estrato dominante (Caro, 1995).

Sanguinetti *et al.*, (2001), analizaron la producción de conos en araucarias en Rucachoroy y Tromen en el Parque Nacional de Lanín, Argentina. Se dieron cuenta que la variabilidad es enorme, y que tiene relación con la forma de asociación de los árboles en el parque, de la edad y condición, de la exposición en la que crecen y de los factores climáticos del año en que se desarrollan y crecen los conos.

La producción de frutos en el Parque Lanín de Argentina tendría una periodicidad de 2 o 3 años, influenciado principalmente por las condiciones climáticas del fenómeno de la Niña (sequía), que favorecería la polinización durante la floración de los conos, en cambio el fenómeno del Niño perjudicaría este proceso por presentar una mayor cantidad de lluvias.

Por otro lado, se observó que los centros frutales son estimulados por la exposición al sol (Sanguinetti *et al.*, 2001).

Las semillas de *Araucaria araucana* se mantienen viables entre 90 y 120 días después de lograr la maduración, perdiendo rápidamente su poder germinativo (Barret, 1958). Uno de los factores más importante que afecta la viabilidad de la semilla es el hongo *Uleiella chilensis*, presente en las flores femeninas del árbol, que causa la descomposición total de los óvulos (Butín *et al.*, 1986 cit. Por Benítez, 2005). Las semillas por su contenido de agua son fácilmente atacadas por hongos y sensibles a la deshidratación, afectando la viabilidad de éstas (Ryall y Pentzer, 1982). Las principales especies de hongos que atacan las semillas son: *Penicillium*, *Rizhopus* y en menor cantidad *Fusarium* y *Mucor* (Galletti y Gálmez, 2009).

Según Donoso (1978), la germinación de la semilla de *A. araucana* es semi-hipogea, es decir los cotiledones son visibles, pero permanecen en el suelo, otros autores describen la germinación como cryptógea (Burrows *et al.*, 1992; Burrows y Stockey, 1994).

Las semillas presentan latencia fisiológica, por lo que es necesario aplicar tratamiento pregerminativos (Benítez, 2005). Según Donoso y Cabello (1978), determinaron una capacidad germinativa de un 56%, sin tratamiento, con semillas proveniente de la provincia de Cautín. Mientras que Sanguinetti y Kitzberger (2009), obtuvieron una capacidad germinativa entre 60 y 95% en forma natural, al excluir depredadores vertebrados, por otro lado López *et al.* (1986), calculó una capacidad germinativa de 82% y recomendó aplicar estratificación en sustrato húmedo, en arena, turba o tierra vegetal, durante 90 o 120 días a 2 y -4°C y Benítez (2005), determinó una capacidad germinativa de 80%, para semillas procedente de la Cordillera de Nahuelbuta, con una estratificación a 4°C durante 60 días, y Acuña (2001), señaló una capacidad germinativa promedio de 70%, sin tratamiento y puesta a germinar a 15 y 25°C, durante 90 días.

Muñoz (2010), evaluó en laboratorio la germinación con semillas provenientes de dos localidades (Mallín del Treile y Mitrauquén), y los resultados señalaron que la aplicación de estratificación fría durante 60 días es la que presenta los mejores resultados, aumentando la capacidad germinativa de 51% a 89%, y la velocidad de germinación de 1,1%/día a 5,7%/día.

Los bosques de *Araucaria araucana*, como todo el bosque nativo chileno, fue explotado durante muchos años aplicando el método de floreo, el cual consiste en sacar los mejores individuos para su aprovechamiento maderero, sin cuidar la sustentabilidad de los ecosistemas donde se desarrollan (Nielsen, 1963; Cortés, 1979; Caballero, 2003). El año 1990, esta especie es declarada Monumento Natural, de acuerdo a lo determinado en la Convención para la Protección de la Flora, la Fauna y las Bellezas Escénicas Naturales de América, firmada en la ciudad de Washington en 1941 (Diario Oficial, 1990). A partir de esto, es que se prohíbe su corta con fines comerciales y exportaciones de cualquier producto derivado de esta especie. Por otra parte, ancestralmente se ha realizado un uso no maderero de los bosques de araucaria por las comunidades mapuche-pehuenche. Estos recorren los bosques colectando las semillas de araucaria, denominadas piñones, durante la época de verano y otoño. Los piñones son un eje fundamental en la dieta alimenticia familiar, debido a los elevados contenidos de carbohidratos y grasas. Esta recolección se ha realizado desde

hace muchos años, la cual ha sido adoptada por las comunidades colonas que han poblado los alrededores de los bosques de araucaria (Donoso *et al.*, 2009).

Según Donoso *et al.* (2009), en las localidades con mayor número de familias y cabezas de ganado por hectárea, la cantidad de semillas que permanece en el bosque es significativamente menor. Esta situación se repite al analizar la regeneración natural de araucaria. Esto ha provocado que los bosques tengan una escasa incorporación de regeneración por falta de semillas, no permitiendo que se restituya la densidad natural del bosque (Donoso *et al.*, 2009).

Bajo este contexto, y dada la importancia de esta especie en las comunidades del sur de nuestro país, se hace fundamental el estudio y la investigación en la producción y germinación de las semillas de *Araucaria araucana* para desarrollar estrategias orientadas a la conservación y usos sustentables de estos bosques.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar la producción, germinación y viabilidad de semillas de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch, para tres años de fructificación, en tres localidades de la comuna de Lonquimay, Región de la Araucanía.

2.2 Objetivos específicos

- Estimar la producción de semillas por cono y número de conos por hectárea de *Araucaria araucana*, durante tres años de fructificación.
- Evaluar la germinación de las semillas recolectadas en los tres sectores, en los tres años de fructificación.
- Comparar y analizar la producción, con la germinación y viabilidad de las semillas en los tres sectores, en los tres años de fructificación.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Material

El estudio y la recolección de las semillas se realizó en tres localidades de la comuna de Lonquimay (5765294 a 5654644 N y 274927 a 319614 E UTM WGS84), Región de la Araucanía; Mallín del Treile, Cruzaco y Quinquén.

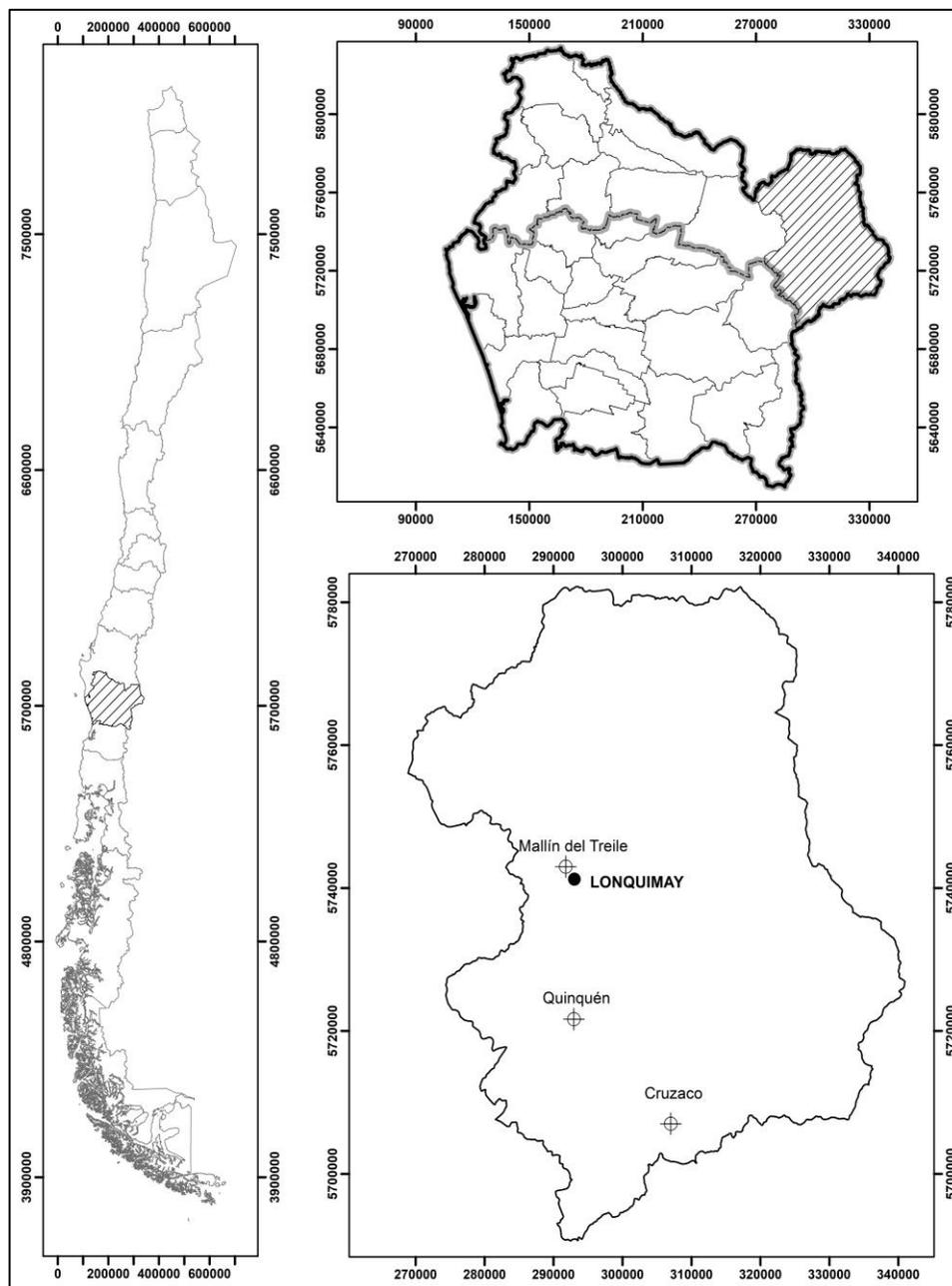


Figura 1. Mapa de la comuna de Lonquimay; localidades donde se realizó el estudio y se recolectaron los conos.

Las áreas de estudio fueron definidas para la ejecución del Proyecto FIA “Bases técnicas para el desarrollo de mercado del piñón: características de la producción, técnicas de poscosecha y desarrollo de productos, estableciendo instancias de difusión de resultados”, iniciado durante el año 2003. En las tres localidades, hay presencia de bosques de araucaria, y era factible coleccionar directamente las semillas desde los conos.

3.1.1 Antecedentes generales

El área de estudio se encuentra en la Cordillera de los Andes, y de acuerdo a la clasificación de climas de Köppen, Lonquimay presenta tres zonas distintas, las cuales son: clima de hielo por altura, clima templado cálido con menos de cuatro meses secos en el poniente y un clima de estepa frío en el oriente, cercano al límite con Argentina. Según Papadakis (1973), en el mapa ecológico de Chile, este sector presenta dos áreas climáticas características que son: alto alpino húmedo, en el poniente y patagónico húmedo, en el oriente.

La región de la zona de estudio se encuentra en un área de transición, tanto climática como ecológica, quedando reflejado principalmente en su vegetación (Peralta, 1980).

La Cordillera de los Andes en este sector presenta altitudes que van desde los 1.500 a los 3.000 msnm. El efecto de la topografía tiene efectos en la caracterización del clima y las precipitaciones (Peralta, 1980).

En esta comuna predomina el clima templado frío lluvioso con influencia mediterránea (Cfsc). Manifiesta una alta oscilación térmica anual y la concentración de precipitaciones en los meses invernales. La temperatura media anual es de 8,4°C, siendo el mes más cálido enero con 15,5°C y el mes más frío julio con 1,5°C. La precipitación anual es de 1.850,6 mm, siendo junio el mes con mayor precipitación (325 mm). En promedio, 28 días del año, precipita nieve (Errázuriz *et al.*, 1998). En casi todos los meses se presentan temperaturas bajo cero, llegando a alcanzar en verano máximas de 35°C (Peralta, 1980).

Los suelos son del tipo trumao, de formación volcánica reciente, caracterizados por bajos contenidos de materia orgánica y mucha susceptibilidad a erosionarse dada su alta fragilidad (Romero, 1997).

Besoain (1992), menciona la zona de Lonquimay como un ambiente agrovulcánico, con adición periódica de cenizas y piroclastos al suelo, producto de las erupciones volcánicas ocurridas, así es la manera de formación y renovación estos suelos. Son suelo de clase VII de capacidad de uso, de aptitud preferentemente forestal. Con vegetación natural del tipo forestal Araucaria - Lenga (Peralta, 1980).

Finalmente, la información recopilada forma parte del material para la elaboración del proyecto de memoria de título.

3.2 Método

En cada localidad el año 2003, se instalaron y marcaron parcelas de 1.200 m², las que fueron distribuidas según piso altitudinal (1200-1400 y 1400-1600 msnm) y calidad de sitio (bueno, regular, malo), definidas según la altura de los árboles dominantes, estableciéndose parámetros propios para cada localidad, de acuerdo a las alturas encontradas (Perry, 2008).

3.2.1 Evaluación de la producción de conos

El número de parcelas de monitoreo por sector se definió según las características que presentaron los bosques y las variaciones del rodal; seis en Mallín del Treile, tres en Quinquén y cuatro en Cruzaco. En cada parcela se identificaron y marcaron los árboles femeninos presentes.

La evaluación de la producción de conos para los años 2012 al 2014, se realizó mediante observación y contabilidad de conos de cada uno de los árboles femeninos, previamente identificados siguiendo el protocolo empleado por Perry (2008) y Gallo *et al.* (2004). Con ello se determinó la cantidad de conos de araucaria potencialmente disponibles por hectárea, localidad y año.

Una vez obtenido los datos de producción, se estableció si había diferencias significativas en la producción de conos en las tres localidades, a través de análisis de varianzas paramétricos, para ver si el nivel producción de conos variaba a nivel regional o por localidad.

3.2.2 Evaluación de la cantidad de semillas por cono

Para la evaluación de la cantidad de semillas por conos, se seleccionaron 30 árboles fuera de las parcelas (15 en Mallín del Treile, 8 en Quinquén y 7 en Cruzaco), que fueran de fácil acceso para la obtención de sus conos. Se seleccionaron estos árboles, dado que los situados dentro de las parcelas eran de grandes dimensiones, haciendo muy difícil la selección y recolección de conos para su posterior evaluación. A cada árbol se le midió el DAP en cm y se registró sus coordenadas geográficas. Durante los tres años de muestreo, en cada mes de febrero se seleccionaron uno o dos conos maduros por árbol, según la factibilidad de acceder a ellos, luego cada uno fue cubierto por una malla porosa verde, para evitar pérdida de piñones (semillas) al abrirse los conos maduros seleccionados. En cada mes de marzo se colectaron los conos y las semillas de los conos maduros, debidamente individualizado y se trasladaron al laboratorio en Santiago, donde se almacenaron en sacos en un lugar fresco y sombrío. A inicios de junio se contaron y pesaron las semillas por cono, identificando número del árbol y localidad de colecta, determinando el número y peso medio de semillas por cono.

3.2.3 Evaluación de la germinación de las semillas

Cada año en junio, se realizó un ensayo de germinación con las semillas colectadas de los conos, identificando la localidad a la que pertenece y el árbol del cual se cosecharon. Se escogieron 20 semillas por cono al azar, dejando de lado las semillas vanas.

Previo a la siembra y con el fin de evaluar la capacidad germinativa, se hidrataron las semillas por 24 horas e inmediatamente después se realizó una estratificación fría, mediante la cual, se colocaron las semillas en bolsas plásticas previamente rotuladas, con arena esterilizada y húmeda durante 30 días, en un refrigerador a -5°C .

Una vez realizada la estratificación, las semillas se sembraron en recipientes plásticos rotulados según procedencia, número de árbol y cono. El sustrato de germinación utilizado fue arena previamente esterilizada, sometida a 105°C , durante una hora, luego el sustrato fue humedecido con agua destilada y tratada con un fungicida de contacto de acción preventiva (Pomarzol®) para finalmente mantenerla en una cámara de cultivo a 25°C .

El riego, las observaciones y el registro de la cantidad de semillas germinadas en la cámara de cultivo se hizo día por medio. Se consideró que una semilla estaba germinada cuando la radícula presentaba una longitud mayor a 2 mm. Una vez transcurrido 60 días desde el inicio del ensayo, se procedió a revisar las semillas sin germinar, realizando un ensayo de corte.

Los parámetros que se midieron en los ensayos de germinación son los siguientes (Czabator, 1962):

- Capacidad germinativa (%): Representa el porcentaje de semillas capaces de germinar una vez terminado el ensayo. En este caso al cabo de 60 días.
- Valor máximo de Czabator (%/días): Es el máximo cociente obtenido al dividir el porcentaje de germinación acumulado, por el tiempo transcurrido que demoró en alcanzar dicho porcentaje.
- Energía germinativa: Es el porcentaje de germinación acumulada al momento de ocurrencia del valor máximo.
- Periodo de energía (días): Tiempo que transcurre al alcanzar el valor máximo.

3.2.4 Comparación y análisis de la producción, con la cantidad, peso, germinación y viabilidad de las semillas

Con el fin de realizar la comparación y el análisis, primero se procedió a determinar si había diferencias significativas entre los diferentes años de producción, esto se realizó a través de un Anova simple, empleando un valor alfa de 0,05 y estableciendo las diferencias entre años con el test de Tukey. Luego se determinó el nivel de producción al que correspondía cada año de fructificación, definiendo si un año es de buena, regular o mala producción de semillas. Es posible definir estos niveles, por el monitoreo durante 11 años de la producción

de conos y semillas de estos bosques. Como la finalidad es analizar los diferentes años de fructificación, los datos de las localidades fueron agrupados según el año de producción.

Previo al análisis de la variación del número de semillas por cono, peso de las semillas y la comparación de los parámetros del ensayo de germinación, se normalizaron los datos a las variables aplicando el logaritmo natural, luego se realizó un Anova simple ($\alpha=0,05$), para verificar si había diferencias significativas entre las localidades y entre los años de fructificación, en el caso de que existieran diferencias, se determinó cuáles son las medias que difieren a través del test de Tukey. Esto permitirá saber cómo afecta el nivel de producción de conos en la cantidad de semillas por cono, en el número de semillas por kilo y en la germinación y viabilidad de estas semillas.

4. RESULTADOS

4.1 Producción de conos

El análisis de la producción de conos por hectárea, entre los años 2012 y 2014, permite establecer una sincronía en la producción de conos de las tres localidades estudiadas. Sin embargo, Quinquén es la localidad que presenta los valores más bajos en los tres años de medición, presentando en promedio 487 conos/ha, seguido por Mallín del Treile, la cual en promedio tuvo 602 conos/ha. Por el contrario, Cruzaco presenta en la mayoría de los años los valores más altos de producción, con una media de 801 conos/ha. A nivel de localidades existen diferencias significativas entre años (Cruzaco, valor $p=0,003$; Quinquén, valor $p=0,002$; Mallín, valor $p=0,001$), estas diferencias se dan entre el año 2012 y 2014 con el año 2013, en las tres localidades (Figura 2).

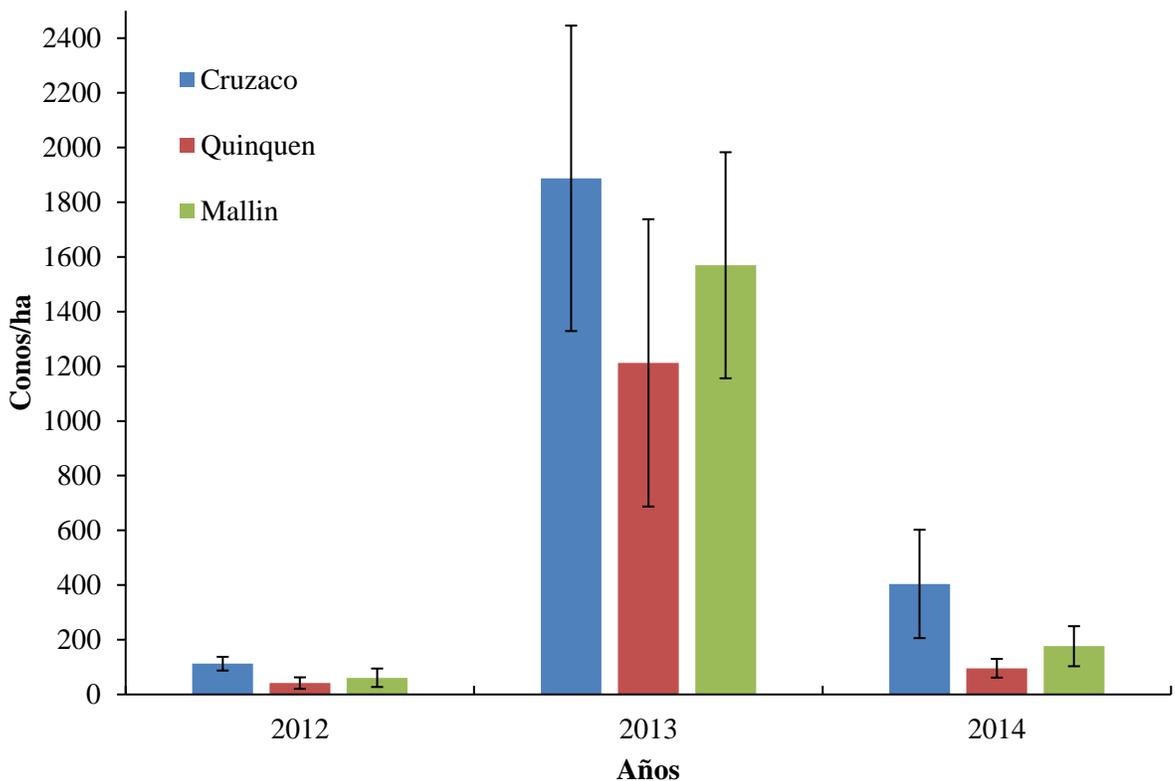


Figura 2. Producción de conos por hectárea en las tres localidades (Cruzaco, Quinquén y Mallín del Treile), en los tres años de fructificación.

El análisis entre los años de producción de conos determinó la existencia de diferencias significativas (valor $p=2 \times 10^{-6}$), estableciendo que el 2012 corresponde a un año de baja producción, el año 2013 a un año de alta producción y el 2014 a un año de producción media de conos. Esta calificación se obtuvo del monitoreo de las mismas parcelas de este estudio durante 11 años (Figura 3).

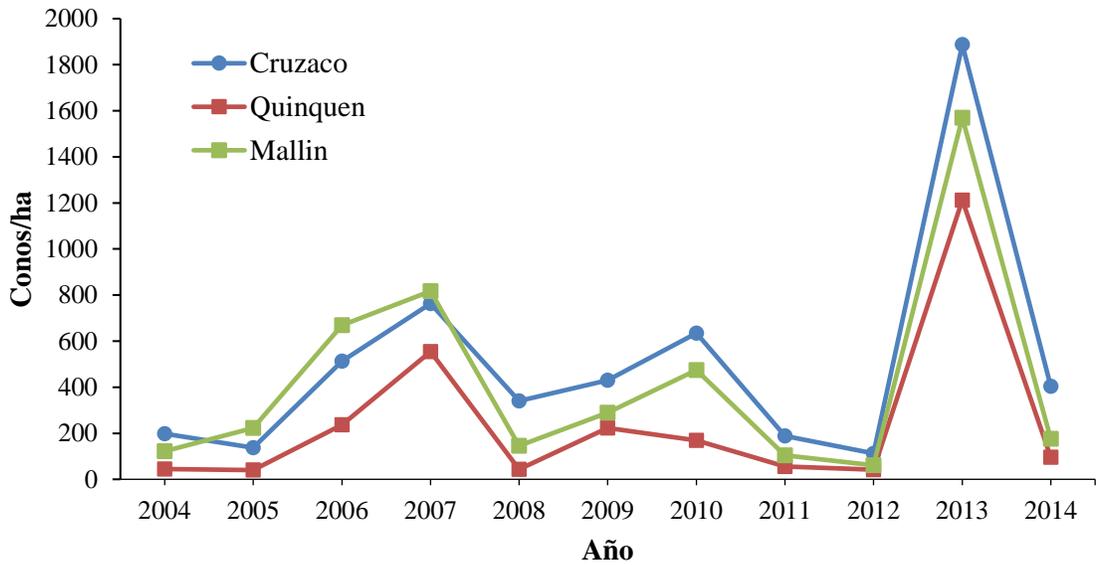


Figura 3. Seguimiento de la producción de conos por hectárea durante 11 años, en las tres localidades.

El año 2012, definido como un año de baja producción, tuvo en promedio $72 \pm 18,66$ (EE, $n=13$) conos/ha, en el 2013, un año de buena producción, se obtuvo 1558 ± 268 (EE, $n=14$) conos/ha, y el 2014, un año de producción media, se obtuvo $218 \pm 68,5$ (EE, $n=14$) conos/ha (Figura 4).

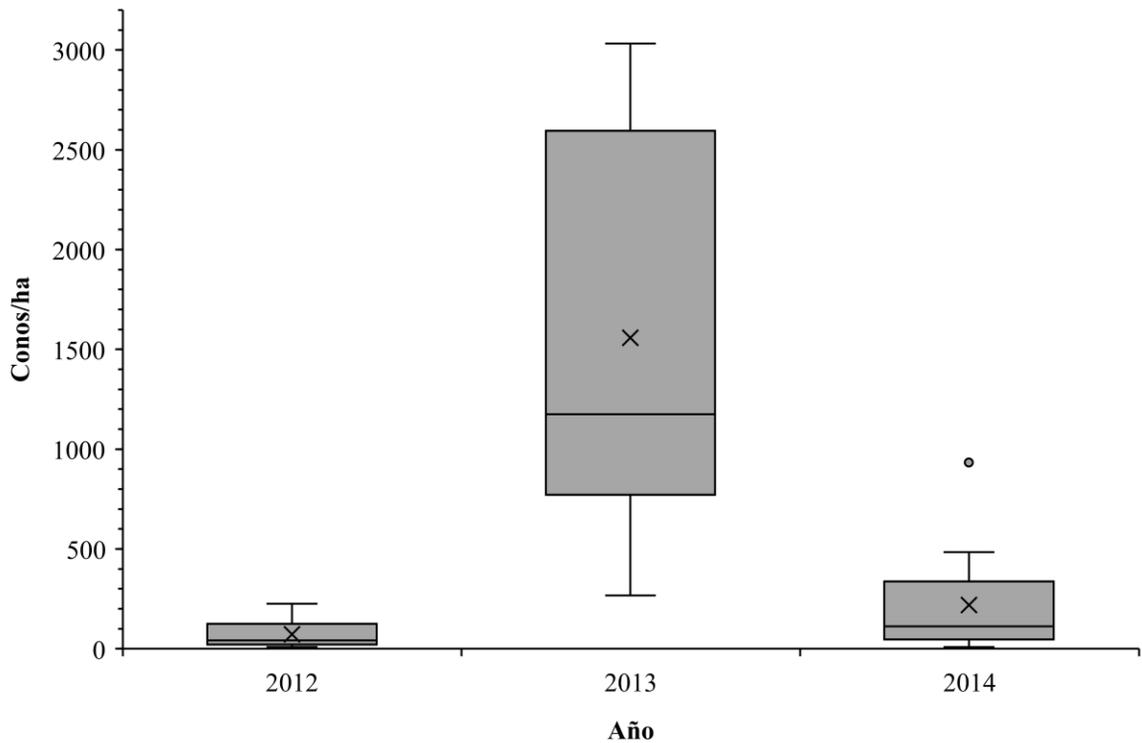


Figura 4. Diagrama de caja de la estimación de la producción de conos por hectárea, en los tres años de evaluación.

4.2 Número de semillas por cono y número de semillas por kilo

En los tres años de medición, el número de semillas por cono presenta una gran variabilidad, presentando diferencias significativas entre ellos (valor $p=1,4 \times 10^{-4}$), esto se refleja en el año de baja producción (2012), en el que los conos presentan valores mas altos en la cantidad de semillas en comparación con el año de alta producción (2013), con una media de 150 y 117 semillas por cono respectivamente. Sin embargo, en el año de producción media (2014), los conos presentan las cantidades mas baja, llegando a tener 36 semillas por conos. Respecto al peso de las semillas, existe una diferencia significativa (valor $p=0,0123$), pero no entre el año de buena y mala producción de conos (con un promedio de 305 y 297 semillas/kg respectivamente, aproximadamente cada semilla pesa 3,3 gramos), si no que con el año de producción media de conos, donde se encontraron semillas de menor peso en comparación con los otros dos años evaluados, presentando un peso promedio por semillas de 2,5 gramos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación del número de semillas por cono y número de semillas por kilo, en los tres años de medición.

Nivel de producción de conos del bosque (año de muestreo)	Número de semillas por cono			Número de semillas por kilo		
	media	máximo	mínimo	media	máximo	mínimo
Baja producción (2012)	150 a	206	103	297 b	473	193
Alta producción (2013)	117 b	208	53	305 b	475	190
Producción Media (2014)	83 c	141	36	405 a	523	261

*Letras diferentes indican diferencia significativa entre años de producción ($p<0,05$).

4.3 Resultados del ensayo de germinación de las semillas en los tres años de producción de conos

Los análisis de la varianza en los cuatros parámetro del ensayo de germinación, presentaron diferencias significativas (CG con un valor $p=5,7 \times 10^{-8}$; VM con un valor $p=1,05 \times 10^{-13}$) entre algunos o los tres años de muestreo de conos.

El año de buena producción de conos (2013), presenta una Capacidad Germinativas (CG) significativamente mayor que el año de baja producción, con una diferencia de 13%, siendo el año 2014 el que presenta la CG más baja, con una media de 18,5% (Cuadro 2).

El Valor Máximo de Czabator (VM) presenta una media máxima de 3%/día que corresponde al año 2013 (de alta producción de conos), seguido por el año de baja producción de conos (2012), con un VM promedio de 2,2%/día (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de los niveles de la producción de conos sobre la germinación en laboratorio: promedio de Capacidad Germinativa, Valor Máximo de Czabator (media \pm error estándar).

Nivel de producción de conos del bosque (año de muestreo)	CG (%)	VM (%/día)
Baja producción (2012)	78,7 \pm 3,47 b	2,2 \pm 0,16 b
Alta producción (2013)	91,7 \pm 1,53 a	3,0 \pm 0,13 a
Producción media (2014)	18,5 \pm 7,89 c	0,43 \pm 0,16 c

CG: Capacidad germinativa; VM: Valor máximo de Czabator. Letras diferentes indican diferencia significativa entre años de producción ($p < 0,05$).

La Energía Germinativa (EG), presenta diferencias significativas (valor $p = 1,02 \times 10^{-13}$) entre los años 2012 y 2013, la cual varió entre 14,5 y 79,9%, siendo el año de alta producción de conos (2013) el que presenta los valores más altos, con un 11,7% más con respecto al año de baja producción de conos (Figura 5).

Finalmente, el Periodo de Energía (PE), presenta diferencias significativas (valor $p = 0,034$) entre los años de baja y alta producción con el año de producción media de conos, presentando valores promedio que van desde los 22 días (año 2014) hasta los 32 días (año 2012) (Figura 5).

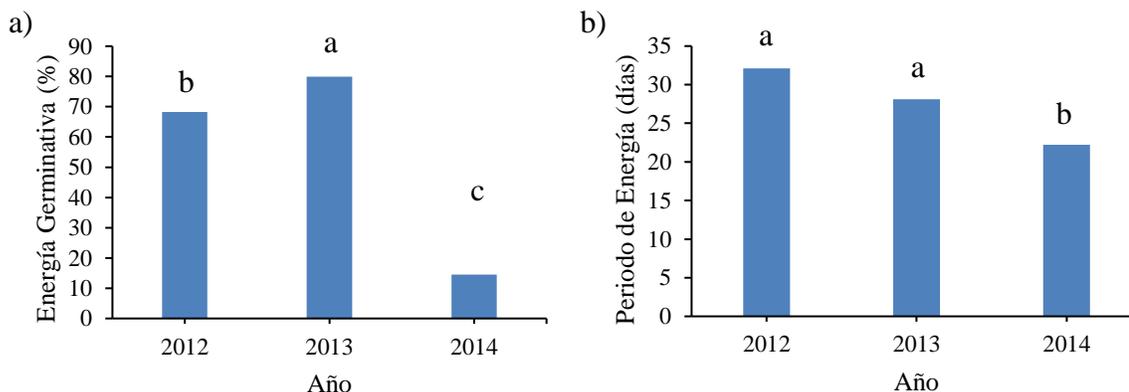


Figura 5. Evaluación de la germinación de las semillas en los tres años de producción de conos, a) Energía Germinativa y b) Periodo de Energía. Letras diferentes indican diferencia significativa entre años de producción ($p < 0,05$).

5. DISCUSIÓN

Al analizar anualmente, la producción de conos por hectárea fue similar entre las localidades (Figura 2). Existen teorías que hablan de los procesos de “añerismo”, “vecerismo”, “semillazón” o “masting”, las cuales explican que existe una cierta sincronía y periodicidad en la producción de semillas en especies longevas (Janzen, 1971; Kelly, 1994). Las hipótesis se basan en la economía de escala, las cuales mencionan que concentrar los esfuerzos reproductivos en pocos eventos, es más eficiente. (Smith *et al.*, 1990; Janzen, 1971; Silvertown, 1980). La araucaria tendría una estrategia similar, cada ciertos años y dependiendo de varios factores, después de algunos años de baja y media producción de conos, concentraría sus esfuerzo en un intenso evento reproductivo, como fue el año 2013 en el caso de este estudio, donde la producción de conos por hectárea fue significativamente mayor a los años 2012 y 2014 (Figura 3). Uno de los factores que provoca una mayor producción de conos es el llamado fenómeno de la Niña (sequía), el cual favorecería la polinización durante la floración de los conos (Sanguinetti *et al.*, 2001).

Las diferencias en la producción de conos entre localidades (Figura 2), se puede deber a las condiciones particulares como topografía, estructura y composición de los bosques de cada parcela y sector estudiado. La araucaria, al tener una mayor disponibilidad de luz en su copa genera una mayor cantidad de conos (Donoso *et al.*, 2009). En el caso de Cruzaco y Mallín del Treile, son localidades que presentan formaciones boscosas más abiertas, en el cual los individuos que participan en la reproducción tienen una mayor incidencia de luz, pudiendo generar una mayor cantidad de conos.

En el año de alta producción, el número de semillas por cono es significativamente menor con respecto al año de baja producción. Sin embargo, el año de producción media, es el que presenta los valores más bajos (Cuadro 1). La formación de conos dura aproximadamente dos años, por lo tanto, al mismo tiempo que maduran los conos que van a dar semillas ese año, se están formando los conos que madurarán el próximo año, es decir el gasto energético que conlleva la formación de estructuras reproductivas es alto, cabe señalar además que cerca del 55% del peso del cono femenino corresponde a tejido leñoso (Sanguinetti y Kitzberger, 2008). Esto puede explicar que después de un año de una gran producción de conos, como lo fue el 2013, al año siguiente, el 2014, a pesar de ser un año de producción media, los conos producidos tengan una menor cantidad de semillas y de un menor tamaño que lo esperado para un año de producción media, sin el efecto de una semillazón previa (Cuadro 1). Este fenómeno se ha registrado en otra especie de pinophyta (*Retrophyllum rospigliosii*), en la cual se presentan cosechas abundantes cada 4 o 6 años, seguidas por niveles de fructificación muy bajos. Pudiendo establecer que tras un año de buena producción de semillas que exige un gasto energético por parte del individuo y del medio viene una fase de recuperación, la cual puede durar algunos años (Marín, 1998). Además, existen varios autores que mencionan la hipótesis de recursos limitados, la cual propone que la producción de frutos y semillas puede estar limitada por los recursos disponibles (Bookman 1983, Stephenson y Bertin 1983; Willson y Burley 1983). Y que la máxima eficiencia reproductiva en especies de polinización anemófilas (como lo es la araucaria), es alcanzada no solo disminuyendo el número de semillas por fruto, sino que también su costo individual (peso semilla) (Ramírez, 1995). Esto

explicaría el fenómeno de los bajos valores en el número de semillas por cono y números de semillas por kilo observado en el año de producción media (2014).

En cuanto al peso de las semillas, en el año de alta y baja producción no existen diferencias significativas, por lo que no existe una variación importante en el tamaño de estas (Cuadro 1). Sin embargo, el año de producción media, las semillas tienen un peso significativamente menor a los otros dos años. Esto puede deberse a lo explicado anteriormente con respecto al gasto energético que se produjo el año anterior. Por otro lado, el número de semillas por kilo en los años 2012 y 2013 (Cuadro 1) son muy similares a los encontrados por Muñoz (2010). Finalmente, en un estudio en *Pinus nigra* se determinó que el peso de la semilla depende de las condiciones climáticas del año de formación de fruto, las cuales varían año a año (Castro, 1999).

En el año de alta producción, la capacidad germinativa (CG) y el valor máximo de Czabator (VM) presentan valores más altos en comparación con el año de baja producción de conos. Sin embargo, el año 2014 presenta los valores más bajos en los cuatro parámetros medidos (Cuadro 1 y Figura 5). Esto hace suponer que el tamaño del piñón afecta directamente en la capacidad y velocidad germinativa de la semilla, ya que existen estudios en otras especies de pinos tropicales y en *Araucaria angustifolia*, en el que el peso de la semilla (índice de calidad) está estrechamente relacionado con la germinación, viabilidad y vigor de la plántula (CATIE, 2000; Bonner 1987). Kandya y Ogino, reafirman esto, describiendo una fuerte relación entre el aumento del tamaño del piñón (peso) y la disminución del número de días necesarios para la germinación de la semilla. La CG y la EG en los años de buena y mala producción de conos, tienen valores similares a los encontrados en el ensayo de germinación realizado por Muñoz (2010), al contrario, ocurre con el VM y PE los cuales presentan valores significativamente menores (Kandya y Ogino, 1986).

Se recomienda seguir con las mediciones de producción de conos para ver si el fenómeno ocurrido el año 2014 (producción media de conos), es un hecho aislado o es la consecuencia del costo energético en la formación de estructuras reproductiva.

6. CONCLUSIÓN

La producción de conos por hectárea es bastante homogénea entre las tres localidades, presentando una sincronía (“masting”) a nivel comunal. Existe diferencia en la producción de conos entre los tres años de medición, sin embargo, no existe un patrón en la periodicidad de eventos de mayor fructificación de conos, ya que estos dependen de varios factores que no se midieron en el estudio.

En el año de buena producción, los conos presentan una menor cantidad de semillas que el año de baja producción, sin embargo, las semillas tienen un peso bastante similar.

El año de producción media de conos (2014), presenta los valores más bajo en el número de semillas por cono y la mayor cantidad de semillas por kilo, esto se debería al gran gasto energético (a nivel de individuo y del medio) realizado el año anterior, dejando menos recursos disponibles para el desarrollo y maduración de las estructuras reproductivas de ese año.

Los resultados de los ensayos de germinación realizados en esta memoria son similares a los encontrados en estudios anteriores, a excepción del ensayo del 2014, el cual están muy por debajo de los valores medidos en años anteriores.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, M. 2001. Formulación de un protocolo de trabajo para el análisis de semillas de especies leñosas nativas. Memoria de título de Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 93 p.
- BARRET, W. 1958. Las plantas cultivadas en la República Argentina: Araucariáceas. Buenos Aires. Instituto de Botánica Agrícola. I(19): 26 p.
- BENÍTEZ, C. 2005. Viabilidad de las semillas y crecimiento inicial de platas de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch de la cordillera de Nahuelbuta IX Región de Chile. Memoria de título Ing. Forestal. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Recursos Naturales. Santiago. Chile. 105 p.
- BOOKMAN S. 1983. Costs and benefits of flower abscission and fruit abortion in *Asclepias speciose*. Ecology 64:264-273.
- BONNER F, 1987. Importance of seed size in germination and seedling growth. Proceedings of the international symposium on forest seed problems in Africa. Harare, Zimbabwe. p. 53-61.
- BURROWS, G y STOCKEY, R. 1994. The development anatomy of cryptogeal germination in Bunya Pine (*Araucaria bidwillii*). International Journal of Plant Sciences. 155(5): 519-537.
- BURROWS, G; BOAG, T y STOCKEY, R. 1992. A morphological investigation of the unusual cryptogeal germination strategy of Bunya Pine (*Araucaria bidwillii*) – An Australian rain forest conifer. International Journal of Plant Sciences. 153(3): 503-512.
- CABALLERO, J. 2003. Utilización de semillas de *Araucaria araucana* por una comunidad pewenche de Lonquimay, IX Región. Memoria de Ingeniera Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 77 p.
- CARO, M. 1995. Producción y dispersión de semillas de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch, en Lonquimay. Memoria de título de Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agraria y Forestales. Santiago. Chile. 25-51.
- CASTRO. 1999. Seed mass versus seedling performance in Scots pine: a maternally dependent trait. New Phytol. 144, 153-161.
- CATIE, 2000. Técnicas para la germinación de semillas forestales. Programa de investigación. Proyecto de semillas forestales. Turrialba, Costa Rica. 9 p.

CORTÉS, H. 1979. Aspectos económicos en la utilización de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch. Revista de Ciencias Forestales 1(4):3-10. DIARIO OFICIAL, 2008. Aprueba y oficializa nómina para el tercer proceso de clasificación de especies según su estado de conservación. Diario Oficial de la República de Chile. Lunes 30 de junio de 2008. p 4 y 5.

CZABATOR, F. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. Forest Science 8(4): 386-396.

DIARIO OFICIAL. 1990. Declara Monumento Natural a la *Araucaria araucana*. Decreto Supremo 43. Santiago, Chile.

DONOSO, C. 1978. Dendrología. Árboles y arbustos chilenos. Manual N° 2. Facultad de ciencias forestales. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 143 p.

DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 477 p.

DONOSO, C. 1997. Árboles nativos de Chile. Guía de reconocimiento. Octava edición. Marisa Cúneo ediciones. Valdivia, Chile. 116 p.

DONOSO, C. 2006. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. 1ª ed. 678 p.

DONOSO, C. y CABELLO, A. 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. Departamento de silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 1: 31-41.

DONOSO, S., SCHMIDT, H., PEÑA-ROJAS, K. y PERRY, F. 2009. Bosques de araucaria, producción de piñones y sustentabilidad. En: *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch: Un recurso promisorio. Serie Ciencias Agronómicas N°15. Editor Antonio Lizana. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. p 5-27.

ERRÁZURIZ, A.M.; CERECEDA, P.; GONZÁLEZ, J.I., GONZÁLEZ, M.; HENRÍQUEZ, M. & RIOSECO, R. 1998. Manual de Geografía de Chile. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile.

FARJON, A. 1998. World Checklist and Bibliography of Conifers. Royal Botanic Garden. Kew. UK. 298 p.

FIA. 2007. Bases Técnicas para el Desarrollo del Mercado del Piñón. Proyecto FIA PI-C-2003 1-F-092.

GALLETTI, L., GÁLMEZ, C. 2009. Cosecha y conservación postcosecha del Piñón. En: *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch: Un recurso promisorio. Serie Ciencias Agronómicas N°15. Editor Antonio Lizana. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. p 44-59.

GALLO, L., F. IZQUIERDO, J. SANGINETTI, A. PINNA, G. SIFFREDI, J. AYESA, C. LOPEZ, A. PELLIZA, N. STRIZLER, M. GONZALEZ PEÑALBA, L. MARESCA & L. CHACHARD, 2004. *Araucaria araucana* forest genetic resources in Argentina. In: Vinceti, B.; W. Amaral, & B. Meilleur (Eds.), Challenges in managing forest genetic resources for livelihoods. Examples from Argentina and Brazil. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. URL: <http://www.bioversityinternational.org/Publications>.

GONZÁLEZ, M., CORTÉS, M., IZQUIERDO, F., GALLO, L., ECHEVERRÍA, C., BEKKESY, S. y MONTALDO, P. 2006. *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch. En: Las Especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina – Autoecología. Marisa Cunneo Ed. Valdivia. Chile. pp. 36-53.

ISTA. 1976. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Comisión Nacional de Semillas. Buenos Aires. Argentina. 184 p.

JANZEN, D. 1971. Seed predation by animals. Annual Review of Ecology and Systematics 2: 465-492.

KANDYA A., OGINO K. 1986. Reserve dry weight of seed: a significant factor governing the germination potencial of sedes in some conifers. Journal of tropical forestry. Vol 2(I).

KELLY, D. 1994. The evolutionary ecology of mast seeding. Trends in Ecology and Evolution 9: 465-470.

LÓPEZ, H., JIMÉNEZ, G. y REYES, B. 1986. Algunos antecedentes sobre cosecha, procesamiento y viverización de varias especies nativas. Revista Chile forestal. Documento técnico N°5.

MARÍN, A. 1998. Ecología y silvicultura de las Podocarpáceas Andinas de Colombia. El sello Editorial y Smurfit Cartón de Colombia. 143 pp. Mesen, F. 1995. Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Serie Técnica 32. CONIF. 156 pp.

MONTALDO, P. 1974. La Bio-ecología de *Araucaria araucana* (Mol.) Koch. Bol. Inst. Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación de Venezuela. (46-48): 3-55.

MUÑOZ, F. 2010. Evaluación del almacenamiento, germinación de semillas y producción de plantas de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch, procedentes de la comuna de Lonquimay, IX Región. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 49 p.

MUÑOZ, R. 1984. Análisis de la productividad de semillas de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch en el área de Lonquimay, IX Región. Tesis. Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 84 p.

NIELSEN, U. 1963. Crecimiento y propiedades de la especie *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch, en el área de Lonquimay. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Austral. 77 p.

- PAPADAKIS, J. 1973. Regiones Ecológicas de Chile. Informe F.A.O. y PNUD.
- PERALTA, M. 1980. Geomorfología, clima y suelos del tipo forestal *Araucaria* en Lonquimay. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Boletín Técnico N°57: pp. 1-35.
- PERRY, F. 2008. Evaluación de la producción de conos y la regeneración de *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch, en cuatro localidades de la comuna de Lonquimay, IX Región. Memoria de título de Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agraria y Forestales. Santiago. Chile.
- RAMÍREZ N. 1995. Producción y costo de frutos y semillas entre modos de polinización en 232 especies tropicales. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología, Departamento de Botánica, Apdo, 20513. Caracas, Venezuela.
- RODRÍGUEZ. R., MATTHEI, O., QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. 94 p.
- ROMERO, O. 1997. Difusión del cultivo de la alfalfa en la comuna de Lonquimay. Temuco, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Serie Carillanca. N°59. 12 p.
- RYALL, A., PENTZER, W. 1982. Handling, transportation and storage of fruit and vegetables. AVI Publishing Company Inc. Vol 2. 609 p.
- SANGUINETTI, J. Y KITZBERGER, T. 2008. Patterns and mechanisms of masting in the large-seeded southern hemisphere conifer *Araucaria araucana*. *Austral Ecology*. N°33, 78–87.
- SANGUINETTI, J. Y KITZBERGER, T. 2009. Efectos de la producción de semillas y la heterogeneidad vegetal sobre la supervivencia de semillas y el patrón espacio-temporal de establecimiento de plántulas en *Araucaria araucana*. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82: 319-335.
- SANGUINETTI, J., L. MARESCA, L. LOZANO, M. GONZALEZ PEÑALBA Y L. CHAUCHARD. 2001. Informe Programa Pehuén: Producción bruta de piñones de *Araucaria* y estudio de la regeneración. Segundo Informe Interno (noviembre). Administración de Parques Nacionales, Argentina. 51p.
- SERRA, M. 1987. Dendrología de Coníferas y otras Gimnospermas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales. Departamento de Silvicultura. Apuntes Docentes N°2. 264p.
- SILVERTOWN, J. 1980. The evolutionary ecology of the mast seeding in trees. *Biological Journal of the Linnaean Society* 14: 235-250.
- SMITH, C., HAMRICK, J. Y KRAMER, C. 1990. The advantage of mast years for wind pollination. *American Naturalist* 136: 154-166.

STEPHENSON A., BERTIN R. 1983. Male competition, female choice and sexual selection in plants. *Pollination Biology*. United State of America. p. 109-149.

VEBLER, T. 1985. Regeneration patterns in *Araucaria araucana* forest in Chile. *Journal of Biogeography* 9:11-28.

WILLSON M., BURLEY N. 1983. *Mate choice in plants: tactics, mechanisms and consequences*. Princenton University, New Jersey. United State of America.