

**FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS  
Y DE LOS ALIMENTOS**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO**

**TALLER DE TÍTULO**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Evaluación de la efectividad del uso del nitrógeno y la  
productividad en una nueva distribución del fertilizante  
nitrogenado en un huerto adulto de Nogal (*Juglans regia* Var.  
*Chandler*)**

Ernesto Esteban Manzur Aranda

QUILLOTA, CHILE

2018

**Índice**

1.	Resumen .....	1
2.	Definición del problema y oportunidad .....	2
	Contextualización e importancia del cultivo en Chile .....	2
	Definición del problema.....	3
3.	Hipótesis .....	5
	Justificación de la hipótesis.....	5
4.	Objetivos.....	6
	Objetivo general.....	6
	Objetivos específicos .....	6
5.	Estado del arte.....	7
	Deficiencia y movimiento del Nitrógeno dentro del árbol .....	7
	Efectividad del uso del nitrógeno .....	8
	Dinámica de absorción del nitrógeno .....	10
6.	Metodología .....	12
	Tratamientos.....	12
	Consideraciones de fertilización y riego .....	13
	Características del ensayo y análisis estadístico.....	13
7.	Bibliografía.....	16
8.	Plan de trabajo.....	19
	Etapa 0 .....	19
	Etapa 1 .....	19
	Etapa 2 .....	20
	Etapa 3 .....	21
	Carta Gantt.....	22
9.	Resultados esperados .....	23
10.	Organización.....	24
11.	Presupuesto.....	26
	Presupuesto por total cuenta (MM\$) .....	26
	Presupuesto total por año (MM\$).....	27

## 1. Resumen

El nogal es actualmente el segundo frutal más plantado en nuestro país, solo después de la vid y es plantado en muchas regiones del país, dentro de las que destacan la Metropolitana y la de Valparaíso, con un total nacional de 35.277 ha en el 2017, con un incremento total desde el 2010 de 128%, con lo que la industria nacional se sitúa como el segundo mayor exportador de nueces, solo después de Estados Unidos.

La joven industria chilena carece aún, pese al gran tamaño de la industria, de mucha experiencia en lo que al manejo del cultivo respecta, sin ser la excepción la nutrición. La efectividad el uso del nitrógeno (NUE) experimentalmente no supera el 70%, por lo que no hay razón para que en condiciones de campo sea mayor, lo que se traduce en grandes pérdidas de nitrógeno y de rentabilidad económica, considerando la pérdida de rendimiento correspondiente.

Actualmente las grandes propuestas nutricionales no consideran los principales momentos de absorción del nitrógeno del suelo, lo que va en total desmedro del potencial rendimiento y calidad del cultivo. En base a ello, se propone un plan nutricional nitrogenado que apunta a la redistribución y no al aumento de unidades de nitrógeno. Se busca demostrar que una redistribución del fertilizante nitrogenado aumenta la producción de nueces, las reservas de arginina en la planta y la cantidad de proteínas en los cotiledones.

El presente proyecto se llevará a cabo en 3 temporadas de crecimiento en 42 meses, en un huerto adulto de 8 años, Panquehue, región de Valparaíso, donde se tomará un sector de riego, en el cual se ocuparán determinadas hileras tomadas al azar donde se comparará la propuesta de distribución de nitrógeno en hecha en base a estudios y la propuesta de fertilización tradicional usada nacionalmente. El costo de la investigación ronda los \$218.000.000 y se espera que los resultados del proyecto puedan aumentar las productividades nacionales junto con la calidad proteica de los cotiledones, frente a un mercado internacional cada vez más competitivo.

## **2. Definición del problema y oportunidad**

### **Contextualización e importancia del cultivo en Chile**

Chile se sitúa como el séptimo productor de nueces a nivel mundial, luego de China, USA, Irán, Turquía, Ucrania y México, en orden decreciente (FAO, 2013) y como el segundo principal exportador en el mundo, solo detrás de Estados Unidos (Moraga, 2017). Para llegar a tal estándar mundial, fue necesario un crecimiento muy agresivo, teniendo 9.734 ha en el año 2000 y llegando finalmente a 36.663 en el 2016 (ODEPA, 2017).

El gran crecimiento del nogal en Chile ha significado la expansión de muchas otras zonas que no son consideradas óptimas para ello. Se han abarcado muchos tipos de suelos, donde las condiciones más desfavorables se encuentran de la región metropolitana hacia el sur (Red Agrícola, 2017). El nogal puede ser plantado en cualquier suelo, si lo que se quieren son producciones del orden de las 3 a 4 toneladas por ha, pero si se quiere llegar a producir de 8 o 9 toneladas por ha, la necesidad de una buena nutrición se hace imprescindible (Red Agrícola, 2017).

Para el 2020 se espera que la superficie de nogales llegue a 41.200 ha aproximadamente (Muñoz, 2016), siendo el segundo frutal más plantado en todo el país, solo detrás de la vid. La perspectiva para el año 2018 es llegar a una producción de 130.000 toneladas, lo que sería un récord para la producción nacional. Esta producción se traduce en un incremento productivo de 80,5% si se compara con el 2016 y en la práctica, se traduce económicamente en US\$ 500 millones (FedeFruta, 2018). Los valores de producción a nivel mundial se han incrementado de esa manera debido al ritmo de plantación que se ha tenido, por lo que se espera, que de aquí al 2025 se llegué a un aproximado de 200.000 toneladas, lo que se traduce en un 18% respecto a comercio mundial de nueces (Velasco, 2017). Para darle cabida en el mercado mundial a una producción que supera todos los antecedentes nacionales, se están ideando diferentes estrategias por parte de organismos públicos (Ministerio de Agricultura y ProChile) y privados, una de ellas es la calidad del producto nacional y un atributo del fruto es su elevada capacidad nutricional.

## Definición del problema

A pesar de la importancia de la producción nacional nueces en el comercio exterior y de la gran calidad que estas representan en el extranjero (tanto en color de la mariposa como su valor nutricional), hay un aspecto crucial del cultivo en lo que la industria nacional no ha podido crecer, como lo es la nutrición (Red Agrícola, 2017).

El desconocimiento que hay acerca de la nutrición a nivel nacional es mucho si se compara con otros cultivos, siendo dicho aspecto uno de los pilares bases para una producción alta y de buena calidad (Red Agrícola, 2017). Si la industria nacional plantea el consolidarse como uno de los principales productores y exportadores de nueces, tanto en volumen como en calidad, es necesario mejorar los aspectos de nutrición (Red Agrícola, 2017).

La demanda nutricional del nogal es muy alta, cuando la producción que se espera es alta. La nuez es un fruto con alto contenido en aceite, la transformación metabólica para poder lograrlo es muy demandante energéticamente hablando. Para el proceso de síntesis de aceite el nitrógeno se vuelve fundamental, siendo la concentración de nitrógeno de 2,5g cada 100g de peso seco en el fruto (Red Agrícola, 2017).

Uno de los nutrientes más requerido por el árbol del nogal es el nitrógeno, por lo tanto, pasa a ser una especie muy demandante de este elemento, en comparación con otras especies frutales (Drossopoulos *et al.*, 1996). En esta especie en particular, la concentración de nitrógeno en un fruto puede llegar a ser mayor del 3% (Bravo *et al.*, 2016). El nutriente más requerido por el árbol del nogal es el nitrógeno (Drossopoulos *et al.*, 1996). Sin embargo, el uso de fertilizantes nitrogenados, junto con su efectividad a nivel mundial, se presentan como una problemática, dado que estos valores son particularmente bajos, esto contrapuesto a las fuentes que son de fácil asimilación y los árboles se riegan, factores claros para la asimilación del nitrógeno (Roccusso *et al.*, 2016).

La eficiencia de la captación de nitrógeno varía según especie, las condiciones ambientales, la cantidad, la fuente y el momento de aplicación de este, por lo que manejar la dinámica de absorción del árbol es crucial para optimizar la eficiencia del nitrógeno y cuidar el medio ambiente. La efectividad del uso del nitrógeno (NUE), no ha sobrepasado experimentalmente el 70% (Bravo *et al.*, 2016).

Frente a la problema de la baja efectividad de las aplicaciones de nitrógeno, se plantea como oportunidad, reestructurar la fertilización nitrogenada, la distribución de esta en base a los resultados obtenidos de Bravo *et al.* (2016), de incorporar proporcionalmente mayor cantidad de nitrógeno en los estadios fisiológicos en los que el árbol presenta una mayor efectividad del uso del nitrógeno, contrastando con los planes básicos de fertilización propuestos a sus productores por ChileNut (Hirzel, 2015) que es la asociación de productores y exportadores de nueces más grande de Chile. Aminorando de esta forma, los efectos de una mala distribución del fertilizante nitrogenado en la temporada, lo que deriva en pérdidas económicas y contaminación de napas freáticas por lixiviación ya muy contaminadas por la agricultura en la región de Valparaíso (DCPRH y DGA, 2016), lo que también repercute es la producción al perder como mínimo un 30% de todo lo aplicado, sin dejar de lado el posible aumento de proteínas disponibles del órgano comestible, que es el embrión.

### **3. Hipótesis**

La redistribución de la fertilización nitrogenada aumenta la efectividad del uso del nitrógeno (NUE) en nogales y dicho parámetro repercute en la producción y calidad nutricional de la nuez.

#### **Justificación de la hipótesis**

Los actuales regímenes de fertilización en nogal, con respecto al nitrógeno, el cual es difundido por los grandes actores de la industria nacional del nogal, sigue la lógica de aplicar más cuando el estadio fenológico más lo requiere, pero ni un plan de fertilización intenta aplicar cuando el árbol realmente lo está captando.

Dichos planes ignoran que los primeros estadios fenológicos son cubiertos en gran parte por reservas (Deng, 1989) y que de las necesidades de nitrógeno de la temporada, un 60% es cubierto por reservas (Weinbum y Kassel, 1998). Se estima que un 74% de la fertilización nitrogenada de la temporada, va directamente a las reservas del árbol para la próxima temporada, por lo que suplir las necesidades del árbol no es cuestión de una temporada (Weinbum y Kassel, 1998).

El presente trabajo pretende demostrar que, la forma de plantear la distribución de las unidades de nitrógeno totales en la temporada, va íntimamente relacionado con los momentos en los que el árbol absorbe mayor cantidad del nutriente (nitrógeno), lo cual en orden decreciente, según Bravo *et al* (2016), es; verano tardío, flores pistiladas y brotación, lo que en base a su resultado NUE, definirá el porcentaje de distribución al que serán expuestos.

## **4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de la redistribución de la fertilización nitrogenada sobre la efectividad del uso del nitrógeno en el cultivo del nogal en la zona de Panquehue, Región de Valparaíso.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la eficiencia del uso del nitrógeno en plantas adultas de nogal variedad Chandler sometidas a tratamientos diferenciados de distribución de nitrógeno en la temporada, mediante la medición de arginina en diferentes estructuras de la planta.
- Determinar la productividad en toneladas por hectáreas que se obtiene en nogal adulto variedad Chandler, sometido a tratamientos diferenciales de distribución de nitrógeno en la temporada.
- Evaluar la concentración proteica en el órgano comestible de la nuez de nogal (cotiledones), en base a los diferentes tratamientos de distribución del fertilizante nitrogenado en la temporada.

## 5. Estado del arte

### Deficiencia y movimiento del Nitrógeno dentro del árbol

Según Simorte *et al* (2001), la deficiencia de nitrógeno muestra directa correlación con un menor peso seco comercial del fruto, lo que es un factor que repercute directamente en el rendimiento por hectárea. Dichas deficiencias en el árbol también significan una redistribución más lenta y tardía hacia estructuras jóvenes y en crecimiento, en comparación con árboles nitrogenadamente bien nutridos.

Experimentos hechos por Simorte *et al* (2001), demostraron que con mayor nivel de nitrógeno en las aplicaciones se logra: mayor crecimiento foliar, mayor crecimiento radicular (raíces finas principalmente, de un diámetro menor a 2 milímetros) y en un mayor largo de brotes.

En los árboles de hoja caduca, la absorción de nitrógeno es constante desde la brotación hasta caída de hojas, a diferencia de otros nutrientes que están más relacionados con el crecimiento vegetativo, como el potasio (Delaire, 2014), lo que contrasta directamente con estudios de Bravo *et al* (2016) y Roccusso *et al* (2016), quienes confirman que la absorción de nitrógeno está directamente relacionado a los diferentes momentos fenológicos de los cultivos.

Según Millard (1996) los árboles frutales de hoja caduca asimilan y almacenan nitrógeno (N) en los órganos perennes y lo remueven para el crecimiento de nuevos tejidos en la primavera. A nivel de absorción radicular hay una alta correlación entre la absorción de nitrato y potasio, de hecho, se ha demostrado que cuando no hay nitrato disponible en la solución de suelo, la absorción del potasio se ve reducida, por lo que cualquier reducción de la absorción de nitrato deriva en una merma de la absorción de potasio (Delaire, 2014), lo que demuestra la importancia del nitrato para la absorción de otros nutrientes como potasio, amonio y magnesio.

Al estudiar el contenido del xilema, desde la brotación hasta la máxima expansión foliar en nogales, el 50% de su contenido era nitrógeno en forma principalmente de arginina, que

proviene exclusivamente de las reservas (Deng, 1989). Es probable que la reutilización de nitrógeno de reserva comience antes de la maduración de los amentos, y no exista en este momento absorción de nitrógeno proporcionado por la solución del suelo, esta se iniciará después de este momento fisiológico (Deng, 1989). Esto coincide con Weinbum y Kassel (1998), donde afirma que el nitrógeno suministrado para el crecimiento de los amentos proviene exclusivamente desde reservas.

Por otra parte, Weinbum y Kassel (1998) describe que de las necesidades de compuestos nitrogenados del árbol, un 60% se cubre con reservas y el resto con absorción directa del suelo en lo que son sus principales formas inorgánicas (nitrato y amonio), lo que concuerda con (Millard y Grelet, 2010), que establece que las estructuras de la temporada son formadas en base a un 60% de nitrógeno de reserva. Asimismo, la principal forma de reservas nitrogenadas en la especie *Juglans regia* es en la formar aminoacídica arginina (Millard y Grelet, 2010), este en conjunto con los aminoácidos citrulina, ácido glutámico, ácido aspártico y el ácido gamma-aminobutírico representan el 80% de los aminoácidos y aminos encontrados en el flujo xilemático (Frak *et al.*, 2002).

Según estudios de Simoerte (2001), cuando es deficiente el un aporte de nitrógeno en varias temporadas, la redistribución de N se produjo demasiado lenta o tardíamente para sustentar órganos jóvenes durante el crecimiento vegetativo, lo que deriva finalmente en cosecha tardía. Por lo tanto, una disponibilidad considerada suficiente de N es esencial para evitar la posible demora en el crecimiento de los nogales (Simoerte, 2001). Se ha demostrado que un aumento en la fertilización nitrogenada, con respecto a planes nutricionales previos, aparte de aumentar el rendimiento aumenta en almendros el porcentaje de proteínas del fruto (Muhammad, 2014).

### **Efectividad del uso del nitrógeno**

La eficiencia del uso del nitrógeno demuestra ser variable según el estadio fenológico del cultivo, por lo que, mientras más tarde se aplica fertilizante nitrogenado, menor fue el porcentaje de este nitrógeno que llegó a los órganos superiores, esto se atribuye a la menor tasa de crecimiento de brotes y frutos. También se sugiere que el momento en que

la removilización de nitrógeno de reserva terminó (aproximadamente 2 meses a partir de la reanudación del crecimiento de primavera), la fruta se convirtió en el sumidero principal de nitrógeno, lo que coincide con una mayor absorción por parte del árbol Roccusso *et al* (2016).

El estudio de Roccusso *et al* (2016) también sugiere, que mientras más tarde es la fertilización nitrogenada, la eficiencia del fertilizante baja, sobre todo en épocas cercanas al otoño, lo que contrasta con Bravo *et al* (2016), que demuestra, según su estudio, que la mayor efectividad de la absorción se encontró en la fertilización del verano tardío, comparado con la aplicación en el momento de brotación y crecimiento de flores pistiladas.

En un análisis de la efectividad de la fertilización nitrogenada, realizado durante el estado de latencia de yemas (que comienza a mediados de mayo aproximadamente), se demostró que esta varía entre un 60% y 70% (Bravo *et al.*, 2016). El bajo porcentaje de efectividad del fertilizante luego de la aplicación temprana, cuyo análisis fue hecho 7 días después de la brotación, no hace más que reafirmar que la fuente de nitrógeno a principio de temporada es exclusivamente proporcionado por las reservas (Bravo *et al.*, 2016). Lo que a su vez concuerda con Millard y Grelet (2010), quienes establecen que el movimiento de nitrógeno de reservas responde a la estacionalidad temporal, asociada a la fenología del cultivo.

Se establece en los estudios de Weinbum y Kassel (1998), que de todo el nitrógeno absorbido en una temporada, tiene como destino ser, en un 74%, almacenado como reservas de la próxima temporada en estructura perennes del árbol, lo que queda demostrado en el estudio de Bravo *et al* (2016), que muestra la mayor cantidad del nitrógeno, se almacena en el tronco y las raíces, sin contar las hojas, las cuales previo a la senescencia dirigen un 50% del nitrógeno a las estructuras de reserva, siendo la otra mitad parte del componente estructural de la hoja (Weinbum y Kassel, 1998). Tal como explica Toselli *et al* (2000), el mayor porcentaje del nitrógeno aplicado en postcosecha se transloca principalmente a las raíces y una pequeña porción queda en la parte aérea de la planta. De acuerdo con Weinbum y Kassel (1998), el efecto de la fertilización en la temporada (desde brotación hasta dormancia) no es tan influyente en comparación con el

nitrógeno de reserva, fertilizar durante la temporada representa un mayor impacto en la próxima temporada. También se dilucida que el momento de la aplicación nitrogenada es fundamental para evitar pérdidas de esta en el medio.

### **Dinámica de absorción del nitrógeno**

El nitrógeno es absorbido por la planta principalmente de manera inorgánica en sus formas de nitrato y amonio, siendo el primero mucho más usado por las raíces, debido a que la forma amónica es rápidamente oxidada en el suelo por parte de bacterias en el proceso de nitrificación (Gil, 1994). Las plantas presentan tres grandes formas de absorción de nutrientes por las raíces, que corresponden al flujo de masas, difusión e intercepción. El flujo de masa corresponde a un proceso pasivo, donde la solución nutritiva de iones ingresará a la raíz dependiendo de la tasa evapotranspirativa del cultivo ( $ET_c$ ) (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007)

El nitrato es absorbido por el mecanismo de flujo de masa, lo que deriva en una alta relación del nitrato absorbido por la planta y la evapotranspiración del cultivo (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007), dado que el último factor descrito depende en gran medida de la temperatura, en los momentos de mayor evapotranspiración se pueden absorber mayores cantidades de nitrógeno en forma de nitrato en comparación a momentos con menor evapotranspiración del cultivo.

El coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) es uno de los componentes para obtener la evapotranspiración del cultivo, por lo que a un mayor coeficiente del cultivo aumentará el  $ET_c$ , lo que conlleva a un aumento de la potencial absorción del nitrato por parte la planta. Antunez (201?) describió el  $K_c$  del nogal en Chile, logrando el mayor coeficiente entre el 1 de enero hasta el 28 de febrero, situando dicho rango de fechas un potencial espacio para aumentar la efectividad de las aplicaciones nitrogenadas.

Según datos obtenidos por Deng (1989), hasta el momento de la máxima expansión foliar en nogales, el nitrógeno en sus diferentes formas provenientes de reservas es mucho mayor al obtenido desde la absorción directa desde el suelo, en lo que es

aproximadamente 15 de noviembre. Dicho antecedente demuestra que antes de esa fecha, un gran porcentaje de aplicación del nitrógeno de la temporada queda fuera de lugar, lo que concuerda con los datos de Antúnez (201?) que expones que el  $K_c$  promedio de esas fechas no logra superar la mitad del  $K_c$  de entre el 1 de enero y el 28 de febrero.

El principal órgano que se forman con un mayor porcentaje de nitrógeno aplicado en la temporada y con menor medida del proveniente de las reservas son los frutos, en comparación a estructuras previas (brotes y flores) (Weinbum y Kassel,1998), lo que reafirma lo expuesto por Bravo *et al* (2016), que obtuvo el menor porcentaje de absorción nitrogenada en momento fenológicos tempranos (brotación y floración pistilada) en comparación con un estado más tardío (maduración de frutos).

Se establece en estudios de Ruiz (2010), que el crecimiento vegetativo aéreo cesa aproximadamente a fines de febrero, y tal como fue definido por Simorte *et al* (2001), hay parámetros del nogal (diámetro del tronco, las hojas, peso seco de hojas, etc) que frente a un consumo de nitrógeno considerado excesivo siguen expresándose en mayor medida, es decir que el máximo consumo de nitrógeno en el cual las estructuras dejan de desarrollarse no ha sido definido, lo que en condiciones favorables para la absorción ( $K_c$  elevado) en conjunto con una sobre fertilización nitrogenada van a derivar en un “consumo de lujo” por parte de la planta, lo que no se traduce en una producción más alta.

El fin del crecimiento vegetativo aéreo y el inicio del segundo peak radicular en nogales se superponen a finales de febrero, lo que señala el espacio temporal idóneo de cuando comenzar a hacer las principales aplicaciones nitrogenadas enfocadas a crear reservas, principalmente arginina en nogales, aminoácido cuyas concentraciones se han estandarizado en las raíces para lograr un buen vigor y altas producciones en nogales (Ruiz, 2010).

## 6. Metodología

### Tratamientos

En este ensayo se realizarán 2 tratamientos ( $T_0$  y  $T_1$ ), los cuales buscan contrastar diferentes formas de distribución del fertilizante nitrogenado a lo largo de una temporada productiva. En ambos casos se utilizarán las mismas unidades de nutrientes en la temporada, siendo el nitrato de amonio la única fuente nitrogenada. La única variable para este estudio, será la distribución del fertilizante en la temporada. El  $T_0$  corresponde a la distribución de fertilización ofrecida por ChileNut y  $T_1$  se propone en base a datos derivados de investigaciones realizada por Bravo *et al* (2016), en relación a la efectividad del uso del nitrógeno.

Bravo *et al.* (2016) define 3 momentos fenológicos donde varía la efectiva la aplicación de nitrógeno, otorgando a cada momento diferentes distribuciones porcentuales de fertilizante nitrogenado (cuadro 1).

**Cuadro 1, distribución porcentual del nitrógeno durante la temporada.**

Etapa fenológica	Distribución (%)	
	$T_0$	$T_1$
<b>Brotación</b>	46	15,7
<b>Flores pistiladas</b>	47,9	35,1
<b>Maduración del fruto</b>	6,1	49,1

Los porcentajes de fertilización por estadio fenológico (cuadro 1), se dividirá según el número de riegos de cada estadio, por lo que cada riego, por tratamiento, debería tener el mismo porcentaje de nitrógeno aplicado. En el caso de que el n° de riegos no sean los mismos que los que el registro histórico indica, se aplicará una concentración más alta en los últimos riegos del estadio, con el objetivo de aplicar todo el porcentaje correspondiente de nitrógeno por momento fenológico.

Para identificar cada momento, de manera objetiva, se han establecido los siguientes rangos temporales: brotación, que termina con el inicio de la floración femenina (flor pistilada). Floración, que termina con el inicio de la fase III del crecimiento del fruto. Y la

maduración del fruto, donde este deja de crecer la fruta en diámetro y la solidificación de los cotiledones.

### **Consideraciones de fertilización y riego**

La fertilización nitrogenada será en base a nitrato de amonio, como fuente única de nitrógeno exógeno, en cuanto al resto de micro y macronutrientes serán proporcionados, al igual que el nitrato de amonio, por medio de la submatriz anexa a la matriz principal del predio que está conectada directamente a la caseta de riego del sector. El plan para los otros micro y macronutrientes es tomado en base a la propuesta de ChileNut.

El riego se llevará a cabo en base a la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), será calculada con; los datos de la bandeja evaporimétrica del predio ( $E_b$ ) multiplicado por un coeficiente de bandeja ( $K_b$ ), dicha multiplicación dará por resultado la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ), la cual se multiplicará por el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) y arrojará como resultado la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ). El  $K_c$  y el ( $ET_0$ ) varían por mes, por lo que es necesario y adaptando mensualmente el cálculo. Dicho estándar de riego será adaptado en terreno en base a lo que se dictamine en terreno.

La fertilización será adaptada en base a análisis de aporte de agua y suelo del sector. El suelo será monitoreado en septiembre de cada temporada para cuantificar su aporte y descontarlo de la fertilización inicial. En cuanto al agua, en base a los análisis históricos de las últimas temporadas, se evaluará en forma diferenciada cada mes la cantidad (ppm/l) de nitrato y de amonio que viene en el agua de riego. En base a los  $m^3$  aplicados por mes se podrá cuantificar el aporte del agua de riego y hacer finalmente un descuento del porcentaje de fertilización a aplicarse en dicho momento fenológico de estudio.

### **Características del ensayo y análisis estadístico**

El experimento se llevará a cabo en un cuartel de 4 ha ( $40.000 m^2$ ), donde el marco de plantación es  $6 \times 5m$ , con un total de 66 hileras de un largo de 100 metros, teniendo 20 árboles por hilera. Como unidad experimental se usan 6 árboles seguidos en una misma hilera, los cuales se someterán a las diferentes distribuciones de fertilización.

Los parámetros a evaluar serán la productividad (en peso seco comercial), la concentración proteica de los cotiledones (mariposa) y la concentración de arginina en las diferentes estructuras del árbol (raíz, tallo y ramas).

Para la medición de la productividad se cosechará en las primeras semanas de abril, como es propio de la variedad Chandler en la zona, de forma diferenciada al resto del cuartel y árboles de los distintos tratamientos, para lo que se contratará personal foráneo. Los frutos cosechados se enviarán al Laboratorio de Ingeniería en Alimentos PUCV, donde primero se secará y se cuantificará el peso seco comercial de todo lo enviado, lo que dará por resultado la productividad promedio de las diferentes unidades experimentales. Las muestras enviadas se diferenciarán por tratamiento y por repetición.

Para la cuantificación proteica de la mariposa, se usarán las mismas muestras enviadas para la evaluación de productividad, en el Laboratorio de Ingeniería en Alimentos PUCV. Para la evaluación de las concentraciones de arginina en los diferentes órganos de la planta (raíz, tallo y brotes) se extraerán los diferentes órganos de una planta por cada réplica de cada tratamiento con cierras, luego se seccionará de forma manual en predio (con serruchos y tijerones), para enviar el material a AGQ labs ya seccionado, separando claramente cada estructura del árbol, cada réplica y tratamiento correspondiente. Posterior a la extracción del material se aplicará una pasta antifúngica para evitar que cualquier fitopatógeno se introduzca por las heridas de la planta.

Para poder llevar a cabo el tratamiento en terreno, se realizarán modificaciones al sistema de riego original. Para poder adjuntar un sistema que fertirriegue de forma anexa al sistema y no en conjunto. Se hace primordial excluir el fertirriego del predio en la unidad experimental de 6 árboles contiguos en la misma hilera.

El procedimiento de exclusión se lleva a cabo en los 4 laterales que hay por hilera, pero solo en los 30 metros que se usan de unidad experimental, se cortan los laterales y se reemplazan en dicho largo por una manguera del mismo diámetro que no contengan goteros, por lo que los 6 árboles de unidad experimental no se ven fertirregados por ni uno de los laterales del sistema de riego original y el resto de la hilera que no es parte del predio seguirá con el mismo régimen de riego y fertilización.

Para el fertirriego de los árboles de la unidad experimental, se anexa un sistema de 4 laterales por hilera donde haya una repetición a una submatriz que deriva de la matriz original, que dentro de los 30 metros, 6 árboles de unidad experimental tendrá la presencia de goteros. Con el objetivo de llevar a cabo la diferenciación en el proceso de fertilización, se ha de anexar un sistema de llaves de paso y válvulas a la matriz de riego, con tal de poder usar la infraestructura de riego del predio y poder diferenciar los tratamientos de lo que son dichas prácticas culturales con los ensayos.

Cada tratamiento tendrá una distribución completamente al azar dentro del cuartel y 3 repeticiones por ensayo también al azar. Siendo un total de 36 árboles en total del estudio, considerando 2 tratamientos, 6 árboles por unidad experimental y 3 réplicas por tratamiento.

Para evitar la interferencia se repetirá el tratamiento a las hileras que se encuentren a cada uno de los lados de la unidad experimental, estando estos a la misma altura en las hileras contiguas. La metodología de exclusión se ha de repetir 2 veces por cada tratamiento y sus repeticiones.

El análisis estadístico para los diferentes resultados de ambos tratamientos será a través de un análisis de varianza (ANOVA), que arrojará la varianza de los tratamientos, dando por resultados si hay o no diferencia significativas entre ambos.

## 7. Bibliografía

1. Alcántar G. y L. Trejo-Téllez. 2007. Nutrición de Cultivos. Mundi-Prensa México, México D. F., México.
2. Antúnez, A. 2017. Manual del Riego en Nogales. Disponible en [http://biblioteca.inia.cl/medios/platina/descarga/Alejandro\\_Antunez\\_Manejo\\_Riego\\_Nogales.pdf](http://biblioteca.inia.cl/medios/platina/descarga/Alejandro_Antunez_Manejo_Riego_Nogales.pdf) leído el 14 de octubre del 2018.
3. Bravo, K., G. Marcollini, G. Sorrenti, E. baldi, M. Quarteire and M. Toselli. 2017. Effect of Time of Application on Nitrogen Uptake, Partitioning, and Remobilization in Walnut Trees. *Journal of Plan Nutrition* 40: 719-725.
4. Delaire, M., J-C. Mauget and F. Beaujard. 2014. Evidence for a strong correlation between season-dependent nitrate and potassium uptake in two deciduous trees. *Trees* 28(3):769-776 DOI 10.1007/s00468-014-0990-5.
5. Deng, X., S. Weinbaum, and M. DeJong. 1989. Use of labeled nitrogen to monitor transition in nitrogen dependence from storage to current-year uptake in mature walnut trees. *Trees* 3: 11-16.
6. Dirección General De Aguas y Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. 2016. Diagnóstico de la Calidad de las Aguas Subterráneas de la Región de Valparaíso. Disponible en [http://documentos.dga.cl/CQA-5582\\_informe\\_final.pdf](http://documentos.dga.cl/CQA-5582_informe_final.pdf) Leído el 5 de agosto del 2018.
7. Drossopoulos, J., G. Kouchaji, and D. Bouranis. 1996. Seasonal dynamics of mineral nutrients by walnut tree fruits. *Journal of Plant Nutrition* 19(2): 435-455
8. FAO. 2017. Countries by commodity. Disponible en [http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity) Leído el 3 de octubre del 2017.
9. FedeFruta. 2018. Producción de nueces en Chile anotaría récord de 130 mil toneladas en 2018. Disponible en <https://fedefruta.cl/produccion-de-nueces-en-chile-anotaria-record-de-130-mil-toneladas-en-2018/> Leído el 12 de mayo del 2018.

10. Frak, E., P. Millard, X. Le Roux, S. Guillaumie and R. Wendler. 2002. Coupling Sap Flow Velocity and Amino Acid for Quantifying Nitrogen Remobilization by Walnut Trees. *Plant Physiology* 130: 1043-1053.
11. Gil, F. 1994. *Elementos de Fisiología Vegetal*. Mundi-Prensa, Madrid, España.
12. Hirzel, J. 2015. Principios de fertilización en nogal. Disponible en [http://www.chilenut.cl/infonut/07\\_2015/assets/fertilizacion\\_nogal.pdf](http://www.chilenut.cl/infonut/07_2015/assets/fertilizacion_nogal.pdf) Leído el 14 de noviembre de 2017.
13. Millard, P. 1996. Ecophysiology of internal cycling of nitrogen for Tree Growth. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 159: 1-10.
14. Millard, P, and G. Grelet. 2010. Nitrogen storage and remobilization by trees: ecophysiological relevance in a changing world. *Tree Physiology* 30: 1083–1095.
15. Moraga, E. Las nueces duplicarán exportaciones en siete años. Disponible en <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=413617> Leído el 7 de noviembre de 2017.
16. Muhammad, S. 2015. Seasonal changes in nutrient content and concentrations in a mature deciduous tree species: Studies in almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb). *European Journal of Agronomy* 65: 52-68.
17. Muñoz, M. 2016. Mercado de los frutos secos y deshidratados. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/11/mercadoCNFSD11042016-1.pdf> Leído el 14 de abril del 2018.
18. Muñoz, M. 2017 Boletín Frutícola. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Disponible en <http://www.odepa.gob.cl/boletin/boletin-fruta-fresca-julio-de-2017/> leído el 25 de septiembre del 2017.
19. Red Agrícola. 2017. Samuel Román sobre nutrición en nogal: "Donde no podemos equivocarnos es en el nitrógeno. Disponible en <http://www.redagricola.com/samuel-roman-nutricion-nogaldonde-no-podemos-equivocarnos-nitrogeno/> Leído el 1 de noviembre de 2017.
20. Rocuzzo, G., F. Scandellari, M. Allegra, B. Torrisi, F. Stagno, T. Mimmo, D. Zanutelli, P. Gioacchini, P. Millard and M. Tagliavini. 2017. Seasonal dynamics of root uptake and spring remobilisation of nitrogen in field grown orange trees. *Scientia Horticulturae* 226: 223-230.

21. Ruiz, R. 2010. Nutrición y Fertilización del Nogal. Disponible en [http://biblioteca.inia.cl/medios/platina/descarga/RRuiz\\_Nutricion\\_fertilizacion\\_nogal.pdf](http://biblioteca.inia.cl/medios/platina/descarga/RRuiz_Nutricion_fertilizacion_nogal.pdf) Leído el 12 de marzo del 2018.
22. Simorte, V., G. Bertoni, C. Dupraz, and P. Masson. 2001. Assessment of nitrogen nutrition of walnut trees using foliar analysis and chlorophyll measurements. *Journal of Plant Nutrition* 24(10): 1645-1660.
23. Santibáñez, J., y J. Uribe. 1990. Atlas Agriclimatico de Chile. Regiones V y Metropolitana. 65p. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
24. Toselli M., J.A. Flore, C. Zavalloni, and B. Marangoni. 2000. Nitrogen partitioning in apple trees as affected by application time. *HorTechnology* 10(1): 6-11.
25. Velasco, J. 2017. Los nuevos escenarios para la nuez chilena. Disponible en <http://www.redagricola.com/cl/los-nuevos-escenarios-para-la-nuez-chilena/> Leído el 4 de mayo del 2018.
26. Weinbaum, S. and C. Van Kassel. 1998. Quantitative estimates of uptake and internal cycling of <sup>14</sup>N-labeled fertilizer in mature walnut trees. *Tree Physiology* 18: 795-801.

## **8. Plan de trabajo**

### **Etapas 0**

#### **8.1.1. Junio 2019**

En junio del 2019 se ha de firmar el contrato con la empresa productora para usar las dependencias del predio para el ensayo, especificándole a la empresa los detalles de la investigación, el personal foráneo, la compensación por los árboles que serán extraídos y otras especificaciones técnicas a considerar.

#### **8.1.2. Junio de 2019-septiembre de 2019**

Se procederá a la capacitación del personal, mientras se compran todos los materiales e insumos correspondientes para el ensayo en terreno. Posteriormente, se ha de ensamblar el ensayo en terreno.

### **Etapas 1**

#### **8.2.1. Octubre de 2019-noviembre (23) 2019**

Análisis a inicio de temporada del suelo, junto con la evaluación de una aplicación correctiva de nitrógeno. Comienzan los riegos y la fertilización correspondientes al estadio de brotación, donde cada riego va con su dosis correspondiente de nitrato de amonio. Tanto el técnico como el ingeniero agrónomo monitorean la muestra de estudio, evaluando la presencia de flores pistiladas para cambiar de estadio y régimen de fertilización.

#### **8.2.2. Noviembre de 2019-febrero (15) del 2020**

Se siguen los riegos y la fertilización, correspondientes al segundo momento fenológico establecido, que es floración pistilada. Tanto el técnico como el ingeniero agrónomo monitorean la muestra de estudio, evaluando maduración del fruto para cambiar de estadio y régimen de fertilización.

#### **8.2.3. Febrero del 2020-agosto 2020**

Se siguen los riegos y la fertilización diferenciada para el estadio de maduración del fruto, la cual se prolonga hasta donde el cultivo necesite el último riego de la temporada,

aproximadamente a principios de mayo. Esta fase consta también de la cosecha de todas las muestras en estudio, diferenciando por tratamiento, las cuales serán enviadas al laboratorio de Ingeniería en Alimentos PUCV, donde serán secadas hasta su peso seco comercial (8%), por lo que se cuantificará dicha producción y se proyectará en toneladas por ha de rendimiento. A una parte de la muestra se le analizará la concentración proteica de los cotiledones en el mismo laboratorio. A un árbol de cada muestra se le extraerán en julio diferentes tejidos; raíz, tallo y ramas, los que serán seccionados en terreno y posteriormente enviados a AgroLabs para un análisis de arginina. Se tabularán todos los datos obtenidos y se procederá a los análisis estadísticos de todas las muestras antes obtenidas, comparando  $T_0$  y  $T_1$ . Informe final etapa 1.

## **Etapa 2**

### **8.3.1. Octubre de 2020-noviembre (23) 2020**

Análisis a inicio de temporada del suelo, junto con la evaluación de una aplicación correctiva de nitrógeno. Comienzan los riegos y la fertilización correspondientes al estadio de brotación, donde cada riego va con su dosis correspondiente de nitrato de amonio, adaptando la fertilización y el equipo de riego al nuevo número de árboles por muestra. Tanto el técnico como el ingeniero agrónomo monitorean la muestra de estudio, evaluando la presencia de flores pistiladas para cambiar de estadio y régimen de fertilización.

### **8.3.2 Noviembre de 2020-febrero (15) del 2021**

Se siguen los riegos y la fertilización adaptados, correspondientes al segundo momento fenológico establecido, que es floración pistilada. Tanto el técnico como el ingeniero agrónomo monitorean la muestra de estudio, evaluando maduración del fruto para cambiar de estadio y régimen de fertilización.

### **8.3.3 Febrero del 2021-agosto 2021**

Se siguen los riegos y la fertilización diferenciada para el estadio de maduración del fruto, la cual se prolonga hasta donde el cultivo necesite el último riego de la temporada, aproximadamente a principios de mayo. Esta fase consta también de la cosecha de todas las muestras en estudio, diferenciando por tratamiento, las cuales serán enviadas al laboratorio de Ingeniería en Alimentos PUCV, donde serán secadas hasta su peso seco

comercial (8%), por lo que se cuantificará dicha producción y se proyectará en toneladas por ha de rendimiento. A una parte de la muestra se le analizará la concentración proteica de los cotiledones en el mismo laboratorio. A un árbol de cada muestra se le extraerán en julio diferentes tejidos; raíz, tallo y ramas, los que serán seccionados en terreno y posteriormente enviados a AgroLabs para un análisis de arginina. Se tabularán todos los datos obtenidos y se procederá a los análisis estadísticos de todas las muestras antes obtenidas, comparando  $T_0$  y  $T_1$ . Informe final etapa 2.

### **Etapa 3**

#### **8.4.1 Octubre de 2021-noviembre (23) 2021**

Análisis a inicio de temporada del suelo, junto con la evaluación de una aplicación correctiva de nitrógeno. Comienzan los riegos y la fertilización correspondientes al estadio de brotación, donde cada riego va con su dosis correspondiente de nitrato de amonio, adaptando la fertilización y el equipo de riego al nuevo número de árboles por muestra. Tanto el técnico como el ingeniero agrónomo monitorean la muestra de estudio, evaluando la presencia de flores pistiladas para cambiar de estadio y régimen de fertilización.

#### **8.4.2 Noviembre de 2021-febrero (15) del 2022**

Se siguen los riegos y la fertilización adaptados, correspondientes al segundo momento fenológico establecido, que es floración pistilada. Tanto el técnico como el ingeniero agrónomo monitorean la muestra de estudio, evaluando maduración del fruto para cambiar de estadio y régimen de fertilización.

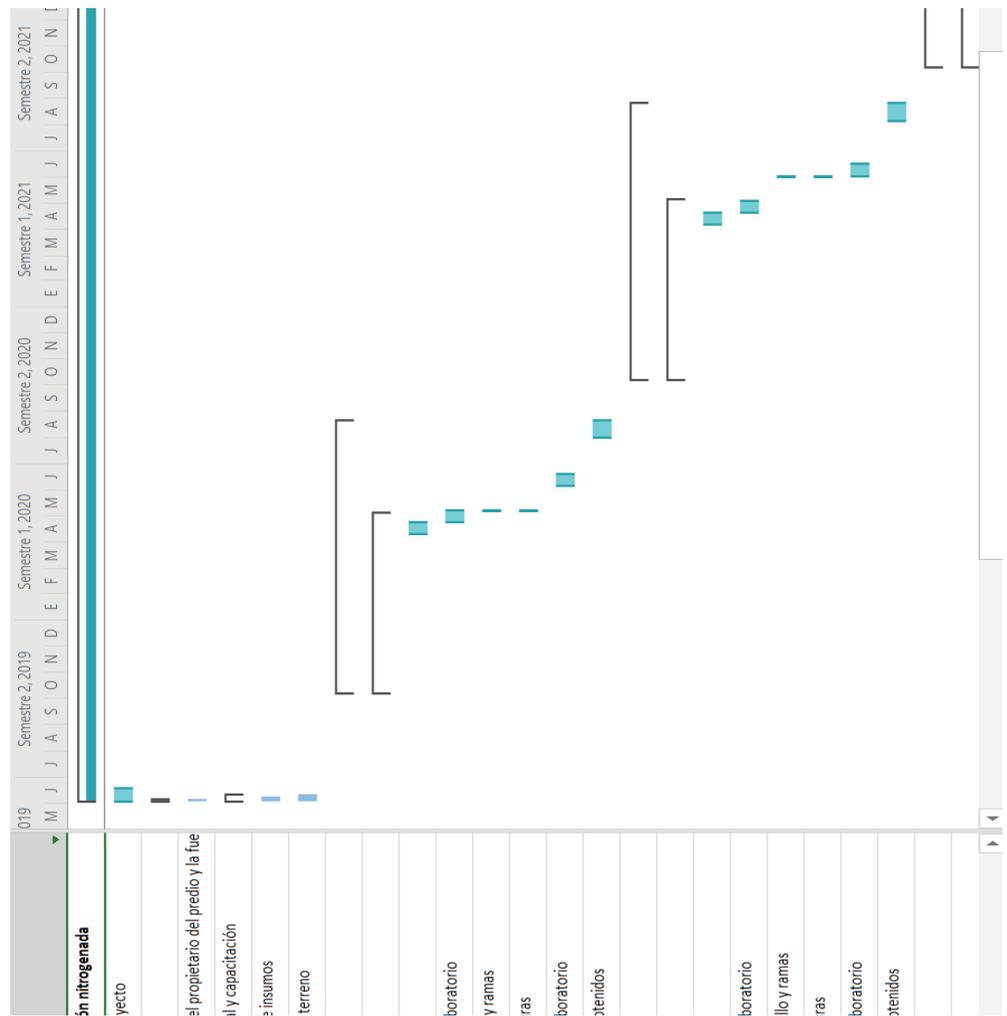
#### **8.4.3 Febrero del 2022-Diciembre 2022**

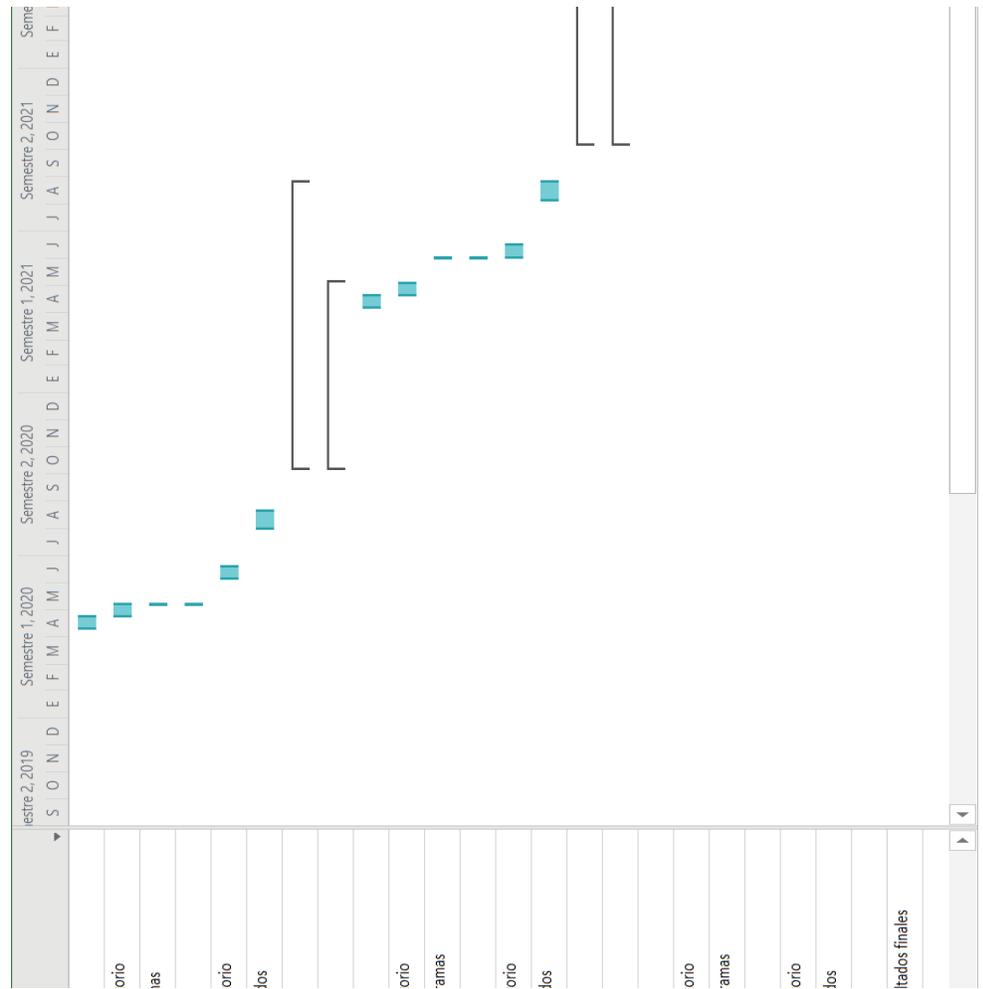
Se siguen los riegos y la fertilización diferenciada para el estadio de maduración del fruto, la cual se prolonga hasta donde el cultivo necesite el último riego de la temporada, aproximadamente a principios de mayo. Esta fase consta también de la cosecha de todas las muestras en estudio, diferenciando por tratamiento, las cuales serán enviadas al laboratorio de Ingeniería en Alimentos PUCV, donde serán secadas hasta su peso seco comercial (8%), por lo que se cuantificará dicha producción y se proyectará en toneladas por ha de rendimiento. A una parte de la muestra se le analizará la concentración proteica de los cotiledones en el mismo laboratorio. A un árbol de cada muestra se le extraerán en

julio diferentes tejidos; raíz, tallo y ramas, los que serán seccionados en terreno y posteriormente enviados a AgroLabs para un análisis de arginina. Se tabularán todos los datos obtenidos y se procederá a los análisis estadísticos de todas las muestras antes obtenidas, comparando  $T_0$  y  $T_1$ . Informe final etapa 3.

Con todos los resultados tabulados, se procede al informe final, detallando los resultados finales de la investigación. Difundir los resultados obtenidos por medio de congresos de fruticultura, nutrición y nogales a nivel nacional.

**Carta Gantt**





**9. Resultados esperados**

	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Resultados esperados</b>
<b>OB1</b>	Determinar la eficiencia del uso del nitrógeno en plantas adultas de nogal variedad Chandler sometidas a tratamientos diferenciados de distribución de nitrógeno en la temporada, mediante la medición de arginina en diferentes estructuras de la planta.	Aumento progresivo de los niveles de arginina en raíces, tallo y ramas.
<b>OB2</b>	Determinar la productividad en	Aumentar progresivamente la

	toneladas por hectáreas que se obtiene en nogal adulto variedad Chandler, sometido a tratamientos diferenciales de distribución de nitrógeno en la temporada.	productividad en toneladas por hectárea
<b>OB3</b>	Evaluar la concentración proteica en el órgano comestible de la nuez de nogal (cotiledones), en base a los diferentes tratamientos de distribución del fertilizante nitrogenado en la temporada.	Aumento progresivo de la concentración proteica en los cotiledones

## 10. Organización

<b>Grado académico</b>	<b>Cargo</b>	<b>Funciones</b>	<b>Costo del personal (MMS)</b>	<b>Aporte Fondo concursable (MMS)</b>
Ingeniero Agrónomo, Ph.D. en Fruticultura	Director	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestionar financiamiento del proyecto</li> <li>• Seleccionar los huertos para los ensayos y negociar los respectivos contratos.</li> <li>• Seleccionar, entrenar y contratar el personal técnico.</li> <li>• Diseñar experimentos y analizar datos estadísticos.</li> <li>• Elaborar el material para difusión y representar al equipo en congresos.</li> </ul>	<b>50.800</b>	<b>6.700</b>
Ingeniero Agrónomo	Director Alterno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazar al director en su ausencia</li> <li>• Analizar los datos de costo de mano de obra para las labores de los análisis y el uso del nitrógeno</li> <li>• Montar ensayos en terreno.</li> <li>• Cotizar y comparar insumos y servicios para trabajo de campo</li> <li>• Supervisar a los técnicos en terreno</li> <li>• Supervisar las labores de fertilización y riego</li> </ul>	<b>36.804</b>	<b>36.804</b>
Técnico Agrícola	Técnico de Terreno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolectar datos en campo.</li> <li>• Entregar instrucciones y supervisar a los trabajadores agrícolas.</li> </ul>	<b>16.200</b>	<b>16.200</b>
Contador Auditor	Contador Auditor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar las rendiciones de gastos para la agencia de financiamiento.</li> <li>• Mantener vigentes los contratos del personal del proyecto.</li> <li>• Emitir las órdenes de compra.</li> </ul>	<b>672</b>	<b>672</b>
Secretaria	Secretaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar actas de reuniones técnicas del proyecto.</li> <li>• Coordinar la comunicación con terceros.</li> <li>• Organizar la logística de los eventos de difusión.</li> </ul>	<b>420</b>	<b>420</b>
Sin formación post- secundaria	Trabajadores Agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar labores del cultivo para el ensayo, el riego diferenciado, la toma de muestras, la correcta separación en cosecha.</li> </ul>	<b>1.700</b>	<b>1.700</b>

## 11. Presupuesto

### Presupuesto por total cuenta (MM\$)

	Cuenta	FONDO CONCURSABLE	APORTE EMPRESA		Total(MM\$)
			Pecuniario	No pecuniario	
A.	Total Recursos Humanos	62.496		44.100	106.596
B.	Total Subcontratos	52.259,114			52.259,1
C.	Total Capacitación	0			0
D.	Total Misiones Tecnológicas	10.670			10.670
E.	Total Difusión	600			600
F.	Total Gastos de Inversión	16.753,1			16.753,1
G.	Total Gastos de Operación	1.059.2			1.059.2
H.	Total Gastos de Administración	30.831,94			30.831,94
	Porcentaje de Aporte (%)	79,84		20,16	100
<b>TOTAL(MM\$)</b>		<b>174.669,3</b>		<b>44.100</b>	<b>218.769,3</b>

### Presupuesto total por año (MM\$)

	Cuenta	Año 1	Año 2	Año 3	Total(MM\$)
A.	Total Recursos Humanos				
	<i>Pecuniario</i>	20.832	20.832	20.832	62.496
	<i>No Pecuniario</i>	14.700	14.700	14.700	44.100
B.	Total Subcontratos				
	<i>Pecuniario</i>	17.419,6	17.419,6	17.419,6	52.259,1
	<i>No Pecuniario</i>				
C.	Total Capacitación				
	<i>Pecuniario</i>				
	<i>No Pecuniario</i>				
D.	Total Misiones Tecnológicas	3.557	3.557	3.557	10.670
	<i>Pecuniario</i>				
	<i>No Pecuniario</i>				
E.	Total Difusión				
	<i>Pecuniario</i>	200	200	200	600
	<i>No Pecuniario</i>				
F.	Total Gastos de Inversión				
	<i>Pecuniario</i>	16.753,1			16.753,1
	<i>No Pecuniario</i>				
G.	Total Gastos de Operación				
	<i>Pecuniario</i>	353	353	353	1.059,2
	<i>No Pecuniario</i>				
H.	Total Gastos de Administración				
	<i>Pecuniario</i>	10.227	10.227	10.227	30.831.94
	<i>No Pecuniario</i>				
	<b>Total(MM\$)</b>				
	<i>Pecuniario</i>	69.341,7	52.588,6	52.588,6	174.669,3
	<i>No Pecuniario</i>	14.700	14.700	14.700	44.100