

1. INTRODUCCIÓN

El nogal pertenece al género *Juglans*, nombre que se originó a partir de los Romanos, quienes llamaron al fruto del nogal *Jovis glans* (la bellota de Júpiter) actualmente se considera originario tanto de Asia, entre el Cáucaso y Turkestán, como de Europa. (Lemus et al, 2010).

Actualmente está distribuido en los valles templados y mesotérmicos del país en donde el género *Juglans regia* es el más aprovechado por su fruto llamado nuez, producto que los productores de las diferentes zonas de valle de Tarija lo cosechan de los árboles que llegan a medir hasta 20 metros de altura los cuales crecen y se desarrollan sin ningún tipo de manejo que permita obtener mejores rendimientos de producción de nuez (INIAF 2015).

Si bien en Tarija el cultivo de nogal cada vez va desarrollándose más en zonas en donde no se creía que podría llegar a adaptarse, es importante señalar que la misma ha llegado a dar buenos resultados de adaptabilidad, pero al llegar a este punto la información disponible para realizar un manejo adecuado en el cultivo es escaso o nulo si se considera que las condiciones de clima, suelo son diferentes; y a su vez, se evidencian problemas sanitarios graves por el manejo inadecuado de esta especie.

El cultivo del nogal requiere que se apliquen fertilizaciones adecuadas, en base a los macronutrientes y deficiencias que presenta. (Román, 2019)

El nitrógeno es el elemento que más influye en el crecimiento del nogal y es el elemento que comúnmente se presenta deficiente en estas plantaciones. El nitrógeno favorece que los árboles produzcan brotes terminales más largos, presenten un mejor desarrollo radicular, hojas más grandes y mayor contenido de clorofila y es el principal nutriente que afecta el número de nueces producidas por árbol, tamaño y porcentaje de las mismas. (Basaure, 2011)

Acuña-Maldonado *et al.* (2003) y Smith *et al.* (2004) mencionan que la eficiencia de aplicación de N en nogal depende de la forma y de la etapa fenológica en que se suministre. la falta de nitrógeno llegaría a producir un aborto floral y menos llega a

cuajar el fruto al existir una competencia entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo

Por lo cual el desafío es producir y generar conocimientos sobre este cultivo, que sean adecuados para las plantaciones en esta región, que ayuden a solucionar o disminuir los problemas de desarrollo, de producción, de suelo y por ende sanitarios, y aumentar la eficiencia para una correcta planificación en futuros establecimientos de plantaciones

En este sentido la fertilización es un componente importante en la nutrición vegetal de los nogales puesto que permite desarrollar la planta de forma mucho más rápida, cumpliendo así los requerimientos nutricionales brindando las condiciones apropiadas para su desarrollo en un suelo apto para el cultivo, según indica INIAF (2012).

Por lo tanto, la fertilización puede ser de tipo orgánica aplicando sustancias orgánicas que deriven del estiércol del algún animal de granja que brinde condiciones apropiadas para mejorar los suelos o de tipo inorgánicas que vienen básicamente de compuestos químicos que son fabricados por el hombre como la urea, fosfato diamónico u otros, los cuales mejoran los macro elementos del suelo.

Por lo que el presente trabajo tiene por objetivo evaluar el impacto del nitrógeno en relación al mejoramiento del desarrollo, crecimiento y producción de frutos de la plantación de nogal del Centro de Innovación Chaguaya dependiente del INIAF, en función a los requerimientos básicos del cultivo.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación responde a una demanda convergente de productores, técnicos e instituciones que necesitan resolver un problema elemental que se refiere a qué tipo de fertilización se debe recurrir para mejorar el crecimiento de la plantación en los primeros años, tanto al suelo como a la masa foliar considerando los productos orgánicos y químicos que oferta el mercado nacional e internacional.

De acuerdo a Ríos (2015), los pobladores rurales de los Valles de Tarija no tienen la costumbre de cultivar los árboles de nogal, situación que causa en la actualidad una disminución considerable en la producción de nueces tal como se puede apreciar en las comunidades de Paicho Centro, Sud, Hornos, Caña Cruz, Huayco Villa, Seco, Tomayapo, Sella Quebrada, Bordo Calama, Erquiz Ceibal y Trancas, estas se constituyen en zonas productoras de nuez en el departamento de Tarija donde no se realiza ningún tipo de manejo, ni se practica planes de fertilización adicional para mejorar su desarrollo, crecimiento y producción, al ser una especie de lento crecimiento, de aprovechamiento mayormente extractivo o inapropiado y la falta de un buen conocimiento en el cultivo por parte de los productores ocasiona que las plantaciones de nogal no sean sostenibles provocando bajos rendimientos, fustes pequeños; además de prolongar el tiempo de crecimiento de la especie, generando una declinación en la producción de nuez.

Por otra parte, se analiza el concepto de cultivo de árboles y se debe pensar desde una perspectiva de desarrollo sostenible que implique al productor invertir para obtener ingresos a mediano plazo en este caso en la producción de fruta basada de un óptimo desarrollo de los árboles a partir de los primeros 5 años, con la perspectiva de que los mismos lleguen a desarrollarse lo necesario para generar una buena producción de nuez.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos sistemas de fertilización orgánica y química sobre el crecimiento, desarrollo y producción de frutos en plantas de nogal a fin de contribuir el manejo de estos, en la comunidad de Chaguaya.

3.2 Objetivos específicos

- Comparar el efecto de la aplicación de la fertilización foliar con respecto a la fertilización del suelo, en plantaciones de nogal de tres años a través del crecimiento en altura, diámetro del tronco.
- Determinar el efecto de los tratamientos de fertilización en el desarrollo.
- Evaluar la fertilidad del suelo después de la aplicación de los tratamientos en la plantación del nogal mediante el análisis de contenido de macronutrientes, en un laboratorio de suelos.

4. HIPÓTESIS

La aplicación de tratamientos de fertilización foliar y adicional al suelo influyen significativamente en el crecimiento, desarrollo y producción de frutos en plantas de nogal.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Características de la especie en estudio

1.1.2 Taxonomía

Juglans regia fue descrita por Carlos Linneo.

CUADRO N°1: DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fagales
Familia	Juglandaceae
Subfamilia:	Juglandoideae
Tribu:	Juglandae
Género:	Juglans
Especie:	<i>Juglans regia</i> L. 1753
Hábitat:	América del sur América central México

Fuente: (EcuRed, 2018)

1.1.3 Descripción botánica

Botánicamente pertenece a la familia de las Juglandáceas. Dentro de esa familia se encuentran 3 géneros: *Juglans* (nogales de fruto comestible y/o aprovechamiento

forestal), *Carya* (pecanes de fruto comestible y/o madera forestal) y *Pterocarya* (árboles de aprovechamiento forestal). A su vez, dentro del género *Juglans* existen 17 especies, que mayormente pueden hibridarse entre sí, todas estas especies, vulgarmente se conocen como nogales blancos, negros y grises. (Lannamico, 2009)

Nogales comunes o blancos (sección Dioscaryon): según Lannamico, 2009, están representados por *Juglans regia* L. Son los normalmente cultivados, los más conocidos y típicamente identificados por su fruto como alimento.

Nogales negros (Sección Rhyzocaryon): Son utilizados mayormente como portainjertos (Lannamico, 2009). Incluye a : *Juglans rupestris* E., *Juglans californica* W., *Juglans major* H., *Juglans hindsii*, *Juglans australis* Griseb. *Juglans nigra*, etc.

Este último (el *J. nigra* o nogal negro) aporta una de las mejores maderas al mercado

Nogales grises: en este grupo debemos distinguir dos secciones: la sección Trachycaryon está representada por una única especie, *Juglans cinérea* L.; el resto de los nogales grises constituyen la sección Cardyocaryon formada por los nogales grises asiáticos: *Juglans cathayensis* D., *Juglans mandshurica*, *Juglans sieboldiana* M., etc.

1.1.4 Características morfológicas

Es un árbol vigoroso, que puede alcanzar alturas entre 24 a 31 m y diámetros entre 60 a 90 cm y hasta de 1,5 m de tronco sólido, alto, recto, que se abre en una copa amplia y frondosa; su hábito es majestuoso. Las hojas son compuestas, alternas, de 20 a 40 cm de largo, formado por 5 a 9 folíolos de 6 a 15 cm, caducas, de forma ovalada o elíptica, de un color verde intenso, olor balsámico y sabor amargo astringente.

Cuando joven, el tronco posee una corteza lisa de color gris plateado; la madera es compacta y con un hermoso veteado. El nogal es una especie de rápido crecimiento aceptada por los agricultores desde hace varios siglos, pues produce frutos valiosos y madera de alta calidad (Loewe M & Gonzales O, 2001)

Esta especie, comúnmente llamada “nogal inglés o común”, pertenece a la familia botánica *Juglandaceae* y al género *Juglans*. Es una de las especies más conocidas y difundidas de la familia, de interés tanto agrícola como forestal, ya que produce frutos

comestibles muy apreciados y madera de un alto valor requerida para la producción de muebles de estilo y objetos artesanales; actualmente es una de las maderas más cotizadas en el mercado europeo. En general, las *Juglan daceae* tienen gran importancia económica por la producción de maderas valiosas y de frutos apreciados en todo el mundo. (Loewe M. & González O., 2001)

Su madera, de grano fino y hermoso vetado es de excelente calidad para carpintería, ebanistería y trabajos de arte. (Lannamico, 2009). En cuanto a la altura del tronco esta se determina en la poda de formación. Los árboles que han sido cultivados como frutales tienen un tronco corto, pero debidamente formados para la producción de madera, el tronco recto y limpio puede llegar a alcanzar de 8 a 10 metros de altura y hasta 4 metros de circunferencia. (Muncharaz Pou, 2001)

El árbol de nogal no puede darse si no existen un mínimo de precipitaciones, que está en torno a los 700mm, o un riego artificial eficiente. Además, el nogal es un árbol que no tolera las heladas primaverales tardías ni tampoco las temperaturas demasiado altas sin una humedad suficiente. Este tipo de temperaturas pueden provocar daños en el fruto del nogal, la problemática de este cultivo es uno que tarda muchos años en empezar a dar fruto y de la otra que es una especie muy afectada por bacteriosis. (árboles frutales, 2018)

Es una especie típica de luz que necesita un espacio vital abierto, no es apta para crecer en masa forestal densa. Manifiesta un acusado fototropismo es decir que tiende a buscar la luz y una sombra lateral mal repartida puede perjudicar la forma del árbol. (Guía de silvicultura Producción de madera de alto valor)

Hojas: grandes, imparipinnadas, de color verde opaco, glabras, de olor agudo y desagradable, bastante ricas en taninos, como todas las demás partes de la planta. Con cinco a nueve foliolos, son ovales, en general enteras, con los nervios inferiormente salientes, de pecíolo corto, opuestas o casi opuestas, de 6 a 12 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho. (Infojardin.com, 2016),

El número de folíolos, así como su tamaño se diferencian a *J. regia* de otras especies. (Lannamico,2009)

Flores: Monoicas por aborto. Flores masculinas dispuestas en amentos largos, de 6 a 8 cm, casi siempre solitarios, de color verde pardusco e insertas en la parte superior de las ramillas nacidas el año anterior, que en la floración están desprovistas de hojas. Las flores femeninas son solitarias o agrupadas en un número de una a cinco, en espigas terminales encima de los ramillos del año corriente y son llevadas por un pedúnculo corto y grueso. El receptáculo floral lleva un pequeño perigonio con tres o cuatro dientecitos; ovario ínfero adherente, con un óvulo, terminado por dos estilos cortísimos. (Infojardin.com, 2016)

Las flores masculinas o estaminadas están dispuestas en unas inflorescencias alargadas y cilíndricas de 8 a 10 cm de longitud, conocidas como amentos, desarrollados lateralmente en brotes del año anterior. Cada amento puede contener un centenar de flores.

Las flores individuales son apétalas, tienen un cáliz formado por 5 a 6 sépalos verdes y pueden llevar hasta 40 estambres. En la madurez, las anteras liberan cientos de granos microscópicos de polen. Las flores femeninas o pistiladas generalmente se presentan por parejas, aunque pueden ser solitarias o agrupadas. No tienen pétalos y tienen un ovario unilocular y bicarpelado, con 2 estigmas bien desarrollados de forma plumosa (Lannamico, 2009)

Todas las variedades de *Juglans regia* son auto fértiles; sin embargo, no siempre coinciden la floración masculina y femenina, por lo que es necesario implantar entre un 2% y un 4% de plantas polinizadoras y planificar su ubicación de acuerdo a los vientos, con el fin de lograr la mayor cantidad de flores fecundadas (Cottonaro, 2017)

La época de brotación y la de floración tiene lugar en función de un componente genético, es decir propio de la característica de cada variedad y, por otro lado, puede cambiar de acuerdo a variables climáticas que se presenten en cada lugar y que pueden, a su vez, variar levemente en cada año. La duración de la floración es variable y

también tiene un componente genético que además está influenciado por las temperaturas externas(Lannamico,2009)

Fruto: El fruto del nogal está definido botánicamente como una drupa indehisciente, aunque existe dehiscencia parcial según se trate de algunas variedades. En él se pueden reconocer claramente 3 partes: **a.** la exterior, carnosa, que es el pericarpio, llamado vulgarmente capote o capuchón, originado a partir del involucro que rodea la flor pistilada. **b.** la interior lignificada y compuesta por 2 valvas selladas que es el endocarpio, vulgarmente denominado nuez, originado por el ovario desarrollado luego de la fecundación. **c.** dentro de la nuez se encuentra la semilla, que es la parte comestible de este frutal, que tiene su origen en el óvulo fertilizado.

El capote es de color verde, rico en agua y compuestos fenólicos, con un espesor variable entre 5 y 20 mm. Es parcialmente dehiscente ya que al madurar el fruto se abre, dejando expuesta la nuez. Esta dehiscencia está en función de la humedad externa, viéndose facilitada por lluvias o humedades altas.

La semilla está formada por 2 cotiledones denominadas vulgarmente mariposas en virtud de la forma de las mismas divididas por el tabique primario. El peso de la semilla es variable, oscilando por lo general entre 35 y 60% del peso total de la nuez. (Lannamico,2009)

Sistema radicular: sistema radicular muy desarrollado formado por una raíz principal pivotante y un sistema secundario de raíces someras y robustas. Raíces notablemente extendidas, tanto en sentido horizontal como vertical. (Infoagro.com, 2024), si bien la raíz es pivotante y puede llegar en suelos muy profundos a los 6 metros o más, en los cultivos comerciales, por efecto de rotura de la raíz principal en el vivero, el sistema radicular es más ramificado y equilibrado, explorando perfiles de 2 a 4 metros si el suelo lo permite. Con una fuerte presencia de raíces absorbentes activas entre los 20 y 120 cm de profundidad (Lannamico, 2009).

Yemas: de tamaño variable, ovales redondeadas, finamente tomentosas y cubiertas exteriormente por dos escamas que envuelven más o menos completamente a las más

tiernas. Las yemas terminales son erguidas, las laterales patentes y todas colocadas sobre una ancha cicatriz foliar elevada. (Infoagro.com, 2024)

Las ramas poseen dos tipos de **yemas**: de madera o vegetativas y, fructíferas o de fruta, estas últimas algo más globosas. Las yemas que al año siguiente producirán flores, tanto pistiladas o femeninas como estaminadas o masculinas, desarrollan un proceso de inducción floral por lo que es importante que en el frutal exista un buen estado nutricional, tenga buena recepción de luz en toda su canopia y buena disponibilidad de agua de riego. Se ubican en las axilas de las hojas y, generalmente con presencia de una yema principal, más grande, y una yema secundaria, pequeña y redonda en posición más inferior (Lannamico, 2009)

Las yemas que darán flores masculinas aparecen sustituyendo a una o a las dos yemas dobles vistas anteriormente, de forma que de ellas pueden formarse dos amentos, un brote y un amento o dos brotes.

Las yemas de florales femeninas generalmente se sitúan en posición terminal, aunque en ciertos grupos de variedades también se sitúan en posición lateral, en brotes formados en ese mismo periodo vegetativo. Estas yemas son más globosas y tienen mayor tamaño. (Muncharaz Pou, 2001)

1.2 Estado fenológico de la especie

1.2.1 Ciclo anual

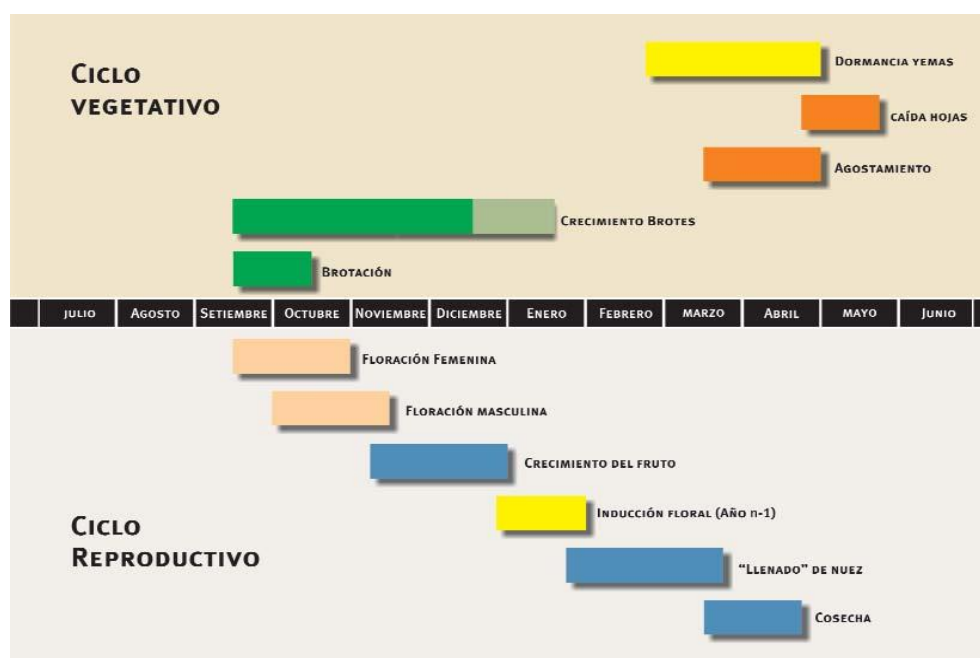
El nogal es un árbol caducifolio y como tal, año a año reitera en forma alternada períodos de crecimiento/desarrollo primavera-verano y reposo otoño-invernal. Manifestaciones externas en cada uno de los períodos de este ciclo marcan fases de importancia para conocer la adaptación de la especie y variedades a un determinado clima, así como para pautar técnicas de manejo en las plantas para un mejor aprovechamiento comercial del cultivo. (Lannamico, 2009)

En su fase de desarrollo, luego del periodo invernal, el árbol comienza a tener brotes a partir de los meses septiembre y octubre. El período del desarrollo del fruto es el momento donde se deben tomar la mayor cantidad de cuidados y precauciones de

inmediato para acompañar todas las etapas de crecimiento y maduración del mismo. Se requieren nutrientes y atenciones especiales para lograr una buena producción. Concluyendo, este período finaliza en los meses de mayo junio con la caída de hojas (Cottonaro, 2017)

El inicio del ciclo anual, luego de un reposo vegetativo invernal, se manifiesta exteriormente con el hinchamiento de yemas y la consiguiente brotación, lo cual ocurre según variedades. (Lannamico, 2009)

CUADRO N º2: CICLO ANUAL DEL NOGAL EN EL HEMISFERIO SUR



Fuente: Lannamico, 2009

1.2.2 Fenología de *Juglans regia* L.

Para describir la fenología, se consideró: Brotación (fecha de inicio y porcentaje), Evolución de la floración, Hábito de fructificación, Llenado de fruto (caracterización).

CUADRO N° 3: FENOLOGÍA DE *Juglans regia* L.

Variedad	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
<i>Juglans regia</i>							

	Hojas
	Periodo de Frutificacion
	Brotacion Flores
	Cosecha frutos

Fuente: INIAF, 2017

CUADRO N° 4: CUADRO FENOLÓGICO

Variedad	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
<i>Junglas regia</i>	crecimiento y desarrollo de hojas					
		Brotación de flores				
				Periodo de fructificación		

Fuente: Elaboración propia.

1.3 MANEJO DEL CULTIVO

1.3.1 Exigencias Ecológicas

Es una especie de plena luz, muy sensible a la competencia de las malezas durante sus primeros años, siendo exigente en espacio vital, debido a esta exigencia el nogal no tiene la reputación de ser un árbol forestal, más aún siendo a menudo cultivado por sus frutos en las zonas agrícolas. Con respecto a la exposición es un árbol que prospera bien en las laderas de mayor insolación; a este respecto sus exigencias son importantes, sobre todo para la producción de frutos, y algo menos para la producción de madera.

Se desarrolla bien tanto en planicies como en colinas, hasta los 800 - 1000 msnm si las exposiciones le son favorables. (Loewe,1991)

1.3.1.1 Temperatura

Los árboles necesitan pasar por un periodo de reposo invernal, sometándose durante una época a temperaturas frías para poder desarrollarse con normalidad.

Según (Infoagro.com, 2024), deben evitarse lugares cuyas temperaturas primaverales puedan descender a menos de 1,1°C, ya que pueden ocasionar daños por heladas en las inflorescencias masculinas, brotes nuevos y pequeños frutos.

El nogal es muy sensible a las heladas de primavera, que mermarán sustancialmente la cosecha, pero también a las heladas precoces de otoño que interfieren muy negativamente en la formación los primeros años; durante el periodo juvenil puede llegar a producirse la muerte de toda la parte aérea del plantón.

Si en verano se dan temperaturas superiores a los 38°C acompañadas de baja humedad es posible que se produzcan quemaduras por el sol en las nueces más expuestas. Si esto sucede al comienzo de la estación, las nueces resultarán vacías, pero si es más tarde las semillas pueden arrugarse, oscurecerse o adherirse al interior de la cáscara.

En climas muy templados y en situaciones bajas, afectadas por vientos secos y cálidos procedentes del sur, además de provocar la caída prematura de las hojas, difícilmente puede salvarse la cosecha por las puestas del lepidótero *Cydia pomonella*, causante del agua sanado del fruto. (Loewe,1991)

- Viento: Vientos suaves son muy favorables durante la polinización, ya que la misma es anemófila. Pero vientos fuertes pueden ocasionar caída de amentos, frutos pequeños y el arrastre del polen lejos de la plantación. Por otro lado, los vientos tienen efectos en la transpiración de las hojas y pueden provocar la desecación de las mismas

1.3.1.2 Agua

A pesar de su rusticidad, es muy sensible a la sequía, siendo impropio para ser cultivado en las tierras de secano y de naturaleza seca. Para que su cultivo sea posible necesita

de precipitaciones mínimas de 700 mm, siendo de 1.000-1.200 mm para explotaciones intensivas.

Si la pluviometría es insuficiente o está irregularmente repartida, habrá que recurrir al riego para conseguir un desarrollo normal de los árboles y una buena producción de nuez. (Loewe,1991)

Pero si existe inundaciones o hasta riegos excesivos por periodos prolongados pueden llevar al cultivo a situaciones de estrés productor de falta de aireación. Los daños comienzan con la muerte de las partes terminales de las raíces que inhiben el crecimiento de la parte aérea. Si la falta de oxígeno persiste, se produce clorosis, abscisión y secado de las hojas y por ultima la destrucción completa del sistema radicular. (Forte, 2016)

La humedad ambiental, especialmente de primavera, perjudica enormemente al nogal, por ser un factor favorable para el desarrollo de bacteriosis. Al igual que las lluvias de otoño tampoco son propicias, puesto que provocan el retraso de la recolección y pérdidas en la calidad de los frutos. (Forte, 2016)

1.3.1.3 Suelo

El nogal requiere suelos profundos y poco compactos, con buena aireación. No le gustan los suelos arcillosos mal estructurados. Crece bien en suelos arenosos si están suficientemente abastecidos de agua y de humus.

Su fuerte raíz pivotante busca, en suelos blandos y aireados, el agua a niveles más profundos que otros vegetales lo que permite aguantar mejor las sequías fuertes. Por el contrario, no aguanta suelos encharcados o con una capa freática próxima a la superficie, a menos de 80 cm de profundidad. Tampoco le van los suelos turbosos, anegados de agua que provocan la asfixia de sus raíces. (Molina F.,2005)

La humedad del suelo es una variable que puede controlarse mediante riegos y drenajes. Una óptima actividad radicular, requiere de una humedad rápidamente disponible y una temperatura adecuada que puede estar entre los 20 y 24°C. (Forte, 2016)

En cuanto a la acidez del suelo, el intervalo más adecuado es entre 6,5 y 7,5 es decir un pH neutro. Huye de la acidez fuerte, no se debe plantar en suelos con un pH menor de 5,5, salvo que se compense con una aportación de caliza. Tampoco le gustan los suelos demasiado alcalinos, con pH mayor de 8. (Molina F.,2005)

Un pH superior a puede producir clorosis por presencia de cal y escasa absorción de algunos elementos; y por debajo de 6 pueden existir problemas de absorción de fosforo y carencias de magnesio, calcio, potasio y oligoelementos. (Forte, 2016)

Las texturas más favorables para el nogal son las francas y las franco-arenosas, que permiten una aireación, un nivel nutricional adecuado y una buena actividad biológica. (Forte, 2016)

Según las características de los suelos se emplearán diferentes tipos de patrones, destacando *J. nigra* para suelos ácidos y *J. regia* para los más calizos. (Infoagro.com, 2024)

El crecimiento radicular es mayor en suelos bien nutridos y ricos en materia orgánica. Ello tiene una repercusión evidente en el desarrollo del árbol y de sus cosechas. Por lo que los niveles de materia orgánica deben ser lo más elevados posible. (Forte, 2016)

El nogal es altamente sensible a la salinidad, tanto del suelo como del agua de riego. Además de la influencia sobre la presión osmótica del suelo y la facilidad de absorción del agua contenida en él, al nogal le genera toxicidad la acumulación de ciertos iones, particularmente sodio, cloro y boro, los cuales producen necrosis del borde de los foliolos y hasta la necrosis total de los mismos. (Forte, 2016)

En coincidencia con Lannamico (2009), no menos importante es evaluar y estimar los requerimientos del cultivo, analizando la demanda de nutrientes, horas de luz, hora frio y temperaturas que se necesita para generar un fruto de calidad.

1.4 USOS

1.4.1 Uso Alimenticio

Es cultivado extensivamente para la comercialización de sus frutos, las nueces, las cuales se consumen de diversas formas, desde frescas, cocinadas o en repostería, bien sola o combinada con otro alimento. Se utiliza como ingrediente en muchos platos, salsas y helados. En el mercado se pueden encontrar nueces enteras, troceadas o molidas a modo de harina más o menos fina. Además, se utilizan para extraer aceite. Es un fruto seco de alto valor nutritivo: rico en proteínas, vitaminas del grupo B, vitamina C, oligoelementos, aceites vegetales, lecitina y ácidos grasos omega 3. (EcuRed, 2018)

1.4.2 Uso Medicinal

Debido a sus propiedades curativas. Se la puede usar para tratar la diarrea, el aceite del Nogal también puede utilizarse para expulsar parásitos intestinales como las Tenias y Solitarias. Para las enfermedades de la piel podemos usar la infusión de las hojas del Nogal. También funciona para el tratamiento contra la sarna y previene la caída del pelo, suprimir los microorganismos del flujo vaginal, ayuda a combatir enfermedades respiratorias como la faringitis y las anginas y enjuagar las piezas bucales con la misma ayuda en la prevención del sarro en los dientes. (Nuezpedia.com, 2017)

1.4.3 Uso Maderable

La madera de nogal es una de las más conocidas, principalmente por su uso en interiores, como la fabricación de muebles o pisos y conocida por su característico color grisáceo, muy cotizado por la tendencia de los últimos años. (maderea, 2017)

Además de su estética con un color entre gris y marrón claro, es una madera muy fácil de trabajar ya que ofrece muy buen acabado ya que se puede mecanizar, encolar, aplicar acabados, clavar y atornillar sin problemas. La madera de nogal es semi-pesada, poco nerviosa y semidura., se usa principalmente en carpintería de interior como chapa. Otro de los beneficios que aporta es que posee una alta estabilidad dimensional, con los cambios de temperatura y humedad es más estable que muchas otras especies. Sumado a su durabilidad y resistencia al paso del tiempo. (maderea, 2017)

Además, este árbol puede ser empleado para la producción de leña pues la misma es de muy buena calidad. (Nuezpedia.com, 2017)

1.5 Importancia económica y distribución geográfica.

Es un árbol de gran importancia económica, tanto por la producción de los frutos como por el leño, siendo una de las especies frutales más rentable actualmente. La mayoría de los países productores de nueces han aumentado su escala operativa para reducir el coste en la adquisición de los insumos, así como para el procesamiento de la nuez, donde se ha logrado avanzar tanto en la presentación del producto como en la diversificación de usos para lograr un producto diferenciado. En general, la mejora de la competitividad en el cultivo del nogal, ha reflejado el aumento de la superficie cultivada. (Infoagro.com, 2024)

1.5.1 Estadística del Cultivo a Nivel Mundial

CUADRO N° 5: PRODUCCIÓN A NIVEL MUNDIAL

Escala en producción	Nombre Del País	Producción promedio de nueces Año (Tonelada/Año)
1	China	330.000
2	Estados Unidos	254.000
3	República Islámica de Irán	138.000
4	Turquía	136.000
5	Ucrania	52.000
6	India	31.000
7	Rumania	30.000
8	Francia	28.000

9	Yugoslavia, Rep. Fed.	23.776
10	Grecia	20.000
11	México	18.500
12	Georgia	18.000
13	Pakistán	18.000
14	Austria	17.082
15	Alemania	14.500
16	Chile	12.500
17	Belarús	12.000
18	Federación de Rusia	12.000
19	España	10.000
20	Argentina	8.900
21	República de Azerbaiyán	8.600
22	República de Moldova	6.530
23	Hungría	6.500
24	Bulgaria	6.000
25	República Checa	6.000
26	Eslovaquia	5.000

27	Croacia	4.770
28	Suiza	4.000
29	Portugal	3.500
30	Brasil	2.650

En el cuadro N° 5 se puede observar que existe un gran número de países que se dedican a la producción de Nuez, a comparación del año 2005, que solo eran 26 países, se aumentaron en estos últimos años 4 países más como ser México, Argentina, Chile y Portugal; pero esos países también explotan los subproductos y derivados de ese cultivo, como ser las testa, madera, cáscara en verde del fruto y hojas. (FAO, 2012)

1.5.2 Estadística del Cultivo a nivel Departamental

CUADRO N° 6: PRODUCCIÓN A NIVEL DEPARTAMENTAL

Escala en producción	Nombre de Provincia Producción	la Producción de promedio de superficie sembrada (Ha)	Estimado de producción de nueces (Tonelada/Año)
1	Méndez	20	24
2	Avilés	15	18
3	Cercado	13	15.2
4	O'Connor	5	6
5	Arce	5	6
6	Gran Chaco	0	0

En el cuadro se observa que existe una pequeña cantidad de producción en el Departamento de Tarija. Hasta el 2015 la provincia con mayor producción de nueces es Méndez, con un promedio de superficie de 20 hectáreas sembradas a lo largo de la provincia y una producción de nueces de 24 toneladas por hectárea; luego esta a la provincia Avilés con un promedio de superficie de 15 hectáreas sembradas a lo largo de la provincia y una producción de nueces de 18 toneladas por hectárea y en tercer lugar está la provincia de Cercado con 13 hectáreas sembradas y un promedio de producción de nuez de 15 toneladas por hectárea (INE.com, 2014)

1.6 Importancia del nogal en Bolivia

En el sector forestal, incluida la industria, se emplea a algo más de 85 mil personas. De acuerdo a datos del Instituto de Recursos Mundiales, los bosques bolivianos ocupan el octavo lugar en el mundo por su extensión y poseen más de 1.730 especies arbóreas, las más variadas del mundo. Se debe resaltar que los bosques abarcan un área de 53 millones de hectáreas, aproximadamente 48% de la superficie territorial. Cerca del 70% de la producción de madera es caoba y un 8%, roble. En el país se explotan, además, alrededor de 175 variedades de maderas finas y exóticas entre las que se destacan el bibosí, el nogal, el quebracho y el tajibo.

Al nogal se le dio una importancia forestal productiva; sin embargo, en estas últimas épocas se le quiere dar importancia agroindustrial.

El nogal produce una sustancia tóxica para otras plantas, llamada **juglona** que interfiere su desarrollo normal, causando el amarilleamiento y marchitamiento del follaje. Esto ha creado la creencia de que nada puede crecer bajo él. Sin embargo, hay muchas variedades de plantas que sí prosperan. Además, que el extracto concentrado de su cáscara se usa como desparasitante en medicina biológica. (Camara.com.bo, 2013)

1.7 PLAGAS Y ENFERMEDADES

1.7.1 Plagas

1.7.1.1 Carpocapsa o gusano de la nuez (*Cydia pomonella*)

La larva, una vez ha transcurrido el invierno debajo de las arrugas del tronco o bajo otra protección; forma la crisálida en primavera para pasar a mariposa en mayo-junio. Durante la noche, las hembras ponen de 50-80 huevos sobre los pequeños frutos o sobre el peciolo, en un intervalo de tiempo de 2-3 semanas; a los 18 días de la puesta se avivan. Las larvas penetran en el fruto atravesando su parte basal o a través de la línea de sutura, cuando la cubierta verde aún es tierna. En 3-4 semanas la larva alcanza su madurez y deja al fruto para instalarse en el tronco. Una segunda generación aparece entre julio y agosto.

Los frutos surcados por las galerías de las larvas pueden ser del 40-50%, por tanto, la cosecha se ve muy afectada.

Control

- ❖ Para establecer el momento oportuno de los tratamientos se colocan trampas con feromonas.
- ❖ Para que el control químico tenga éxito, debe realizarse en el momento en que la larva sale del huevo para penetrar en el fruto: se realiza a base de las siguientes materias activas; en tratamientos a mediados de junio y hasta que la cáscara de la nuez esté lignificada. La plaga se puede tratar con *Bacilus Thuringiensis* Kurstaki, Deltamerin y Fosmet. (Infoagro.com, 2024)

1.7.1.2 *Zeuzera* (*Zeuzera pyrina*)

Las orugas de este lepidóptero nocturno realizan galerías en la madera de los árboles jóvenes. Los primeros ataques se centran en las hojas y en la madera de las ramas jóvenes. Pueden provocar la muerte del árbol y la rotura de las ramas afectadas.

Control

- ❖ Un adecuado seguimiento de los vuelos, acompañado de la lucha química, proporciona un buen control.

Nota.- Si la oruga ya ha realizado la galería se puede emplear un alambre o taponar la entrada con algodón empapado en Sulfuro de Carbono. (Infoagro.com, 2024)

1.7.1.3 Pulgones (*Callaphis juglandis*, *Chromaphis juglandicola*)

Callaphis juglandis pica el haz de la hoja y *Chromaphis juglandicola* se encuentra en el envés de la misma. No ocasionan daños importantes.

Control

Mediante insecticidas sistémicos: Dimetoato 10% + Metil Azinfos 20%, presentado como polvo mojable a una dosis de 0.20% o de contacto (Dioxacarb, Pirimicarb). (Infoagro.com, 2024)

1.7.2 Enfermedades

1.7.2.1 Tinta del nogal o mal negro (*Phytophthora cinnamomi*)

Provocada por el hongo *Phytophthora cinnamoni* se presenta en suelos ácidos. El hongo se instala en las raíces sanas provocando lesiones e incluso su destrucción. Estas lesiones pueden alcanzar la zona del cuello y extenderse alrededor del tronco, ocasionando la muerte del árbol.

Las partes atacadas se pudren apareciendo una tinta en la base del tronco. La debilidad en el vigor de los árboles, el secado de la punta de las ramas y la caída prematura de hojas, son síntomas indicadores de que el árbol está atacado por este hongo. Los frutos pueden deteriorarse y, a menudo, quedan pequeños y deformados. La temperatura ideal para el desarrollo del hongo es de 25-26°C.

Control

- ❖ Si se evidencia una amarillez en las hojas es preciso socavar las raíces inmediatamente: si éstas presentan manchas negras, se separan todos los tejidos enfermos desinfectando después la herida. Los árboles gravemente atacados, deberán arrancarse y en su lugar no es conveniente volver a plantar otro nogal. (Infoagro.com, 2024)

1.7.2.2 Podredumbre (*Armillaria mellea*)

El micelio de este hongo penetra bajo la corteza de la raíz del nogal produciendo un líquido amarillento. Ocasiona la muerte de los tejidos de las raíces, apareciendo bajo

su corteza un micelio blanco. Los síntomas de esta enfermedad son un amarilleamiento de las hojas, baja producción de fruto y de pequeño calibre y secado de las ramas.

Control

- ❖ El tratamiento de las enfermedades del sistema radicular en el nogal es difícil; pudiéndose emplear productos como Captan y Maneb.
- ❖ También se pueden emplear patrones resistentes a estas enfermedades como *J. regia* o *J. nigra*, pero no otorgan una protección completa.
- ❖ Es eficaz la lucha biológica empleando *Trichoderma viride* debido a sus propiedades antagonistas respecto a *A. mellea*, ya que reducen el inicio y crecimiento de los rizomorfos subterráneos pero éste método de lucha ésta ligado al pH del suelo y a la persistencia de sustratos orgánicos que permitan un desarrollo de otros organismos competidores ya instalados.
- ❖ Otro método de control es descubrir las raíces afectadas, rascar las partes enfermas y enterrarlas, aplicando a su vez un fungicida o antichancro. (Infoagro.com, 2024)

1.7.2.3 Bacteriosis o mal seco del nogal (*Xanthomonas juglandis*)

El nogal es una especie sensible a la bacteriosis y se manifiesta en condiciones de precipitaciones abundantes y temperaturas de suaves a elevadas (por encima de los 15°C). Afecta a hojas, yemas y frutos, pudiendo reducir la cosecha a la mitad. Los momentos más propicios para su ataque son los comprendidos entre la floración y la fecundación, además del período de máxima actividad vegetativa (mayo-junio).

Los frutos afectados presentan unas manchas oscuras que pueden alcanzar algunos centímetros cuadrados de superficie y que tienen un centro agrietado. Sobre las hojas aparecen unas manchas negras que se sitúan en los brotes, dándole a la hoja forma de cuchara. Los brotes atacados presentan unos chancros agrietados, en donde invernan las bacterias, pudiendo rodear y secar la rama. Estos chancros serán fuente de inóculo de futuras infecciones.

La enfermedad se propaga a través de la lluvia, mediante insectos vectores de la enfermedad y del polen infectado. La incubación de la enfermedad dura de 12 a 20 días según las condiciones ambientales.

Control

- ❖ Eliminar las yemas infectadas por medio de podas.
- ❖ Al inicio de la primavera se realizará un tratamiento a base de materias activas ricas en cobre y se repetirá después de la floración; pues el cobre resulta tóxico para las flores. (Infoagro.com, 2024)

1.7.2.4 Antracnosis del nogal (*Gnomonia leptostyla*)

La produce el hongo *Gnomonia leptostyla* y su desarrollo es favorecido por un tiempo húmedo y fresco. En las hojas produce manchas circulares de color oscuro, rodeadas de un halo amarillo. Las manchas van creciendo hasta invadir todo el limbo, provocando el secado y la caída de la hoja. En la corteza del árbol produce unas manchas de color intenso que solo afectan a la superficie.

El patógeno se conserva, durante el invierno, sobre las hojas caídas al suelo y se difunde, en primavera y verano, por medio de esporas conídicas

Control

- ❖ Eliminar las partes atacadas por medio de podas.
- ❖ Destruir las hojas y los frutos caídos al suelo.
- ❖ El control químico de esta enfermedad se realizará aplicando tratamientos en el momento de la apertura de las yemas e inmediatamente después de la cosecha y la poda. Puede tratarse con Mancozeb, Miclobutanil y Ziram.

1.8 Valor nutricional

La nuez en Bolivia se constituye en un producto con valores nutricionales importantes en la dieta alimenticia del ser humano, en especial en mujeres que se encuentran en periodos de gestación, niños en etapa de crecimiento y éstas también previenen de muchas enfermedades. (INIAF, 2017)

A menudo los alimentos más sencillos son los mejores para la salud, y este es sin duda el caso de los frutos secos, en los cuales la madre naturaleza ha creado un paquete casi perfecto de proteínas, grasas saludables, fibra, esteroides naturales, antioxidantes, y muchas vitaminas y minerales. (INIAF, 2017)

CUADRO N°7: VALOR NUTRICIONAL DE LA NUEZ

Contenido calórico (kcal)			674.0
Proteínas (g)			14.5
Carbohidratos (g)			11.1
Fibra (g)			5.9
Contenido graso total (g)			63.8
Ácidos grasos	saturados (g)		9.5
	insaturados	monoinsaturados (g)	20.0
		poliinsaturados (g)	70.5
Colesterol (mg)			0
Vitamina E (mg)*			2.92
Fitoesteroles (mg)*			72.0

Fuente: INIAF, 2017

1.9 Rol de nutrientes

Los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, son Dieciséis elementos esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo. (Fao,2002)

1.9.1 Las funciones de los nutrientes

Aparte del carbono (C), que será discutido bajo el título «Fotosíntesis», la planta coge todos los nutrientes de la solución del suelo. Estos se dividen en dos categorías (clasificación cuantitativa):

a. macronutrientes, divididos en nutrientes primarios y secundarios; y **b.** micronutrientes o microelementos.

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. En contraste a los macronutrientes, los micronutrientes o microelementos son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo. Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los **nutrientes primarios** son nitrógeno, fósforo y potasio.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y

salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades. (Martinez, Roman, & Pantoja, 2013)

Los **nutrientes secundarios** son magnesio, azufre y calcio Las plantas también los absorben en cantidades considerables.

Azufre (S), forma parte de los aminoácidos, otras moléculas y una serie de fermentos. Si existe deficiencias de este elemento, se pierde la capacidad de responder a la fertilización con nitrógeno.

Calcio (Ca) es un componente de la pared celular (pectinato de calcio), haciéndolo un macronutriente necesario en el metabolismo de la planta.

Magnesio (Mg) es un elemento fundamental de la molécula de la clorofila, además funciona como ion regulador de varios procesos fisiológicos y es ocupado como cofactor de enzimas en los procesos de fosforilación.

Hierro (Fe), es componente de varios fermentos, además juega un papel importante en el metabolismo fisiológico al tener la propiedad de cambiar de valencia. También se cree que una baja concentración o falta de este elemento puede limitar el crecimiento de la planta.

Manganeso (Mn) dentro de las plantas, se encuentra en general unido fuertemente entre las proteínas, que le proporcionan un estado de estabilidad estructural a las moléculas.

Zinc (Zn), participa en la formación de auxinas y activa los fermentos en las plantas. Las plantas con deficiencia de zinc, presentan reacciones fisiológicas reducidas y deformidades en el crecimiento de los ápices.

Cobre (Cu), es un elemento poco móvil dentro de la planta, cuya principal función es llevar a cabo la reducción del oxígeno.

Boro (B), este elemento es ocupado por la planta para la construcción de tejidos meristematicos y para el desarrollo de flores y frutos. En grandes concentraciones este elemento puede producir toxicidad.

Molibdeno (Mo), cumple un papel fundamental en la fijación biológica y posterior reducción del nitrógeno del aire, por lo que se lo requiere en concentraciones relativamente altas.

Cloro (Cl) interviene en la producción de oxígeno durante la fotosíntesis y regula la turgencia de la célula. En altas concentraciones llega a producir toxicidad o impide el crecimiento de las plantas. (Zottl & Tschinkel, 1971)

1.10 Fertilización

La intensificación de la silvicultura se ve reflejada en la aplicación de fertilizantes para poder disminuir los problemas de crecimiento por causa de las deficiencias nutricionales, la fertilización tiene por objeto aportar al suelo los nutrientes requeridos por la planta en la cantidad precisa y lograr un crecimiento adecuado en el menor tiempo posible además de que va a mejorar su resistencia a sequías, plagas y enfermedades. (Lewin, 2003)

Desde el punto de vista económico de la producción agrícola, pecuaria o forestal, sin una adecuada disponibilidad de nutrientes, las plantas y animales no producen de acuerdo a su potencial genético. El logro de una producción rentable pasa por un manejo adecuado de la fertilidad del suelo, asegurando una adecuada disponibilidad de nutrientes para las plantas. (Pitty, 2009)

Por lo que según Lannamico, 2009 es necesario realizar un abonado de fondo antes de la plantación en función del análisis de suelo realizado previamente para determinar la composición y carencia de nutrientes del mismo, ya que el nogal es muy exigente en nitrógeno y más moderado en cuanto a fósforo y potasio.

En suelos muy ácidos se ha de añadir cal en dosis moderadas con el fin de evitar el bloqueo de otros elementos, en función del pH y textura del suelo. Además del abonado de fondo, es preciso fertilizar con regularidad para obtener una buena producción de nueces

1.10.1 Tipos de fertilizantes

1.10.1.1 Fertilizantes orgánico, natural, verde o abono

Pueden ser de origen mineral, vegetal, animal o mixto. Se forman a partir de procesos naturales en los que la mano del hombre no interviene o interviene muy poco. Un ejemplo de esto son los abonos a partir de estiércol de varios animales, yeso agrícola, residuos de cosecha, la lombricomposta o la composta. La mayoría son de acción lenta, pues proporcionan nitrógeno orgánico que debe ser transformado en inorgánico por las bacterias del suelo antes de ser absorbido por las raíces, la rapidez de acción dependerá del terreno y condiciones adecuadas de temperatura y humedad. (hydroenv.com)

1.10.1.2 Fertilizantes Inorgánicos

Se pueden utilizar como compuestos que aportan nutrientes y complementan el material orgánico. (Tipos de fertilizante y su aplicación., 2017)

Al saber que el nogal es muy exigente en nitrógeno y más moderado en cuanto a fósforo y potasio, es importante conocer en donde se encuentra estos macro-elementos en cuanto al nitrógeno la mayor proporción en la planta se encuentra en la madera aérea con el 37,9%, el 20,3 % destinado al crecimiento vegetativo y por último el 11,2% se van hacia las raíces. El nitrógeno ingresa a la planta por flujo masivo, es decir que mientras más transpire la planta requerirá más agua y se podrá incorporar más nitrógeno por diferentes métodos. En cuanto al Fosforo gran parte de este se encuentra en la madera con un 41,1%, en la fruta se encuentra el 24,5%, un 21,9% en el crecimiento vegetativo y un 12,4% en el sistema radicular, se requiere que haya mayor cantidad de fosforo fuera de la raíz para que se absorba ya que generalmente la deficiencia del fosforo no es muy alta todo el tiempo, y este se aplica concentrado para poder generar agrupación y tener más fosforo en el medio de las raíces. Por último, el Potasio en cuanto a la producción es el elemento más importante ya que la mayor parte de se encuentra en el fruto con un 53,7% y lo ideal es que en las hojas sea mayor al 2% (luna Lorente, 1979)

1.10.1.3 Fertilizantes Orgánicos

Son de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes y se conocen sus beneficios desde la antigüedad. Entre los

abonos orgánicos se incluyen: El estiércol fue y es actualmente el más utilizado. Tiene origen en animales de crianza o corral como vacas, borregos, aves, etc. (Tipos de fertilizante y su aplicación., 2017)

Es necesario conocer que si los guanos de origen animal no están maduros son muy salinos ya que los mismos contienen concentraciones de amonio y desprende amoniaco, el cual puede causar daño a los árboles. (luna Lorente, 1979)

1.11 Aplicación de los fertilizantes

Existen diferentes formas de aplicar un fertilizante, por ejemplo: Al suelo (radicular); al follaje (foliar).

1.11.1 Aplicación al suelo o radicular

Consiste en aplicar el fertilizante de manera directa o diluida en agua, en la base de la planta o en el sustrato, para que los nutrientes se encuentren presentes lo más cercano a sus raíces y éste pueda ser aprovechado por la planta. Esta fertilización permite que las plantas capten los nutrientes en forma adecuada con un suelo firme y un drenaje adecuado, para que se aproveche durante un período de tiempo más prolongado, pero si un suelo es muy suelto, el agua de riego escurrirá rápidamente y no podrá ser aprovechada por las raíces.

1.11.2 Aplicación foliar

Es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrientes. Consiste en aplicar el fertilizante en forma de lluvia a las hojas de la planta. La gran ventaja de esta fertilización está en el tiempo que se demoran los nutrientes en estar disponibles para la planta, ya que al entrar el producto en contacto con las hojas se absorbe de forma inmediata y los resultados pueden observarse en menos tiempo.

Los factores que influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos:

- a) Factores que corresponden a la planta. - Se analiza la función de la cutícula, las estomas y ectodesmos en la absorción de los nutrientes.
- b) Factores ambientales. - La temperatura, luz, humedad relativa y hora de aplicación.
- c) Formulación del fertilizante foliar. - Se analiza el pH de la solución, surfactantes y adherentes, presencia de sustancias activadoras, concentración de nutrientes en la solución, etc. (Tipos de fertilizante y su aplicación., 2017)

1.12 Poda

El objetivo de la poda del nogal es controlar el tamaño de los árboles, mantener el vigor y la producción en ramos fructíferos, sustituir las ramas viejas menos productivas por otras de renuevo y eliminar las ramas agotadas, secas o mal situadas con el fin de que la luz llegue a todas las partes del árbol. La mejor época de poda es el periodo que transcurre desde la recolección de la nuez hasta la caída de las hojas. En general el propósito de la poda es lograr producciones de mayor volumen total y el mantenimiento de éstas en el tiempo.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

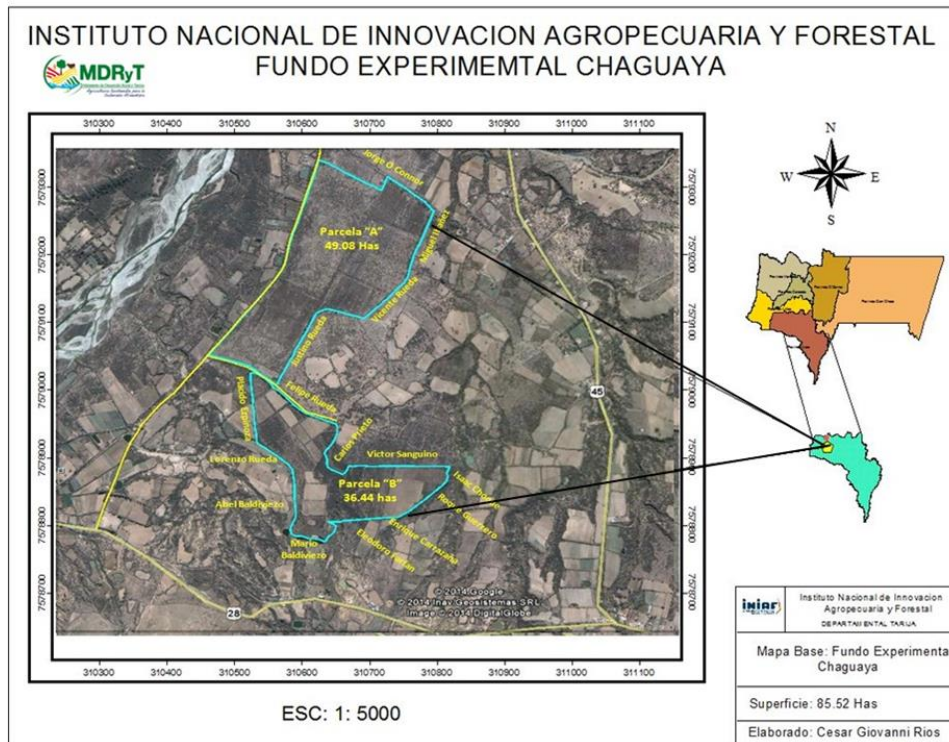
2.1. MATERIALES

2.1.1 LOCALIZACIÓN

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – Tarija cuenta con un fundo experimental para actividades de investigación y asistencia técnica, ubicado en el departamento de Tarija - Provincia Arce municipio de Padcaya en el intermedio de las comunidades; La Abra de San Miguel y Chaguaya a una latitud de $21^{\circ} 53' 50.38''$ S y una Longitud de $64^{\circ} 49' 31.91''$ respectivamente.

El Municipio de Padcaya, por constituir el 81% del territorio provincial, tiene como límites norte, este y oeste, los mismos de las provincias, es decir, las provincias Avilés, Cercado, O'Connor y Gran Chaco, con una superficie de 4.225,17 Km².(PDM,2012)

FIGURA N° 1 : UBICACIÓN GEOGRÁFICA



Fuente: INIAF, 2017

2.1.2 Características biofísicas

2.1.2.1 Clima

En general en la provincia Arce se presentan varios tipos climáticos, determinados por la orografía, altitud sobre el nivel del mar principalmente. En general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración. Por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia de precipitaciones, asociadas a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados "surazos", que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad y de larga duración.

Temperatura Máxima y Mínima. - La temperatura media anual en Padcaya es de 16.7 °C, con una máxima y mínima promedio de 24.6 °C y 8.8 °C respectivamente. Los días con helada se registran en los meses de mayo a septiembre. La humedad relativa promedio es de 67%. La dirección del viento predominante es el Sur - Este con una velocidad promedio de 2.6. Km./hora. (PDM, Padcaya 2012)

Precipitaciones Pluviales, Periodos. - Las precipitaciones pluviales totales anuales en el Municipio, oscilan de 1,0 mm en el mes de Julio a una máxima de 145,4 mm en el mes de enero; identificándose dos periodos: un periodo seco que abarca los meses de mayo a septiembre y un periodo húmedo en los meses de octubre a abril.

Riesgos Climáticos.- Las temperaturas bajas que se presentan en la estación invernal, representan un serio riesgo para los cultivos a riego que se desarrollan en invierno y que son susceptibles a este fenómeno, sin embargo en esta región, lo que perjudica más al sector del agro en época de invierno son las terribles heladas que se presentan, Otro aspecto climático que afecta a la región es la sequía, es decir, la falta de precipitación oportuna que muchas veces ocasiona la pérdida total de los cultivos temporales.

CUADRO N° 8: RESUMEN CLIMATOLÓGICO

RESUMEN CLIMATOLOGICO														
Periodo Considerado: 1997 - 2024														
Estación: CAÑAS													Latitud S.:	21° 54' 08"
Provincia: ARCE													Longitud W.:	64° 51' 03"
Departamento: TARIJA													Altura:	2.078 m.s.n.m.
Indice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	25,5	24,7	24,7	24,3	23,8	24,7	24,4	25,6	26,3	26,4	26,0	25,9	25,2
Temp. Min. Media	°C	14,0	13,9	13,1	10,8	5,9	3,2	3,1	4,8	7,6	11,1	12,6	13,8	9,5
Temp. Media	°C	19,7	19,3	18,9	17,5	14,9	13,9	13,7	15,2	16,9	18,8	19,3	19,9	17,3
Temp.Max.Extr.	°C	34,5	35,5	35,0	36,5	37,5	37,5	39,0	39,5	40,0	40,0	36,0	35,5	40,0
Temp.Min.Extr.	°C	6,5	5,5	3,5	-1,5	-5,0	-9,5	-10,0	-6,0	-4,0	-0,5	0,0	3,5	-10,0
Días con Helada		0	0	0	0	2	6	8	4	1	0	0	0	21
Nubosidad Media	Octas	6	6	6	5	4	3	2	2	3	5	5	6	4
Precipitación	mm	170,5	149,9	130,6	33,1	3,2	0,5	0,9	3,7	11,9	55,3	86,3	122,7	768,6
Pp. Max. Diaria	mm	122,0	68,0	91,5	51,0	27,0	3,4	11,2	23,2	64,4	52,3	71,6	73,6	122,0
Días con Lluvia		16	14	13	6	2	1	0	1	2	7	10	13	85
Días con Granizo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Velocidad del viento	km/hr	4,3	3,9	4,0	4,0	4,4	4,5	4,8	4,8	4,7	5,0	4,5	4,4	4,4
Dirección del viento		E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

Fuente: SENAMI, 2023

2.1.3 Suelos

Los suelos que caracterizan al paisaje del territorio Municipal de la Primera Sección de la Provincia Arce, se han clasificado según la leyenda mundial de suelos de la FAO (1990), y representados en unidades cartográficas que corresponden a asociaciones de los principales suelos, íntimamente relacionadas al paisaje fisiográfico y clima. (PDM, Padcaya 2012)

2.1.3.1 Principales Características

Las características físicas de los suelos varían de acuerdo a la posición fisiográfica en que se encuentren, pero de manera general, se puede decir que los suelos ubicados en los complejos montañosos son poco profundos, generalmente tienen un contacto lítico próximo y se evidencia presencia de afloramientos rocosos, siendo su textura de pesada a mediana. (PDM, Padcaya 2012)

Los suelos ubicados en la zona de pie de monte y terrazas aluviales son de moderadamente profundos a profundos, la textura es de media a liviana en los horizontes superiores y más pesada en los horizontes profundos, particularmente en las terrazas subcrecientes. (PDM, Padcaya 2012)

Asociación Lixisol-Cambisol

Podemos mencionar a las siguientes comunidades como referencia: Abra de San Miguel, Cebolla Waykho, Chaguaya, Orozas Centro, Rincón Grande y Rosillas; donde los suelos dominantes son profundos a muy profundos, de texturas francas en la superficie y franco arcillosas a arcillosa en el subsuelo, con pH ligeramente alcalino a alcalino, y fertilidad natural baja a moderada. (PDM, Padcaya 2012)

Según iniaf (2016), La superficie en la que se encuentra la plantación es de 1 hectárea la cual cuenta con 173 plantas vivas de las 204 implantadas con una edad de 3 años llegando a ser un 16 % la mortandad desde el establecimiento de la plantación. El suelo es franco arenoso, con un pH de 6.04 es decir ácido según el rango de CETABOL y el contenido de materia orgánica es de 14.59 g/kg.; se recomienda la incorporación de materia orgánica y fertilización potásica.

2.1.4 Fisiografía

La unidad fisiográfica que corresponde al fundo experimental de Chaguaya presenta las siguientes características:

Llanura Fluvio – lacustre, disección moderada. Se ubica en las comunidades de Chaguaya, Abra de San Miguel, con una altitud que varía entre 2.000 a 2.300 msnm aproximadamente, se caracteriza por presentar una disección moderada a muy fuerte; determinada por una litología que corresponde a sedimentos de origen lacustre, inestables a procesos de degradación, observándose fuertes procesos de erosión hídrica especialmente en forma de cárcavas activas.). (PDM; Padcaya 2012)

Erosión. - Los principales cambios y transformaciones en el medio ambiente están ligados a las actividades del hombre, entre ellas la agricultura que en los últimos tiempos ha ampliado su frontera y la ganadería que no ha alcanzado niveles

tecnológicos que permitan un uso óptimo de los campos de pastoreo, la erosión es uno de los problemas más preocupantes, este fenómeno afecta a la mayor parte de la superficie total de esta región, ya sea en intensidad muy alta, alta, moderada o baja afectando al desarrollo de la región. (PDM, Padcaya 2012)

2.1.5 Vegetación natural

Presenta un paisaje Matorral xeromórfico, deciduo por sequía, montano. La unidad se localiza en la mayor parte de la Cordillera Oriental, con una superficie de 354,1 km² (8,0 % del total de la superficie del Municipio de Padcaya), cubriendo un paisaje de ladera de serranía alta, muy disectada y parte de piedemonte, desde los 2000 a 2500 msnm, con clima templado semiárido, con una precipitación anual de 600 a 1300 mm/año.

Esta formación se caracteriza por presentar especies con apéndices espinosos como *Acacia caven* (Churqui negro), *Duranta serratifolia* (Espinillo), y el herbáceo caracterizado por *Stipa* sp (Paja), *Aristida* sp (Pasto cakco), entre otras. (PDM; Padcaya 2012).

2.1.6 Uso actual de la tierra rural

Agropecuaria intensiva con cultivos anuales y vacunos. Esta actividad, espacialmente, forma parte de las comunidades Abra de San Miguel y Chaguaya; especialmente en terrazas aluviales y piedemontes donde se cultiva papa, maíz, algunas hortalizas y frutales a riego; está combinada con la ganadería intensiva de leche, el forraje proviene de pastos introducidos o sembrados como alfa alfa, trébol rojo, gramíneas anuales como avena forrajera, maíz forrajero, chala de maíz y finalmente el forraje proveniente de los pastizales de sustitución. Los productos de esta actividad son la leche y derivados de la misma cuyo principal mercado es la Planta Industrializadora de Leche (PIL) en la ciudad de Tarija. (PDM; Padcaya, 2012)

2.1.7 MATERIALES

2.1.7.1 Material vegetal

El trabajo de investigación se llevó cabo en predios del fundo de Chaguaya perteneciente al Instituto de Innovación Agropecuaria Forestal (INIAF) dentro de una superficie de 1 hectárea localizada en la comunidad de Chaguaya, geográficamente ubicada en las coordenadas X: 311779 – Y: 7579070.

2.1.7.2 Material químico

Se utilizarán los siguientes fertilizantes:

- ❖ Abono foliar (Basfoliar 55%N – 20%P – 15%K)
- ❖ Abono químico (Urea 46%N - 0%P - 0%K)

2.1.7.3 Material orgánico

- ❖ Abono orgánico (Estiércol de cabra 7%N – 2%P – 10%K)

2.1.7.4 Material de campo

- ❖ Pala.
- ❖ Pico.
- ❖ Azada.
- ❖ Flexómetro.
- ❖ Mochila fumigadora.
- ❖ Barbijo.
- ❖ Equipo de fumigación.
- ❖ GPS.
- ❖ Material de registro.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Planillas.

2.2 METODOLOGÍA

Dentro de las actividades que se cumplieron en la presente investigación, se registró las siguientes variables:

Variables a medir

- ❖ Crecimiento en altura.
- ❖ Producción en número de nueces.
- ❖ Sanidad (Plagas y Enfermedades).

2.2.1 Diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se realizó el diseño experimental bloques al azar, con cuatro tratamientos, tres repeticiones y un testigo por cada bloque siendo un total de quince unidades experimentales.

Este análisis permito conocer la influencia de cada factor de forma independiente y la posible interacción que se puede presentar entre los factores.

2.2.1.1 Características del diseño

- ❖ Número de tratamientos..... 5
- ❖ Número de bloques 3
- ❖ Número de unidades experimentales 15

Distribución de los tratamientos

Las plantas que forman parte de la presente investigación se encuentran ya distribuidas a campo abierto por lo que se tuvo que adaptar el diseño a la ubicación de los nogales dentro del fundo en la comunidad de Chaguaya perteneciente al INIAF

2.2.1.2 Descripción de los tratamientos y de Fertilización

- ❖ T_0 = Testigo
- ❖ T_1 = Abono Foliar 80 gr /20 L de H₂O
- ❖ T_2 = Abono foliar 100 gr / 20 L de H₂O

- ❖ T₃ = Abono químico. Urea 300 grs. por cada planta
- ❖ T₄ = Abono orgánico. Estiércol de cabra 3kg por planta

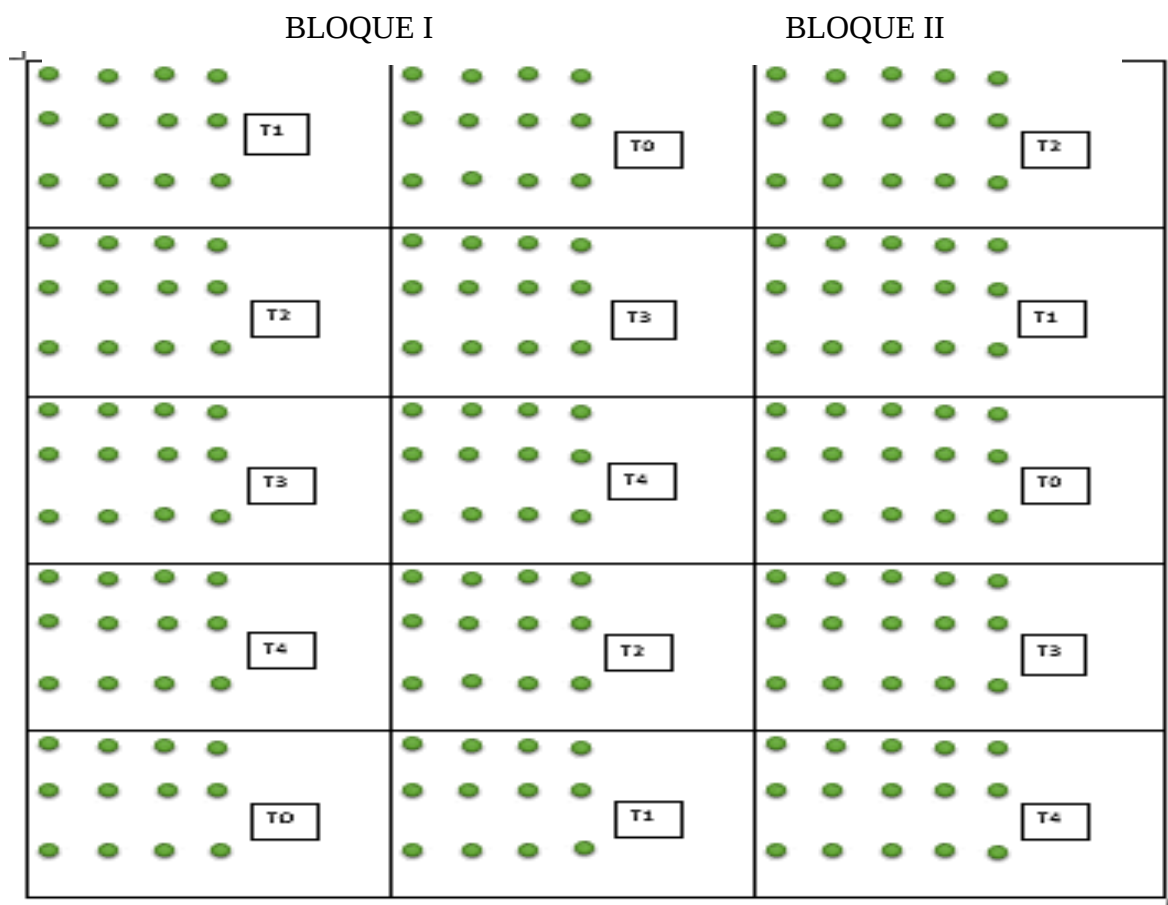
Variedad a utilizar

V = *Junglans regia* L.

2.2.1.3 Diseño de campo

Largo de la parcela = 100 m. x Ancho de la parcela = 100 m.

2.2.1.2 Croquis de campo

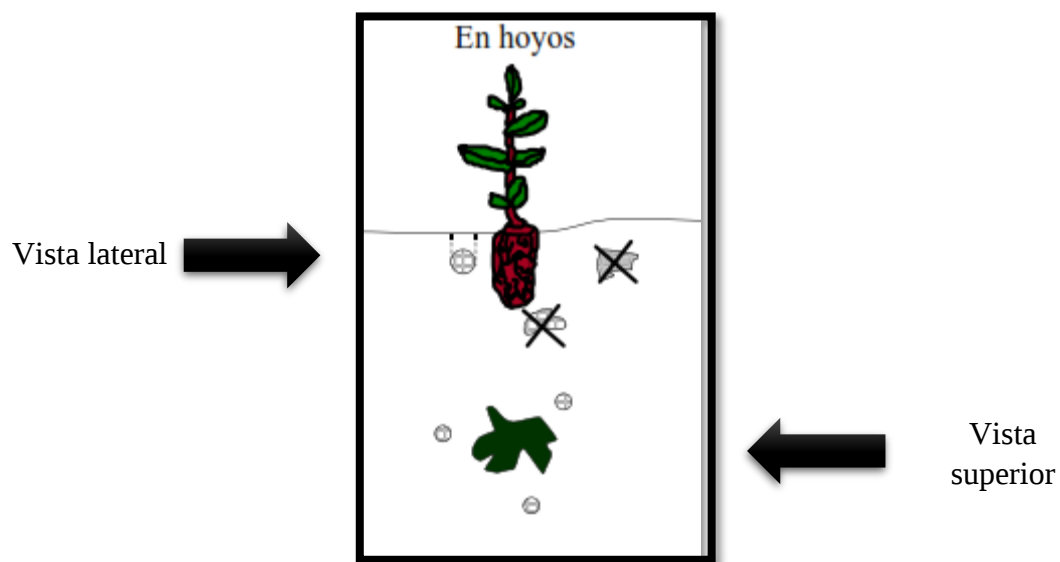


2.2.2 Aplicación de los fertilizantes

Para dar cumplimiento al primer objetivo en cada tratamiento se realizó aplicaciones foliares y al suelo respectivamente.

Se realizó tres aplicaciones de fertilización química (urea) al suelo, siendo esta esparcida alrededor de la tasa de riego teniendo cuidado de no tocar el fuste de la planta ya que la misma podría quemar la planta, se tomó en cuenta que para aplicar la urea debía haber una humedad en el ambiente o tener riego previo un día antes, ya que la urea trabaja mejor cuando hay humedad presente, en este caso se aplicó la urea después de la lluvia de un día anterior, la primera aplicación se llevó a cabo la primera semana de septiembre, la segunda semana de octubre y por último la tercera aplicación se la realizó en la primera semana enero.

En cuanto al abono orgánico (estiércol de cabra) se realizó tres hoyos alrededor de la planta a una distancia de 50 cm por 30 cm de profundidad y un diámetro de 10 cm y en los cuales se colocó el abono orgánico en una cantidad de 3 kg por planta, el cual se realizó de igual manera en tres aplicaciones, efectuando la primera aplicación en la primera semana de octubre y las dos siguientes aplicaciones se las efectuó en las primeras semanas de noviembre y diciembre.



En el caso de la fertilización foliar se realizó siete aplicaciones para lo cual se utilizó el abono basfoliar para dar inicio a las plantas y un abono de maduración VitaFol Plus, se lo ejecutó de forma directa al follaje. Siendo la primera aplicación dentro de la segunda semana de septiembre ya que desde esa fecha comenzó la brotación de hojas

en los nogales por lo tanto recién se podía hacer la aplicación del abono foliar, las siguientes aplicaciones se dieron las primeras semanas del mes de octubre, dos aplicaciones en la primera y tercera semana de noviembre y diciembre y la última fue la segunda semana de enero.

Previa aplicación de los fertilizantes se tomó en cuenta que el terreno esté previamente regado y así también después de la fertilización para evitar que el fertilizante dañe la planta; para el riego se hizo una excavación de doble tasa en la planta para evitar que el agua toque el tallo, ya que el género *Juglans* es propenso a la phytophthora que provoca pudrición del tallo.

El análisis estadístico e interpretación de los datos fueron conducidos por un diseño experimental bloque al azar, los tratamientos se asignaron aleatoriamente a un grupo de unidades experimentales denominado bloque o repetición.

Se usó este diseño debido a que las unidades experimentales pueden agruparse en bloques relativamente homogéneos, de manera tal que las diferencias observadas entre unidades sean primordialmente debidas a los tratamientos.

Se aplica el análisis de varianza que permite separar de la variabilidad total el efecto de los bloques, es decir, la variabilidad del suelo de bloque a bloque.

Dando cumplimiento al tercer objetivo se realizar un muestreo compuesto para analizar en laboratorio de suelos dependiente de la Universidad Juan Misael Saracho, al tener una superficie de una hectárea a muestrear se tomó una muestra homogénea en sig zag al azar de la parcela de estudio, empleando una pala y un pico, la profundidad de muestreo es de 60 cm; profundidad establecida en base al manual de muestreo de suelos perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Se procedió a mezclar la muestra hasta obtener una muestra compuesta aproximada de 1 Kg. posteriormente se etiquetó una leyenda en donde se coloca la Fecha, numero de muestra, nombre de la zona. Para realizar su estudio en laboratorio.

Al ser plantas de unos 3 años aproximadamente se tiene que están en pleno desarrollo y que las misma por las condiciones en las que se encuentran requieren que se apliquen

dosis mínimas y no así en grandes cantidades ya que lejos de ayudar en su desarrollo las dañara y las plantas morirán.

Por lo que se realiza la fertilización en base a su edad y continuar la misma hasta que la planta sea adulta para poder establecer el nivel de fertilización que requiera, ya que un nogal adulto requiere de NPK como se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 9: ESTIMACIÓN DE FERTILIZANTES PARA EL CULTIVO DEL NOGAL

NUTRIENTES	N	P2O	K2O
Requerimiento del cultivo del nogal en kg/ha (árbol adulto)	50	114	60

Pero al ser plantaciones jóvenes las que son objeto de estudio se determino realizar la fertilización de la siguiente manera:

- ❖ Abono foliar 80gr/20 litros (Basfoliar 55%N – 20%P – 15%K)
- ❖ Abono químico 300 gr (Urea 46%N - 0%P - 0%K)

Material orgánico

- ❖ Abono orgánico 3 kilogramos (Estiércol de cabra 7%N – 2%P – 10%K)

2.2.3 Observaciones periódicas

Luego de la primera aplicación de fertilizantes se observó de manera regular la plantación de nogal, es decir una vez por semana durante el primer mes para percibir cualquier tipo de efecto o reacción a los mismos, donde se evidenció el cambio fenológico a las que se le aplicó urea, visualizándose un tono más verde en el follaje y de porte más erguidos, además de aumentar en altura, cosa que no ocurrió en aquellas en donde se aplicó el abono foliar.

En el caso de la aplicación del abono orgánico el desarrollo que se mostraba fue más lento el crecimiento ya que el mismo va liberando de manera gradual sus nutrientes para el desarrollo de la planta ayudando a la estructura del suelo, de modo que se

conservar mejor la humedad, la porosidad y aireación siendo favorable para el tipo de suelo donde se instauró la plantación de nogal.

2.2.4 Levantamiento de datos

Se realizó el levantamiento de datos cada treinta días durante la investigación para realizar el procesamiento de datos.

2.2.5 labores culturales

2.2.5.1 Poda

Se realizó podas de formación (poda en vaso) con el objeto de generar una estructura de planta productiva que sea eficiente en el menor tiempo posible, regulando su crecimiento al realizar constantemente aclaraciones dándole más penetración de luz y mayor circulación de aire en la planta de esta manera se evitó la proliferación de bacteriosis en toda la plantación y poder otorgarle mayor tiempo de vida útil.

2.2.6 Aplicación de pintura

Se realizó con pintura común más Oxidloruro de cobre esto para otorgar protección al árbol de enfermedades (*bacteriosis*), actuando como cicatrizante, desinfectante, e incluso llegando a proteger de algún posible ingreso de frío por la zona cortada o el ingreso de insectos.

2.2.7 Control de maleza

Se ejecutó de manera manual, manteniendo cada planta de *Juglans regia* limpia de maleza que puedan afectar su desarrollo y que cree condiciones para la proliferación de insectos u hongos.

2.2.8 Riego

El área de estudio se cuenta con un sistema de riego por goteo por lo que el riego se distribuyó de acuerdo a la necesidad de la planta maximizando la eficacia, evitando el exceso de agua que llega a favorecer a las enfermedades de raíz y cuello.

2.2.9 Control fitosanitario

La plantación se observó la presencia de Hormigas del género *acromyrmex*, taladro (*Hylotrupes bajulus*) el cual se controló con Trefos Plus (insecticida de contacto y sistémico), en donde se realizó dos aplicaciones en la siguiente dosificación 30ml/20 litros de agua, los cuales fueron suficientes para eliminar las hormigas y Taladros.

Debido a las intensas lluvias en los meses de noviembre y diciembre dando como consecuencia bastante humedad se pudo evidenciar la presencia de bacteriosis el cual se controló aplicando oxiclورو de cobre bajo a siguiente dosis 15 gr/20 L, a toda la parcela.

Posteriormente se realizó la eliminación de las hojas infectadas de esta manera evitando que las mismas vayan a contagiar a los brotes nuevos impidiendo su expansión en la totalidad de la plantación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de evaluación de datos de crecimiento

La presente investigación evaluó el crecimiento en altura, sanidad de la planta en base a la aplicación de fertilizantes (químico y orgánico).

Primera toma de datos se realizó en el mes de agosto en donde las plantas sujetas a la investigación se encontraban en estado de dormancia posteriormente se procedió a levantar los primeros datos para partir de una base, los cuales arrojaron los siguientes promedios:

CUADRO N° 10: PRIMERA EVALUACIÓN (MES: AGOSTO)

TRAT/REPLIC	I	II	III	Σ Trat.	X
T0	50,3	68,5	70,9	189,7	63,2
T1	63,7	72,2	55,8	191,7	63,9
T2	80,5	79,5	51,6	211,6	70,5
T3	87,4	60,7	70,3	218,4	72,8
T4	98,5	76,5	73,8	248,8	82,9
Σ Bloq.	380,4	357,4	322,4	1060,2	
X					70,7

Rutina de cálculo

$$Fc = \frac{(GT)^2}{N} = \frac{(1060,2)^2}{15} = 74934,936$$

SUMA DE CUADRADOS

Suma de cuadrados Totales

$$SCT = \sum(Y)^2 - Fc = (50,3)^2 + (68,5)^2 + \dots (73,8)^2 - Fc = 2427,724$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SCt = \frac{\sum t^2}{r} - Fc = \frac{(189,7)^2 + (191,7)^2 \dots (248,8)^2}{3} - Fc = 768,244$$

Suma de cuadrados de bloques

$$SCb = \frac{\sum b^2}{N^{\circ}t} - Fc = \frac{(380,4)^2 + \dots (322,4)^2}{5} - Fc = 341,2$$

Suma de cuadrado del error

$$SCE = SCT - (SCt + SCb) = 2427,724 - (768,244 + 341,2) = 1318,28$$

GRADOS DE LIBERTAD

Grados de libertad Totales

$$GLT = N - 1 = 15 - 1 = 14$$

Grados de libertad para tratamientos

$$GLt = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

Grados de libertad para bloques

$$GLb = b - 1 = 3 - 1 = 2$$

Grados de libertad para el error

$$GLE = GLT - GLt - GLb = 14 - 4 - 2 = 8$$

CUADRADO MEDIO

Cuadrado medio para tratamientos

$$CMt = \frac{SCt}{GLt} = \frac{768,244}{4} = 192,061$$

Cuadrado medio para bloques

$$CMb = \frac{SCb}{GLb} = \frac{341,2}{2} = 170,6$$

Cuadrado medio del error

$$CMe = \frac{SCe}{GLE} = \frac{1318,28}{8} = 164,785$$

“F” Calculada

$$FC = \frac{CMt}{CMe} = \frac{192,061}{164,785} = 1,16$$

$$FC = \frac{CMb}{CMe} = \frac{170,6}{164,785} = 1,03$$

$F_c \leq F_t$ NS (no existe significancia)

$F_c > F_t * 5\%$ (Existe diferencia significativa)

$F_c > F_t ** 1\%$ (diferencia altamente significativa)

$F_c > F_t *** 0,1\%$ (diferencia muy altamente significativa)

CUADRO N° 11: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	4	768,2	192,1	1,2	3,11	7,01
BLOQUES	2	341,2	170,6	1,0	3,74	6,51
ERROR	8	1318,3	164,8			
TOTAL	14	2427,7				

Observando el cuadro N° 10 de ANOVA correspondiente a la variable de altura de planta, podemos concluir que al ser la $FC < FT$ al 5% y 1% revela que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y bloques para la fuente de variación evaluada (altura).

Coefficiente de variación

$CMe = 164,785$; $X = 70,7$

$$Cv = \frac{\sqrt{CMe}}{x} * 100 = \frac{\sqrt{164,785}}{70,1} * 100 = 18,31$$

Según el análisis de varianza donde CV de 18,31 nos indica que la variación en altura en las diferentes plantas es casi homogénea.

CUADRO N° 12: SEGUNDA EVALUACIÓN (MES: SEPTIEMBRE)

TRAT/REPLIC	I	II	III	Σ Trat.	X
T0	57,3	79,2	79,5	215,9	72,0
T1	77,7	130,8	64,1	272,6	90,9
T2	100,6	118,5	62,0	281,0	93,7
T3	102,8	78,3	85,3	266,4	88,8
T4	135,0	86,3	87,6	308,9	103,0
Σ Bloq.	473,4	492,9	378,5	1344,8	
X					89,7

Rutina de cálculo

$$Fc = \frac{(GT)^2}{N} = \frac{(1344,8)^2}{15} = 120562,07$$

SUMA DE CUADRADOS

Suma de cuadrados Totales

$$SCT = \sum(Y)^2 - Fc = (57,3)^2 + (79,2)^2 + \dots (87,6)^2 - Fc = 7855,0151$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SCt = \frac{\sum t^2}{r} - Fc = \frac{(215,9)^2 + (272,6)^2 \dots (308,9)^2}{3} - Fc = 1522,9178$$

Suma de cuadrados de bloques

$$SCb = \frac{\sum b^2}{N^{\circ}t} - Fc = \frac{(473,4)^2 + \dots (378,5)^2}{5} - Fc = 1498,5509$$

Suma de cuadrado del error

$$\begin{aligned} SCE &= SCT - (SCt + SCb) = 7855,0151 - (1522,9178 + 1498,55) \\ &= 4833,5464 \end{aligned}$$

GRADOS DE LIBERTAD

Grados de libertad Totales

$$GLT = N - 1 = 15 - 1 = 14$$

Grados de libertad para tratamientos

$$GLt = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

Grados de libertad para bloques

$$GLb = b - 1 = 3 - 1 = 2$$

Grados de libertad para el error

$$GLE = GLT - GLt - GLb = 14 - 4 - 2 = 8$$

CUADRADO MEDIO

Cuadrado medio para tratamientos

$$CMt = \frac{SCt}{GLt} = \frac{1522,918}{4} = 380,729$$

Cuadrado medio para bloques

$$CMb = \frac{SCb}{GLb} = \frac{1498,551}{2} = 749,275$$

Cuadrado medio del error

$$CMe = \frac{SCe}{GLE} = \frac{4833,546}{8} = 604,193$$

“F” Calculada

$$FC = \frac{CMt}{CMe} = \frac{380,729}{604,193} = 0,63$$

$$FC = \frac{CMb}{CMe} = \frac{749,725}{604,193} = 1,24$$

$F_c \leq F_t$ NS (no existe significancia)

$F_c > F_t * 5\%$ (Existe diferencia significativa)

$F_c > F_t ** 1\%$ (diferencia altamente significativa)

$F_c > F_t *** 0,1\%$ (diferencia muy altamente significativa)

CUADRO N° 13: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	4	1522,918	380,73	0,63	3,11	5,03
BLOQUES	2	1498,551	749,28	1,24	3,74	6,51
ERROR	8	4833,546	604,19			
TOTAL	14	7855,015				

Observando el cuadro N° 13 de ANOVA correspondiente a la variable de altura de planta, podemos concluir que al ser la $FC < FT$ al 5% y 1% revela que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y bloques para la fuente de variación evaluada (altura).

Coefficiente de variación

$CMe = 604,1933$; $X = 89,7$

$$Cv = \frac{\sqrt{CMe}}{x} * 100 = \frac{\sqrt{604,1933}}{89,1} * 100 = 27,40$$

Según el análisis de varianza donde CV de 27,40 nos indica que la variación en altura en las diferentes plantas es casi homogénea.

CUADRO N° 14: TERCERA EVALUACIÓN (MES: OCTUBRE)

TRAT./REPLIC	I	II	III	Σ Trat.	X
T0	67,6	81,7	85,2	234,5	78,2
T1	80,8	146,4	70,1	297,3	99,1
T2	111,1	132,8	65,5	309,3	103,1
T3	121,9	82,1	94,2	298,2	99,4
T4	160,3	89,0	99,0	348,4	116,1
Σ Bloq.	541,7	531,9	414,0	1487,6	
X					99,2

Rutina de cálculo

$$Fc = \frac{(GT)^2}{N} = \frac{(1487,6)^2}{15} = 147523,23$$

SUMA DE CUADRADOS

Suma de cuadrados Totales

$$SCT = \sum(Y)^2 - Fc = (67,6)^2 + (81,7)^2 + \dots (99)^2 - Fc = 11997,17$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SCt = \frac{\sum t^2}{r} - Fc = \frac{(234,5)^2 + (297,3)^2 \dots (348,4)^2}{3} - Fc = 2232,27$$

Suma de cuadrados de bloques

$$SCb = \frac{\sum b^2}{N^{\circ}t} - Fc = \frac{(541,7)^2 + \dots (414)^2}{5} - Fc = 2022,09$$

Suma de cuadrado del error

$$SCE = SCT - (SCt + SCb) = 11997,17 - (2232,27 + 2022,09) = 7742,81$$

GRADOS DE LIBERTAD

Grados de libertad Totales

$$GLT = N - 1 = 15 - 1 = 14$$

Grados de libertad para tratamientos

$$GLt = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

Grados de libertad para bloques

$$GLb = b - 1 = 3 - 1 = 2$$

Grados de libertad para el error

$$GLE = GLT - GLt - GLb = 14 - 4 - 2 = 8$$

CUADRADO MEDIO

Cuadrado medio para tratamientos

$$CMt = \frac{SCt}{GLt} = \frac{2232,27}{4} = 558,07$$

Cuadrado medio para bloques

$$CMb = \frac{SCb}{GLb} = \frac{2022,09}{2} = 1011,04$$

Cuadrado medio del error

$$CMe = \frac{SCe}{GLE} = \frac{7742,81}{8} = 967,85$$

“F” Calculada

$$FC = \frac{CMt}{CMe} = \frac{558,07}{967,85} = 0,58$$

$$FC = \frac{CMb}{CMe} = \frac{1011,04}{967,85} = 1,04$$

$F_c \leq F_t$ NS (no existe significancia)

$F_c > F_t * 5\%$ (Existe diferencia significativa)

$F_c > F_t ** 1\%$ (diferencia altamente significativa)

$F_c > F_t *** 0,1\%$ (diferencia muy altamente significativa)

CUADRO N° 15: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	4	2232,27	558,07	0,58	3,11	5,03
BLOQUES	2	2022,09	1011,04	1,04	3,74	6,51
ERROR	8	7742,81	967,85			
TOTAL	14	11997,17				

Observando el cuadro N°15 de ANOVA correspondiente a la variable de altura de planta, podemos concluir que al ser la $FC < FT$ al 5% y 1% revela que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y bloques para la fuente de variación evaluada (altura).

Coefficiente de variación

$CMe = 967,85$; $X = 99,2$

$$Cv = \frac{\sqrt{CMe}}{x} * 100 = \frac{\sqrt{967,85}}{99,2} * 100 = 31,37$$

Según el análisis de varianza donde CV de 31,37 nos indica que la variación en altura en las diferentes plantas fue variando y se volvió heterogénea.

CUADRO N° 16: CUARTA EVALUACIÓN (MES: NOVIEMBRE)

TRAT./REPLIC	I	II	III	$\sum$ Trat.	X
T0	82,6	84,8	90,2	257,6	85,9
T1	84,7	163,0	73,7	321,4	107,1
T2	117,5	148,7	68,3	334,4	111,5
T3	135,7	86,1	104,5	326,3	108,8
T4	184,4	92,3	106,3	383,1	127,7
$\sum$ Bloq.	604,9	574,9	443,0	1622,8	
X					108,2

Rutina de cálculo

$$Fc = \frac{(GT)^2}{N} = \frac{(1622,8)^2}{15} = 175568,5$$

SUMA DE CUADRADOS

Suma de cuadrados Totales

$$SCT = \sum(Y)^2 - Fc = (82,6)^2 + (84,8)^2 + \dots (90,2)^2 - Fc = 16918,5$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SCt = \frac{\sum t^2}{r} - Fc = \frac{(257,6)^2 + (321,4)^2 \dots (383,1)^2}{3} - Fc = 2671,1$$

Suma de cuadrados de bloques

$$SCb = \frac{\sum b^2}{N^o t} - Fc = \frac{(604,9)^2 + \dots (443)^2}{5} - Fc = 2970,4$$

Suma de cuadrado del error

$$SCE = SCT - (SCt + SCb) = 16918,5 - (2671,1 + 2970,4) = 11277,01$$

GRADOS DE LIBERTAD

Grados de libertad Totales

$$GLT = N - 1 = 15 - 1 = 14$$

Grados de libertad para tratamientos

$$GLt = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

Grados de libertad para bloques

$$GLb = b - 1 = 3 - 1 = 2$$

Grados de libertad para el error

$$GLE = GLT - GLt - GLb = 14 - 4 - 2 = 8$$

CUADRADO MEDIO

Cuadrado medio para tratamientos

$$CMt = \frac{SCt}{GLt} = \frac{2671,08}{4} = 667,77$$

Cuadrado medio para bloques

$$CMb = \frac{SCb}{GLb} = \frac{2970,44}{2} = 1485,22$$

Cuadrado medio del error

$$CMe = \frac{SCe}{GLE} = \frac{11277,02}{8} = 1409,63$$

“F” Calculada

$$FC = \frac{CMt}{CMe} = \frac{667,77}{1409,63} = 0,47$$

$$FC = \frac{CMb}{CMe} = \frac{1485,22}{1409,63} = 1,05$$

$F_c \leq F_t$ NS (no existe significancia)

$F_c > F_t * 5\%$ (Existe diferencia significativa)

$F_c > F_t ** 1\%$ (diferencia altamente significativa)

$F_c > F_t *** 0,1\%$ (diferencia muy altamente significativa)

CUADRO N° 17: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	4	2671,08	667,77	0,47	3,11	5,03
BLOQUES	2	2970,44	1485,22	1,05	3,74	6,51
ERROR	8	11277,02	1409,63			
TOTAL	14	16918,54				

Observando el cuadro N° 17 de ANOVA correspondiente a la variable de altura de planta, podemos concluir que al ser la $F_c < F_t$ al 5% y 1% revela que no existe

diferencia significativa entre los tratamientos y bloques para la fuente de variación evaluada (altura).

Coefficiente de variación

CMe = 1409,63 ; X = 108,2

$$Cv = \frac{\sqrt{CMe}}{x} * 100 = \frac{\sqrt{1409,63}}{108,2} * 100 = 34,70$$

Según el análisis de varianza donde CV de 34,70 nos indica que la variación en altura en las diferentes plantas es heterogénea.

CUADRO N° 18: QUINTA EVALUACIÓN (MES: DICIEMBRE)

TRAT./REPLIC	I	II	III	Σ Trat.	X
T0	94,9	85,9	94,6	275,4	63,2
T1	87,3	173,3	78,1	338,7	63,9
T2	122,7	161,1	70,8	354,5	70,5
T3	144,5	89,2	113,5	347,2	72,8
T4	205,4	95,9	115,9	417,3	82,9
Σ Bloq.	654,8	605,3	473,0	1733,1	
X					115,5

Rutina de cálculo

$$Fc = \frac{(GT)^2}{N} = \frac{(1733,1)^2}{15} = 200234,19$$

SUMA DE CUADRADOS

Suma de cuadrados Totales

$$SCT = \sum(Y)^2 - Fc = (94,9)^2 + (85,9)^2 + \dots (115,9)^2 - Fc = 21394,2$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SCt = \frac{\sum t^2}{r} - Fc = \frac{(275,4)^2 + (338,7)^2 \dots (417,3)^2}{3} - Fc = 3394,3$$

Suma de cuadrados de bloques

$$SCb = \frac{\sum b^2}{N^{\circ}t} - Fc = \frac{(654,8)^2 + \dots (473)^2}{5} - Fc = 3535,9$$

Suma de cuadrado del error

$$SCE = SCT - (SCt + SCb) = 21394,2 - (3394,3 + 3535,9) = 14464,0$$

GRADOS DE LIBERTAD

Grados de libertad Totales

$$GLT = N - 1 = 15 - 1 = 14$$

Grados de libertad para tratamientos

$$GLt = t - 1 = 5 - 1 = 4$$

Grados de libertad para bloques

$$GLb = b - 1 = 3 - 1 = 2$$

Grados de libertad para el error

$$GLE = GLT - GLt - GLb = 14 - 4 - 2 = 8$$

CUADRADO MEDIO

Cuadrado medio para tratamientos

$$CMt = \frac{SCt}{GLt} = \frac{3394,3}{4} = 848,6$$

Cuadrado medio para bloques

$$CMb = \frac{SCb}{GLb} = \frac{3535,9}{2} = 1768$$

Cuadrado medio del error

$$CMe = \frac{SCe}{GLE} = \frac{14464,0}{8} = 1808$$

“F” Calculada

$$FC = \frac{CMt}{CMe} = \frac{848,6}{1808} = 0,5$$

$$FC = \frac{CMb}{CMe} = \frac{1768}{1808} = 1,0$$

$F_c \leq F_t$ NS (no existe significancia)

$F_c > F_t * 5\%$ (Existe diferencia significativa)

$F_c > F_t ** 1\%$ (diferencia altamente significativa)

$F_c > F_t *** 0,1\%$ (diferencia muy altamente significativa)

CUADRO N° 19: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	4	3394,3	848,6	0,5	3,11	5,03
BLOQUES	2	3535,9	1768,0	1,0	3,74	6,51
ERROR	8	14464,0	1808,0			
TOTAL	14	21394,2				

Observando el cuadro N° 19 de ANOVA correspondiente a la variable de altura de planta, podemos concluir que al ser la $FC < FT$ al 5% y 1% revela que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y bloques para la fuente de variación evaluada (altura).

Coefficiente de variación

$CMe = 1808$; $X = 115,5$

$$Cv = \frac{\sqrt{CMe}}{x} * 100 = \frac{\sqrt{1808}}{115,5} * 100 = 36,80$$

Según el análisis de varianza donde CV de 36,80 nos indica que la variación en altura en las diferentes plantas es heterogénea.

3.2 Resultado análisis físico del suelo

El Nogal es un árbol que se adapta muy bien a suelos muy diferentes, aunque prefiere suelos profundos, permeables, sueltos y de buena fertilidad. El drenaje que determinado por subsuelos formados por caliza fisurada, cantos rodados, etc. Para una buena retención de agua se precisan suelos con un contenido en materia orgánica entre el 1,2 y 2% y un 18 -25% de arcilla. Según los resultados del análisis físico del suelo realizados en el laboratorio de suelos y aguas de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho - FCAyF arrojó los siguientes resultados.

CUADRO N° 20: RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO

Muestra	Identificación	Prof. (cm)	Da (g/cc)	A %	L %	Y %	Textura
Suelo	M1	0-60 cm	1,36	62,8	19,2	18	FA
Prof.: 60 cm = FA = Franco Arenoso							

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho – FCAyF

La muestra correspondiente es obtenida en el fundo de Chaguaya perteneciente al Instituto de Innovación Agropecuaria Forestal (INIAF) teniendo las siguientes: profundidad de 60 cm. La densidad aparente del suelo fue de 1,36 g/cc y la textura franco-arenosa, compuesta por 62,8 % de arena, 19,2 % de limo y 18 % de arcilla, de acuerdo a estos análisis el suelo fue apto para la producción del nogal y buena aeración en la misma.

3.3 Resultado análisis químico del suelo

El nogal se desarrolla en suelos con pH neutro (6,5 - 7,5), aunque puede tolerar un rango de 5 a 8. Según las características de los suelos se emplearán diferentes tipos de patrones, destacando *J. nigra* para suelos ácidos y *J. regia* para los más calizos.

CUADRO N° 21: RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Identificación	Prof. (cm)	Ph	C. E. Mmhos/cm	K en meq/100g	M.O. %	N.T. %	P. ppm
Muestra 1	0-60 cm	5,70	0,042	0,16	1,35	0,12	19,09

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho – FCAyF

Según los resultados del análisis químico que se hizo en el terreno donde se encuentran las plantas de nogal a una profundidad de 60 cm tiene un PH de 5,70 siendo ese un parámetro dentro de lo tolerable del rango que requiere el nogal, una conductividad eléctrica de 0,042 Mmhos/cm, potasio de 0,16 meq/100g, materia orgánica de 1,35 %, nitrógeno total de 0,12 % y fósforo de 19,09 ppm sin embargo, la especie se adaptó bien en lo que refiere a su desarrollo ya que las mismas van creciendo de manera normal

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

En base a los objetivos del trabajo de investigación realizado y en función a los resultados obtenidos se llega a la conclusión que:

- ❖ La fertilización química demostró ser más efectiva a corto plazo para el crecimiento en altura y diámetro del nogal, mientras que la fertilización orgánica ofrece beneficios a largo plazo en la sostenibilidad del suelo.
- ❖ La fertilización foliar permite una absorción más rápida de nutrientes esenciales, favoreciendo el desarrollo vegetativo de la planta en menor tiempo mostrando un follaje más denso y saludable, con una mayor cantidad de brotes nuevos en comparación con la fertilización aplicada al suelo.
- ❖ Aunque la fertilización química proporciona un rápido incremento en el crecimiento, su uso continuo puede generar desequilibrios en la fertilidad del suelo. En contraste, la fertilización orgánica mejora la calidad del suelo y contribuye a la sostenibilidad del cultivo.
- ❖ Para un manejo eficiente del nogal en la Comunidad de Chaguaya, se recomienda una combinación de fertilización orgánica y química, adaptada según las necesidades específicas del suelo y las etapas de crecimiento del árbol.
- ❖ El análisis del suelo indica una acidez moderada (pH 5,70), lo que podría afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes. La conductividad eléctrica es baja (0,042 Mmhos/cm), indicando baja salinidad. El contenido de fósforo es relativamente alto (19,09 ppm), pero el potasio es bajo (0,16 meq/100g), lo que sugiere la necesidad de suplementar este elemento. La materia orgánica y el nitrógeno total son bajos (1,35 % y 0,12 %, respectivamente), por lo que se recomienda mejorar el contenido de materia orgánica con enmiendas adecuadas. La textura

franco-arenosa permite un buen drenaje, pero puede requerir enmiendas orgánicas para mejorar la retención de humedad y la estructura del suelo.

- ❖ El contenido de nitrógeno total (0,12 %) es bajo, lo que puede limitar el crecimiento vegetativo del nogal y afectar la producción de frutos. Para mejorar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, es recomendable el uso de fertilizantes nitrogenados en dosis controladas, así como la incorporación de materia orgánica y cultivos de cobertura fijadores de nitrógeno.
- ❖ La falta de desarrollo de frutos o ausencia de los mismos en los nogales evaluados se debe a la deficiencia de nitrógeno y potasio, la acidez moderada del suelo y las características físicas del mismo, que limitan la retención de humedad y la absorción de nutrientes.

4.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados logrados en base a los objetivos específicos propuestos para el trabajo de investigación, se procede a dar las siguientes recomendaciones.

- ❖ Implementar un programa de fertilización mixta que combine fertilizantes orgánicos y químicos, ajustando las dosis según la etapa fenológica del nogal y las condiciones del suelo.
- ❖ Realizar análisis periódicos del suelo para monitorear la disponibilidad de nutrientes y evitar la lixiviación excesiva de macronutrientes, optimizando el uso de fertilizantes.
- ❖ Priorizar el uso de fertilización foliar en las etapas críticas del desarrollo del nogal para mejorar la absorción de nutrientes y reducir las pérdidas en el suelo.
- ❖ Fomentar prácticas de manejo sostenible del suelo, como la aplicación de compost y abonos orgánicos, que mejoren la estructura y retención de humedad, favoreciendo la actividad microbiológica.
- ❖ Considerar la aplicación de encalado para corregir la acidez del suelo y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales.
- ❖ Aplicar fertilizantes ricos en potasio para equilibrar los niveles de este macronutriente y mejorar el desarrollo de los árboles de nogal.
- ❖ Aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo mediante la incorporación de abonos verdes, estiércol compostado o residuos de cultivos para mejorar la fertilidad y la estructura del suelo, asimismo para favorecer la absorción de nutrientes y el desarrollo de frutos.
- ❖ Incorporar fertilizantes nitrogenados de liberación controlada y cultivos fijadores de nitrógeno, como leguminosas (ej. Alfa alfa, habas, soya), para mejorar la disponibilidad de este nutriente y favorecer el crecimiento del nogal.

- ❖ Capacitar a los agricultores de la comunidad de Chaguaya sobre la importancia de un manejo adecuado de fertilizantes y la rotación de cultivos para mantener la fertilidad del suelo a largo plazo.