



EVALUACIÓN DEL FRIJOL LUPINUS (*Lupinus mutabilis*) COMO ABONO VERDE  
PARA LA PRODUCCION AGROECOLOGICA EN EL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE  
CUNDINAMARCA.

EISY DUBAN BARRERA CASTAÑEDA

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

BOGOTA

2015

EVALUACIÓN DEL FRIJOL LUPINUS (*Lupinus mutabilis*) COMO ABONO VERDE  
PARA LA PRODUCCION AGROECOLOGICA EN EL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE  
CUNDINAMARCA.

EYSI DUBAN BARRERA CASTAÑEDA

Proyecto de tesis presentado como requisito para optar el título Ingeniero en  
Agroecología.

Director de tesis.

Álvaro Acevedo Osorio

CORPORACION UNIVERSITARIAS MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERIA AGOECOLOGICA

BOGOTA

2015

## INDICE GENERAL.

1. Introducción.....	9
2. Objetivo del proyecto.....	13
2.1. General.....	13
2.2. Especifico.....	13
3. Marco teórico.....	14
3.1. Agroecología.....	14
3.1.1. Principios de la agroecología.....	15
3.2. Agricultura alternativa.....	18
3.3. Abonos verdes.....	19
3.3.1. Función de los abonos verdes.....	21
3.4. Fijación simbiótica del nitrógeno.....	23
3.5. Ciclo del nitrógeno.....	25
3.5.1. Fases del ciclo del nitrógeno.....	26
3.6. Importancia de las leguminosas como abonos verdes.....	27
3.6.1. Selección y establecimiento de leguminosas como abonos verdes.....	28
3.6.2. Especies de as amplio usos como abonos verdes.....	30
3.7. El frijol lupino.....	33
3.7.1. Clasificación taxonómica del lupino.....	33
3.7.2. Origen del genero lupino.....	34
3.7.3. Descripción botánica.....	35
3.7.4. Requerimientos del cultivo.....	39
3.7.5. etapas fenológicas.....	41
3.7.6. usos como abono verde.....	42
4. Materiales método.....	43
4.1.ubicacion geográfica del proyecto.....	43
4.2. Diseño del estudio.....	44
4.3. Procedimiento para determinar el objetivo 1.....	45
4.4. Procedimiento para determinar el objetivo 2.....	46
4.4.1. Variables independientes o tratamientos.....	46
4.5. Procedimiento para determinar el objetivo 3.....	48
4.6. Análisis de resultados.....	48
5. resultados y discusión.....	49
5.1. Variables agronómicas.....	49
5.1.1. % de germinación.....	49
5.1.2. Altura de las plantas.....	53
5.1.3. Nodulacion.....	53

5.1.4. Duración del ciclo fenológico.....	55
5.1.5. Presencia de plagas y enfermedades.....	57
5.2. Variables de aporte al suelo.....	58
5.2.1. Cuantificación de materia verde.....	58
5.2.2. Cuantificación de materia seca.....	60
5.2.3. Cuantificación de porcentaje en materia seca.....	60
5.2.3. Contenido de nitrógeno en tejido vegetal.....	61
5.3. Resultados obtenidos para el objetivo 3.....	63
5.3.1. Conocimiento local sobre el lupino.....	63
5.3.2. Uso local del lupino.....	64
5.3.3. Ventajas y desventajas del lupino en la región.....	64
5.3.4. Perspectiva de uso e implementación del lupino.....	65
6. Conclusiones.....	67
7. Recomendaciones.....	69
8. Bibliografía.....	71

## INDICE DE GRAFICOS.

FIGURA 1. Ramificación del lupino.....	37
FIGURA 2. Inflorescencia del lupino.....	38
FIGURA 3. Formas del grano del lupino.....	39
FIGURA 4. Ubicación geográfica del proyecto.....	43
FIGURA 5. Porcentaje de germinación de cada una de las parcelas evaluadas.....	49
FIGURA 6. Altura de las plantas de lupino hasta el momento de floración.....	51
FIGURA 7. Total de nódulos, tanto activos como inactivos por parcelas.....	53
FIGURA 8. Días de cada etapa fenológica bajo las condiciones del municipio.....	56

INDICE DE TABLAS.

TABLA 1. Especies de más amplio uso como abono verde y sus efectos cultivos.....	30
TABLA 2. Clasificación taxonómica del lupino.....	34
TABLA 3. Distancia de siembra y densidad de población utilizada.....	44
TABLA 4. Rendimientos generales de las variables de aporte al suelo.....	58

INDICE DE ANEXOS.

ANEXO 1. Porcentaje de germinación de las plantas.....	76
ANEXO 3. Promedio de altura de las plantas a los 140 días.....	76
ANEXO 4. Análisis ANOVA sobre la altura de las plantas.....	76
ANEXO 5. Promedio total de nódulos, activos e inactivos.....	77
ANEXO 6. Análisis ANOVA de los nódulos.....	77
ANEXO 7. Variables de aporte al suelo.....	77
ANEXO 8. Análisis ANOVA para % de nitrógeno en materia seca.....	78
ANEXO 9. Formato de encuesta aplicada a los agricultores.....	79

## RESUMEN

El alto grado de erosión y pérdida de fertilidad del suelo en Colombia por la agricultura intensiva y el uso indiscriminado de insecticidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos han hecho que cada día los agricultores tengan menor producción y que los recursos naturales agoten paulatinamente su capacidad para prestar servicios a la sociedad como la producción de alimentos básicos . Por esta razón es importante realizar estudios de adaptación tecnológica que devuelvan la capacidad productiva al suelo, como es el caso de los abonos verdes. El presente estudio evaluó el lupino (*lupinus mutabilis*) como abono verde para las zonas alto andinas Colombianas para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Mediante la implementación de tres parcelas sembradas con la especie lupino, donde se analizaron variables de tipo agronómico y productivo. Se encontró que el porcentaje de germinación a los 15 días oscilo entre el 87,8% y 78,7% para las tres parcelas. La altura de las plantas a los 140 días mínima fue de 47cm y la máxima de 155 cm, altura que se encuentra entre los rangos descritos por diferentes autores. El número de nódulos presentes en el sistema radicular al momento de floración varió entre 17 y 124, de los cuales fueron activos en un rango entre 17 nódulos y 90 nódulos por planta. La cantidad de materia verde aportada al suelo por el lupino estuvo entre 66 ton/ha y 36 ton/ha, mientras que la de Nitrógeno total por hectárea estuvo entre 288,4 y 501,12 kg/ha. El cultivo de lupino se convierte en una alternativa agroecológica que permite la incorporación de nitrógeno al suelo de manera biológica, aportar biomasa verde y seca permitiendo el mejoramiento de la fertilidad representando un aporte competitivo respecto a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Los resultados obtenidos evidencias que el cultivo del lupino reporta ventajas como abono verde para la producción agroecológica en la zona altoandina por lo que se recomienda su uso por los beneficios agronómicos y productivos que puede generar.

**Palabras claves:** Abono verde, Lupino, Agroecología, Subchoque.



## 1. INTRODUCCION

Según el Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, en su informe sobre rendición de cuentas (2013 - 2014), la producción agrícola de Colombia en el año 2013 alcanzó los 26,8 millones de toneladas, siendo 7,2% superior a la registrada en el año 2012. Para el 2013 el 67,1% de la producción agrícola correspondió a cultivos permanentes (con 18,0 millones de toneladas) y el 32,8% a cultivos transitorios (8,8 millones de toneladas). Los cultivos de ciclo corto que registraron un mayor crecimiento en su producción durante los periodos 2012 – 2013 fueron: papa (15,3%), hortalizas (8,9%) y arroz (5,1%). En cuanto a los cultivos permanentes se destacaron los frutales (13,1%), café (41,4%), banano de exportación (7,3%), plátano (3,5%) y caña de azúcar (3,2%).

Ciertos incrementos de la producción de los diferentes cultivos están dados gracias a la demanda de alimentos en el país y a nivel mundial, con el fin de maximizar dicha producción durante los últimos años se ha hecho uso intensivo de fertilizantes nitrogenados, siendo la urea el fertilizante más utilizada a nivel mundial con un 90% implementada en el sector agrícola (Asociación internacional de la industria de fertilizantes (FIA)). En el caso de Colombia el 80% de los productores agrícolas hacen aplicaciones de fertilizantes nitrogenados siendo el más empleado la urea. El uso exagerado de estos se ha incrementado a través del tiempo, registrándose que para el año 1990 aplicaciones de 100 Kg/ha y en el 2001 alrededor de 250 Kg/ha de urea (Grandett en Tecni – Fenalce, 2001) citado por DANE & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2012).

Para el DANE & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2013), el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial para las producciones a grandes y pequeña escala se debe a que el nitrógeno, junto con el fósforo y el potasio, son claves para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que son consumidos en

grandes cantidades durante el ciclo vegetativo de cada cultivo. Por otra parte los niveles de deficiencia de nitrógeno en los suelos a nivel mundial, ha implicado una dependencia directa entre el uso de estos productos y el rendimiento, principalmente en cultivos de semillas híbridas y transgénicas.

En Colombia se recomienda realizar estudios fisicoquímicos a cada uno de los suelos antes de la siembra para realizar aplicaciones de insumos fertilizantes, pero solo el 40 % de los agricultores a nivel nacional realizan dichos estudios para proporcionar las cantidades adecuadas de dichos productos. Siendo así que el 60% de los agricultores que existen en Colombia no realizan dichos estudios, haciendo uso inadecuado de los elementos nitrogenados permitiendo la acidificación de los suelos, alterando la estructura e incrementando las sustancias tóxicas en el suelo (DANE 2013).

Para (Crovetto 1996), citado por (Beltrán *et al.*, 2005) el uso de la labranza convencional sin la debida incorporación de residuos agrícolas a los suelos ha propiciado que los contenidos de materia orgánica haya disminuido a menos del 2%. Siendo las zonas áridas donde se acentúa este efecto debido a la baja fertilidad que poseen los suelos (García – Hernández *et al* 2004). En diferentes estudios se ha demostrado que el uso intensivo de maquinaria agrícola es una de las principales causas de las degradaciones del suelo, fertilidad, la erosión, el encostramiento, la compactación y dificultad de manejo de las texturas de los suelos. Dichas degradaciones dan lugar al uso intensivo cada vez mayor del laboreo mecánico (Karlen *et al.*, 1990).

Por otro lado se suma al paquete de fertilizantes, agroquímicos, labranza convencional, el empleo de semillas certificadas de alto rendimiento la cual ha reducido o desplazado un mayor número de variedades tradicionales, erosionando la biodiversidad de los cultivos (Prager 2002). La alta productividad está ahora

cuestionada debido a que no se dan los mismos rendimientos de antes en los campos, y se ha venido incrementado los costos de producción, por tal razón se necesitan nuevas alternativas que nos permitan ir restituyendo la vida de los suelos en Colombia, Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Dentro de los municipios que se dedican a la siembra de cultivos a grandes escalas como es el caso de la papa criolla (*Solanum phureja*) en Colombia se encuentra el municipio de Subachoque Cundinamarca con una área de siembra de 255 ha en el 2008, con rendimientos promedios de 17,2 Ton/ha. Dicho sistemas es manejado principalmente con insumos de síntesis químicas haciendo que los cultivos sean pocos rentables al momento de comparar la producción con el valor de insumos invertidos. Además con las aplicaciones de insumos de síntesis químicas y la implementación de maquinaria han hecho que los suelos de esta región hayan sufrido algún tipo de desgaste.

De igual forma Glieman (2002) menciona que los recursos agrícolas como el suelo, el agua y la diversidad genética han sido usados de manera excesiva y degradados, los procesos ecológicos mundiales sobre los que dependen la agricultura han sido alterados, debilitados y en algunos casos desmantelados por la agricultura convencional perjudicando las producciones futuras de alimentos.

A raíz de esta problemática mencionada en la sabana del municipio de Subachoque y general en toda Colombia se hace importante realizar trabajos de investigación centradas en la búsqueda de alternativa que permita recuperar la fertilidad de los suelos de manera progresiva.

Para (Thonnissen *et al.*, 2000) como alternativas viables para recuperar la fertilidad del suelo, han sugerido diferentes modalidades de preparación conservacionista del suelo a largo plazo que, además, incluyen la incorporación de leguminosas. Sistemas que

permiten incrementar paulatinamente la materia orgánica, el nitrógeno y el carbono orgánico, así como la actividad microbiana, logrando obtener resultado a través del tiempo, en cuanto a una mejor condición en la fertilidad y agregación del suelo (Wander y Bollero, 1999)

De igual manera diferentes autores mencionan las posibilidades de recuperar la fertilidad del suelo mediante el uso de abonos verdes lo cual se han estudiado y discutido en diversos aportes, principalmente para aquellas zonas tropicales. Por otro lado mencionan que con la implementación de leguminosas y abonos verdes, se logra conseguir una mayor captación, disponibilidad y eficiencia del agua para otros cultivos, siendo menor la compactación del perfil del suelo a largo plazo, logrando una mayor estabilidad estructural y mejores condiciones de porosidad, lo cual repercute en una mejor y mayor productividad en los diferentes cultivos.

La investigación sobre el Lupino (*Lupinus spp*) como abono verde en la comunidad rural del municipio de Subachoque – Cundinamarca surge con la finalidad de medir ciertas variables que nos permitan identificar a dicha especie como recuperadora de la fertilidad del suelo, teniendo en cuenta que es una planta de origen de la cordillera de los andes y la cual se ha venido dejando al olvido. De igual forma compartir conocimientos con los agricultores de la región sobre las ventajas y desventajas de la especie.

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 2.1. GENERAL.

Evaluar el frijol Lupino (*Lupinus mutabilis*) como abono verde para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo en el municipio de Subachoque Cundinamarca.

### 2.2. ESPECIFICOS

- Evaluar las características agronómicas del *lupino* como abono verde en la sabana Cundi - Boyacence.
- Evaluar los aportes del frijol *lupino* para mejorar las características físicas y químicas y biológicas del suelo.
- Evaluar la percepción y los conocimientos de los agricultores pertenecientes a la Asociación Red Agroecológica Campesina (ARAC) sobre el *lupino* como abono verde en el municipio de Subachoque.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1. AGROECOLOGIA.**

Para Acevedo A. & Angarita L. (2013) el concepto de agroecología sigue dos grandes tendencias; la primera, conocida como ecologista esta derivada de la ecología dando origen etimológico a la palabra, como una ciencia dedicada al estudio de las interacciones entre el medio natural (ecosistema) y la producción agropecuaria (agroecosistema). La segunda corriente, basada en el enfoque de sustentabilidad, aborda la agroecología como un enfoque interdisciplinario para una agricultura sustentable; reconociendo el aporte social y cultural de los agricultores campesinos, indígenas, afro-descendiente etc.

Según León T. & Altieri M (2010) la agroecología es una ciencia que se encarga de estudiar la estructura, la función de los agro ecosistemas tanto del punto de vista de sus relaciones ecológicas como culturales. Explorando los mecanismos naturales que influyen positivamente en la producción agropecuaria asegurando el equilibrio natural y la menor dependencia de los insumos externos.

En la actualidad la agroecología se perfila como una ciencia fundamental para la conversión de los sistemas convencionales a sistemas más diversos y autosuficientes. Por tal razón la agroecología utiliza principios ecológicos que favorecen procesos naturales e interacciones biológicas que optimizan sinergias de tal modo tal que la agro biodiversidad este la capacidad de subsidiar por si sola procesos claves como la acumulación de materia orgánica, la fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de plagas y la productividad de los cultivos (Gliessman, 1998).

La agroecología estudia los ecosistemas de manera holístico incluyendo todos los elementos ambientales y humanos. Teniendo en cuenta que los límites del campo del cultivo o de la finca puesto que estos influyen en y son influenciados por factores de tipo

cultural. Sin embargo los límites sociales, económicos o políticos de una agroecosistemas son un poco difusos, puesto que esta mediado por procesos decisionales intangibles que provienen tanto el ámbito del agricultor como de otros actores individuales e institucionales.

Estudios realizados sobre la agroecología se han enfocado principalmente en el ámbito de parcela o finca donde se pueden analizar, desde el punto de vista enfoque de sistemas, las interacciones ambientales, sociales, culturales, productivas, y económicas inherentes a la producción agropecuaria (Lovell, *et al*, 2010) citado por (Acevedo A. & Angarita L 2013). Dichos estudios comprenden el análisis de la estructura y funcionamientos de sistemas tradicionales implementados por los diferentes grupos indígenas ubicados en las diferentes regiones de Colombia.

### **3.1.1. PRINCIPIOS DE LA AGROECOLOGIA**

La visión de la agroecología va más allá del punto de vista unidimensional de los agroecosistemas (su genética, edafología entre otros) permitiendo abordar un entendimiento de los niveles ecológicos, sociales de coevolución, estructura y función. La agroecología no fija su atención en algún componente en particular de la agroecosistema, si no que se enfatiza en las interrelaciones que existen entre sus componentes y compleja de los procesos ecológicos (Vandermeer, 1989) citado por Altieri (2010).

El diseño de los sistemas agroecológicos está basadas en la aplicación de los siguientes principios ecológicos (Reinjtjes *et al*, 1992) citado por Altieri (2010); Altieri (2000)

- Diversificación vegetal y animal a nivel de especies o genética en tiempo y espacio.

- Reciclaje de nutrientes y materia orgánica, optimizando de la disponibilidad de nutrientes y balances del flujo de nutrientes.
- Provisión de condiciones edáficas óptimas para el crecimiento de cultivos manejando materia orgánica y estimulando biología del suelo.
- Minimización de pérdida del suelo y agua manteniendo cobertura del suelo controlando la erosión y manejando el microclima.
- Minimización de pérdidas por insectos, patógenos y malezas (hierbas espontáneas) mediante medidas preventivas y estímulo de fauna benéfica, antagonista, alelopatía.
- Explotación de sinergias que emergen de interacciones planta – planta, plantas animales y animales – animales.

Dichos principios pueden tomar diversas formas tecnológicas que pueden estar sujetas a las condiciones ambientales y socio-económicos, permitiéndole a cada una de ellas tener efectos diferentes sobre las productividad, la estabilidad y resiliencia dentro de cada parcela, finca, huerta etc., Dependiendo de las oportunidades locales, la disponibilidad de recursos y en muchos de los casos, del mercado. Los diseños agroecológicos tienen como último objetivo integrar los componentes del agroecosistemas de manera que permita aumentar la eficiencia biológica general con el fin de mantener la capacidad productiva y autosuficiencia de cada sistema.

La agroecología ha surgido con el fin de promover bases ecológicas para la conservación y promoción de la biodiversidad funcional en la agricultura alternativa, jugando el rol clave en el establecimiento del balance ecológico de cada uno de los agroecosistemas, de manera de permitir alcanzar una producción sustentable. La



biodiversidad en los sistemas agrícolas realiza servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustibles e ingresos. Incluyendo el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de los procesos hidrológicos locales y la detoxificación de productos químicos nocivos son incluidos como ejemplos.

Los procesos renovables y servicios al ecosistema, son principalmente biológicos. Los costos económicos y medioambientales pueden ser bastantes significativos. Por lo que los costos agrícolas derivan de la necesidad de utilizar cultivos con costosos recursos externos puesto que los agroecosistemas, privados de sus componentes funcionales reguladores, pierden la capacidad de sostener su propia fertilidad del suelo, control de plagas y enfermedades.

Procesos ecológicos que deben optimizarse en los agroecosistemas (Altieri; (2010) (2000).

- Fortalecer la inmunidad del sistema (funcionamiento apropiado del sistema natural del control de plagas).
- Disminuir la toxicidad a través de la eliminación de agroquímicos.
- Optimizar la función metabólica (la descomposición de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes).
- Balance de los sistemas regulatorios (ciclo de nutrientes, balance de agua, flujo y energía, regulación de poblaciones, etc.).
- Aumentar la conservación y regeneración de los recursos del suelo, agua y de la biodiversidad.
- Aumentar y sostener la productividad en el largo plazo.

La clave de identificar el tipo de biodiversidad funcional que se desea mantener o fomentar con el fin de llevar a cabo los servicios ecológicos que permita determinar las mejores prácticas que favorezcan a cada uno de los componentes de biodiversidad deseados.

### **3.2. AGRICULTURA ALTERNATIVA.**

La agricultura alternativa se define como un conjunto de sistemas o prácticas de agricultura antagónicas al modelo industrial del monocultivo dependiente de insumos externos, que intentan proporcionar un medio ambiente balanceado, rendimiento y fertilidad del suelo sostenidos y control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías de bajos insumos (Altieri 2010).

Las estrategias se apoyan en conceptos ecológicos, de tal manera que el manejo da como resultado un óptimo reciclaje de los nutrientes y de la materia orgánica, los flujos cerrados de energía, poblaciones balanceadas de plagas, usos múltiples del suelo, del paisaje. Explotando las complementariedades y sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles, animales en diferentes arreglos espaciales y temporales.

Dentro de las prácticas o componentes alternativos las cuales ya hacen parte de los manejos agrícolas comerciales (Altieri 2010)

- Rotación de cultivos que disminuyen las problemáticas de maleza (hierbas espontaneas), insecto plaga y enfermedades aumentando los niveles de nitrógeno disponibles en los suelos, reduciendo la necesidad de fertilizantes sintéticos y, junto con prácticas de labranza conservadoras del suelo, reduciendo la erosión edáfica.

- El manejo integrado de plagas(MIP), que reducen la necesidad de uso de plaguicidas mediante la rotación de cultivos, muestreos periódicos, registros meteorológicos, el uso de variedades resistentes, sincronización de las siembras y control biológico de plagas.
- Los sistemas de manejo para la mejora de la salud vegetal tomando al agroecosistema más diverso en especies y variedades, mejorando la capacidad de los cultivos para resistir el ataque de plagas y enfermedades.
- La implementación de sistemas de producción animal que enfatizan el manejo preventivo de las enfermedades, reduciendo el uso de los confinamientos de grandes masas ganaderas enfatizando el uso de pastoreo rotativo, bajando el costo en cuanto a enfermedades y enfatizan la homeopatía y la fitoterapia.

Diversos sistemas agrícolas alternativos implementados por diferentes agricultores son altamente productivos. Teniendo características típicas comunes entre ellos, como mayor diversidad genética tanto animal como vegetal, la implementación y uso de rotaciones con leguminosas, las integraciones entre animales y vegetales, el reciclaje y uso de residuos de cosecha, estiércol y la eliminación parcial del usos de productos de síntesis químicos.

### **3.3. ABONO VERDES.**

Los abonos verdes son plantas herbáceas de crecimiento rápido que se cortan y se incorporan, en plena floración, en los sitios donde han sido sembrados con la finalidad de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, con una capacidad potencial para fijar el nitrógeno atmosférico en su sistema radicular mediante

la simbiosis que logran realizar con bacterias del genero RHIZOBIUM (Instituto colombiano agropecuario; (ICA).

Para Costa *et al* (1992) citado por Prager *et al* (2012), se refieren al concepto de abonos verdes como aquellas plantas que son sembradas en rotación y/o asocio como un cultivo comercial, que son incorporadas al suelo, con la finalidad de mantener, mejorar o restaurar las propiedades físicas, químicas, y biológicas del suelo.

Según Gilsanz J. (2012), los abonos verdes son plantas que se incorporan al suelo en plena floración con el fin de mejorar la calidad del suelo, haciendo uso de la materia verde y seca de cada una de las especies utilizadas, cumpliendo funciones como: cubrir el suelo, incrementar la materia orgánica y aporte de nitrógeno.

Diferentes autores hacen referencia a un concepto más claro sobre bonos verdes refiriéndose a que son cualquier tipo de planta utilizada en rotación, sucesión, o asociación de cultivos, que, al ser incorporadas al suelo o dejadas sobre la superficie, logran el objetivo de la manutención y mejora de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, inclusive a profundidades significativas.

Un aspecto fundamental que se debe tener en cuenta al escoger una planta como abono verde es la relación carbono/nitrógeno (C/N). Se recomienda el uso de especies cuya relación C/N sea menor de 10, porque son más fácilmente atacadas y transformadas por los microorganismos del suelo. Plantas con relaciones C/N mayores de 30 son más resistentes a la descomposición y por ende, no son apropiadas como abonos verdes. También se usan por sus efectos alelopáticos y como cobertura vegetal para proteger los suelos.

Dentro de las plantas más utilizadas como abono verde generalmente pertenecen a la familia de las leguminosas, gracias a las ventajas que tienen estas de fijar nitrógeno

atmosférico en asociación con bacterias del genero *Rhizobium*, aunque en los últimos tiempos se han investigado y cultivado otras especies con características de crecer más rápido y producir gran cantidad de masa verde y seca, como son algunas gramíneas, crucíferas o compuestas, recomendadas para implementarse en asocio con cultivos de ciclo largo y corto, Alfonso A & Monedero M, (2004).

### **3.3.1. FUNCIONES DE LOS ABONOS VERDES.**

Las funciones de la implementación de los abonos verdes están asociados a los siguientes beneficios de estos:

- **Cobertura y protección del suelo.**

Según el concepto de diferentes autores hacen referencia a la cobertura que general los abonos verdes al suelo. Una práctica súper importantísima para este ya que no permite el contacto directo de los rayos del sol, a la lluvia, a los vientos principales agentes de las degradaciones bajo condiciones tropicales y subtropicales. De igual forma las coberturas al suelo generan materia orgánica aportando una gran diversidad de nutrientes quedando disponibles para otros cultivos, también permitiendo mejorar la infiltración del agua al suelo, manteniendo la humedad del suelo y evitando las erosiones por escorrentía y el viento.

- **Mejorar las condiciones físicas del suelo.**

Según diferentes autores los abonos verdes influyen directamente en las características de los suelos en: la estructura, la densidad, la capacidad de retención de agua, velocidad de infiltración y aireación. Siendo el principal efecto lo hacen sobre la estructura del suelo a través de la agregación de materia orgánica, incidiendo en el aumento de la porosidad y conductividad eléctrica.

- **Aumento y estabilidad de la materia orgánica**

Para Burbano (1998) y Primavesi (1992), si los abonos verdes son utilizados adecuadamente, pueden aumentar la materia orgánica del suelo a las reservas de nitrógeno disponible del suelo, aunque en diferentes ocasiones suelen tener ambos efectos al mismo tiempo. De igual forma la presencia de materia orgánica enriquecen temporalmente de nitrógeno al suelo, permitiendo la producción de sustancias de crecimiento quedando disponible para futuros cultivos.

- **Mejora las condiciones químicas del suelo.**

Los principales efectos químicos esperados por los abonos verdes al suelo son:

- ✓ Incremento del contenido de materia orgánica en el suelo a lo largo de los años por la adición de fitomasa total y de otros organismos.
- ✓ En la incorporación de abonos verdes, no se añade carbono orgánico sino que también se aporta nitrógeno.
- ✓ Abonos verdes son capaces de agregar al suelo entre 30 y 50 toneladas por hectárea de materia orgánica (peso fresco) en cada aplicación agregando al suelo buenas cantidades de nitrógeno.
- ✓ Disminución del lavado de nutrientes y aumento de la disponibilidad en formas asimilables, principalmente el nitrógeno, a través de su adición al suelo mediante la fijación de nitrógeno. Incremento de la capacidad y movilización de nutrientes lixiviados o poco solubles que se encuentran en las capas más profundas y que en

muchas ocasiones no son aprovechadas por cultivos de sistemas radiculares superficiales.

- **Mejora de las características biológica de los suelos.**

Según el concepto de diferentes investigadores dicen que los abonos verdes benefician la actividad biológica, aportando material orgánico al suelo determinando la actividad de los microorganismos así como el montaje de sus poblaciones, constituyendo una fuente de energía para el desarrollo de estos.

- **Control de plagas y enfermedades.**

Con el uso de los abonos verdes se logran controlar principalmente de hongos parásitos. Gracias a la presencia de toxinas en las hojas, vainas, semillas y raíces se logran el control de plantas invasoras, insectos y fitopatógenos presentes en el suelo por ejemplo los nematodos.

- **Control de plantas invasoras.**

Dentro de los controles implementados para el control de las plantas invasoras han sido el establecimiento de especies de rápido crecimiento, agresivas, que no permitan el paso de la luz, evitando así la germinación de otras especies existentes. De igual forma por los efectos de exudación de aleloquímicos que inhiben el crecimiento de otras plantas.

### **3.4. FIJACION SIMBIOTICA DEL NITROGENO.**

El N atmosférico es uno de los elementos presente en el medio ambiente que junto al carbono a diferencia de los demás elementos que no se encuentra disponible para su asimilación por plantas superiores que no poseen los mecanismos para romper el triple

enlace covalente, haciendo más crítico el crecimiento de las plantas. El 80% del aire está compuesto por (N), manifestando que la atmósfera que está sobre una hectárea puede contener alrededor de 6400 kg de nitrógeno (FAO, 1985) & (Donahue *et al*, 1981).

El nitrógeno es el elemento constituyente más abundante de varios compuestos esenciales que intervienen en el funcionamiento de múltiples organismos biológicos (Valles *et al* 2003). La importancia de los estudios del N principalmente en los sistemas orgánicos y convencionales se debe principalmente a que el N toma importancia por su rol en la incidencia en las problemáticas de impacto ambientales, gracias al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados provoca desnitrificación contribuyendo a emisiones terrestres de N<sub>2</sub>O, así como la lixiviación contaminando acuíferos, proceso que favorecen al incremento de las cantidades de fertilizantes minerales nitrogenadas utilizadas en las producciones, por otro lado el N es un elemento de los más dinámicos en el suelo (Acevedo *et al*, 2011).

El nitrógeno se encuentra en la atmósfera de forma natural como gas, siendo la principal fuente primaria de entrada para los ecosistemas, por lo que se convierte en un reservorio no disponible para las plantas, con excepción aquellas que tienen la capacidad de fijarlo, estableciendo simbiosis con ciertas especies de bacterias capaces de almacenar y dejar disponible el nitrógeno en el suelo para otras especies (Donahue *et al*, 1981)

El proceso de la fijación de nitrógeno al suelo es complejo envolviendo una variedad de microorganismos, microfauna del suelo, plantas y animales, representando una entrada del ciclo terrestre del N para los ecosistemas áridos. Una de las familias de plantas más reconocidas como fijadoras de N son las fabáceas, presentando una simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* o *Bradyrhizobium*, formando nódulos nitrificantes (Celaya & Castellanos, 2011).



### 3.5. EL CICLO DEL NITROGENO.

El ciclo del nitrógeno es quizás uno de los más complicados, ya que el nitrógeno encontrándose en varias formas, los cuales se llevan a cabo en él, una serie de procesos químicos en los que el nitrógeno es tomado del aire y es modificado para finalmente ser devuelto a la atmósfera. El nitrógeno ( $N_2$ ) es el elemento que se encuentran en forma libre (estado gaseosa) y en mayor abundancia en la atmósfera (78%). Se coloca entre los principales elementos biogeoquímicos; sin embargo, es tan estable, que apenas se combina con otros elementos y por tanto es difícil que los organismos lo asimilan, ya que primero necesitan desdoblarlo y emplearlo en las síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, (ADN & ARN) y otras moléculas fundamentales en el metabolismo.

Las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden ser las que viven libres en el suelo o aquellas que en simbiosis, formando nódulos como las raíces de ciertas plantas (Leguminosas) para fijar el nitrógeno, destacando las del género *Rhizobium* o *Azotbacter*, las cuales también actúan libremente.

Otro grupo son las cianobacterias acuáticas (Algas verde – azuladas) y las bacterias quimiosintéticas, tales como las del género *Nitrosomas* y *Nitrosococcus*, que juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento, al transformar el amonio en nitrito, mientras que el género *Nitrobacter* continúa con la oxidación de nitrito ( $NO_2$ ) a nitrato ( $NO_3$ ), el cual queda disponible para ser absorbido o disuelto por el agua, pasando así a otros ecosistemas.

La fijación de nitrógeno cumple un papel importante en la producción de cultivos ya que los agricultores dejan “descansar” sus tierras después de cierto número de cultivos. Siendo esta una vieja práctica que da oportunidad para que las bacterias nitrificantes

transformen el nitrógeno atmosférico en compuesto en nitrógenos aprovechables por las plantas.

### **3.5.1. Fases del ciclo del nitrógeno.**

El ciclo del nitrógeno tiene cinco etapas, de las cuales solo la asimilación no es realizada por las bacterias.

#### **1. Fijación.**

La fijación biológica del nitrógeno consiste en la incorporación del nitrógeno atmosférico, a las plantas, gracias algunos microorganismos, principalmente por bacterias y cianobacterias que se encuentran presentes en el suelo y en ambientes acuáticos. Esta fijación se da por medio de la conversión de nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ) en amoníaco ( $NH_3$ ) o nitratos ( $NO_3^-$ ) haciendo uso de la enzima nitrogenasa para realizar la descomposición del nitrógeno.

#### **2. Nitrificación o mineralización.**

Esta fase es realizada en dos pasos por diferentes bacterias: primero, las bacterias del suelo *Nitrosomonas* y *Nitrococcus* convierten el amonio en nitrito ( $NO_2^-$ ), luego la bacteria del suelo; *Nitrobacter*, oxida el nitrito en nitrato. La nitrificación entrega energía a las bacterias.

#### **3. Asimilación.**

La asimilación ocurre cuando las plantas adsorben a través de sus raíces, nitrato ( $NO_3^-$ ) o amoníaco ( $NH_3$ ), elementos formados por la fijación de nitrógeno o por la nitrificación. Luego las moléculas son incorporadas tanto a las proteínas, como a los ácidos nucleicos de las plantas.

#### **4. Amonificación.**

Los compuestos proteicos y otros similares, que son los constitutivos en mayor medida de la materia nitrogenada aportada al suelo, son de poco valor para las plantas cuando se añaden de manera directa. Así, cuando los organismos producen desechos que contienen nitrógeno como la orina (urea), los desechos de las aves (ácido úrico), así como los organismos muertos lo cuales son descompuestos por bacterias presentes en el suelo y en el agua, liberando el nitrógeno al medio, bajo la forma de amonio ( $\text{NH}_3$ ).

#### **5. Inmovilización.**

Es el proceso contrario a la mineralización, por medio el cual las formas inorgánicas ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) son convertidas a nitrógeno orgánico y, por tanto, no son asimilables.

#### **6. Desnitrificación.**

La reducción de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$ ), y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), se llama desnitrificación y es llevado a cabo por las bacterias desnitrificadoras que revierten la acción de las fijadoras de nitrógeno, regresando el nitrógeno a la atmosfera en forma gaseosa.

### **3.6. IMPORTANCIA DE LAS LEGUMINOSAS COMO ABONOS VERDES**

Las leguminosas dentro de los agro-ecosistemas son de gran importancia ya que proveen proteína tanto para el consumo animal y humano, reducen requerimiento de Nitrógeno (N) químico, proveen N en rotación, asociación y cobertura, mejoran la calidad del suelos, contribuyen a la recuperación de suelos ácidos, mejoran el ciclo del P, mejoran el control de plagas, controlan malezas (coberturas), y mejoran la captura Carbono(C). (Sánchez de P *et al.* 2010).

Según estudios realizados en países como Ecuador, se han encontrado que rendimientos obteniendo por las leguminosas y otros cultivos eran bajos debido a factores bióticos, y abióticos, y a los suelos pobres en N. De igual forma se dieron cuenta que existían dos maneras de incrementar los rendimientos, la primera es mediante una fertilización nitrogenada química y la segunda es mediante la alternativa biológica; pero descartaron la primera opción debido a que la fertilización química genera contaminación principalmente de los recursos agua y suelo, por lo que optaron por la alternativa biológica a través del uso de bacteria del género *Rhizobium* (fijadoras de nitrógeno en simbiosis con las raíz de la leguminosas), debido a que es una estrategia favorable que logra contribuir al incremento del rendimiento de las leguminosas destinadas para el consumo humano y animal y que contribuye a la conservación de los recursos naturales a través del uso de las leguminosas como un componente esencial para el aporte de N al suelos y al mejoramiento de la fertilidad del suelo (Bernal et al. 2003).

### **3.7. SELECCIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE LEGUMINOSAS COMO ABONOS VERDES**

Cuando se opta por aplicar prácticas con abonos verdes en producciones agroecológicas, hay que tener algunas consideraciones en cuenta al momento de seleccionar las plantas a utilizar como abonos verdes, según Prager et al. (2001) son:

- Que las plantas que se seleccionen estén adaptadas a las condiciones edafoclimáticas donde se van a sembrar.
- De ciclo corto y alta adaptación que permita que rápidamente cubran el suelo con abundante biomasa que impida el desarrollo de arvenses, conserve la humedad y proteja el suelo contra la erosión, entre otras cualidades ligadas.

- Es importante tener en cuenta el cultivo anterior y posterior a establecer y el estado de fertilidad de suelo. Así los abonos verdes pueden tornarse complementarios en múltiples propósitos.
- Como lo expresan Prager *et al.* 2001: “los abonos verdes durante los primeros años tendrán que adaptarse a los sistemas agrícolas ya existentes y no al contrario”

Inicialmente los abonos verdes se establecen como coberturas vegetales, se mantienen durante un lapso de tiempo y posteriormente se incorpora su biomasa en los primeros centímetros del suelo, generalmente *in situ*. Antes de la siembra, es necesario tomar decisiones con respecto a la preparación o no del terreno, debido a que una vez transcurra esta primera adecuación, se aspira que las raíces de los abonos verdes y cultivos se encarguen de esta labor en los períodos siguientes.

Para la planificación de siembra y corte, se tiene en cuenta si el agricultor lo considera o no como parte de la dieta alimentaria propia y de sus animales. En caso de no requerir las semillas, el corte del abono verde se hace generalmente, en floración, en busca de aunar a la producción de biomasa, la relación C/N que influye en su tasa de mineralización y, además, aprovechar el incremento de hormonas y promotores de crecimiento que acompaña esta etapa fenológica, los cuales se van a incorporar al suelo y van a tener efectos notorios sobre el cultivo y/o los cultivos principales (Birbaumer *et al.* 2000, Gómez y Sánchez de P 2000, Sánchez de P y Prager 2001).

En el caso de las leguminosas, la biomasa se incorpora, preferiblemente, en estado fenológico de prefloración ya que es ahí cuando se obtiene la mayor cantidad de N<sub>2</sub> fijado y acumulado en su biomasa como compuestos orgánicos. Según, Bunch (2003), algunos campesinos latinoamericanos, incorporan los abonos verdes bastante

después de la floración, e inclusive cuando el tejido vegetal está maduro. Una vez se realice el cortado de los abonos verdes, cuando se va a efectuar rotación, varios autores recomiendan que dejarlo sobre el suelo por dos o tres semanas, aportando las ventajas comparativas propias de su presencia y que se inicie su degradación, en forma tal que se asegure un aporte previo de nutrientes al nuevo cultivo.

### 3.8. ESPECIES DE MÁS AMPLIO USO COMO ABONO VERDE

Agricultores de varios países del mundo, en especial de países tropicales, han utilizado numerosas especies vegetales como abonos verdes, y, la investigación científica ha permitido explicar sus efectos desde diferentes perspectivas: contribución al suelo, los rendimientos del cultivo, la sanidad, lo ambiental, entre otras. La Tabla 1, resume las especies más usadas como abono verde a nivel mundial.

**Tabla 1.** Especies de más amplio uso como abono verde y sus efectos benéficos para los cultivos.

Espece	Nombre común	Control lixiviación de Nitrógeno	Fijación de N <sub>2</sub>	Efecto herbicida	Efecto antipatógeno	Aporte de Materia orgánica
<i>Avena sativa</i>	Avena blanca	+		+		++
<i>Lolium multiflorum</i>	Raygrass	+		+		+
<i>Secale cereale</i>	Centeno	+		++		++
<i>Sesbania cannabina</i>	sesbania	+	+	+	+	+
<i>Mucuna pruriens</i>	Frijol terciopelo, mucuna	++	++	++	++	+
<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalaria	+	+	+	+	+
<i>Trifolium subterraneum</i>	Trébol subterráneo	+	+	+		+
<i>Trifolium pratense</i>	Trébol blanco	+	+	+		+

<i>Vicia villosa</i>	Arvejilla	+	+	+		+
<i>Vigna sinensis</i>	Caupí	+	++	+	+	+
<i>Vicia faba</i>	Haba	+	+	+		+
<i>Raphanus sativus</i>	Rabano forrajero	+		+	+	++
<i>Cajanus cajan</i>	Guandul	+	++	+	+	+
<i>Canavalia ensiformes</i>	Canavalia	+	++	+	+	++
<i>Lupinus mutabilis</i>	Tarhui, Chocho o Lupino	++	+++	+	+	++

Adaptado de: Catizone y Meriggi 1994, Bunch 1994. (†) Efecto medio, (††) efecto alto y (†††) efecto muy alto. Modificado por el autor.

Dentro de las características que los campesinos han tenido en cuenta para la selección de los abonos verdes, es que estas sean especies o variedades precoces que produzcan muchas hojas y poco tallo para que estos se descompongan rápidamente después que se haya realizado la incorporación al suelo. Pero cuando se emplean especies para la incorporación se deben seleccionar especies de portes arbustivos bajos. Dentro de estas especies se pueden citar algunas como el frijol terciopelo (*Mucuna Pruriens var. Utilis*), Canavalia (*Canavalia ensiformis*), Crotalaria (*Cotalaria juncea*), lupinu o chocho (*Lupinus mutabilis*), etc.

Ángel et al. 1988. Registra en sus estudios realizados en bonos verdes en el sistemas de producción de maíz – leguminosa que las plantaciones de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) pueden llegar a fijar hasta 240 kg N total.ha<sup>-1</sup>, y puede producir entre 40-50 t/ha de material verde, además es una especie albergadora de insectos benéficos que contribuyen al control de plagas, mejorando las condiciones sanitarias del cultivo principal durante todo el año. La canavalia está considerada por Alemán et al.1993, entre otro autores como una especie menos agresiva que el frijol terciopelo, pero que es apta para condiciones extremas de sequía, pobreza de material orgánico y acidez en los suelos y sombrío, por ello, se

recomienda en suelos marginales. De igual forma Bunch (1994), registra que puede esta especie se puede cultivar en asocio con maíz, yuca, sorgo, tomate, ají, entre otros cultivos.

Según (Gutierrez 1988) la *Crotalaria* (*Crotalaria juncea*) es un abono verde que además de producir gran cantidad de biomasa de 70 t/ha de material verde, en rotaciones con sorgo, maíz, arroz, algodón y caña de azúcar, incrementa los rendimientos de estos cultivos en 40%. Dichos resultados obtenido por la *Crotalaria* se deben a que es una especie tolerante a sequias, nematocida etc. De igual manera (Suárez y Gómez 1975) especifican que el Guandul frijol de año (*Cajanus cajan*), es una especie que se caracteriza por ser multipropósito, que se adapta a suelos altamente degradados y muy pobres, además es una fuente de alimentos tanto para animal como para el ser humano sustituyendo en muchos de los casos la arveja, esta especie se ha estudiado como abono verdes en rotación con cultivos de piña, caña de azúcar, maíz, y en Colombia se ha establecido entre los cafetales.

En Colombia, durante los últimos años se han desarrollado diversos proyectos que están encaminados hacia identificar asociaciones como fuente de aporte de materia orgánica en suelos con baja fertilidad. Finalizando la década de 1980, el departamento de Boyacá se desarrolló un proyecto de cooperación colombo-alemán, entre la corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez (CAR) y la entidad de cooperación estatal alemana GTZ, el cual recibió el nombre de proyecto Checua. Uno de los programas del proyecto se encaminó hacia prácticas de manejo y conservación del suelo, siendo una de ellas el uso de coberturas vegetales y abonos verdes (Ángel 1988, Birbaumer *et al.* 2000).

Otro de los estudios realizados en Colombia son los realizados por Sanclemente y Prager (2009), quienes evaluaron el efecto de *mucuna pruriens* como abono verde y cobertura, sobre algunas propiedades físicas del suelo y sus pérdidas por



erosión en suelos de ladera predominante de la zona de Palmira (Valle del Cauca).donde encontraron incrementos en el suelo de 201 kgN.ha-1 donde se estableció la *Mucuna pruriens*, en comparación con los tratamientos donde se estableció el testigo. Estos resultados se midieron en cuanto a la correlación medida de grano seco de maíz, los cuales fueron de 6.5 t. ha-1, 4.8 t.ha-1 y 4.1 t.ha-1, para el mulch, abono verde y el testigo. Resultados similares presentaron Diels *et al.* (2006) con el estudio de la mucuna.

Estos y otros estudios realizados actualmente en Colombia implementados para medir el potencial de los abonos verdes como recuperadores de suelos degradados o mal manejados durante años han demostrado que son una alternativa agroecológica para ayudar al mejoramiento físico y biológico de los suelos. Actualmente se, adelantan investigaciones con el fin de validar el potencial de los abonos verdes como una tecnología para el mejoramiento de algunas de las propiedades de los suelos de las diferentes regiones de Colombia, que permitan de paso a la mitigación del cambio climático a través de los beneficios multifuncionales que tienen los abonos verdes.

### **3.9. EL FRIJOL LUPINO**

#### **3.9.1. CLASIFICACION TAXONOMICA**

El lupino, chocho o tarwi es conocido en diferentes países andinos. En Bolivia es conocido como (tauri), en Perú como (tarhui, lupinu), en Ecuador como (chocho, chochito) y en Colombia como (chocho, lupino). Además de estos nombres comunes se dice que el lupino el norte de sur América se conoce al *Lupinus mutabilis* como “chocho”, mientras que en el sur se le denomina “Lupino”, la clasificación taxonómica se enuncia en la Tabla 2.

Tabla 2: clasificación taxonómica del *lupinus mutabilis*

Reino	Vegetal
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	
Orden	Fabácea
Familia	Leguminosae
Genero	Lupinus
Especie	Mutabilis
Nombre científico	<i>lupinus mutabilis</i>
Nombre común	Chocho, tahuri, lupino

Fuente: GROOSS, R. “El cultivo y la utilización del Lupinu, *Lupinus mutabilis*”, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación, Roma-Italia, 1982, p: 12. Modificado por: Investigador

### 3.9.2. ORIGEN DEL GENERO LUPINUS.

El *Lupinus mutabilis* es originario de los Andes, sin embargo, no se conoce a ciencia cierta el verdadero origen de dicho cultivo. Es la única especie americana del género *Lupinus* domesticada y cultivada como una leguminosa (Blanco, 1982). La semilla del *lupinus mutabilis* se ha mantenido de forma tradicional en países como Ecuador, Perú y Bolivia, aunque en la actualidad se han efectuado introducciones en países como Venezuela, Colombia, Chile, Argentina, México y en algunos países de Europa, donde se han obtenido buenos resultados (Junovich, A. 2003). Recientemente, el interés por el chocho como fuente de alimento ha aumentado en Europa debido a su alta calidad nutritiva, por ser una fuente valiosa de proteínas y grasa, con contenidos de 14 a 24% y de 41 a 51% respectivamente (Gross et al. 1988).

El *lupinus mutabilis* se cultiva principalmente entre los 2000 a 3800 m.s.n.m., en climas templado-fríos, tiene un gran potencial no solo para la alimentación humana, sino también para la alimentación de animales. Sin embargo, varias características desfavorables han obstaculizado su cultivo, en particular su crecimiento indeterminado y alto contenido de alcaloides. Según (Jacobsen, 2002), estima que el área total del cultivo de *lupinus mutabilis* en los Andes alcanza las 10.000 ha.

### **3.9.3. DESCRIPCION BOTANICA**

#### **RAICES Y NODULOS.**

La raíz es pivotante y robusta. Las raíces pueden alcanzar una profundidad de 2 m a 3m, las raíces realizan un proceso de simbiosis con bacterias nitrificantes que forman nódulos de tamaños (1 a 3cm), que se encargan de la fijación del nitrógeno atmosférico a la planta ( Meza, 1974).

Según Burkart (1952) el *lupinus mutabilis*, pertenece al orden las Fabáceas las cuales viven en simbiosis con bacterias fijadoras del nitrógeno libre en la atmósfera. Las bacterias se alojan en nódulos en las raíces y pertenecen, en su mayoría, al género *Rhizobium*, bastoncitos ciliados aerobios, que se alimentan de las sustancias azucaradas cedidas por la planta y son capaces de fijar químicamente el N<sub>2</sub> atmosférico formando con él moléculas orgánicas que brindan a la planta, ya que ésta (como todas las plantas superiores) es incapaz de fijar el nitrógeno libre por sí misma. Debido a esta simbiosis las Leguminosas juegan un importante papel en el ciclo del Nitrógeno en la Tierra

#### **TALLOS Y RAMIFICACIONES**

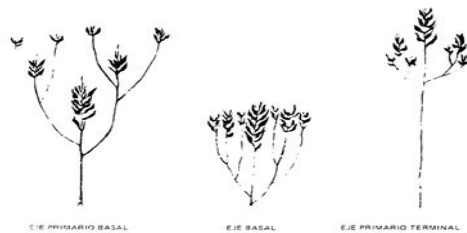
El tallo es semileñoso, cilíndrico; su interior está formado por un tejido esponjoso con bastantes ramificaciones, cuya altura dependiendo del ecotipo oscila entre 50 cm y 280 cm de alto. El color del tallo varía de verde a gris castaño, según el grado de tejido leñoso, si el contenido de antocianina de la planta es alto, el color verde de la clorofila queda cubierto por un intenso azul – rojizo. (Tapia, 1996; Pijnenborg, 1998).

Según el tipo de ramificaciones, la planta puede ser de eje central predominante, con ramas desde la mitad de la planta, tipo candelabro, o ramas terminales; o de una ramificación desde la base con inflorescencia a la misma altura (Figura 1). El número de ramas varía desde unas pocas hasta 52 ramas (Blanco, 1982) citado por Tapia E. (2000). El número de vainas y de ramas fructíferas tiene correlación positiva con una alta producción (Ticona, 1975) citado por Tapia E. (2000).

## HOJAS

Las hojas del Lupinu son de forma digitada, compuestas, pecioladas de 5 o más folíolos que varían entre ovalados a lanceolados. En la base del pecíolo existen pequeñas hojas estipulares, muchas veces rudimentarias. Se diferencia de otras especies *de Lupinus* en que las hojas tienen menos vellosidades. El color puede variar de amarillo verdoso a verde oscuro, dependiendo del contenido de antocianina (Gross, 1982; citado por Tapia E. 2000).

**Figura 1: Ramificación del lupino (*Lupinus mutabilis*)**

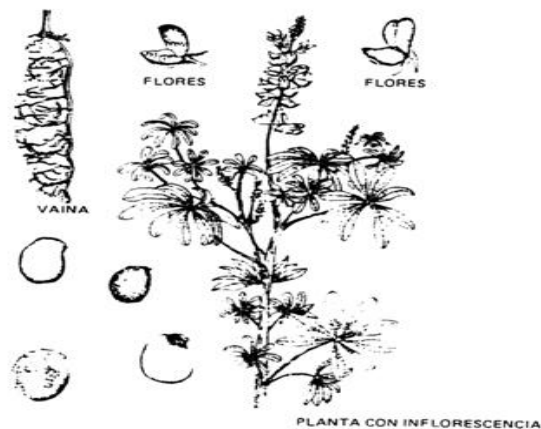


Fuente: Gross, 1982; Citado por Tapia E. (2000)

## LA INFLORESCENCIA

La inflorescencia es un racimo terminal con flores dispuestas en forma verticilada. Donde cada flor mide alrededor de 1,2cm de longitud y tiene forma típica de las papilionáceas, conteniendo en su corola cinco pétalos, uno en el estandarte, dos la quilla y dos las alas. La quilla envuelve al pistilo y a los diez estambres. En una planta de lupino se logran llegar más de mil flores, cuyos pétalos varían desde el blanco, crema, azul, hasta el color púrpura (Figura 2).

Figura 2: planta de lupino con inflorescencia (*Lupinus mutabilis*)



Fuente: Leon, 1964. Citado por Tapia E. (2000)

Para Caicedo y Peralta (2001) el lupino es una especie autógama y de polinización cruzada, logrando un alcance del 40% de alogamia; según las condiciones ecológicas donde se encuentra la planta.

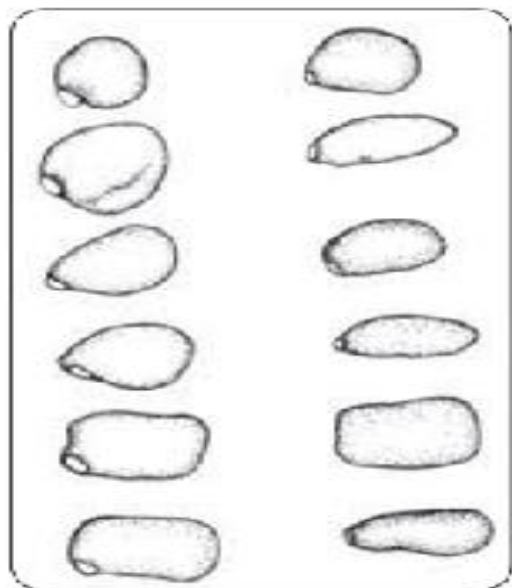
## FRUTOS Y SEMILLAS

Las semillas del lupino están incluidas en una vaina alargada de 5 a 12 cm y varían de forma (redonda, ovalada a casi cuadrangular), miden entre 0,5 a 1,5 cm, en cada una

de las vainas se pueden encontrar 3 a 5 granos. Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas. La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad. La semilla está recubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total (Palacios et al 2004). Los colores del grano va desde un blanco puro, amarillo, gris, pardo, castaño, marrón y colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado (Gross, 1982) citado por Tapia E. (2000), (Caicedo y Peralta 2000).

El color de la semilla del lupino es muy variable: blanco, gris, baya, marrón, negro e incluso de color marmoleado. Algunas semillas blancas tienen una pinta de otro color que pueden tener forma de ceja, bigote, creciente o media luna, hasta punteada. La forma de las semillas es elipsoidal, lenticular, algunas redondeadas y otras más bien con bordes más definidos en forma semicuada (Figura 3).

**Figura 3: Formas del grano de lupino**



Tomado de: guía de campo de los cultivos andino. Pp 99.

### **3.9.4. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO**

#### **CLIMA**

El fríjol lupino se cultiva en áreas moderadamente frías, aunque existen cultivos hasta los 3800 m, a orillas del lago Titicaca (Entre Perú y Bolivia), donde es frecuente la presencia de heladas. Durante la formación de granos, después de la primera y segunda floración, el lupino es tolerante a las heladas. Al inicio de la ramificación es algo tolerante, pero susceptible durante la fase de formación del eje floral. Los requerimientos de humedad son variables dependiendo de los ecotipos; sin embargo, y debido a que el lupino se cultiva sobre todo bajo secano, oscilan entre 400 a 800 mm. La planta es susceptible a sequías durante la formación de flores y frutos, afectando seriamente la producción (Gross y von Baer, 1981; citado por Tapia E. 2000).

#### **SUELO**

Mucho se ha indicado que el lupino es propio de suelos pobres y marginales. Como cualquier cultivo, sus rendimientos dependen del suelo en que se le cultive. Cuando existe una apropiada humedad, el lupino se desarrolla mejor en suelos francos a francos arenosos; requiere además un balance adecuado de nutrientes. No necesita elevados niveles de nitrógeno, pero sí la presencia de fósforo y potasio. Lo que no resiste el lupino son los suelos pesados y donde se puede acumular humedad en exceso.

En algunos campos se ha notado la presencia de plantas cloróticas (de color verde muy pálido a amarillo), lo que se ha atribuido a varias razones: puede ser un daño mecánico en la etapa muy temprana de la planta o una deficiencia de minerales, como magnesio y manganeso. Se ha mencionado en muchas oportunidades que el

lupino desmejora el suelo, "lo deja muy pobre". Esta creencia popular puede tener su origen en la aparente extracción de cantidades significativas de fósforo, dejando el suelo pobre en este elemento para el siguiente cultivo, condición que se puede subsanar con aplicaciones de roca fosfórica donde los niveles sean críticos.

## **DENSIDAD DE SIEMBRA**

La práctica tradicional de cultivo consiste en sembrar con laboreo mínimo sobre todo en suelos delgados y zonas altas. La densidad de siembra óptima a 0.70 m entre surcos, 0.30 m entre plantas y tres semillas por sitio, usando 80 kg/ha de semilla (Mujica, 1994), seleccionada y desinfectada contra *Cercospora acutatum* que produce antracnosis en la planta (Talhinhas *et al*, 2002), citado por Proaño A (2011).

### **3.9.5. ETAPAS FENOLÓGICAS**

Las etapas fenológicas y sus definiciones son aquellas que determinan los diferentes estados vegetativos de la planta desde la siembra hasta la cosecha. Según Gross (1982), citado por Rivadeneira (1999) y FAO (1990), son las siguientes:

1. Emergencia: Cuando los cotiledones emergen del suelo.
2. Cotiledonar: Los cotiledones empiezan a abrirse en forma horizontal a ambos lados, aparecen los primeros foliolos enrollados en el eje central.
3. Primer nudo: cuando cuenta con una altura de 10 cm aproximadamente.
4. Segundo nudo: cuando tiene una altura de los 16,5 cm.
5. Tercer nudo: cuando cuenta con una altura de 25 cm.



6. Cuarto nudo: cuando tiene altura de 32 cm.
7. Quinto nudo: cuando tiene una altura de 40,5 cm.
8. Sexto nudo: cuando su altura está en 52 cm.
9. Séptimo nudo: cuando tiene una altura de 60,5 cm.
10. Octavo nudo: cuando tiene una altura de 65 cm.
11. Noveno nudo: cuando tiene una altura de 72,5 cm.
12. Estado reproductivo: es considerado este estado, desde el inicio de la floración hasta la maduración completa de la planta.
13. Floración inicial: iniciación de apertura de las flores.
14. Pleno desarrollo: vainas de 2 cm de longitud.
15. Llenado completo de vainas: tiene el grano en las vainas del eje principal.
16. Madurez completa: cuando el eje llega al 95% de la maduración completa.

### **3.9.6. USOS COMO ABONO VERDE**

Desde el punto de vista agro ecológico, el chocho acumula grandes cantidades de nitrógeno, entre 400 y 900 kg/ha, provenientes en su mayor parte de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico. Además, el requerimiento de fósforo en el cultivo está entre 30 y 60 Kg/ha, lo que refleja una alta eficiencia para tomar nutrientes en suelos que tienen baja capacidad de abas tecimiento de estos minerales” (Peralta, E., Caicedo, C. 2000).

Se ha demostrado que el lupino es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100kg/ha aproximadamente, restituyendo la fertilidad del suelo donde se cultiva (Mujica 1977). Usado de igual forma como abono verde,

contribuyendo al mejoramiento de la estructura del suelo e incrementando tanto los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo que hace que el suelo sea rico en nutrientes (Acuña, 2001). Según Proponzo et al, (1989), el lupino, al igual que otras leguminosas es capaz de fijar su propio nitrógeno, constituyendo un abono verde excelente, el cual es capaz de fijar de 400 kg, de nitrógeno por hectárea.

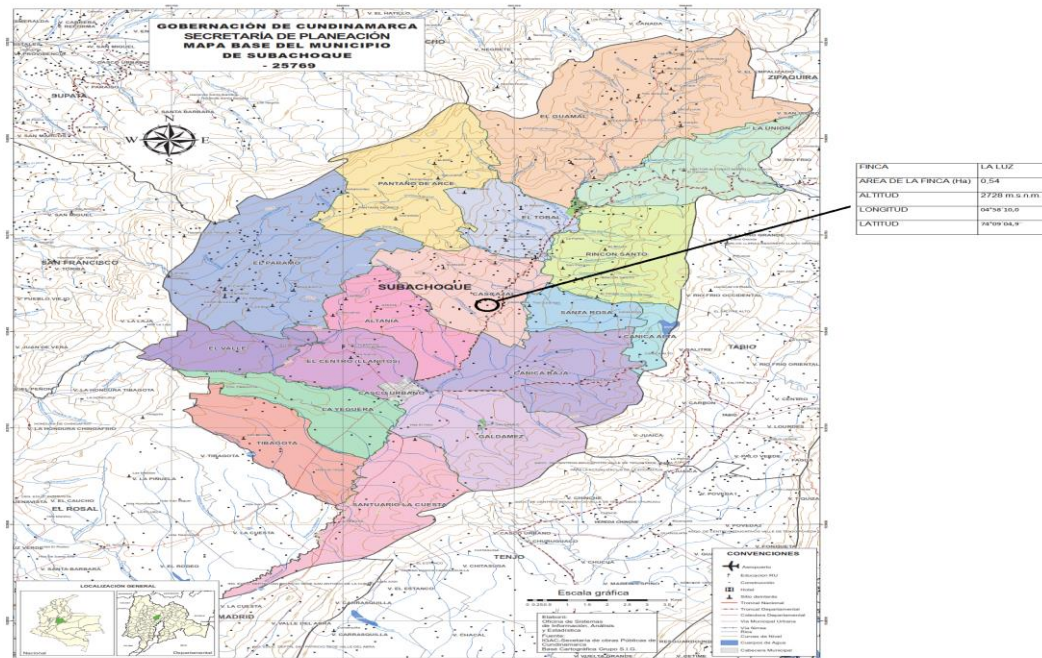
Según, Sarabia, M. en estudio realizados en Bolivia con *Lupinus mutabilis* como abono verde para la incorporación al suelo y para el control del nematodo de la papa como una estrategia de control biológico, concluyó que la incorporación de lupino influyó positivamente en el rendimiento de la papa medido en (tn/ha) y de forma negativa en el número promedio de nódulos por planta. De igual forma notó que hubo una disminución significativa de los nemátodos en el cultivo de papa debido a presencia de alcaloides en la planta de lupino que controlan estos parásitos de la papa.

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se realizó en la finca la Luz, (figura 4), ubicada en la vereda CASCAJAL perteneciente al municipio de Subachoque Cundinamarca. La finca se encuentra a 2728snm, con una temperatura promedio de 13°C y con una precipitación anual entre los 500 y 1000 mm. El proyecto de investigación se realizó entre el mes de marzo y el mes de Septiembre del 2014.

Figura 4: ubicación geográfica del lugar de estudio.



Tomada de: [http://www.subachoque-cundinamarca.gov.co/mapas\\_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1833792](http://www.subachoque-cundinamarca.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1833792)

La finca la Luz se encuentra en la zona de vida según la clasificación de Holdridge Bosque seco montano bajo (bs-MB). Posee suelo franco arcilloso (FA), además la pendiente mínima del terreno es de un 30% y la pendiente máxima de 38%, la profundidad efectiva del suelo supera los 60 cm. Dentro de los sistemas productivos que actualmente se han implementado en la finca son principalmente papa (*Solanum tuberosum*), haba (*vicia faba L*), maíz (*Zea maíz*).

## 4.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

La especie *lupinus mutabilis* se sembró como abono verde en 3 parcelas con un solo tratamiento. Al momento de la siembra se realizó labranza mínima en el lugar donde se establecieron las semillas, de igual manera se realizaron controles de arvenses cada vez que lo requirió el cultivo. Al cultivo no se le aplicó ningún tipo de abono de origen orgánico ni de síntesis química ni al momento de la siembra ni durante su ciclo vegetativo.

El área de las parcelas fue de 12 m<sup>2</sup> (3m x 4m), de cada una de las parcelas no se tuvo en cuenta los surcos del borde y 70 cm de cada uno de los extremos con finalidad de obtener la semillas y evitando el efecto de borde. La distancia de siembra empleada para la especie se calculó con ayuda de la ecuación.

**Número de plantas= (Área / D. Surco \* D. Entre planta)\* semillas por sitio**

Tabla 3: Distancia de siembra y densidad de población utilizadas.

Especie	Densidades			Densidad de población	
	Ds	Dp	S/s		
<i>Lupinus spp</i>	0.70 m	0.30m	3	14.28 plt/m <sup>2</sup>	142857 plt/ha

**Ds:** Distancia entre surco. **Dp:** distancia entre sitios. **S/s:** semillas por sitio.

Fuente, el autor.

#### 4.3. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL OBJETIVO 1.

En cada parcela se tomaron 5 muestras (plantas) completamente al azar para realizar las mediciones de altura de las plantas hasta el momento de floración, el número de nódulos activos e inactivos y el % de nitrógeno en materia seca.

Para determinar las características agronómicas del cultivo se realizó de la siguiente manera: Se tomaran datos cada 15 días con el fin de recopilar la información, en cuanto a:

**% de germinación:** A partir del número de semillas utilizadas en 12 Mts<sup>2</sup> se cuantificaron el número de plantas germinadas a los 8 días y a los 15 días. Como se mencionó anteriormente se plantaron 3 semillas cada 0,30 entre planta a planta y 0,70 entre surco, esto nos permitió medir si las 3 semillas plantadas germinan o cuantas de estas emergían. Para el cálculo del porcentaje de germinación se utilizó la siguiente ecuación.

$$\% \text{ emergencia} = \frac{\text{Nro. Plantas prendidas.}}{\text{Nro. Plantas sembradas.}} * 100$$

**Altura de la planta en (cm<sup>2</sup>):** Para desarrollar esta medición se realizó cada 15 días a partir de haber obtenido la totalidad de las plantas germinadas, a 5 plantas de cada una de las parcelas, es importante aclarar que las plantas que se midieron fueron las mismas, con el fin que permitiera llevar un control de estas 5. Las mediciones se realizaron con ayuda de un metro, cada medición se realizó desde la base de la planta hasta el ápice de la última hoja.

**Presencia de plagas y enfermedades:** se tuvo en cuenta la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo con el fin de identificar si era atacado por plagas que se describen en la literatura o al contrario por insectos de otros cultivos.

**La duración del ciclo vegetativo:** se llevó una bitácora de campo en la que se registró la fecha de siembra y a partir de esta se contabilizó cuantos días tardó la germinación de las plántulas de *lupino*, tiempo en generar las primeras hojas verdaderas, inicio de ramificación, y contabilizar los días al inicio de la floración y formación de vainas. Es importante recalcar que durante la investigación no se realizó la medición en cuanto a días de madurez fisiológica del cultivo debido a la recomendación técnica de incorporar

los abonos verdes en el momento de plena floración cuando su contenido de N es el más alto.

**Numero de nódulos por planta:** Se tomaron el sistema radicular de las 5 plantas de cada una de las parcelas de *lupino*, que se midieron desde de la germinación total hasta el momento de floración.

Para extraer el sistema radicular de las 5 plantas, se realizó con el mayor cuidado haciendo uso de un palín para evitar el daño del sistema radicular, luego se lavaron las muestras con abundante agua potable para retirar la tierra que estaba sujeta a la raíz. Después se procedió al conteo del número de nódulos por planta en el laboratorio de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Para determinar si el nódulo se encontraba biológicamente activo o inactivo en la raíz se realizó el siguiente procedimiento. Se tomaron todos los nódulos de la raíz del *lupino*, luego se les realizó un corte transversal que permitiera previamente observarlos ante el estereoscopio. Si la fijación de nitrógeno era efectiva se observarían de color rosado o rojo, y en algunos casos se observan de color pardo a grisáceo (Canpusano *et al* (1985))

#### **4.4. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL OBJETIVO 2.**

##### **4.4.1. VARIABLES INDEPENDIENTES O TRATAMIENTOS.**

Las siguientes fueron las variables empleadas para analizar los aportes del Lupino como abono verde una vez incorporado al suelo:

**Cuantificación de materia verde.** La producción de biomasa fresca se cuantificó al momento del corte con un 30% del total de cada una de las parcelas (en época de floración e inicio de formación de vainas del cultivo). La medición se realizó cuando el cultivo contenía un 70% del total florecido. Las plantas fueron cortadas a ras de suelo

con ayuda de unas tijeras para podar, luego fueron pesadas en una pesa en kilogramos. El sistema radicular no se tuvo en cuenta al momento del peso.

**Obtención de materia seca.** Se determinó sobre el 30% de la población total de cada una de las parcelas, las muestras se pesaron una vez realizado el corte en campo, se contaron en trozos de 25cm de largos sobre un plástico con el fin de evitar perder parte del material. Luego fueron sometidas a una temperatura constante de 80°C, durante 24 horas en una estufa. Una vez transcurrida las 24 horas de secado se pesaron las muestras de cada una de las parcela usando una balanza electrónica, se registró el peso que tenían en ese instante cada muestra, luego nuevamente fueron sometidas a la misma temperatura durante 45 minutos, se volvieron a pesar con la finalidad de identificar si el peso registrado durante la primer medición sigue siendo el mismo después de los 45 minutos.

**Cuantificación de porcentaje seco.** Se implementaron las siguientes Ecuaciones.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Gramos muestra humedad} - \text{Gramos muestra seca}}{\text{Gramos muestra humedad}} * 100$$

Gramos muestra humedad

$$\% \text{ Peso seco} = 100\% - \% \text{ Humedad.}$$

#### **Contenido de nitrógeno en tejido vegetal:**

% de nitrógeno las muestras fueron tomadas de las 5 plantas que se habían medido durante todo el tiempo de evaluación en cada parcela, para un total de 15 muestras que fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, donde a partir del Método kjeldahl determinaron el % de Nitrógeno por cada muestra.

#### **4.5. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL OBJETIVO 3.**

La entrevista aplicada a los 6 agricultores pertenecientes a la Asociación Red Agroecológica campesina (ARAC). Constó de una entrevista semi estructurada que

permitió recoger los temas de importancia sobre el cultivo. Fue aplicada a dos mujeres entre los 30 y 50 años de edad, de igual forma se entrevistaron a 5 hombres entre los 35 y 55 años de edad, principalmente 6 son propietarios de sus terrenos y uno tiene en arriendo el predio donde ha cultivado esta especie, todos son agricultores en transición agroecológica. Los agricultores participes de la entrevista fueron aquellos que conocieron las tres parcelas establecidas en la finca la luz, y que durante su trabajo de transición agroecológica han encontrado lupino en sus predios. La muestra utilizada para realizar dicha investigación fue representativa frente al número total de los agricultores pertenecientes al ARAC.

La entrevista elaborada e implementada constó de 10 preguntas en total estipuladas en el siguiente orden: ¿Qué sabe usted sobre el chocho?; ¿Cómo y cuándo identificó usted el chocho como abono verde?; ¿ha sembrado alguna vez chocho en su finca? Si su respuesta es “Sí” ¿Desde cuándo siembra esta especie?; ¿Qué usos le ha dado esta especie?; ¿ha empleado el chocho como abono verde en su finca?; ¿Qué ventajas y desventajas ha observado usted en el suelo luego de cultivar el chocho?; ¿qué beneficios, adicionales al suelo, cree usted que podría tener la implementación del chocho en sus fincas?; ¿Qué otras especies de abonos verdes ha implementado en su finca? ¿Porque? ¿Cuáles?; ¿desde su experiencia, cree usted que la implementación de abonos verdes en las fincas es una práctica de bajo costo? ¿Porque? menciones algunos ejemplos; ¿si alguien quiere sembrar chocho en su finca, usted que recomendaría para que tuviera éxito?

#### **4.6. ANALISIS DE RESULTADOS**

Para el análisis de los resultados, se aplicaron herramientas de estadística descriptiva usando el programa SPSS versión 20. El análisis estadístico incluyó comprobación de hipótesis y análisis de resultados obtenidos. Para las variables Materia Verde, Materia Seca y aporte de nitrógeno al suelo no se les realizó análisis ANOVA, debido a que



para estas variables se tomó una sola muestra de las plantas totales de 1m<sup>2</sup>, con respecto a las demás variables que se tuvieron en cuenta 5 muestra por cada parcela.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Variables Agronómicas

#### 5.1.1. % de germinación.

Con la aplicación de la ecuación para calcular el porcentaje de germinación de las semillas de lupino a los 8 y 15 días para cada una de las parcelas establecidas, los resultados se reflejan en la figura 5.

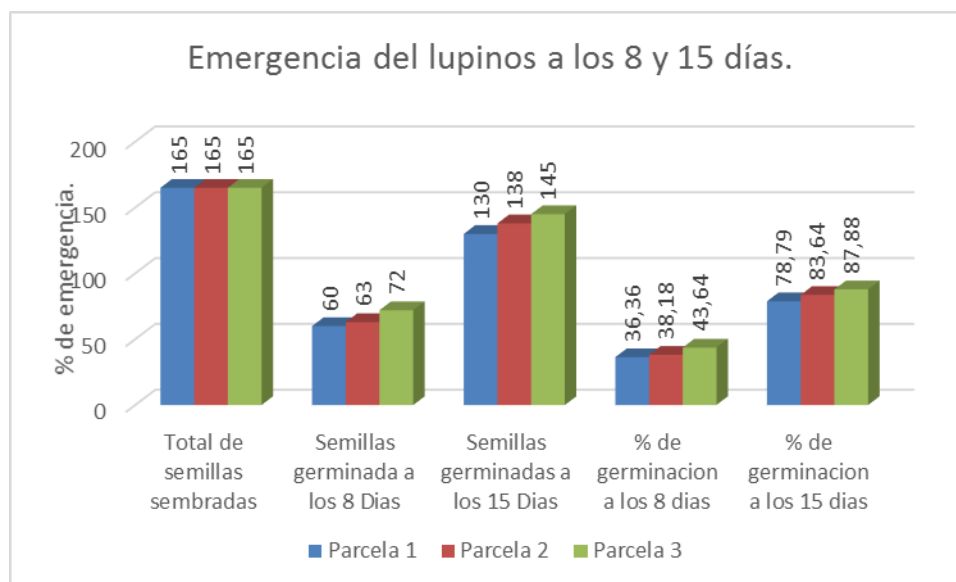


Figura 5: Porcentaje de germinación de cada una de las repeticiones.

Dentro de las plántulas germinadas en cada una de las réplicas (Anexo 1) se logra evidenciar que los 15 días de germinación la parcela #3 fue la que logro un 87.8% del total de la germinación, seguida de la parcela # 2 que logro un porcentaje de 83,6%. La parcela que menos plantas germinadas obtuvo fue la # 1 con 78,7%. Una de las razones por la cual la parcela que genero mayor número de plantas con respecto al

total de las semillas implementadas al momento de la siembra, fue por la presencia de agua que escurría sobre esa parcela generando una absorción de la semilla por imbibición, causando el hinchamiento de estas y la ruptura de testas duras como la del lupino Doria J (2010).

Unas de las razones por las cuales el nivel de germinación de la especie de *L. mutabilis*, y de cualquier especie perteneciente al género de *lupinus spp*, es la presencia de testas duras y pocas permeables por lo que se pueden ver de manera directa o indirecta la influencia en el periodo de latencia que presentan y limitando el desarrollo agronómico de cada una de las especies. Según (Pérez et al 2013), en sus estudios sobre la germinación de semillas de *lupino*, encontró que en algunas especies la no escarificación de las semillas antes de la siembra el porcentaje de germinación era muy bajo en comparación con las semillas sometidas a un proceso de escarificación obteniendo porcentajes de germinaciones hasta del 90% en especies como el *L. montanus*.

Diferentes autores consultados señalan que los niveles de germinación de especies pertenecientes al género del *Lupinus ssp* son influenciados por el tipo de semilla utilizado, el tratamiento de escarificación usado antes de la siembra, de la humedad relativa de la zona etc. Para diferentes autores los mecanismos de escarificaciones de semillas como la del lupino se convierte en un proceso laborioso pero demuestra mayores porcentajes de germinación con respecto a las semillas no escarificadas.

Para Acosta J & Rodríguez A (2005), en su estudio sobre los factores que afectan la germinación de la especie de *L. montanus* bajo condiciones de laboratorio encontró que la germinación es afectada por la interacción de la temperatura, la luminosidad y el tratamiento de escarificación. Encontrando que los mayores valores de germinación se lograron en el régimen de temperatura 20/15 °C, con escarificación química con ácido sulfúrico durante 15 minutos, tanto con luz (100% de germinación) como sin luz (98% de germinación); concluyendo que a mayores temperaturas sin la presencia de luz, la

germinación es mayor que con luz, lo que indica que los micro - sitios con sombra pueden beneficiar la germinación de la semilla de la especie a temperaturas altas.

De acuerdo a lo consultado y a los resultados obtenidos durante la investigación se evidencia que el porcentaje de germinación fue menor al reportado por la literatura, pero cabe la importancia recalcar que se habrían podido lograr resultados similares a los encontrados por diferentes investigadores si se les fuera realizado algún proceso de escarificación a las semillas que se fijaron en cada una de las parcela.

### 5.1.2. Altura de las plantas.

Los datos de altura de la especie evaluada hasta etapa de floración se muestran en la (Figura 6).

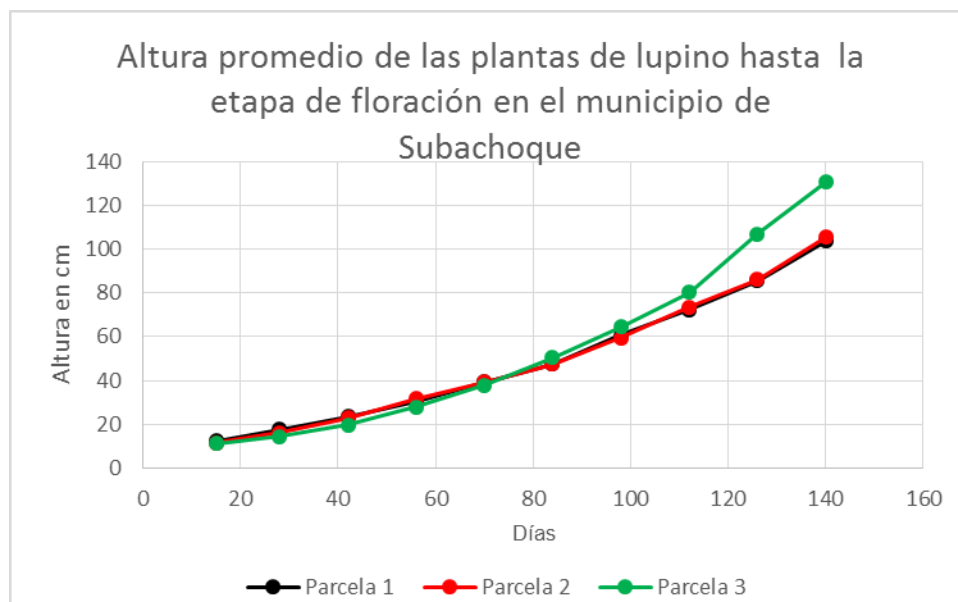


Figura 6: Altura promedio de las plantas de lupino hasta la etapa de floración.

Según el análisis de varianza ANOVA (Anexo 2), no existe diferencia significativa entre las parcelas.

La altura mínima de las plantas encontradas en las tres parcelas fue de 47cm y la máxima altura fue de 155 cm de altas a los 140 días con un 70% de floración de cada una de las parcelas y en plena formación de vainas. De acuerdo (Tapia, 1996 y Pijnenborg, 1998), dependiendo del ecotipo, y de las condiciones de cada región, la altura puede oscilar entre los 50 cm a 2,80 cm alto, es importante mencionar que la altura de los 2,80 cm a los que hace referencia los autores mencionados anteriormente es la altura máxima que logra la especie hasta el momento de la madurez de la planta.

Diferentes autores afirman que dependiendo de las características morfológicas de cada una de las especies pertenecientes al género *lupinus spp*, y de la altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m) a la que se encuentran acondicionadas varia la altura de las plantas, siendo así que aquellas que se encuentran a menor altitud producen plantas de menor altura y de menor cantidad de biomasa área, comparadas con aquellas que están establecidas a mayores altitudes llegan a generar plantas con mayor altura y mayor cantidad de biomasa (Correa et al 2012; Espinosa et al 2012).

Según, (Huyghe, 1993; Lobos et al., 2008, citado por Pérez et al 2013) en el estudio de la morfometría, germinación y composición mineral de las semillas del lupino, dependiendo del tamaño de las semillas de la especie, influyen en el crecimiento de la plántula durante su ciclo fenológico, de igual forma dependiendo de la densidad de siembra del cultivo. Las características físicas y químicas de las plantas y de las semillas pueden variar de acuerdo con el ambiente donde se desarrollaron las plantas (Bhardwaj et al, 1998).

De acuerdo a la revisión de literatura y lo encontrado durante la investigación se logra evidenciar que la altura de las plantas hasta el momento de floración y formación de vainas en Subachoque se incluye dentro de los rangos mencionados por diferentes autores para la región andina de Suramérica, rangos que pueden oscilar entre los 45

cm y los 2,80cm de altas, dependiendo del ecotipo y de las condiciones ambientales de la región.

### 5.1.3. Nodulación.

Los resultados de la medición del número de nódulos presentes en cada una de las plantas estudiadas para obtener el total de nódulos, nódulos activos e inactivos de las 15 plantas pertenecientes a las tres parcelas se observan en la figura número 7.

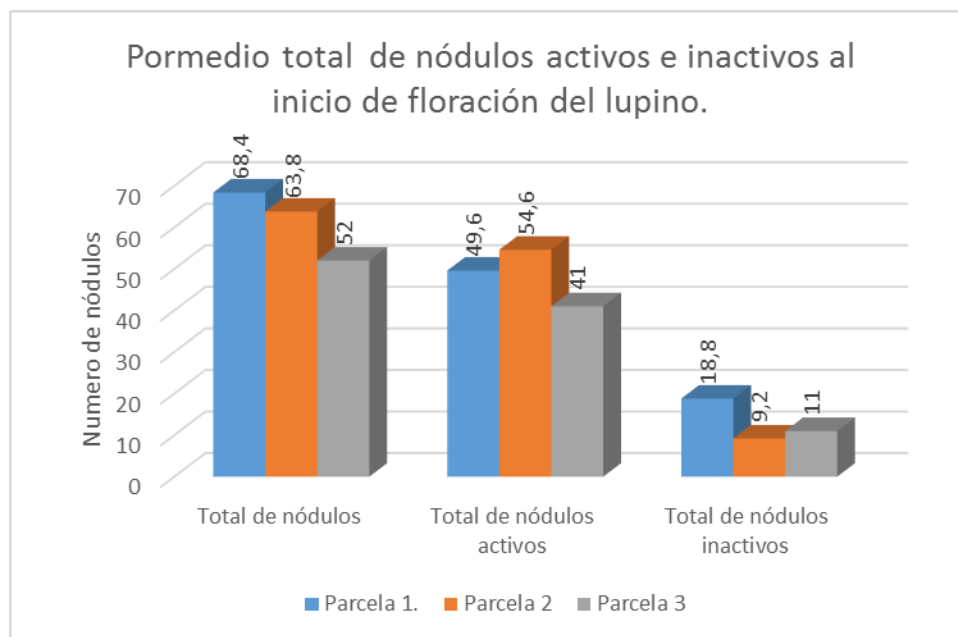


Figura 7: Promedio total de nódulos activos e inactivos en la floración del lupino.

Según el análisis de varianza ANOVA (Anexo 3) no existe ninguna diferencia entre las plantas de la parcela 1 con respecto a la parcela 2 y con respecto a la parcela 3. El nivel de significancia es mayor que ( $P > 0,05$ ), por ende se dice que las parcelas estudiadas no contienen diferencias estadísticamente significativas.

En el estudio se encontró que el número mínimo de nódulos presentes en las tres parcelas estudiadas fue de 17 nódulos y la máxima presencia fue de 124 nódulos, a los 140 días de cada una de las plantaciones, cuando estas contenían un 70 % de la población florecida. Al mismo tiempo se observó la presencia de nódulos activos donde no existió ninguna diferencia entre las tres parcelas, encontrando que el número mínimo de nódulos activos fue de 17 y el máximo fue 90 nódulos activos. De igual manera la presencia de nódulos inactivos también fue observada encontrando que el número de nódulos inactivos en las parcelas, con el valor mínimo fue 0,0 y el máximo fue de 56 nódulos inactivos al momento de plena floración y formación de vainas de las plantas.

Según Sucojayo L. et al (1998) en sus estudio realizado en la Paz Bolivia, sobre la determinación de la capacidad infectiva de cepas de *Bradyrhizobium lupini* resistentes a estreptomycin, observó que a los 35 días después de la siembra las plantas de Lupino inoculadas con las cepas resistentes de *Bradyrhizobium lupini* tenían promedios de nódulos de: 33,15 – 36,49; 30,49 – 31,25; y 23,38 – 25,5, demostrando que eran cepas con mayor capacidad de infección y formación de nódulos por planta, comparadas con las cepas nativas de *Bradyrhizobium lupini*.

Para diferentes autores existen limitantes al momento de la fijación del nitrógeno de las especies del *lupinus spp*, debido a que han encontrado que la presencia de nitrógeno en el cultivo en cualquiera de sus estados, inhibe la nodulación y el crecimiento nodular siendo el caso más drástico el nitrógeno en forma de amonio. De igual forma concluyen que para que haya una formación adecuada de los nódulos de las especies del lupino requieren unas condiciones óptimas de pH que pueden oscilar entre los 6.0 y los 7.0, ya que ciertas especies no logaran tolerar las condiciones ácidas presentes en algunos suelos del trópico.

De acuerdo a la revisión de literatura y de los resultados obtenidos de la variable evaluada se puede evidenciar que a pesar de que ni el suelo ni las semillas fueron inoculadas con ninguna bacteria fijadora de nitrógeno se evidenció que el número de nódulos están en los rangos mencionados por diferentes autores, diciendo así que el lupino es una especie que es capaz de asociarse con bacterias fijadoras presentes de manera silvestre en el suelo.

#### 5.1.4. Duración del ciclo vegetativo.

Los días de cada etapa medida en la zona de estudio hasta el periodo de floración de la especie se representan en la (figura 8).

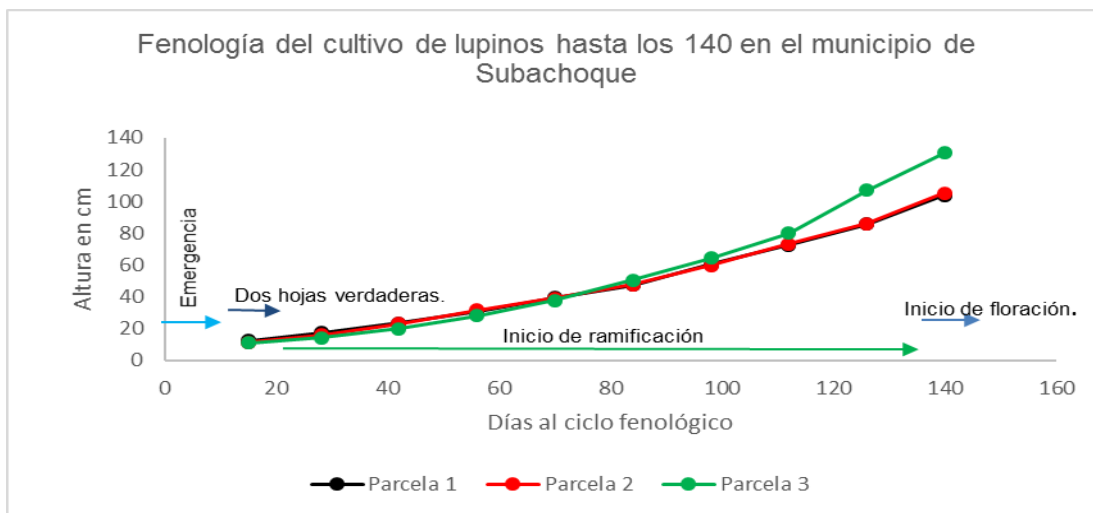


Figura 8: etapas fenológicas del *lupino* en el municipio de Subachoque Cundinamarca.

Los días representados en la figura fueron establecidos de acuerdo a los datos obtenidos en la bitácora de campo elaborada desde el inicio de siembra hasta la floración de la especie. Es importante recalcar que el cultivo de *lupino* en la región no es tenido en cuenta como abono verde si no más como barrera viva por la altura que llega a lograr.

Para Rojas (1997) en sus estudios de evapotranspiración máxima en el lupino mediante lisimetria, obtuvo que el inicio de floración ocurrió a los 119 días, siendo una de las fases donde la especie es más susceptible a heladas y granizadas. De igual forma observo que aquellas especie cultivadas más cerca de la línea ecuatorial y en los valles tiene un periodo más tardío, en comparación con los que son cultivados a mayor latitud y en las regiones más altas como los altiplanos con más precoces.

Para diferentes autores los periodos fenológicos del lupino están influenciados por factores como , el tipo de semilla, el tratamiento de escarificación, el nivel de acidez del suelo, la altura sobre el nivel del mar, el ecotipo de lupino usado, la presencia de plagas y enfermedades y de las labores culturales que realicen durante su desarrollo.

A partir de los resultados logrados en las fechas de cada una de las etapas fenológicas de la especie durante la investigación y de la revisión de literatura se logra evidenciar que los días de cada etapa está dentro del tiempo mencionado por diferentes autores, al igual que se logró corroborar lo descrito por diferentes autores sobre el tiempo de cada una de las etapas cultivadas a mayor altura sobre el nivel del mar.

#### **5.1.5. Presencia de plagas y enfermedades.**

Dentro del periodo de evaluación del *lupino*, no se logró evidenciar presencia de plagas ni enfermedades descritas en la literatura que afectan al *L. mutabilis*, tampoco por plagas pertenecientes a los otros cultivos establecidos a su alrededor, siendo esta una especie capaz de resistir a las condiciones adversas del municipio de Subachoque como son; el ataque de plagas, enfermedades, sequias y heladas.

Pero según la INIAP (2001), las enfermedades del cultivo en el Ecuador incluye las **podridones radiculares** causada por *Fusarium oxysporum*, **mal de talluelo** causado por *Pythium sp* y **Rhizoctoniosis** causado por *Rhizoctonia solani*. Dentro de las



enfermedades foliares mencionan la **Antracnosis** causada por *Colletotrichum gloeosporioides*; la **Cercosporiosis** causada por *Cercospora sp*; **Mancha anular** causada por *Ovularia lupinicola*; **Mancha de tallo o ascoquita** causada por *Ascochyta sp*; **Pudrición blanco** causado por *Sclerotinia sclerotiorum*; **Roya** causada por *Uromyces lupini* y el **Mildiu** causado por *Peronospora trifoliorum*.

Por otro lado la INIAP para el mismo año realizó la recopilación de las principales plagas que afectan al chocho en el Ecuador; mencionando el **cutzo** causado por *Barotheus castaneus*; **Trozador, choclocuro, ayabala**, causado por *Agrotis ypsilon*; **Barrenador menor del tallo** causado por *Elasnopalpus lignosellus*; **Chinche del chocho** (*Proba sallei*); **Barrenador del ápice del tallo** (*díptero*), el **Trips de la flor del chocho** (*Frankiniella sp*); y en las plagas de grano almacenado se reporta *Nemapogon granellus* (L); Onore G, & Tigrero J.(2001).

Para (Alcázar; Gonzales, Franco y Cisneros. 2001) citados por Jacobsen E & Sherwood S 2002, El lupino contribuye al manejo de plagas en el sistema de cultivo andino, actuando como una barrera contra el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) siendo esta la plaga de la papa que más demanda el empleo de plaguicidas en la sierra del Ecuador.

## 5.2. VARIABLES DE APORTE AL SUELO.

### 5.2.1. Cuantificación de materia verde

La cantidad de materia verde aportada en toneladas por hectárea (ton/ha), evaluada al momento de haber alcanzado un 70% de floración total de cada una de las parcelas y en plena formación de vainas se logran evidenciar en la tabla 4.

Parcelas	# Plantas por M2	Total Materia Verde (ton/ha)	Total Materia Seca (ton/ha)	% Materia Seca	% Nitrógeno**	Nitrógeno (Kg/ha)
1	14,28	36	7,00	19,44	4,12	288,4

2	14,28	36	7,00	19,44	4,39	307,3
3	14,28	66	11,60	17,57	4,32	501,12

Tabla 4: rendimientos generales de las variables de aporte al suelo del lupino.

La parcela que produjo mayor cantidad de materia verde al momentos de corte en plena floración y formación de vainas fue la # 3 con un total de 66 (ton/ha), las otras dos parcelas tanto la # 1 y la #2 contenían una cantidad de 36 (ton/ha) de materia verde. Los resultados obtenidos en la parcela 3, pueden estar influenciados de manera directa por el porcentaje de germinación que obtuvo esta parcela además la presencia de agua durante todo el ciclo de evaluación proveniente de los otros cultivos que se encontraban establecidos en la parte superior de esta. Permitiéndoles de esta manera obtener ciertas ventajas con respecto a la otra parcela.

En la literatura revisada los reportes de rendimiento han sido estimados en plena floración y formación de vaina, de igual forma existen reportes que no cuentan con una etapa fenológica definida a la cual fueron evaluadas. Para Fernández M (1984), en sus ensayos sobre ecotipos de *lupinus mutabilis sweet*, en el rendimiento de materia verde en plena floración y formación de vainas encontró producciones de 42.065 Kg/ha Y 50.150 Kg/ha. De igual forma Rodríguez C (1984), en su evaluación de ocho variedades de *lupinus mutabilis sweet*, encontró que el rendimiento de biomasa mínimo fue 8.893 Kg/ha y el mayor rendimiento fue 10.227 Kg/ha.

Según el manual de prácticas agroecológicas de los andes ecuatorianos (1996), en sus resultados de sistematización encontraron que el lupino llega a producir 17000 Kg/ha de materia verde que después de su proceso de descomposición dio como resultados la quintuplicación de la producción en el rendimiento de la papa. Al igual resultados similares se han producido en la paz Bolivia sobre la producción de biomasa en materia verde de 29880.0Kg/ha.

Al comparar los resultados obtenidos sobre materia verde de cada una de las parcelas evaluadas y de lo encontrado por otros investigadores el *lupinus mutabilis sweet*, se logra evidenciar que se obtuvieron resultados mayores a los reportados por literatura en la parcela número 3, y las otras dos parcelas produjeron cantidades similares a los reportados por algunos autores. Dichos resultados se pueden evidenciar al nivel de germinación y del desarrollo fisiológico del cultivo.

### **5.2.2. Producción de materia seca.**

Los resultados obtenidos en materia seca por toneladas en hectárea (ton/ha), para cada una de las parcelas se detallan en la tabla 4.

En la tabla 4 se evidencia que la parcela número 3 fue la que obtuvo mayor cantidad de materia seca con un total de 11,69 (ton/ha), las parcelas número uno y dos llegaron a producir la misma cantidad: 7,0 (ton/ha), es importante aclarar que los rendimientos de materia seca tienen relación directa principalmente de variables como son: la altura de las plantas al momento del corte, el porcentaje de germinación, la presencia de plagas y enfermedades durante el periodo fenológico, y el tipo de bacterias nitrificante presentes en el suelo.

Según estudios recientes realizados por Huanca V (2007); en la incorporación de tres especies como abono verde en la Paz Bolivia logro determinar que el Lupino produjo 8275.13 Kg/ha de materia seca antes de ser incorporada al suelo, y luego establecer el cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) logrando evidenciar mayores cantidades de producción del cultivo comparados con los resultados de producciones antes de la implementación de las tres especies de abonos verdes.

De acuerdo a lo mencionado en los párrafos anteriores sobre esta variable se puede mencionar que el cultivo de *lupino* bajo las condiciones ambientales del municipio de Subachoque Cundinamarca se logran obtener grandes cantidades de materia seca, comparadas con aquellas registradas por algunos autores que han realizado estudios en diferentes países con algunas condiciones similares a las del municipio.

### **5.2.3. Cuantificación del porcentaje de materia seca.**

El porcentaje de materia seca aportado al suelo por el *lupino* en plena floración y formación de vainas de las tres parcelas se encuentran contempladas en la tabla 4.

La primera y segunda parcela obtuvo porcentajes de 19, 44% con respecto a la tercera parcela quien tuvo valor de 17, 57%; con respecto a las otras dos parcelas este valor fue menor a pesar de que la parcela número tres fue la que obtuvo mayor cantidad de materia verde y seca al momento del corte por lo que se esperaba que generara un mayor porcentaje en materia bajo las condiciones de la zona.

Por tal razón se puede evidenciar que el *lupino* logra a incorporar al suelo porcentajes promedios de 18,82% de materia seca, porcentajes que están dadas para las condiciones ambientales que fueron establecidas las respectivas parcelas. Permitiendo de esta manera generar un mayor aporte de biomasa a los suelos del municipio de Subachoque. Por tal razón el porcentaje restante pertenece al contenido de humedad que contienen las plantas en sus tejidos vegetales, por lo que es importante aclarar que dichos porcentajes pueden variar dependiendo del ecotipo de *lupino* seleccionado para las investigaciones. .

### **5.2.4. Contenido de nitrógeno en tejido vegetal.**

Según el análisis de varianza ANOVA (Anexo 4), no existe diferencia estadística entre los resultados de la parcela 1 con respecto a la parcela 2 y con respecto a la parcela 3. Siendo el nivel de significancia mayor que ( $P > 0,05$ ).

El % mínimo de Nitrógeno contenido en el tejido vegetal de las tres parcelas fue de 3,41% y el valor máximo de Nitrógeno fue de 5,08%, corroborando lo descrito por la literatura sobre las especies de leguminosas las cuales poseen un porcentaje de nitrógeno en su follaje superior al 2%, el cual está dado por el rendimiento en materia seca de las especies considerando de esa manera el aporte de nitrógeno al suelo (Monegat, 1997). El % de nitrógeno fijado al suelo por parte de las leguminosas depende de la capacidad de simbiosis que hacen los diferentes géneros de bacterias nitrificantes presentes en ese momento en el suelo FAO (1985).

De igual manera la cantidad de nitrógeno aportado al suelo de las tres parcelas en kilogramos por hectárea se muestra en la tabla 4. Encontrando que la parcela con mayor aporte de nitrógeno al suelo es la parcela número 3 con un total de 501,12 Kg/ha, seguida de la parcela número 2 con 307Kg/ha y la parcela número 1 fue la que presentó la menor cantidad de nitrógeno con rendimientos 288,4Kg/ha

Mujica y Sven (2006), reiteran lo encontrado en años anteriores en estudios realizados sobre el lupino, es decir que el *lupino* es una leguminosa con capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 Kg/ha aproximadamente restituyendo la fertilidad del suelo. El *lupino* usado como abono verde, contribuye a mejorar la estructura del suelo e incrementando los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, entre otros minerales primarios como secundarios que hacen del suelo cultivado más rico en nutrientes (Acuña. 2001).

Para diferentes autores dentro de los fertilizantes más caros y más utilizados en Colombia es la urea con aplicaciones de 250 kg/ha para el año 2001, con una cantidad de 5 bultos (50 Kg) de fertilizantes que se deben aplicar para nutrir las plantas cultivadas, siendo así que el lupino bajo las condiciones del municipio logra generar un promedio de 292 kg/ha de nitrógeno disponibles en el suelo para las plantas. Por lo que el

establecimiento y mantenimiento de un abono verde como el lupino es de muy bajo costo en comparación con el costo que tiene el kilo de urea en la actualidad en Colombia.

También los porcentajes y cantidades de nitrógeno aportado al suelo por cualquier especie leguminosa empleada como abono verde disminuyen en el periodo de formación de vainas, llegando así al máximo de la actividad de fijación al inicio de la floración. Según Binder 1997 menciona que alrededor del 80% del nitrógeno contenido en la biomasa de las leguminosas al momento de la floración queda disponible en el suelo para otros cultivos tan pronto se descomponga todo el tejido vegetal.

De acuerdo a la revisión de literatura y a los resultados obtenidos se puede decir que el lupino bajo las condiciones que fue establecida en Subachoque, es una especie que logra superar el 2% de nitrógeno presente en las leguminosas implementadas como abonos verdes. Siendo así que esta especie se convierte en una leguminosa de alto espectro para aportar nitrógeno de manera natural para las condiciones alto-andinas.

### **5.3. Resultados obtenidos para el objetivo número 3.**

A partir de la aplicación de la entrevista semiestructurada aplicada a los 7 agricultores, los resultados obtenidos para cada una de las preguntas.

#### **5.3.1. Conocimiento local sobre el lupino.**

Para la mayoría de los encuestado el lupino como abono verde lo identificaron mediante participaciones en ferias de semillas, en algunos caso por revisión bibliográfica permitiéndoles obtener un mayor conocimiento sobre esta especie en las participaciones con demás agricultores pertenecientes a la Asociación Red

Agroecológica Campesina (ARAC), mediante el intercambio de saberes de campesino a campesino.

Siendo así que para muchos de los agricultores el lupino es identificado en la región como una planta nativa de la cordillera de los andes que ha sido dejado al olvido por el bajo conocimiento sobre esta, de igual manera para aquellos que la conocen a partir de dichos encuentros mencionados anteriormente saben que es una especie que se puede utilizar para el alimentación de aves, bovinos, y humanos. También se ha divulgado entre comentarios de los agricultores que no solo presta solo los beneficios de alimentación sino que también fija nitrógeno al suelo y genera procesos de alelopatía que les permite sembrar la especie para el control de insectos maléficos para otros agricultores.

### **5.3.2. Uso local del lupino**

El cultivo de lupino se han implementado en las fincas del municipio de Subachoque pertenecientes a la Asociación Red Agroecológica Campesina (ARAC), hace aproximadamente desde el año 2009, en pequeñas parcelas para la producción de semillas y luego estas ser difundidas a mas agricultores, de igual manera para algunos agricultores han establecido la especie como barreras vivas para reducir la velocidad del viento, para aquellos agricultores con mayor conocimiento sobre el lupinos han establecido esta especie para incorporarlo al suelo como abono verde al momento de floración, permitiéndole a mantener la humedad y la nutrición orgánica del suelo.

Es importante recalcar que algunos de los agricultores han realizado prácticas de ensilaje con el material verde de la especie para alimentación de abono verde antes de que este realice su proceso de floración para otros han ido más allá del conocimiento empírico y han realizado consultas de bibliografías con el fin de poderle dar uso para la alimentación de aves y del ser humano.

### 5.3.3. Ventajas y desventajas del lupino en la región.

El lupino sembrado en las parcelas de las fincas pertenecientes a los agricultores encuestados se ha logrado observar varias ventajas como lo son. 1.) existencia de mayor crecimiento de las especies sembradas en asociación y en las respectivas rotaciones que se han realizado con esta especie. 2.) existe una mayor coloración del follaje de los pastos y de los cultivos de ciclo corto. 3.) es una planta alelopática cumpliendo principalmente la función de repeler insectos dañinos para los demás cultivos. 4.) de igual forma se ha logrado evidenciar que la textura de los suelos donde se ha plantado dicha especie ha venido cambiando paulatinamente en su textura principalmente. 5.) es una especie aportante de materia orgánica al suelo.

Son principalmente muchas ventajas que se han logrado evidenciar durante los años por parte de los agricultores sobre el lupino, lo cual les ha permitido observar desventajas sobre esta especie, como la susceptibilidad que posee esta especie durante los primeros días después del germinado ya que es atacado principalmente por babosas (*Arion Rufus*) en lugares donde la humedad relativa es alta.

De igual forma los agricultores han identificado que esta especie genera beneficios adicionales como son el aporte de materia verde y seca al suelo; la fijación de nitrógeno, el aporte de elementos menores entre ellos el carbón, además la producción de semillas que les genere mayor divulgación de la especie con los demás agricultores.

Aparte del lupino los agricultores han realizado implementaciones de otras especies como abonos verdes en sus fincas con el fin de recuperar la fertilidad de los suelos siendo las más implementadas la: Haba (*Vicia faba L*), Avena (*Avena sativa L*), Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*), Trébol (*Trifolium pratense L*), Frijol (*Phaseolus coccineus L*), Trigo (*Triticum spp*), Maíz (*Zea maíz*).



#### **5.3.4 Perspectivas del uso e implementación del lupino en el municipio de Subachoque.**

El lupino al igual que cualquier otro abono verde según el conocimiento y el trabajo realizado por parte de los agricultores el establecimiento de la especie como abono verde es una práctica de bajo costo debido a la baja implementación de mano de obra que requiere desde el establecimiento hasta la finalización de su ciclo de vida, permitiéndoles generar diferentes aportes en cuanto a materia verde y seca, de nitrógeno al suelo. Por otro lado genera ingreso en cuanto a la venta de semillas nativas de la región.

También los agricultores tienen la perspectiva de compartir los conocimientos previos que tienen sobre esta especie para aquellos nuevos agricultores que deseen implementar el lupino en sus parcelas. Teniendo en cuenta siempre unas recomendaciones básicas como los son: obtener semillas de buena calidad, realizar labranza mínima al momento de siembra, establecerlo inicialmente como barrera vivas, generarle un aporte de agua de manera controlada y realizar aporque a la especie con el fin de evitar la caída de este a raíz de la altura que posee por el viento.

## **Conclusiones.**

El 78,79% fue el valor mínimo de germinación del lupino a los 15 días y el valor máximo fue del 87,88% porcentajes que están dados bajo las condiciones ambientales del municipio de Subachoque. Reflejando así que existen diferencias muy mínimas frente a los porcentajes que han logrado obtener autores en diferentes estudios. Por tal razón se logra evidenciar que el % de germinación bajo las condiciones del lugar puede estar influenciados por factores abióticos y bióticos, de igual manera por la calidad de la semilla utilizada en la siembra.

El lupino es una especie de leguminosa que se puede implementar en los suelos de la sabana cundiboyacence gracias a la capacidad que tiene para asociarse con bacterias nitrificantes silvestres presentes en estos suelos. La investigación demostró la formación de nódulos con valores mínimos de 17 nódulos por planta y máximo de 124 nódulos. Encontrando así que dentro de las parcelas evaluadas la mayoría de los nódulos observados se encontraban activos cumpliendo con la principal función que es la de fijación del Nitrógeno atmosférico.

El cultivo de lupino establecido como abono verde mostro rendimientos mayores a los registrados por la literatura, la parcela número 3 con una producción de 66 ton/ha y las dos otras parcelas mostraron resultados de 36 ton/ha en materia verde, de igual forma los resultados para materia seca fue de 11,69 ton/ha para la parcela número 3 y de 7,0 ton/ha para la parcelas 1 y 2. El porcentaje de materia seca incorporado al suelo fue de 18,82% en plena floración y formación de vainas. Por tal razón el lupino se convierte en una especie con grandes cualidades para ser establecida en las parcelas de la región como abono verde.

La presencia de agua constante en el cultivo de lupino genera mayor porcentaje de germinación, mayor producción de biomasa verde y seca, al igual que el porcentaje de nitrógeno en materia seca, demostrado por los resultados obtenidos por la parcela

número 3 quien de manera incidental fue regada por escorrentía generada por los sistemas de riego implementada en los demás cultivos establecido en la parte superior de esta. Influida de manera positiva la fijación de nitrógeno puesto que esta parcela aportó el doble de nitrógeno que las otras dos al producir más biomasa verde y seca al tener agua constante. Pero dichos excesos de agua afectan de manera directa la simbiosis con las bacterias nitrificantes presentes en el suelo.

Las plantas de lupino lograron en la etapa de floración y en plena formación de vainas, alturas entre los 103.8 cm y 130.6 cm. Alturas que se encuentran entre los rangos mencionados por la literatura para esta etapa, logrando de esta manera obtener mayor cantidad de biomasa verde y seca aportada al suelo de manera directa, además la utilización de la especie como barrera rompe viento cumpliendo la función de reducir la velocidad del viento principal causante de la erosión eólica y la reducción de la velocidad del agua evitando la pérdida de nutrientes por escorrentía.

El lupino bajo las condiciones del área de estudio produjo un promedio de 292 Kg/ha de nitrógeno al suelo disponible para futuras plantaciones. En comparación a la cantidad de nitrógeno requerido para abonar de manera fertilizada una hectárea con urea 250 Kg/ha. El cultivo de lupino logra aportar mayor cantidad de nitrógeno al suelo convirtiéndose en una alternativa agroecológica para la fertilización orgánica y la recuperación de suelos degradados en Colombia.

En su mayoría de los miembros encuestados pertenecientes a la Asociación Red Agroecológica Campesina ARAC poseen conocimientos básicos sobre el cultivo de lupino, el cual ha sido sembrado principalmente como barrera viva en pequeñas parcelas, para la reducción de la velocidad del viento, uno de los principales causante de erosión de los suelos descubiertos, pero desconociendo otras ventajas que posee esta especie utilizada como abono verde.

## **Recomendaciones.**

El cultivo de lupinos según los resultados obtenidos previos al trabajo de investigación posee grandes ventajas para convertirse en una especie de vital importancia en la región por lo que se recomienda continuar evaluando variables como el rendimiento de grano y la cantidad de proteína que poseen las semillas bajo las condiciones del municipio.

Como los niveles de germinación de las especies de leguminosas como el lupino dependen de un proceso de escarificación previamente antes de la siembra. Principalmente a semillas de testas duras como las del lupino se recomienda realizarles un proceso de escarificación de manera mecánica o química en futuras evaluaciones de la especie para identificar así de esta manera el porcentaje de germinación principalmente.

Durante todo el proceso de evaluación del lupino hasta la etapa de floración y formación de vainas no fue posible evidenciar la presencia ni de plagas pero tampoco de enfermedades, por lo cual se recomienda en futuras evaluaciones medir la presencia de plagas y enfermedades descritas por la literatura, con el fin de que nos permita identificar su grado de alelopatía.

El desarrollo de algunas leguminosas dependen en gran parte de la presencia en suelo de bacterias simbiotas fijadoras de nitrógeno. Por tal se recomienda realizar procesos de inoculaciones previamente antes la siembra a las semillas con algún tipo de bacteria nitrificante para lograr simbiosis mutuas entre planta y bacteria.

A raíz del alcance de la investigación hasta la etapa de floración, se recomienda realizar nuevas investigaciones desde la siembra hasta la cosecha con el fin de lograr medir la

producción de granos, el valor nutricional de la semilla y la calidad de la semilla para futuras plantaciones.

Incentivar a los agricultores pertenecientes al ARAC a establecer leguminosas en los sistemas productivos de sus parcelas por sus múltiples ventajas que ofrecen los abonos verdes tanto en ámbito ambiental, social, económico y tecnológico. Para que nos permita evidenciar cual es la mejor manera para establecer el lupino ya sea en asociación, en rotación, en franjas, etc. Permittiéndonos obtener una mayor recuperación de la fertilidad de los suelo.

Al momento de establecer una especie de leguminosa como abono en cualquier zona es aconsejable emplear distancias más cortas de las que recomiendan diferentes autores cuando se cuentan con suelos en regular o alto estado de grado de deterioro.

## Bibliografía

Acevedo, A. & Angarita, A. (2013). *Metodología para la evaluación de sustentabilidad a partir de indicadores locales para el diseño y desarrollo de programas agroecológicos-MESILPA*. Bogotá. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO

Acevedo, et al. (2011). Concentración de nitrógeno en el suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latino Americana*, vol. 29, núm. 3, pp. 325-332. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321283011>

Alcaldía del Municipio de Subachoque – Cundinamarca. Recuperado en 5 de Septiembre del 2013. Disponible en: [http://www.subachoque.cundinamarca.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://www.subachoque.cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml)

Altieri, M. & Sicard, T. (2010). *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Bogotá. Opciones graficas editores Ltda.

Atieri, M. (199). *Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo chile. Editorial Nordan – Comunidad.

Angel S. Prager M. (1998). *Evaluación de Abonos Verdes de Producción Maíz-Leguminosa*. Tesis Ingeniería Agronómica, Meritoria. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Alemán R, Flores M. (1993). *Algunos Datos Sobre Canavalia ensiformis*. Centro de investigación de Cultivos de Cobertura CIDICCO, informe técnico 10. Disponible en: <http://www.cidicco.hn/archivospdf/Inftecnico10.pdf>

Barney V. (2001). *Biodiversidad y Ecogeografía del Genero lupinus L. (Leguminosae) en Colombia*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad

Nacional de Colombia. Recuperado el 20 de septiembre del 2013. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4758/1/31260335.2011.pdf>

Beltrán, *et al.* (2005). Sistemas de labranza, incorporación de abono verde y recuperación de la fertilidad de un yermosol haplico. *Terra Latinoamericana*, vol. 23, núm. 3, pp. 381-387. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311101010>

Bernal et al. 2003. "Selección de cepas de *Rhizobium* adaptadas a condiciones de campo, y su uso como inoculantes de leguminosas de la Sierra y Costa Ecuatoriana". INIAP. Estación Santa Catalina. Recuperado el 30 de septiembre del 2013. Disponible en: [http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Seleccion\\_cepas\\_Rhizobium\\_adaptadas\\_condiciones\\_campo\\_uso.pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Seleccion_cepas_Rhizobium_adaptadas_condiciones_campo_uso.pdf)

Bunch R. 1994. El uso de abonos verdes por agricultores campesinos: lo que hemos aprendido hasta la fecha. Centro de información de cultivos de cobertura CIDICCO, Informe técnico 3. Disponible en: <http://www.cidicco.hn/Inftecnico3.pdf>

Burbano H (1998). El suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pasto. Universidad de Nariño. 1989. 447p.

Caicedo C. y Peralta E. (2000). Zonificación potencial para el cultivo de chocho. En, Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal de chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*) en Ecuador, Fundacyt, INIAP.

Caicedo C. y Peralta E. (2001). El cultivo de chocho *lupinus mutabilis sweet*: Fitonutricion, enfermedades, y plagas en el Ecuador. Boletín Técnico n° 103. Recuperado el 21 de septiembre del 2013. Disponible en: [books.google.com.co/books?id=23ozAQAAMAAJ](http://books.google.com.co/books?id=23ozAQAAMAAJ)

Campusano et al (19985). Aislamiento, Caracterización y Evaluación de Rizobios para leguminosas Forrajeras en Suelos Acidos de América Tropical: Guía Metodológica

DANE, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012). Insumos y factores asociados a la producción de agropecuaria. Disponible en: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_septiembre\\_2012.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_septiembre_2012.pdf)

Doria J.(2010). Generalidades sobre la semilla: su producción, conservación y almacenamiento. Scielo cultrop V. 31. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011)

Garcia – Hernandez et al (2004). Compositional nutrient diagnosis and main nutrient interactions in yellow pepper grown on desert calcareous soils. Recuperado el 15 de Enero del 2015. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.200320370/abstract>

Gilsanz J (2012). Abonos verdes en la producción hortícola: usos y manejo. Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. Disponible en: <http://www.inia.org.uy>

Gliesman (2002). Un enfoque interdisciplinario para la investigación en Agroecología y desarrollo rural en el trópico Latinoamericano. Recuperado el 12 de Enero del 2015. Disponible en: [https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/un\\_enfoque\\_interdisciplinario.pdf?iv=24](https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/un_enfoque_interdisciplinario.pdf?iv=24)

Gross, R., E. von Baer, F. Koch, R. Marquard, L. Trugo y M. Wink. 1988. Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low alkaloid content. J. Food Comp. Anal. 1, 353-361.



Gutiérrez PD. 1988. Efecto de la rotación de cultivos y los abonos verdes sobre la producción de arroz (*Oryza sativa* L.). Suelos Ecuatoriales 18 (1): 160-165.

Jacobsen S. Y Sherwood S. 2002. Cultivos de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros de quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado el 24 de septiembre del 2013. Disponible en: [books.google.com.co/books?isbn=9978222588](https://books.google.com.co/books?isbn=9978222588)

Karlen, D. L., Erbach, D. C., Kaspar, T. C., Colvin, T. S., Berry, E. C., & Timmons, D. R. (1990). Soil tillage: A review of past perceptions and future needs. *Soil Science Society of America Journal*, 54(1), 153-161.

Kurlovinc B.S. (Ed.) 2002. Lupins (Geography, classification, genetic resources and breeding). OY international North Express. St. Petersburg, Russia – Pellosoiniemi, Finland, pag. 39 – 88. Recuperado en 15 de septiembre del 2013. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=gObCswRkeOUC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Carmen Thönnissen, David J. Midmore, Jagdish K. Ladha, Daniel C. (2000) Legume Decomposition and Nitrogen Release When Applied as Green Manures to Tropical Vegetable Production Systems. Disponible en: <http://www.pe.wzw.tum.de/publikationen/pdf/sd465.pdf>

Lizarralde, R. (2014). Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Informe de rendición pública de cuentas, gestión 2013- 2014. Disponible en. [https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Informe\\_2013\\_2014\\_Final.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Informe_2013_2014_Final.pdf)

Mujica A., 1994, "Potencial del lupinu dulce Inti (*Lupinus mutabilis*) en los Andes peruanos", En: Resúmenes de trabajos presentados en el VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Nicholls, C. & Altieri, M. (200). Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F.

Pascual, O. (2008). fijación biológica del nitrógeno. Estación experimental del zaidin. Disponible en: <http://www.eez.csic.es/~olivares/ciencia/fijacion/>

Popenoe, H., S.R. King, J. Leon, L.S. Kalinowski, N.D. Vietmeyer y M. Dafforn. 1989. Lost crops of the Incas: Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press. Washington DC. Recuperado en 24 de septiembre del 2013. Disponible en:

Plenge F. Sierra J. Castillo A. (2007). Riesgos a la salud causadas por plaguicidas. Recuperado el 30 de septiembre del 2013. Recuperado de: [http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v1n3/data/cientifico\\_sociedad.pdf](http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v1n3/data/cientifico_sociedad.pdf)

Prager M, Sanclemente O, Sánchez de Prager M, Gallego M, Sánchez D. (2012) Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia.

Pimavesi A. (1992). Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. 5ª edición. Argentina. 1982. 499p.

Proaño A (2011). "Regeneración y conservación mediante la técnica de crecimiento mínimo de *lupinus mutabilis* (Chocho Andino) in vitro". Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui- Ecuador.

Sancllemente O. Prager M. (2009). Efecto de la *mucuna pruriens* como abono verde y cobertura, sobre algunas propiedades físicas del suelo y sus pérdidas por erosión. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. AA237, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Sánchez C, Ramírez M, Rivera B, Garcés R, Montiel V, Corredor G. (2010). Uso de abonos verdes para mejorar los suelos arroceros de la Mojana en Colombia. Tomado de: <http://natures.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp14/2201-t.pdf>

Tapia M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Recuperado el: 26 de septiembre del 2013. Recuperado de: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/home10.htm>

Valles, *et al.* (2003). Comparación de metodologías de isotopos para evaluar fijación de nitrógeno atmosférico y su destino en suelos y plantas. *Agrociencia*, vol. 37, núm. 2, pp. 117-128. disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30237202>

Villacres E, Rubio A, Egas L, Segovia G. (2006). "Usos alternativos del chocho". Boletín Divulgativo N°333. Institución Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. Quito Ecuador.

Viteri, S. Martínez, J. Bermúdez, A. (2008). Selección de abonos verdes para los suelos de Turmequé (Boyacá). Tomado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n2/v26n2a18.pdf>

Wander, M. M., & Bollero, G. A. (1999). Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. *Soil Science Society of America Journal*, 63(4), 961-971.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Tabla 1. % de germinación de plantas a los 8 días y a los 15 días.

Parcela	Total de semillas sembradas	Semillas germinadas a los 8 días	% de germinación a los 8 días	Semillas germinadas a los 15 días	% de germinación a los 15 días
1	165	60	36,36	130	78,78
2	165	63	38,18	138	83,63
3	165	72	43,63	145	87,87
Promedio	165	65	39,39	137,66	83,43

**Anexo 2:** Tabla 2. Promedios de altura de las plantas de lupino a los 140 días.

Parcela	días	15	28	42	56	70	84	98	112	126	140
Promedio (cm)	Parcela 1	12,4	17,5	23,6	30,6	39,4	47,4	60,6	72,4	85,6	103,8
Promedio (cm)	Parcela 2	11,4	16,04	23	31,6	39,2	47,6	59,6	73,4	86,1	105,4
Promedio (cm)	Parcela 3	11,14	14,44	19,8	28	37,8	50,42	64,4	80,2	107	130,6

**Anexo 3:** Análisis ANOVA sobre altura de las plantas a los 140 días

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2259,733	2	1129,867	1,335	,299
Within Groups	10153,200	12	846,100		
Total	12412,933	14			

**Anexo 4:** Tabla 3. Promedio total de nódulos, activos e inactivos por cada parcela.

Parcelas	Total de nódulos	Total de nódulos activos	Total de nódulos inactivos
Parcela 1.	68,4	49,6	18,8
Parcela 2	63,8	54,6	9,2
Parcela 3	52	41	11
Promedio	61,4	48,4	13

**Anexo 5:** Análisis ANOVA en el total de nódulos al momento de plena floración

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	715,600	2	357,800	,297	,748
Within Groups	14434,000	12	1202,833		
Total	15149,600	14			

**Anexo 6:** Tabla 4. Variables de aporte al suelo del lupino con un 70% de floración a los 140 días de su ciclo fenológico en el municipio de Subachoque Cundinamarca.

Parcelas	# Plantas por M2	Total Materia Verde (ton/ha)	Total Materia Seca (ton/ha)	% Materia Seca	% Nitrógeno**	Nitrógeno (Kg/ha)
1	14,28	36	7,00	19,44	4,12	288,4
2	14,28	36	7,00	19,44	4,39	307,3
3	14,28	66	11,60	17,57	4,32	501,12
PROMEDIO	14,28	46,00	8,53	18,82	4,28	365,61

\*\* Datos suministrados por el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia.

**Anexo 7:** Análisis ANOVA en cuanto al % de Nitrógeno en materia seca

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,192	2	,096	,446	,651
Within Groups	2,584	12	,215		
Total	2,775	14			

**Anexo 8:** formato de encuesta aplicada a los 7 agricultores pertenecientes a la Asociación Red Agroecológica Campesina (ARAC).

En el marco del desarrollo de la investigación denominada “EVALUACION DEL FRIJOL LUPINUS (*lupinus mutabilis*) COMO ABONO VERDE PARA LA PRODUCCION AGROECOLOGICA EN EL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE CUNDINAMARCA”. Cuyo propósito general es evaluar participativamente con agricultores la práctica de abono verde, se hace importante contar con su participación mediante entrevista sencilla que permita contar con la información de su parte para cumplir con dicho propósito. La participación en la entrevista no le implicara costo alguno así como ningún beneficio económico. La información recolectada solo será usada con fines del trabajo de investigación antes mencionada. Si desea participar voluntariamente por favor diligenciar el siguiente apartado.

Nombre y apellido \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Nombre de la finca \_\_\_\_\_ Vereda \_\_\_\_\_

Firma del participante \_\_\_\_\_

N. C.C. \_\_\_\_\_

1. ¿Qué sabe usted sobre el lupino?

---

---

---

---

---

2. ¿Cómo y cuándo identifico usted el lupino como abono verde?

---

---

---

---

3. ¿Ha sembrado alguna vez el lupino en su finca? Si su respuesta es "SI" ¿Desde cuándo siembra esta especie?

---

---

---

4. ¿Qué usos le ha dado a esta especie?

---

---

---

5. ¿Ha empleado el chocho como abono verde en su finca?

---

---

---

6. ¿Qué ventajas y desventajas ha observado usted en el suelo luego de cultivar el lupino?

---

---

---

7. ¿Qué beneficios, adicionales al suelo, cree usted que podría tener la implementación el lupino en su finca?

---

---

---

8.¿Que otras especies de abonos verdes ha implementado en su finca?¿Porque?¿Cuáles?

---

---

---

9. ¿Desde su experiencia, cree usted que la implementación de abonos verdes en la fincas es una práctica de bajo costo? ¿Porque? mencione algunos ejemplos.

---

---

---

10. ¿Si alguien quiere sembrar lupino en su finca, usted que le recomendaría para que tuviera éxito?

“Muchas gracias”