

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGIA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**“POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN EL CULTIVO DE PIÑÓN
BLANCO (*Jatropha curcas L.*), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL EL
PORVENIR, INIA - TARAPOTO”**

TESIS

**Para obtener el título de:
INGENIERO AMBIENTAL**

Autor:

***Bach.* GUNTHER PINEDO RODRÍGUEZ**

Asesor:

***Ing. M.Sc.* SANTIAGO CASAS LUNA**

Co – asesores:

***Ing.* RONAL GABRIEL ECHEVERRIA TRUJILLO**

***Ing.* LIVINSTON RENGIFO GONZALES**

MOYOBAMBA – PERU

2011

Nº DE REGISTRO: 06050511



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Académica profesional de Ingeniería Ambiental

ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín – T sede Moyobamba y siendo las Seis de la tarde del día viernes 11 de Noviembre del Dos Mil Once, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

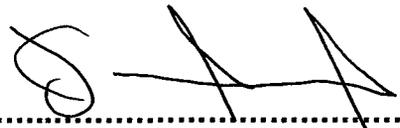
Ing. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA	PRESIDENTE
Lic M.Sc. FABIAN CENTURIÓN TAPIA	SECRETARIO
Ing. RUBEN RUIZ VALLES	MIEMBRO
Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA	ASESOR

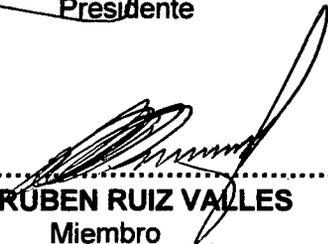
Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado "POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN EL CULTIVO DE PIÑON BLANCO (*Jatropha curca L.*), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL EL PORVENIR INIA – TARAPOTO", presentado por el Bachiller en Ingeniería Ambiental GUNTHER PINEDO RODRÍGUEZ; según Resolución N° 0077-2011-UNSM-T/COFE-MOY de fecha 27 de Mayo del 2011.

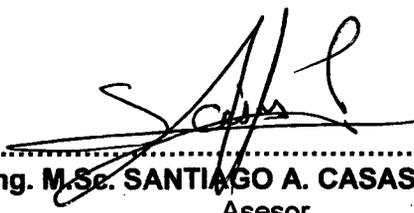
Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO**, por **UNANIMIDAD**, con el calificativo de **BUENO** y nota **CATORCE (14)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **20:40** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.


.....
Ing. JUAN JOSÉ PINEDO CANTA
Presidente


.....
Lic M.Sc. FABIAN CENTURION TAPIA
Secretario


.....
Ing. RUBEN RUIZ VALLES
Miembro


.....
Ing. M.Sc. SANTIAGO A. CASAS LUNA
Asesor

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a todas las personas que se preocupan por el medio ambiente para lograr el equilibrio y una vida de calidad.

Con mucho amor, cariño y aprecio a Dios que es mi guía.

A mis padres Gunther Pinedo Gonzales y Manuela Rodríguez Dávila, Por ser la fuerza que me impulsan a seguir adelante, el motor de mi vida, y mi máxima inspiración; ahora, hoy y siempre. Los amo mucho.

A mi hermano José Eduardo, a pesar de su corta edad es mi ejemplo de seguir por su esfuerzo de superación.

A mi adorada novia Katty Isabel Valles Vela; gracias por el apoyo, el Amor incondicional y sus consejos para seguir adelante, cumplir con mis metas y objetivos. Te amo.

A mis abuelos, tíos, primos, por todo su apoyo, cariño y afecto hacia mi persona.

Gunther Pinedo Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Esta tesis fue posible gracias al apoyo logístico del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Tarapoto.

A los Ingenieros Ronal Gabriel Echeverría Trujillo y Livinston Rengifo Gonzales, por compartir sus conocimientos, experiencias en el asesoramiento de gabinete y orientación técnica.

A los señores obreros de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”, por el apoyo y colaboración en los trabajos de campo.

A los docentes Universitarios por sus enseñanzas en las aulas de nuestro centro de estudio y colaborar con mi formación académica.

Un agradecimiento muy especial al Ingeniero Santiago Casas Luna; por asumir la responsabilidad de ser mi asesor de tesis, para realizar y hacer posible este presente documento.

RESÚMEN

El presente estudio de investigación se realizó en la Estación Experimental El Porvenir, INIA-TARAPOTO, distrito de Juan Guerra, provincia de San Martín, departamento de San Martín. Tuvo como objetivo principal: Determinar el potencial de captura de Carbono en el cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), en la E.E.A. “El Porvenir”, y como objetivos específicos:

- a. Determinar la cantidad de carbono contenido en las plantas de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*).
- b. Determinar la cantidad de carbono contenido en el suelo.
- c. Elaborar una ecuación alométrica que calcule la cantidad de carbono capturado en el “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*).

Los factores de estudio estuvieron constituidos por dos tratamientos: $T_{(A)}$ época seca y $T_{(B)}$ época húmeda, los cuales consistieron de 5 repeticiones por edades (1, 2, 3 y 4 años) y por épocas; para la cual se emplearon 20 plantas en época seca y 20 plantas en época húmeda, se estimó la biomasa de arbusto, herbáceas y hojarascas; también se realizó análisis de suelo en las parcelas donde se encuentra las plantaciones de piñón blanco.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques experimentales al azar, con 5 repeticiones, obteniendo un total de 20 repeticiones por época, durante el periodo de los meses de Enero y Abril del 2011, considerando la época seca (verano) y en los meses de Mayo y Agosto del 2011 considerado época húmeda (invierno). Se realizaron la recolección de datos para la determinación de biomasa en las plantaciones de piñón blanco, se extrajo muestras de suelo para el correspondiente análisis físico-químico.

Todas estas muestras fueron llevadas al laboratorio especializado del Instituto Nacional de Innovación Agraria – Tarapoto. El cual tuvo como finalidad comprobar la efectividad de los resultados de campo:

1. La biomasa es la suma total de la materia orgánica que se encuentra en un ecosistema de un momento determinado y se expresa en términos de peso seco, la biomasa en plantaciones de 1 año fue mayor en época seca (0.88 kg.) que en la época húmeda (0.87 kg.); en plantaciones de 2 años la biomasa fue mayor en época seca (5.77 kg.) que en época húmeda (5.53 kg.); en plantaciones de 3 años la biomasa fue mayor en época seca (8.98 kg.) que en la época húmeda (8.74 kg.) y la biomasa en plantaciones de 4 años fue mayor en la época seca (12.82 kg.) que en la época húmeda (12.49 kg.) respectivamente. El promedio total del Contenido de Humedad en la biomasa aérea en época seca por edades fue de; 305.97% en plantaciones de 01 año, 284.19% en plantaciones de 02 años, 278.38% en plantaciones de 03 años y 286.07% en plantaciones de 04 años. El promedio total del Contenido de Humedad en la biomasa aérea en época húmeda por edades fue de; 313.44% en plantaciones de 01 año, 290.87% en plantaciones de 02 años, 291.46% en plantaciones de 03 años y 295.60% en plantaciones de 04 años. Se notó que el porcentaje de humedad es mayor en época húmeda. El porcentaje promedio de cenizas en el tallo fue de 1.68% en época seca y 1.34% en época húmeda, en las ramas fue de 1.25% en época seca y 1.11% en época húmeda, en las hojas con 2.3% en época seca y 2.01% en época húmeda, alcanzando un mayor porcentaje en las hojas con un 2.52% en época seca y 2.14% en época húmeda.

2. El promedio de biomasa total, contenido de carbono y captura de CO₂ en kilogramos en la época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), para plantas de 1 año fue 0.86 kg., 0.382 kg., y 1.399kg.; en plantas de 2 años de 5.68 kg., 2.558 kg., y 9.379 kg.; en plantas de 3 años de 8.86 kg., 3.868 kg., y 14.183 kg.; en plantas de 4 años de 12.71 kg., 5.721 kg., y 20.977 kg. Respectivamente.
3. El promedio de biomasa total, contenido de carbono y captura de CO₂ en kilogramos en la época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), para plantas de 1 año fue 0.85 kg., 0.389 kg., y 1.426 kg.; en plantas de 2 años de 5.46 kg., 2.455 kg., y 9.001 kg.; en plantas de 3 años de 8.60 kg., 3.988 kg., y 14.624 kg.; en plantas de 4 años de 12.32 kg., 5.546 kg., y 20.336 kg., respectivamente.
4. No existió ninguna significancia estadística entre los tratamientos por componentes y por edades evaluados en el Análisis de Varianza.
5. Las ecuación generada: $B = 10^{-4.88456+2.32616*\log(d3)}$, de tipo logarítmica.

ABSTRACT

The present study of investigation was realized on the El Porvenir Experimental Station INIA-Tarapoto, Juan Guerra district, San Martín province, San Martín department.

It had as principal aim: To determine the potential of capture of Carbon in the cultivation on “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), on the El Porvenir Experimental Station, and specific objects:

- a. Determine the amount of carbon contained in plants of “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*).
- b. To determine the quantity of carbon contained in the soil.
- c. Develop an allometric relationship equation to calculate the amount of carbon captured in “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

The factors of study were constituted by two treatments: T_(A) dry season and T_(B) wet season, which consisted of 5 repetitions for ages (1, 2, 3 and 4 years) and by epochs; for which we used 20 plants in dry season and 20 plants in wet season, it was estimated the biomass of shrub, and herbaceous stubble; also it was made an analysis of soil in the plots where is located the plantations of “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*).

The experimental design was used experimental blocks at random, with 5 replicates, earning a total of 20 repetitions per time, during the period of the months of January and April 2011, considering the dry season (summer) and in the months of May and August 2011 considered wet season (winter). There were the collection of data for the determination of biomass in the plantations of “Pinon white”, they extracted of soil samples to the corresponding physical-chemical analysis.

All of these samples were taken to the laboratory specialized from the National Institute of Agricultural Innovation - Tarapoto. This had as aim to verify the effectiveness of field results:

1. Biomass is the sum total of the organic matter that is found in an ecosystem of a given time and is expressed in terms of dry weight, the biomass in the plantations of 1 year was greater in the dry season (0.88 kg.) than in the wet season (0.87 kg.); In the plantations of 2 years biomass was higher in the dry season (5.77 kg.) than in wet season (5.53 kg.); in the plantations of 3 years biomass was higher in the dry season (8.98 kg.) than in the wet season (8.74 kg.) and biomass in plantations of 4 years was greater in the dry season (12.82 kg.) than in the wet season (12.49 kg.) respectively. The average total Moisture content in the aerial biomass in dry season for ages was; 305.97 % in plantations of 01 year, 284.19 % in plantations of 02 years, 278.38 % in plantations of 03 years and 286.07 % in plantations in 04 years. The total average number of moisture content in the aboveground biomass in wet season by age was; 313.44 % in plantations of 01 year, 290.87 % in plantations of 02 years, 291.46 % in plantations of 03 years and 295.60 % in plantations in 04 years. It was noted that the percentage of moisture content is higher in wet season. The average percentage of ash in the stem was 1.68 % in the dry season and 1.34 % in wet season, in the branches was 1.25 % in the dry season and 1.11 % in wet season, in the leaves with 2.3 % in the dry season and 2.01 % in wet season, reaching a higher percentage in the leaves with a 2.52 % in the dry season and 2.14 % in wet season.

2. The average of total biomass, carbon content of CO₂ capture and in kilograms in the dry season of the “Pinon White” (*Jatropha curcas L.*), for plants 1 year was 0.86 kg., 0,382 kg., and 1.399kg.; in plants, 2 years from 5.68 kg., 2,558 kg., and 9,379 kg.; in plants of 3 years of 8,86 kg., 3,868 kg., and 14,183 kg.; in plants of 4 years of 12.71 kg., 5,721 kg., and 20,977 kg respectively.
3. The average of total biomass, carbon content of CO₂ capture and in kilograms in the wet season of the “Pinon White” (*Jatropha curcas L.*), for plants of 1 year was 0.85 kg., 0,389 kg., and 1,426 kg.; in plants, 2 years of 5.46 kg., 2,455 kg., and 9,001 kg.; in plants of 3 years of 8.60 kg., 3,988 kg., and 14,624 kg.; in plants of 4 years from 12.32 kg., 5,546 kg., and 20,336 kg., respectively.
4. There was no statistical significance between the treatments by components and by ages assessed in the analysis of variance.
5. The equation generated: $B = 10^{-4.88456+2.32616*\log(d3)}$, type logarithmic. Key words: experimental blocks, equation generated.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	vi
INDICE	ix
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	4
GENERAL	
ESPECIFICO	
1.3 FUNDAMENTACION TEORICA	5
1.3.1 Antecedentes de la Investigación	5
Antecedentes de estimación de captura de carbono en el cultivo de piñón blanco (<i>Jatropha curcas L.</i>).	5
Antecedentes de estimación de captura de Carbono en el Perú y otros países.	5
Estudios sobre biomasa en arboles individuales.	7
1.3.2 Bases Teóricas	8
- Descripción General de la Especie.	8
Nomenclatura y Botánica	8
- Clasificación	8
- Generalidades	8
- Importancia del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	10
- Ciclo del Carbono	12
- Antecedentes de captura de Carbono	15
Protocolo de Kyoto	15
Comercio de emisiones	16

Captura de carbono ante el cambio climático	17
Bonos de Carbono	17
Secuestro de Carbono	18
Absorción de Carbono	19
Inventarios de Carbono	20
Fijación de CO ₂	20
- La importancia de los sumideros de Carbono y los biocombustibles en el cambio climático global.	21
- Métodos de medición de Carbono	23
- Inventario de Carbono	23
- Determinación de Biomasa	24
Biomasa vegetal	24
1.3.3 Definición de Términos	26
1.4 VARIABLES	34
1.4.1.Variable Dependiente	34
1.4.2.Variable Independiente	34
1.5 HIPOTESIS	35
CAPITULO II: MARCO METODOLOGICO	
2.1. TIPO DE INVESTIGACION	36
2.1.1 De acuerdo a la Orientación	36
2.1.2 De acuerdo a la Técnica de Contrastación	36
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACION	36
2.3. POBLACION Y MUESTRA	38
2.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION	38
2.4.1 Selección del área de estudio	38
2.4.2 Descripción del área de estudio	39
2.4.3 Tamaño de la muestra	39
2.4.4 Medición de las plantas	40
2.4.5 Selección de las parcelas y de las plantas a derribar	41
2.4.6 Separación y pesaje de la biomasa aérea	42
2.4.7 Separación y pesaje de la biomasa subterránea	44
2.5. TECNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	46

2.5.1 Métodos de laboratorio	46
- Secado y pesaje de las muestras	46
- Determinación del porcentaje de cenizas	47
- Calculo del contenido de humedad por componentes	48
- Aplicación de la ecuación de biomasa	49
- Análisis de varianza	49
- Determinación de la ecuación alométrica para estimar captura de CO ₂	49
- Flujo de actividades de obtención de datos en campo, laboratorio y gabinete.	51
 CAPITULO III. RESULTADOS	
3.1. RESULTADOS	52
3.1.1 Resultados de campo	52
- Biomasa obtenida en el muestreo destructivo	52
3.1.2 Resultados de Laboratorio	56
- Contenido de Humedad (CH)	56
- Porcentaje de ceniza	59
- Determinación de Biomasa	60
- Determinación del contenido de Carbono y Captura de CO ₂	62
3.1.3 Resultados del procedimiento de datos	65
- Análisis de Varianza (ANVA) por componentes	65
- Análisis de Varianza (ANVA) de plantas	75
- Densidad aparente y análisis de carbono orgánico en el área de plantaciones	78
- Determinación de la ecuación alométrica para las plantaciones de "Piñón Blanco"	78
- Cuadro resumen	83
- Resumen de resultados	88
3.2. DISCUSIONES	90

3.3. CONCLUSIONES	92
3.4. RECOMENDACIONES	94
3.5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	95
ANEXOS	97

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01	Porcentaje de Biomasa promedio por edades, en época seca de cada componente del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	52
Cuadro N° 02	Porcentaje de Biomasa promedio por edades, en época húmeda de cada componente del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	53
Cuadro N° 03	Biomasa aérea promedio por edades, de cada componente en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	54
Cuadro N° 04	Biomasa aérea promedio por edades, de cada componente en época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	55
Cuadro N° 05	Promedio del Porcentaje de Humedad total por componentes en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	56
Cuadro N° 06	Promedio del Porcentaje de Humedad total por componentes en época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	57
Cuadro N° 07	Contenido de Humedad Total en época Seca y época Húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	58
Cuadro N° 08	Contenido del porcentaje de ceniza por componentes en época seca y época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	59
Cuadro N° 09	Promedio de la Biomasa total por épocas (seca y húmeda), del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	60
Cuadro N° 10	Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de ceniza por épocas.	61
Cuadro N° 11	Determinación del contenido de carbono y captura de CO ₂ promedio por edades en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	62
Cuadro N° 12	Determinación del contenido de carbono y captura de CO ₂ promedio por edades en época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	63
Cuadro N° 13	Análisis de Varianza del Tallo entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 1 año.	65

Cuadro N° 14	Análisis de Varianza del Tallo entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 2 años.	66
Cuadro N° 15	Análisis de Varianza del Tallo entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 3 años.	66
Cuadro N° 16	Análisis de Varianza del Tallo entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 4 años.	67
Cuadro N° 17	Análisis de Varianza de las Ramas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 1 año.	67
Cuadro N° 18	Análisis de Varianza de las Ramas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 2 años.	68
Cuadro N° 19	Análisis de Varianza de las Ramas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 3 años.	69
Cuadro N° 20	Análisis de Varianza de las Ramas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 4 años.	69
Cuadro N° 21	Análisis de Varianza de las Hojas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 1 año.	70
Cuadro N° 22	Análisis de Varianza de las Hojas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 2 años.	71
Cuadro N° 23	Análisis de Varianza de las Hojas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 3 años.	71
Cuadro N° 24	Análisis de Varianza de las Hojas entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 4 años.	72
Cuadro N° 25	Análisis de Varianza de la Raíz entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 1 año.	72
Cuadro N° 26	Análisis de Varianza de la Raíz entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 2 años.	73
Cuadro N° 27	Análisis de Varianza de la Raíz entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 3 años.	74
Cuadro N° 28	Análisis de Varianza de la Raíz entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 4 años.	74
Cuadro N° 29	Análisis de Varianza de Plantas, entre los datos de la época seca y época húmeda en plantas de 1 año.	75
Cuadro N° 30	Análisis de Varianza de Plantas, entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 2 años.	76

Cuadro N° 31	Análisis de Varianza de Plantas, entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 3 años.	76
Cuadro N° 32	Análisis de Varianza de Plantas, entre datos de la época seca y época húmeda en plantas de 4 años.	77
Cuadro N° 33	Densidad aparente y análisis de carbono orgánico.	78
Cuadro N° 34	Valores del diámetro a 3 cm, y biomasa total en kilogramos	79
Cuadro N° 35	Comparación de la biomasa del presente estudio entre la biomasa calculada por la ecuación alométrica.	79
Cuadro N° 36	Ajuste de los valores para la ecuación alométrica	81
Cuadro N° 37	Datos obtenidos para la determinación del porcentaje de ceniza por componente (tallo, ramas, hojas y raíz).	83
Cuadro N° 38	Calculo de la Biomasa total descontando el % de cenizas por planta, en época seca y época húmeda	84
Cuadro N° 39	Contenido de Carbono y Captura de CO ₂ por planta de Piñón Blanco, en época seca y época húmeda	86
Cuadro N° 40	Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de cenizas.	88
Cuadro N° 41	Determinación de la biomasa total, contenido total de carbono y captura de CO ₂ , promedio por edades, en épocas seca y húmeda.	88

INDICE DE FIGURAS

Fig. N° 01	Intercambios anuales de carbono entre el mar, el aire y la biomasa continental (vegetación y suelos).	14
Fig. N° 02	Flujo de actividades de obtención de datos en terreno y en laboratorio.	51

INDICE DE FOTOS

Foto N° 01	Determinando el diámetro del tallo; la altura de la planta; el diámetro de copa, del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>).	40
Foto N° 02	Plantaciones de 4 años; de 03 años; de 02 años; de 01 año, de “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>).	41
Foto N° 03	Desrame de la planta; Deshoje de la planta; Separación del tallo de la Planta de “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>).	42
Foto N° 04	Determinando el Peso Fresco Total de las Hojas; el Peso Fresco Total de las Ramas; el Peso Fresco Total del Tallo, de “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>).	43
Foto N° 05	Determinando el Peso Fresco de la Muestra de las Hojas; el Peso Fresco de la Muestra de las Ramas; el Peso Fresco de la Muestra del Tallo del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>).	44
Foto N° 06	Identificación de la Zona de Influencia de la Raíz; Extracción de la Raíz; Raíz completamente extraído, de “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>).	45
Foto N° 07	Determinando el Peso Fresco Total de la Raíz; determinando el Peso Fresco de la Muestra.	46
Foto N° 08	Sub muestras (tallos, ramas, hojas y raíces), en el interior de la estufa.	47
Foto N° 09	Determinación del Peso Seco de la Muestra de Ramas, Tallo, Hojas y Raíz.	47
Foto N° 10	Determinación del Porcentaje de cenizas por componentes: Ramas, Tallo, Hojas, Raíz.	48

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 01	Distribución de la biomasa aérea promedio en porcentaje por componente en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	52
Grafico N° 02	Distribución de la biomasa aérea promedio en porcentaje por componente en época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	53
Grafico N° 03	Distribución de la biomasa aérea promedio por componente en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	54
Grafico N° 04	Distribución de la biomasa aérea promedio en porcentaje por componente en época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	55
Grafico N° 05	Distribución del Porcentaje de Humedad total por componentes en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	56
Grafico N° 06	Distribución del Porcentaje de Humedad total por componentes en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	57
Grafico N° 07	Distribución del contenido de Humedad total en época seca y época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	58
Grafico N° 08	Distribución del Contenido del porcentaje de ceniza por componentes en época seca y época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	59
Grafico N° 09	Distribución del Promedio de la Biomasa total por épocas (seca y húmeda), del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	60
Grafico N° 10	Distribución de la Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de ceniza en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	61
Grafico N° 11	Distribución de la Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de ceniza en época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	62
Grafico N° 12	Distribución del contenido de carbono y captura de CO ₂ con respecto a la biomasa promedio por edades en época seca del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	63

Grafico N° 13	Distribución de la del contenido de carbono y captura de CO ₂ promedio por edades en época húmeda del “Piñón Blanco” (<i>Jatropha curcas L.</i>)	64
Grafico N° 14	Distribución de los datos del estudio de biomasa en campo entre biomas de la ecuación alométrica	80

ÍNDICE DE ANEXOS

	ANEXOS	97
Anexo N° 01	Mapa de ubicación de la E.E.A “El Porvenir”	98
Anexo N° 02	Mapa de distribución de la parcela en la E.E.A “El Porvenir”	99
Anexo N° 03	Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época seca.	100
Anexo N° 04	Datos obtenidos para la elaboración de la ecuación alométrica.	108
Anexo N° 05	Determinación de biomasa en tallos, en época seca y época húmeda.	109
Anexo N° 06	Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Arbustiva Herbácea.	114
Anexo N° 07	Datos obtenidos para la determinación de Biomasa de Hojarasca, en época seca	115
Anexo N° 08	Fotos de las diferentes etapas de trabajo	116

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas del efecto invernadero que se encuentra de forma natural en la atmósfera. Las actividades de origen Antropogénicos, especialmente las derivadas de la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, están provocando que su concentración en la atmósfera se incremente significativamente, contribuyendo al cambio climático en el planeta. Dentro del abanico de posibles soluciones propuestas para reducir las emisiones de CO_2 , se encuentran las tecnologías de captura y almacenamiento de CO_2 (CAC), siendo su principal aplicación en las fuentes estacionarias de emisión (GAYOSO et al., 2002).

Existe un consenso global entre la comunidad científica por el cual se atribuyen los efectos del calentamiento global al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen Antropogénicos, especialmente de dióxido de carbono (CO_2).

Diversas son las actuaciones que se están llevando a cabo para lograr esta reducción, entre las que destacan el desarrollo y optimización de procesos para una utilización más limpia y eficaz de los combustibles fósiles, tecnologías de uso limpio de carbón, sustitución parcial de combustibles fósiles por combustibles biomásicos, desarrollo de procesos de tratamiento de gases, etc.

Las tecnologías de captura y almacenamiento de CO_2 (CAC) consisten en la separación del CO_2 , emitido por la industria y otras fuentes relacionadas con la energía, para posteriormente comprimirlo y obtener así una corriente concentrada de CO_2 , la cual es susceptible de ser transportada e inyectada en un adecuado almacén geológico (SCHLEGEL et al., 2001).

La captura de CO₂ da lugar de forma inevitable a un aumento en los costes de producción de los procesos en los que se integren. Por ello es necesario conocer los costes de implantación y explotación de las distintas tecnologías. Sin embargo, muchas de estas tecnologías de captura de CO₂ se encuentran en un estado experimental, por lo que se hace necesario recurrir a estimaciones y a los datos aportados en las publicaciones de la comunidad científica que se dedica a los temas de captura.

La valoración económica ecológica de la diversidad biológica y en especial del servicio de captura de carbono, constituye una herramienta clave para la protección y uso sustentable de la misma, pues pretende mostrar que el beneficio que resulta de dicha actividad, puede ser mayor en términos de desarrollo económico y social, que la que se obtiene de actividades asociados a su mal manejo y destrucción.

La captura de carbono en plantaciones de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.), así como en otros tipos de plantaciones, ocurre únicamente durante el desarrollo de las plantas hasta llegar a su estado de madurez. Es en troncos y ramas donde el carbono queda almacenado. La cantidad de carbono (CO₂) que el árbol captura, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la madera del árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Entre 40% y 50% de la biomasa de un árbol (madera: materia seca) es carbono. Es necesario conservar los árboles para evitar que el carbono (CO₂) contenido en ellos se emita a la atmósfera.

Por lo expuesto anteriormente planteamos la siguiente interrogante:

¿Cuál es el potencial de captura de Carbono en el cultivo de “Piñón blanco” (*Jatropha curcas* L.)?

En la presente investigación se estimó la biomasa del cultivo en las parcelas, mediante la generación de ecuaciones alométricas con las

cuales se podrá calcular con precisión la capacidad del cultivo como captador de carbono.

Estas estimaciones de biomasa, se realizó con el fin de demostrar que el cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), además de ser un cultivo perenne, rentable por su aprovechamiento como cultivo alternativo, para biocombustible, es un buen captador de CO₂ atmosférico; que son emitidos por las actividades Antropogénicos e industriales, esto ligado a la capacidad de generación de biomasa en una área determinada.

1.2 OBJETIVOS

GENERAL

- Determinar el potencial de captura de carbono, en el cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), en la E.E.A. El Porvenir.

ESPECIFICOS

- Determinar la cantidad de carbono total, contenido en plantaciones de “Piñón Blanco”.
- Determinar la cantidad de carbono, contenido en el suelo, en una hectárea de “Piñón Blanco”.
- Elaborar una ecuación alométricas que calcule la cantidad de carbono capturado en el “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*).

1.3 FUNDAMENTACIÓN TEORICA

1.3.1 Antecedentes de la Investigación

Hasta el momento no se han realizado investigaciones sobre captura de carbono en piñón blanco (*Jatropha curcas L.*), en nuestro país; sin embargo por la preocupación del calentamiento global a causa de los gases del efecto invernadero se han realizado, un sin número de investigaciones sobre este tema en diferentes especies vegetales, tanto en el ámbito internacional como en nuestro país.

- **Antecedentes de estimación de captura de carbono en el cultivo de “Piñón blanco” (*Jatropha curcas L.*).**

En el contexto de la fiebre de la captura de carbono en el Perú y San Martín no se han encontrado ningún antecedente de estudio de investigación en temas de captura de carbono, en los cultivos de “Piñón blanco” (*Jatropha curcas L.*), debido a que es un cultivo manejado y sostenible nuevo, es por eso el interés de realizar este estudio, más bien se encontró estudios de potencial y estimación de captura de carbono en otras especies.

- **Antecedentes de estimación de captura de carbono en el Perú y otros países.**

A nivel mundial existe la preocupación por el calentamiento de la atmósfera como consecuencia del aumento de la concentración de los GEI de origen antropogénico. El principal de estos gases, es el CO₂, el cual se ha incrementado desde 280 ppm que había durante el periodo preindustrial, hasta cerca de 360 ppm que hay en la actualidad. Los bosques naturales, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono, porque en ellos intervienen muchos de los procesos biogeoquímicos

que regulan el intercambio de carbono que existe entre la atmósfera y la biomasa aérea.

CATPO (2000) realizó un estudio de investigación para cuantificar carbono acumulado en una plantación de *Pinus patula* existente en Cajamarca, llamada Cerro Campanario, ubicada a 40 km al NO de la ciudad. Donde establecieron 31 parcelas, que tuvieron árboles de 17 y 19 años de edad, de los cuales tomaron 31 individuos para ensayos destructivos para hallar la biomasa arbórea existente, determinando la biomasa arbórea existente. Con los datos calculados; construyó la ecuación final de biomasa que tuvo como variable independiente al dap, como dependiente a la biomasa

DÍAZ *et al.* (2007) realizaron un estudio en el Ejido Mariano de Matamoros, Tlaxco, México, donde seleccionaron 25 árboles de *Pinus patula* Schl. et Cham., y se determinaron su biomasa y carbono en el estrato aéreo para ajustar el modelo $Y=b*X^k$, tomando como variable independiente (X) el diámetro (dap). En el campo se determinó el peso fresco, tanto de la muestra como del componente, las muestras se llevaron al laboratorio para ser secadas y obtener su peso seco, para después estimar la biomasa total de cada árbol, usando para ello la relación peso seco: peso fresco de las muestras. Para determinar el carbono de los diferentes componentes se tomaron muestras de cinco árboles y fueron analizadas en el laboratorio, obteniendo así 52,21% de carbono en el follaje, 49,47% en las ramas y 49,26% en el fuste, de esta forma la concentración promedio por árbol fue de 50,31%.

- **Estudios sobre biomasa en árboles individuales.**

En términos porcentuales el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representando entre 55 y 77 % del total; luego están las ramas, de 5 y 37 %; y por último las hojas y la corteza de fuste entre 1 a 15 % y 5 a 16 %, respectivamente (Gómez, 1976; Madgwick, 1977, citado por Gayoso et al. 2002). La contribución porcentual de los diferentes componentes (tallo, rama, hojas y raíces) en la biomasa total de un árbol varía considerablemente dependiendo de la especie, edad, sitio y tratamiento silvicultural (Pardé 1980, citado por Gayoso et al, 2002).

Respecto a la biomasa de las raíces, esta varía mucho dependiendo de las características del clima, suelo y especie. La biomasa de las raíces se expresa comúnmente en relación a la biomasa aérea, como la razón raíz/tallo (R/T). Las estimaciones, no son consistentes respecto a la profundidad de muestreo, como tampoco si se incluyen raíces gruesas (Sanford y Cuevas 1996, citado por (GAYOSO ET AL, 2002).

Determinar la biomasa bajo el suelo o biomasa radicular, es un proceso muy costoso (alrededor de 120 dólares por cada sistema radicular), algunos investigadores realizaron estimaciones de biomasa radicular, encontrando el 15 % de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea, lo cual es una estimación conservadora. Por ejemplo Cairns et al. (1997) encontró valores de razón R/T (raíz/tallo), para distintos lugares del mundo entre 20 y 30 % de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea. (MacDicken 1997).

1.3.2 Bases Teóricas

➤ Descripción General de la especie

Nomenclatura y Botánica

Nombre Común : Piñón blanco

Nombre Científico : *Jatropha curcas* L

Según datos científicos, “Piñón Blanco” (*Jatropha Curcas* L.), es una oleaginosa de porte arbustivo, perteneciente a la familia de las Euforbiáceas, que tiene más de 3 mil 500 especies agrupadas en 210 géneros.

La familia de Euphorbiaceae contiene 476 especies. (ECHEVERRIA, R; INIA-GTZ)

➤ Clasificación

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Malpighiales

Familia : Euphorbiaceae

Subfamilia : Crotonoideae

Tribu : Jatropeae

Género : *Jatropha*

Especie : *Jatropha curcas*

Es originaria de Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales.

Se cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África.

➤ Generalidades

El “Piñón blanco” (*Jatropha curcas* L.) en la Región San Martín se encuentra en las cercas de las viviendas o

chacras. La planta y sus semillas no son comestibles (curcina y diterpenas) para los animales y seres humanos por lo que lo utilizan como cercas para proteger sus campos.

El cultivo de piñón es una alternativa en la región por sus bondades como recuperador de suelos para reforestación, es una planta perenne que puede desarrollar por más de 50 años, soporta épocas de sequía prolongadas, mas no soporta la humedad y/o estancamientos de agua; de sus semillas se extrae el aceite para la elaboración de biodiesel y aceite carburante, se puede utilizar en motores diesel para transporte, generadores de electricidad, en bombas, etc. Se puede utilizar como energía en las áreas rurales. El aceite también puede utilizarse en la elaboración de jabones y la torta como abono orgánico.

Jatropha curcas es un arbusto de 2 a 6 m de altura de corteza blanco-grisácea y exuda un látex translúcido.

✓ **Raíz**

Normalmente tiene 5 raíces, 1 central y 4 periféricas.

✓ **Tallo**

Crece con una discontinuidad morfológica, son cilíndrica de color verdoso que produce ramas con savia láctea.

✓ **Hoja**

Sus hojas, son grandes con 5 a 7 lóbulos poco profundos, pecíolos largos de 5 a 35 cm, y se colocan en forma alterna, seca en época seca.

✓ **Flor**

Las inflorescencias planta monoica y sus flores son unisexuales, las inflorescencias se forman

terminalmente en el axial de las hojas en las ramas. Ambas flores, masculinas y femeninas, son pequeñas (6- 8 mm), verdoso-amarillo. Cada inflorescencia rinde un manojito de aproximadamente 10 frutos ovoides o más. La polinización es facilitada por insectos (Abejas).

✓ **Fruto**

Su fruto, necesita 90 días desde la floración hasta que madura la semilla. Son cápsulas drupáceas y ovoides, después de la polinización, se forma una fruta triocular de forma elipsoidal. Al inicio son carnosas pero dehiscentes cuando son secas, los frutos son de color verde, pero volviéndose de amarillo a café oscuro o negro. Cada inflorescencia rinde un racimo de aproximadamente 9 frutos. Son cápsulas drupáceas y ovoides.

Las frutas son cápsulas inicialmente verdes pero volviéndose a café oscuro o negro en el futuro.

✓ **Semilla**

La fruta produce tres semillas de color negro, las dimensiones promedio de longitud es de 2.015 cm y de ancho de 1.140 cm, 1000 semillas tienen un peso de 644 gramos y un kilo contiene 1,553 semillas.

➤ **Importancia del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)**

✓ **Ambiental**

- Captura de CO₂ atmosférico.
- No se interviene en el ciclo del Carbono.
- Se evita la desertificación, la deforestación y degradación en los suelos.

- Se favorece la bio-diversidad y conservación ecológica en zonas marginales.
- Disminución de las emisiones de CO₂ (gas de efecto invernadero).
- ✓ **Económico**
 - Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
 - Acceso al mercado de biomasa y biocombustibles.
 - Acceso al mercado de bonos de carbono.
 - Obtención de certificados de reducción de emisiones de CO₂.
- ✓ **Socio culturales**
 - Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
 - Acceso a biocombustibles.
 - Se evita la degradación de los suelos y la deforestación.
 - Captura de dióxido de carbono atmosférico (reducción de emisiones).
 - Asegurar recursos alternativos de energía.
 - Reducir las emisiones de CO₂ frente al cambio climático global.
 - Fomentar el uso de energía renovable sustentable.
 - Obtener beneficios de los bonos por captura de carbono en plantaciones.
 - Obtener certificados por reducción de emisiones de CO₂.

➤ CICLO DEL CARBONO

El ciclo del carbono es la sucesión de transformaciones que sufre el carbono a lo largo del tiempo. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. Éste comprende dos ciclos que se suceden a distintas velocidades:

- *Ciclo biológico*: comprende los intercambios de carbono (CO_2) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, proceso mediante el cual, el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años. Este ciclo desempeña un papel importante en los flujos de carbono entre los diversos depósitos, a través de los procesos de fotosíntesis y respiración.

Mediante la fotosíntesis las plantas absorben la energía solar y el CO_2 de la atmósfera, produciendo oxígeno e hidratos de carbono (azúcares como la glucosa), que sirven de base para el crecimiento de las plantas. Los animales y las plantas utilizan los hidratos de carbono en el proceso de respiración, usando la energía contenida en los hidratos de carbono y emitiendo CO_2 . Junto con la descomposición orgánica (forma de respiración de hongos y bacterias), la respiración devuelve el carbono, biológicamente fijado en los reservorios terrestres (los tejidos de biota, el permafrost del suelo y la turba), a la atmósfera.

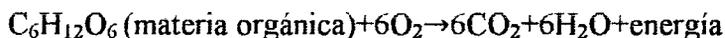
- **Ciclo biogeoquímico:** regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El CO₂ atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos. El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados los mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural.

Las ecuaciones químicas que rigen estos dos procesos son:

Fotosíntesis



Respiración

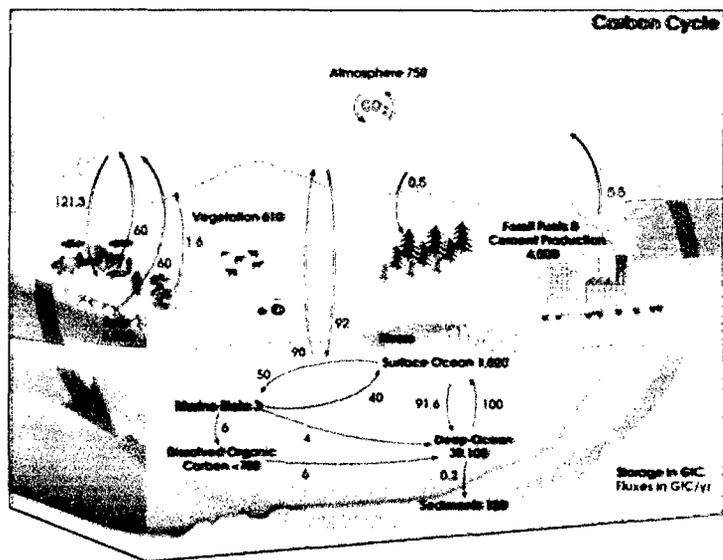


Es posible verificar que el mayor cambio entre el depósito terrestre y el atmosférico resulta de los procesos de fotosíntesis y respiración.

Los días de primavera y verano, las plantas absorben luz solar y CO₂ de la atmósfera y, paralelamente, los animales, plantas y microbios, a través de la respiración, devuelven el

CO₂. Cuando la temperatura o la humedad son mucho más bajas, por ejemplo en invierno o en los desiertos, la fotosíntesis y la respiración se reduce o cesa, así como el flujo de carbono entre la superficie terrestre y la atmosfera.

El almacenamiento del carbono en los depósitos fósiles supone en la práctica una rebaja de los niveles atmosféricos de dióxido de carbono. Si éstos depósitos se liberan, como se viene haciendo desde tiempo inmemorial con el carbón, o más recientemente con el petróleo y el gas natural; el ciclo se desplaza hacia un nuevo equilibrio en el que la cantidad de CO₂ atmosférico es mayor; más aún si las posibilidades de reciclado del mismo se reducen al disminuir la masa boscosa y vegetal.



Fuente: www.es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_carbono, 2006).

En la figura N° 01, se representan los intercambios anuales de carbono entre el mar, el aire y la biomasa continental (vegetación y suelos) en peta gramos de carbono (PgC).

➤ ANTECEDENTES DE CAPTURA DE CARBONO

Los bosques naturales, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, juegan un papel preponderantes en el ciclo global del carbono, porque en ellos intervienen muchos de los procesos biogeoquímicos que regulan el intercambio de carbono que existe entre la atmósfera y la biomasa aérea (Acosta *et al.* Citados por UACH 2001).

• Protocolo de Kyoto

El artículo N° 12 del Protocolo de Kyoto establece el mecanismo, mediante el cual los países industrializados pueden financiar proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo y recibir créditos por ello. Si bien el Protocolo de Kyoto entró en vigencia en el año 2005, el mercado del MDL ya estaba operando desde el 2002. Por esta razón, todas aquellas negociaciones de reducción de emisiones realizadas con anterioridad a la vigencia del Protocolo de Kyoto son válidas según un acuerdo entre los países signatarios dado en el año 2001 (GAYOSO *et al.*, 2001).

El protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores de calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

En 1997, se aprobó el Protocolo de Kyoto, que plantea objetivos y medidas concretas para la mitigación de Cambio Climático. Este protocolo desarrolla el convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático

fijando objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas en la actividad humana en 39 países industrializados (**Anexo I del Protocolo**).

Estas reducciones se miden en relación con su nivel de emisiones de 1990: un promedio de 5,2% para conjunto de los países industrializados, un 8% para la Unión Europea. Estos objetivos de reducción son para el periodo 2008-2012, el llamado “Primer Periodo de Compromiso”. El 16 de febrero de 2005 entro en vigor el protocolo, superando el apoyo de al menos 55 países, cuyas emisiones en conjunto sumaron un mínimo del 55% del total de dichos países en 1990.

Este instrumento se encuentra dentro del marco de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro.

- **Comercio de emisiones**

El comercio de Emisiones (artículo 17 del Protocolo de Kyoto) es el mecanismo esencial para el funcionamiento del protocolo, ya que convierte los derechos de emisión (cada unidad o derecho de emisión correspondientes a una tonelada equivalente de CO₂) en un valor transferible comercialmente a precio de mercado. Así los participantes en el protocolo de Kyoto pueden comprar más derechos si lo consideran necesario para llevar a cabo aquellas actividades que producen emisiones, o bien si desean retirarlos del mercado para evitar las emisiones equivalentes, venderlos en el caso de poseer más derechos

de lo que su actividad emisora finalmente requiere (BROWN, 1996).

- **Captura de carbono ante el cambio climático**

El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo. Este problema se acentúa por el rápido incremento actual de las emisiones de gases del efecto invernadero (GEI) (Bolin *et al.*, 1986) y por las dificultades de reducir en forma sustantiva el incremento de GEI en el futuro próximo (IPCC, 1995).

En nuestro país, los principales emisores de GEI son el sector de energía, por el uso de combustibles fósiles, con 83,8 MtC (Gay y Martínez, 1995), el cambio en el uso del suelo y forestación con 30,2 MtC (Maser *et al.*, 1995).

Para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible, por un lado, conocer la dinámica del C en los ecosistemas forestales y, por otra, las modificaciones a los flujos de carbono derivadas de los patrones de cambio de uso de suelo. Un primer paso indispensable para lograr este objetivo, es contar con la información básica sobre los contenidos de carbono en los diferentes almacenes del ecosistema (Ordoñez, 1998).

- **Bonos de carbono**

Son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente; es uno de los tres mecanismos propuestos en el protocolo de Kyoto para la reducción de emisiones

causantes del calentamiento global o efecto invernadero (GEI).

El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado.

La transacción de los bonos de carbono (un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono) permite mitigar la generación de gases invernadero, beneficiando a las empresas que no emiten o disminuyen la emisión y haciendo pagar a las que emiten más de lo permitido (IPCC, 2000).

- **Secuestro de carbono**

Es un servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar el carbono atmosférico en forma de biomasa. Los niveles de absorción pueden ser mejoradas con el manejo adecuado de los ecosistemas forestales, evitando su conversión en fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI).

El secuestro de carbono tanto en plantaciones como en bosque natural juega un gran papel para contrarrestar el problema del calentamiento global de la tierra; a medida que los bosques aumentan el almacenamiento de carbono, éste es cada vez menor en la atmósfera, por lo tanto los cambios climáticos disminuyen. (DIXON, 1993).

Iniciativas como el Fondo Bio Carbono de Banco Mundial promueven el desarrollo de proyectos forestales que

puedan aplicar al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) a través del comercio de Certificados de Emisiones Reducidas (LLERENA, 1991).

- **Absorción del carbono**

El potencial de absorción de carbono mediante actividades de forestación/reforestación depende de la especie, el lugar y el sistema de ordenación es muy variable. Los índices normales de absorción, expresados en toneladas de carbono (tC) por hectárea y año, en el trópico es de 3,2 a 10 tC. Los estudios realizados los trópicos indican que sería posible absorber un volumen adicional de carbono, que se cifra en 11,5 a 28,7 Gt de carbono mediante la regeneración de unos 217 millones de hectáreas de tierras degradadas.

Tal vez únicamente un tercio de la tierra ecológicamente adecuada podrá destinarse a actividades de forestación/reforestación. En esta hipótesis, las actividades agroforestales y de forestación/reforestación absorberían alrededor de 0,25 Gt por año, cifra a la que se añadirían 0,13 Gt anuales gracias a la restauración de tierras degradadas (BROWN, 1996).

Las actividades silvícolas que aumentan la productividad de los ecosistemas forestales, como los aclareos realizados en el momento adecuado, pueden incrementar en cierta medida el almacenamiento de carbono en los bosques.

Sin embargo, los efectos de los distintos sistemas silvícolas en la absorción total de carbono son mucho menores que las actividades de forestación y reforestación (DIXON, 1993).

- **Inventarios de carbono**

En la estimación de carbono acumulado en los distintos ecosistemas forestales, se utilizan los inventarios de carbono, que contabilizan el carbono fijado al momento de las mediciones. Para que los inventarios puedan ser comparados entre si y reflejen la cantidad real de carbono acumulado por el ecosistema, es importante que estas sean confiables. Es decir se basen en su estimación en principios y procedimientos aceptados de inventario, muestreos y ciencias del suelo, para reflejar la cantidad real de carbono (SCHLEGEL *et al.*, 2001).

- **Fijación de CO₂**

El principal almacén de carbono lo constituye la atmósfera, que está asociado al oxígeno formando el CO₂ (como producto de la respiración y/o de algún proceso de combustión), el cual es incorporado a través de los estomas al interior de las hojas de las plantas, por medio de un proceso fotoquímico conocido como fotosíntesis.

Mediante la fotosíntesis, los árboles toman CO₂ del aire, lo combinan con hidrógeno que obtienen del agua del suelo utilizando la energía almacenada en los cloroplastos y, a partir de estos, se sintetizan los carbohidratos básicos que, al combinarse con otros elementos minerales del suelo, pueden ser utilizados para aumentar el tamaño de los órganos vegetales y de esta forma satisfacer las necesidades reproductivas, por lo que la función biológica de las plantas es tomar los factores de crecimiento disponibles sobre una área determinada y transformarlos en compuestos orgánicos de diversas composiciones (Harold, 1984, citado por Montoya *et al.* (1995).

Montoya et al. (1995) y Ordóñez (1999) describen que con el manejo forestal es posible compensar las crecientes emisiones de CO₂ en dos formas:

1. Creando nuevos reservorios de dióxido de carbono. Restaurando las áreas degradadas por medio de plantaciones y/o regeneración natural, y por la extracción de madera. En ambos casos se pretende almacenar el carbono a través del crecimiento de árboles, y al extraer la madera convertirla en productos durables.
2. Protección de bosques y suelos. Con la destrucción del bosque se pueden liberar a la atmósfera de 50 a 400 toneladas de carbono por hectárea. Mencionan que “Mientras la protección de un área forestal puede inducir a la presión de otra, el manejo integrado de recursos enriquecido con esquemas de evaluación de proyectos son requeridos para validar dicha protección”

➤ **La importancia de los sumideros de carbono y los biocombustibles en el cambio climático global.**

Aunque el tema de los sumideros ha sido fuente de divergencias en las COP-6 y COP-7, la Sexta y Séptima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, en la última se acordó la inclusión de los sumideros, con ciertas limitaciones, dentro de los llamados Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), por los cuáles los países desarrollados podrían compensar emisiones de GEI con fijación de carbono en países no desarrollados mediante plantaciones forestales (UNFCCC 2002). Esta inclusión de los sumideros dentro de los MDL ha recibido objeciones

de distinto tipo, entre ellas cuestionamientos basados en externalidades, dificultades de cuantificación, complementariedad y permanencia, aún antes de su inclusión (SCHOTT, M. 2004).

De todos ellos, sin duda el aspecto más crítico ha sido el de permanencia. Esto es porque el problema de la permanencia no surge principalmente de debilidades técnicas o institucionales, eventualmente subsanables, sino que es parte de la naturaleza misma de algunos sumideros y particularmente de los bosques. Otra preocupación crítica es que los créditos de carbono provenientes de los sumideros permitirán a los países industrializados continuar utilizando enormes cantidades de combustibles fósiles (Greenpeace 2000).

Finalmente, si se consideran los lineamientos definidos por el del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) para la realización de estudios de mitigación del cambio climático se plantean dos escenarios de evolución futura del sistema analizado. El primero, llamado escenario de base, está asociado con la evolución previsible del sistema, según su dinámica actual y en ausencia de acción espera reducir las emisiones o incrementar la capacidad de absorción de GEI. El segundo escenario, llamado de mitigación, por el contrario, supone elegir un conjunto de opciones de mitigación del cambio climático (GEF 1996).

En este marco, tanto la captura de dióxido de carbono por medio de actividades de reforestación con especies nativas como el uso de biocombustibles son opciones de mitigación del cambio climático, en el primer caso porque es una acción para incrementar la capacidad de absorción

de CO₂ atmosférico y en el segundo porque es una para reducir las emisiones de dicho GEI.

➤ **MÉTODOS DE MEDICION DE CARBONO**

Para estimar la biomasa aérea se puede emplear dos métodos:

- a) Método directo o destructivo.
- b) Método indirecto, que generalmente se aplican cuando los árboles son de grandes dimensiones.

En los dos casos, los valores obtenidos se extrapolan a una hectárea (SEGURA Y KANNINEN, 2002).

El método directo o destructivo incluye mediciones de campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad de la vegetación, teniendo en cuenta algunos criterios de evaluación. Aunque este método es más costoso y requiere de mayor tiempo, arroja resultados de alta confiabilidad, en comparación con el segundo método.

Entre los métodos indirectos para estimar biomasa, se encuentra el uso de modelos de biomasa específica para cada especie, donde los valores de inventarios forestales como diámetro y altura, se transforman a términos de biomasa con la ayuda de modelos generales.

➤ **INVENTARIO DE CARBONO**

Un inventario de carbono es un método usado para medir, registrar y procesar los datos del bosque, obtenidos en el campo y, así obtener información de la cantidad, calidad de los árboles y características del área boscosa, de acuerdo a las necesidades requeridas (BASANTES, 2003).

En un inventario de carbono calculamos cuanto carbono está fijado en cada uno de estos “almacenes”. Podríamos comparar el inventario con una fotografía que nos permite “ver” el tamaño de estos almacenes al momento de tomarla.

➤ **DETERMINACION DE BIOMASA**

Es importante conocer la biomasa de una especie para elaborar previsiones sobre el ciclo del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre cambio climático. Además, para una parte de la población humana que vive en las zonas rurales de los países en desarrollo, la biomasa es una fuente de combustible para cocinar y para calefacción.

La determinación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes.

Esta información es de especial importancia en la actualidad, debido a la necesidad de conocer los montos de carbono capturado por los cultivos naturales y plantaciones forestales, como un medio para mitigar los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles, entre otros, que liberan una gran cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera.

- **Biomasa vegetal.**

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de material vegetal o la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en

un período determinado, expresado en peso de materia seca (toneladas) por unidad de área (Brown 1997). La biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (FAO 1995, citado por Baldoceca 2001).

La biomasa se puede cuantificar de forma directa e indirecta. La forma indirecta implica recolectar datos de campo en inventarios para su posterior utilización en ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión. La forma directa consiste en el tajeo y pesaje del árbol y determinar su peso seco (Brown 1997).

1.3.3 Definición de Términos

En la investigación se nombraran constantemente los siguientes términos:

- **Agricultura Ecológica**

Agricultura que se practica procurando respetar el medio ambiente mediante el empleo de métodos de abonado natural, evitando el uso de pesticidas y abonos de síntesis y que tiende al uso racional de los recursos naturales (agua, suelo y patrimonio genético).

- **Altura**

Distancia vertical de un cuerpo respecto a la tierra o a cualquier otra superficie tomada como referencia.

- **Biomasa**

Refiere al conjunto de toda la materia orgánica cuantitativo de la masa total de origen vegetal o animal, que incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial.

La biomasa se puede cuantificar de forma directa e indirecta. La forma indirecta implica recolectar datos a campo y en inventarios para su posterior utilización en ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión. La forma directa, consiste en el apco y pcsado dcl árbol y dcterminar el pcsado seco Brown (1997), citado por SCHLEGEL et al. (2001).

- **Bonos de carbono**

Son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio

ambiente; es uno de los tres mecanismos propuestos en el Protocolo de Kioto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero (GEI o gases de efecto invernadero).

- **Calidad Ambiental**

Características cualitativas y cuantitativas de algún factor ambiental o del ambiente en general y que son susceptibles de ser modificados.

- **Calidad de vida**

Grado de satisfacción de las necesidades de las personas o de los grupos sociales.

- **Cambio Climático**

Fenómeno ambiental cuyo efecto principal es el recalentamiento de la superficie terrestre y sus causas se relacionan con actividades humanas que están alterando la composición de la atmósfera al aumentar la concentración de los gases que producen el efecto invernadero.

- **Captura de Carbono**

Extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono (como los océanos, los bosques o la tierra) a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis.

Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono producto de sus procesos metabólicos como crecimiento y desarrollo. Dado que aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, se considera como uno de los más importantes para la vida.

- **Carbono**

El carbono es un elemento químico de número atómico 6, peso atómico 12 y símbolo "C". Es sólido a temperatura ambiente, dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas alotrópicas, carbono amorfo y cristalino en forma de grafito o diamante.

- **Ciclo**

Proceso natural en el que los elementos circulan continuamente bajo distintas formas entre distintos compartimentos del medioambiente por ejemplo; el aire, el agua, el suelo, los organismos.

Algunos ejemplos son el ciclo de carbono, del nitrógeno y del fósforo (ciclos de nutrientes) y el ciclo del agua.

- **Ciclo de Carbono**

El ciclo de carbono consiste en un proceso muy complicado, cuyos elementos principales son: el carbono que está almacenado en el aire, en el agua y en el suelo en forma de un gas llamado dióxido de carbono (CO_2); las plantas toman el CO_2 del agua (plantas acuáticas), del aire o del suelo (plantas terrestres) y con la energía de la luz del sol producen alimentos (glucosa, sacarosa, almidón, celulosa, etc.), y liberan oxígeno (O_2) al aire, al agua o al suelo (fotosíntesis), las plantas juegan el rol más importante en el ciclo de carbono; los animales herbívoros se alimentan de las plantas y usan compuestos orgánicos para vivir y formar su propia materia, por el proceso de la respiración los herbívoros emiten al aire o al agua el CO_2 ; los animales carnívoros toman la materia de otros animales por la alimentación, absorben los componentes

de los animales por el proceso digestivo y los descomponen en las células con ayuda de oxígeno que respiran del aire o del agua y emiten CO_2 al aire o al agua; y por último la descomposición de las plantas y de los animales al morir restituye el carbono al medio en forma de CO_2 y materias orgánicas, que son aprovechados por otras plantas para reiniciar el ciclo.

- **Contenido de Humedad**

Es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo, las rocas, la cerámica o la madera medida en base a análisis volumétricos o gravimétricos. Esta propiedad se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas y se expresa como una proporción que puede ir de 0 (completamente seca) hasta el valor de la porosidad de los materiales en el punto de saturación.

- **Curcína y Diterpenas**

Son albuminas y alcaloides tóxicos para el ser humano y animales.

- **Diámetro**

Es el segmento que pasa por el centro y sus extremos son puntos de ella. Es la máxima cuerda (segmento entre dos puntos de la circunferencia) que se encuentra dentro de una circunferencia, o en un círculo. Todo diámetro divide a un círculo en dos semicírculos.

- **Dióxido de Carbono (CO_2)**

Gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos (en torno a un 0,03% en volumen).

El dióxido de carbono se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono.

- **Ecosistema**

Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y de nutrientes.

- **Ecuación Alométrica**

Es la ley más sencilla del crecimiento relativo. La razón entre los crecimientos relativos de Y y X es constante. La ecuación alométrica es una fórmula aproximada, simplificada. Su principio es una expresión de interdependencia, organización y armonización de procesos fisiológicos. Con armonía de los procesos se mantiene vivo el organismo y en estado uniforme.

- **Emisión**

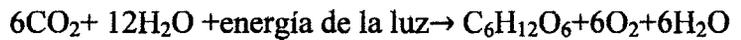
Una emisión contaminante resulta ser aquel residuo tóxico emanado por la actividad humana, ya sea industrial o doméstica y que por supuesto afectará severamente la calidad de vida y del medio ambiente. Las emisiones vehiculares son un ejemplo de este tipo de emisión, las mismas contribuyen al smog en la ciudad y le provocan a la gente dificultades en la respiración.

- **Especie**

Grupo de organismos formado por poblaciones de individuos que ocupan un hábitat y que se reproducen entre sí.

- **Fotosíntesis**

La fotosíntesis es el mayor proceso productivo sobre la tierra. Es un proceso biosintético por medio del cual la planta es capaz de sintetizar materia orgánica a partir de las moléculas inorgánicas que encuentra en el medio utilizando la energía lumínica.



- **Gases de Efecto invernadero**

Se denominan gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria.

- **Gigatonelada (Gt)**

Unidad de medida que representa a mil millones toneladas; una Gigatonelada de Carbono equivale a 1 petagramo de Carbono (1PgC), que a su vez equivale a 3.67 Gt de CO₂.

- **Hábitat**

Lugar o tipo de ambiente natural en el que existen naturalmente un organismo o una población. Es decir, es la suma de condiciones físicas y biológicas en que vive un individuo o población.

- **Medio Ambiente**

Es el entorno en el cual opera una entidad gestionada, incluyendo tanto los elementos como los seres humanos y otros sistemas bióticos, entorno en el cual opera.

- **Piñón Blanco**

(Jatropha curcas L.), es una planta oleaginosa, familia Euforbiáceas con origen en Mesoamérica. Puede vivir de 30 a 50 años, y soportar épocas de sequías prolongadas. Sus plantas y semillas no son comestibles, debido a que contiene curcina y diterpenas, el Piñón Blanco crece en una gran variedad de suelos, especialmente en los marginales. Debido a sus bondades como recuperador de suelos para reforestación de las áreas erosionadas; a la calidad del aceite de sus semillas para la elaboración de biodiesel. Constituye como una alternativa para la recuperación de suelos degradados, con incorporación de materia orgánica, evitando su erosión e incrementando la capacidad de retención de humedad y la capacidad de retención de Carbono.

- **Protección Ambiental**

Cualquier actividad que mantenga o restaure la limpieza del medio ambiente a través de la prevención de la emisión de sustancias contaminantes presentes en el medioambiente.

- **Protocolo de Kyoto**

El Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y

óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.

- **Secuestro de Carbono**

Es un servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar el carbono atmosférico en forma de biomasa. Los niveles de absorción pueden ser mejorados con el manejo adecuado de los ecosistemas forestales, evitando su conversión en fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI).

- **Variable**

Estructura de programación que contiene datos. Puede contener números o caracteres alfanuméricos y el programador le asigna un nombre único. Mantiene los datos hasta que un nuevo valor se le asigna o hasta que el programa termine.

1.4 VARIABLES

Se utilizó dos variables de importancia para la investigación: como variable dependiente el potencial de captura de carbono y como variable independiente el carbono contenido en la planta, contenido de carbono en el suelo, hojarascas y arbustivas, raíces.

1.4.1 Dependiente (Y)

Y = Potencial de Captura de Carbono en el Cultivo de “Piñón Blanco”

Y = (Carbono contenido en la Planta) + (Carbono contenido en los suelos)

1.4.2 Independiente (Xi)

X₁ : Carbono contenido en la Planta

X₂ : Carbono contenido en los suelos

1.5 HIPOTESIS

La hipótesis planteada para esta investigación es:

“Si medimos la captura de carbono en el “Piñón Blanco”, entonces, se determinará el potencial de captura de carbono.”

H_1 : La medición de la captura unitaria de carbono, permite calcular el Potencial de captura de carbono del cultivo de “Piñón Blanco”

H_0 : La medición de la captura unitaria de carbono, no permite calcular el Potencial de captura de carbono del cultivo de “Piñón Blanca.

Explicación de la contrastación de la Hipótesis

Al realizar este trabajo de investigación, afirmo y asumo la hipótesis alterna; ya que permite, la medición de la captura unitaria de carbono, en el “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO

2.1 TIPO DE INVESTIGACION

2.1.1 De acuerdo a la Orientación

Básica

2.1.2 De acuerdo a la Técnica de Contrastación

Descriptiva

2.2 DISEÑO DE INVESTIGACION

En la evaluación de bosques y cultivos, se pueden utilizar una gran variedad de métodos o diseños de inventarios, sin embargo, es necesario buscar diseños que sean realmente eficientes, es decir, que al menor costo posible se obtenga la mayor precisión; todo ello debe ser concordante con las características de la población a evaluarse, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Heterogeneidad de la población.
- Superficie
- Accesibilidad

La combinación de estos factores determinará la condición básica para el diseño del estudio.

La población está comprendida por un cultivo homogéneo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), divididos en cuatro parcelas de una hectárea por edad, cada una de ellas constantemente limpiados, evaluados y cosechados cada temporada de cosecha, logrando el ciclo normal del cultivo.

Esto quiere decir que luego de ser cosechados las semillas, cumple normalmente el ciclo de producción y regeneración, en los cuales no

existe ninguna actividad dentro de las parcelas salvo los de mantenimiento.

Por lo tanto las parcelas cumplen con las siguientes características:

- Población homogénea.
- Superficie pequeña.
- Fácil acceso.

Por lo que el diseño requerido es:

- Irrestringido
- Cobertura completa del área.
- Distribución aleatoria de la muestra.

La superficie total del cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*) es de 4 hectáreas, un área relativamente pequeña y de fácil acceso.

2.3 POBLACION Y MUESTRA

- **Población**

La población está comprendida por 4655 plantas de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), sembrados en el sistema de siembra tres bolillos: plantas de 4 años en (3x4), de 3 años (3x3), de 2 años (2x2), y de 1 año (2x2), respectivamente en el terreno de la E.E.A. “El porvenir” Juan Guerra del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA - TARAPOTO), dividido en cuatro parcelas por edades de una hectárea cada una.

- **Muestra**

Debido a que la presente tesis se desarrolló en un cultivo homogéneo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), se recolectó información de 40 plantas en total, distribuidas en dos periodos de 20 cada una, determinada por la época húmeda y la época seca, dividido por hectárea, y por edades.

Para el muestreo de suelo se tomó de la misma área donde se ubican las plantas dentro de las cuatro parcelas.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

2.4.1 Selección del área de estudio

Se seleccionó como área de estudio a las parcelas demostrativas de cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” ubicada en el distrito de Juan Guerra, mediante la comparación entre otras parcelas demostrativas encontradas en los Valles de Bajo Huallaga, se eligió las parcelas demostrativas de cultivo “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), por los siguientes motivos:

- Es la única parcela demostrativa representativa de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), que está siendo manejado para su estudio.

- Tiene la mayor extensión de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*) congregado.
- Se encuentra ubicada en una zona plana.
- Es muy fácil el acceso.
- Mayor producción de semillas para la investigación.
- Cultivo homogéneo para los estudios.

2.4.2 Descripción del área de estudio

Las parcelas de cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), está dividido en cuatro sub parcelas sembradas por épocas progresivas de un año, para un mejor manejo y estudio para el aprovechamiento, ya que se realizan varios estudios en dicha plantación. Tiene una extensión total de 5.00 hectáreas de las cuales 4 hectáreas pertenecen a “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), la diferencia está conformada por divisiones y caminos.

Las parcelas del cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), colindan con la margen izquierda del río Cumbaza, y por los restantes lados con diferentes cultivos para la investigación.

2.4.3 Tamaño de la muestra

Según Young, Kuusela y Nyssonen citados por Lopera y Gutiérrez (2000), para obtener datos de biomasa que proporcionen una buena regresión lineal se requiere una muestra con un número mínimo de 20 individuos por especie.

Castañeda (2005), utilizó 20 individuos por generación para elaborar buenas ecuaciones de regresión que dieran el C a través de variables fácilmente mensurables (altura y diámetro).

Para la fase del muestreo destructivo, se seleccionaron 20 individuos por épocas (época seca y época húmeda) en total se seleccionaron 40 individuos.

2.4.4 Medición de las plantas.

Se identificaron las plantas para la medición y el respectivo estudio en las cuales se colocaron pequeñas cintas (rafia), para la identificación, para ello se utilizó regla de 3 metros, regla de 30 centímetros, pie de rey, luego se anotó el número, de ramas la altura de la planta, el diámetro de la copa, altura del tallo.

Foto N° 01. Izquierda: Determinando el diámetro del tallo;
Derecha: Determinando la altura de la planta.
Abajo; Determinando el diámetro de copa.



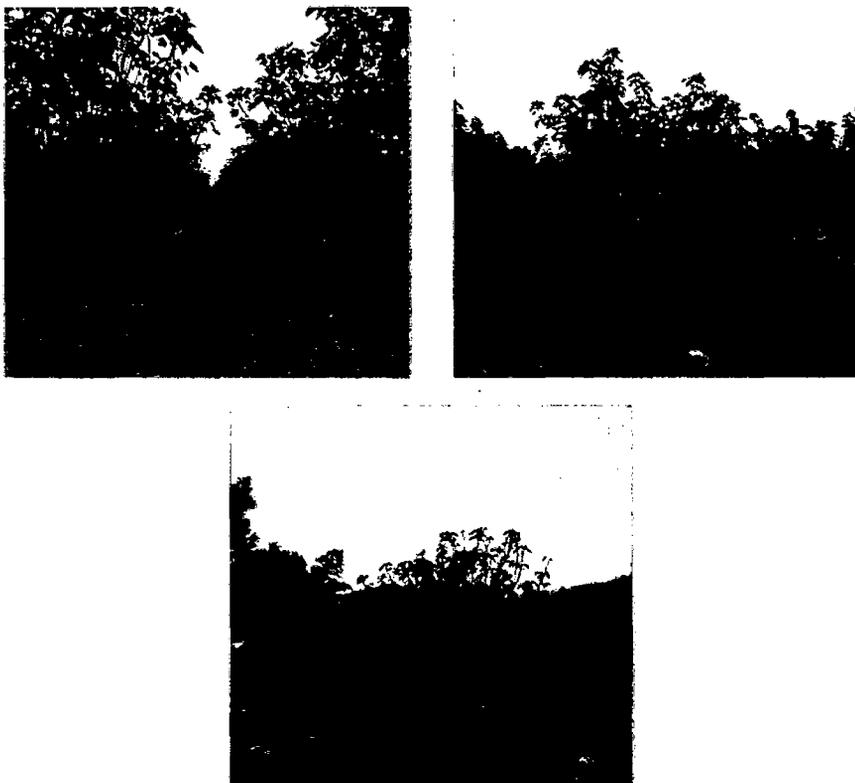
Fuente: Propia, 2011.

2.4.5 Selección de las parcelas y de las plantas a derribar

El establecimiento de las parcelas fue por el método opinático (a criterio), ya que a pesar de ser una plantación con una sola especie (monoespecífica), los individuos presentaron diferentes desarrollos debido a las distintas fechas de siembra con intervalos de 01 año, para ello se hizo un reconocimiento exhaustivo de las plantaciones tardándose 10 días ya que existen varios experimentos dentro de las parcelas y tendríamos que tener mucho cuidado en la selección de individuos.

Posteriormente se establecieron las sub parcelas, divididas en 04 sub parcelas por edades (1, 2, 3 y 4 años).

Foto N° 02. Izquierda: Plantaciones de 4 años; Derecha: plantaciones de 03 años; Abajo Izquierda: Plantaciones de 02 años; Abajo



Fuente: Propia, 2011.

2.4.6 Separación y pesaje de la biomasa aérea.

Con cada individuo derribado se procedió a separar por componentes con ayuda de una sierra, para determinar el peso de las muestras se utilizó una balanza romana tipo reloj.

Se quitaron las ramas para luego ser deshojados, se cortó el tallo, luego se pesaron las ramas, las hojas y el tallo, por separado a esto se lo denominó Peso Fresco Total (PFT), y se tomó tres muestras representativas de cada componente (250 grs. de hojas, 250 grs. De ramas y 250 grs. Del tallo), denominados Peso Fresco de la Muestra (PFM), para luego colocarlos en las bolsas de papel Kraft y rotularlos para su respectivo análisis en el laboratorio especializado del INIA - Tarapoto, para obtener el Peso Seco de la Muestra (PSM).

Foto N° 03. Izquierda: Desrame de la planta; Derecha: Deshoje de la planta; Abajo: Separación del tallo de la Planta.



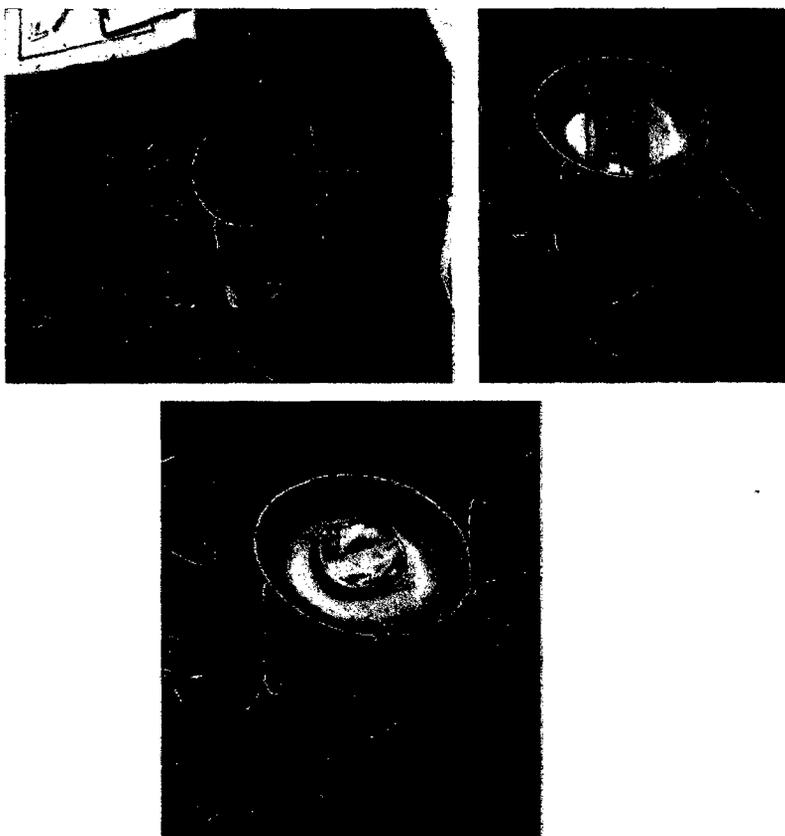
Fuente: Propia, 2011.

Foto N° 04. Izquierda: Determinando el Peso Fresco Total de las Hojas; Derecha: Determinando el Peso Fresco Total de las Ramas; Abajo: Determinando el Peso Fresco Total del Tallo.



Fuente: Propia, 2011.

Foto N° 05. Izquierda: Determinando el Peso Fresco de la Muestra de las Hojas; Derecha: Determinando el Peso Fresco de la Muestra de las Ramas; Abajo: Determinando el Peso Fresco de la Muestra del Tallo.



Fuente: Propia, 2011.

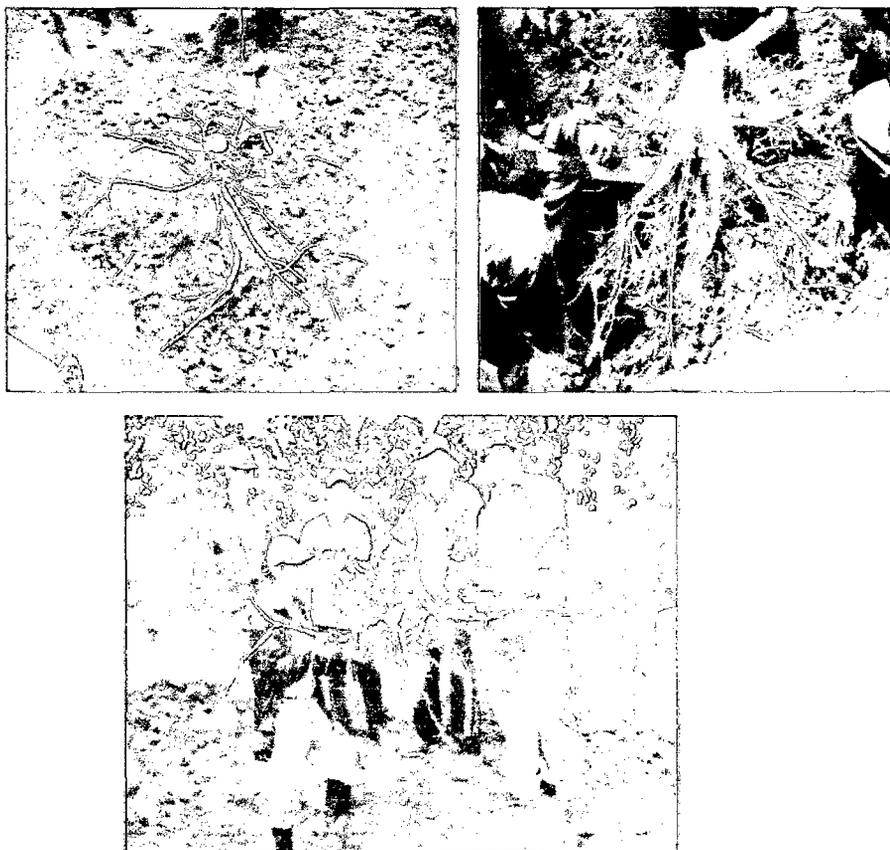
2.4.7 Separación y pesaje de la biomasa subterránea.

Se identificó el área de remoción del suelo, el cual consistió en identificar la zona de influencia de las raíces (ZIR), sobre la cual se trabajó removiendo el suelo.

- Se ejecutó la excavación donde se utilizó herramientas como: zapapicos, machetes y palas. Donde se procedió a cavar un hoyo, el cual vario de acuerdo a la profundidad de las raíces.
- Se extrajo las raíces incluyendo suelo adherido a ésta.
- Se lavó toda la raíz extraída con la finalidad de limpiar el suelo adherido para su posterior pesado.

- Se realizó una medición para determinar el Peso Fresco Total (PFT), para luego proceder a separar las muestras representativas de raíces (250 grs. De tallo), para registrar el Peso Fresco de la Muestra (PFM), luego fueron colocados en las bolsas de papel kraff y rotularlos para su respectivo análisis en el laboratorio especializado del INIA-Tarapoto, para obtener el Peso Seco de la Muestra (PSM).

Foto N° 06. Izquierda: Identificación de la Zona de Influencia de la Raíz; Derecha: Extracción de la Raíz; Abajo: Raíz completamente extraído.



Fuente: Propia, 2011.

Foto N° 07. Izquierda: Determinando el Peso Fresco Total de la Raíz; Derecha: Determinando el Peso Fresco de la Muestra.



Fuente: Propia, 2011.

2.5 TECNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

2.5.1 Métodos de laboratorio

- **Secado y pesaje de las muestras**

Al término de los ensayos destructivos de biomasa se obtuvo el peso seco y el porcentaje de humedad de cada componente las plantas (tallo, rama, raíz y hoja), mediante el pesaje de la masa verde (utilizando una balanza de plato con exactitud de 0.05 Kg.) en las parcelas.

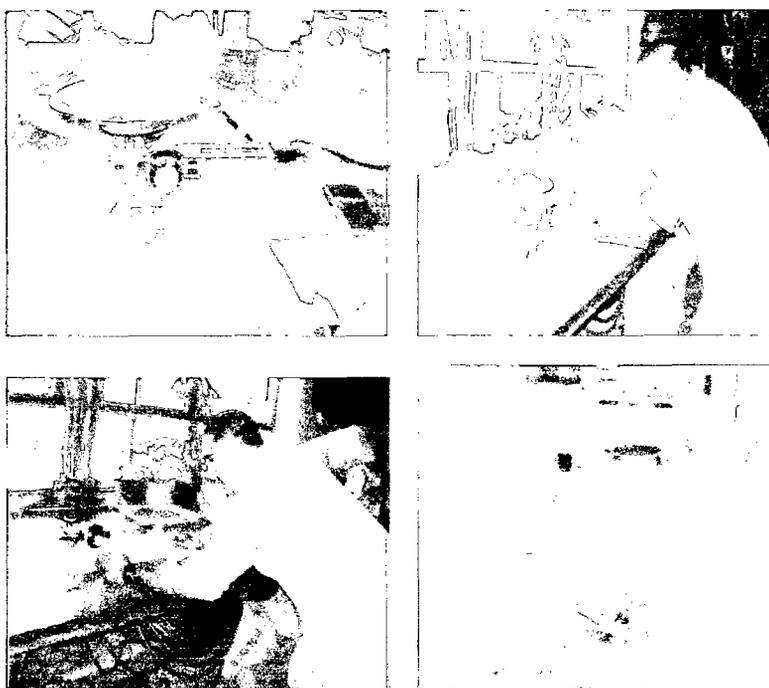
El secado de las muestras se realizó en la estufa electrónica del laboratorio de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir”, de una capacidad de aproximadamente 1m³. A una temperatura de 85 °C – 115 °C hasta obtener un peso constante, por un periodo de 24 horas. En total hubo 240 muestras en 20 plantas, divididas por sus componentes (tallo, rama, raíz y hoja), tal como se muestra:

Foto N° 08. Sub muestras (Tallo, Ramas, Hojas y Raíces), en el interior de la estufa.



Fuente: Propia, 2011.

Foto N° 09. Determinación del Peso Seco de la Muestra de Ramas (izquierda), Tallo (derecha), Hojas (abajo izquierda), Raíz (abajo derecha).



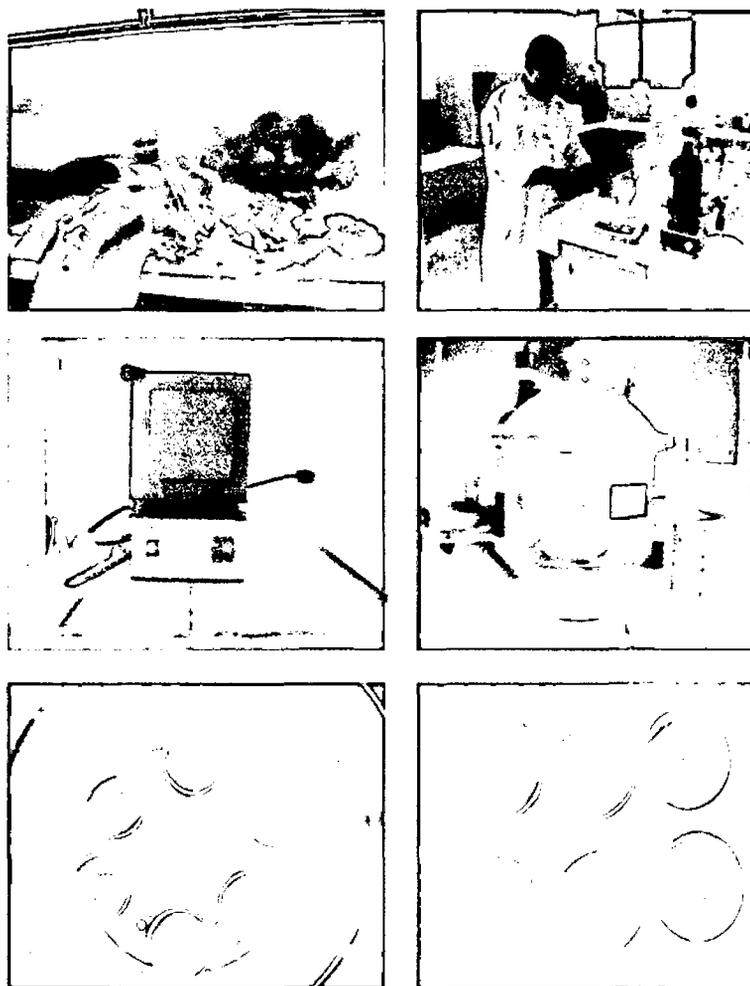
Fuente: Propia, 2011.

- **Determinación del porcentaje de cenizas.**

Para determinar el porcentaje de cenizas del tallo, ramas, hojas y raíz, primero se seleccionó las muestras y luego se procedió a desmenuzar tres muestras de cada uno, luego

puestos 5 gramos de muestra en un crisol, luego se colocaron en la mufla hasta obtener cenizas, para después ser puesto en un desecador y ser pesados.

Foto N° 10. Determinación del Porcentaje de cenizas por componentes: Ramas, Tallo, Hojas, Raíz.



Fuente: Propia, 2011.

- **Calculo del contenido de humedad por componentes.**

Con el fin de determinar el contenido de humedad en porcentaje de cada componente por planta se utilizó la siguiente fórmula: citado por (ARÉVALO et al. 2003).

$$CH = \frac{(PFM(gr) - PSM(gr))}{PSM (gr)} \times 100$$

Dónde:

CH : Contenido de Humedad

PFM : Peso fresco de la muestra

PSM : Peso seco de la muestra

- **Aplicación de la ecuación de biomasa**

Para el cálculo de la biomasa se encontró en primer lugar el Contenido de Humedad por componente y luego se reemplazó en la fórmula de Biomasa Total por componente propuesta por (ARÉVALO et al. 2003).

$$BT = \frac{(PFT(gr))}{1 + \left(\frac{CH}{100}\right)}$$

Dónde:

BT : Biomasa Total

CH : Contenido de Humedad

PFT : Peso Fresco Total

- **Análisis de varianza**

Para el análisis de varianza (ANVA), se utilizó el paquete estadístico en el programa Excell.

- **Determinación de la ecuación alométrica para estimar captura de CO₂**

La determinación de la ecuación alométrica para estimar la biomasa que más se ajuste a esta especie se utilizó el programa "Original", donde teniendo los datos de biomasa total y diámetro por planta, se realizó la línea de tendencia donde se obtuvo un modelo matemático, mediante regresión lineal y obteniendo un coeficiente de

determinación “R²” igual a 1, este modelo fue expresado en función al diámetro a 3 cm., y la Biomasa para obtener la ecuación alométrica, de la siguiente manera:

$$B = 10^{a+b \cdot \log(d)}$$

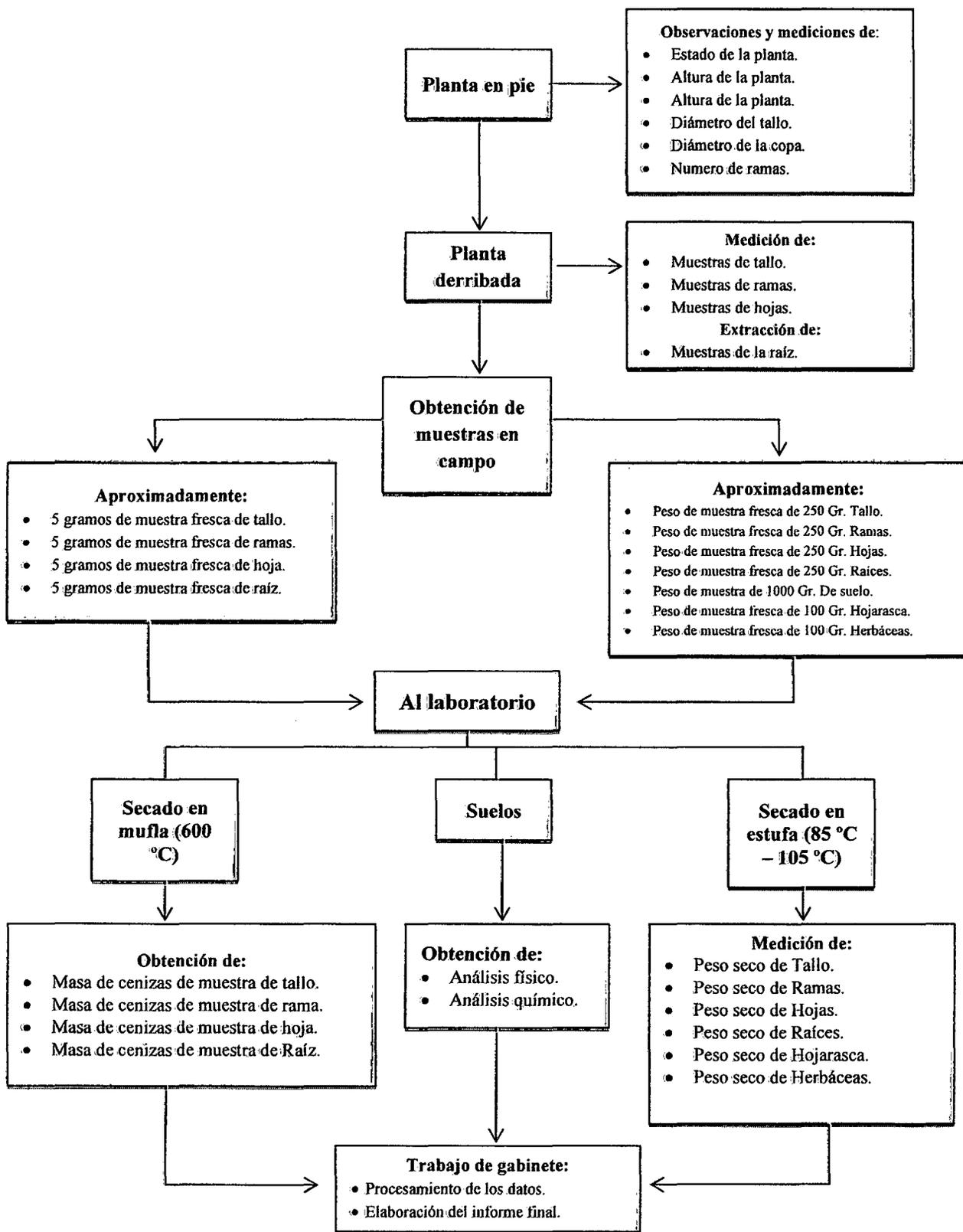
Dónde:

B = Biomassa

a, b = Parámetros

d = Diámetro

Fig. N° 02: Flujo de actividades de obtención de datos en campo, laboratorio y gabinete.



Fuente: Propia, 2011.

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1 RESULTADOS

3.1.1 Resultados de Campo

- **Biomasa obtenida en el Muestreo destructivo**

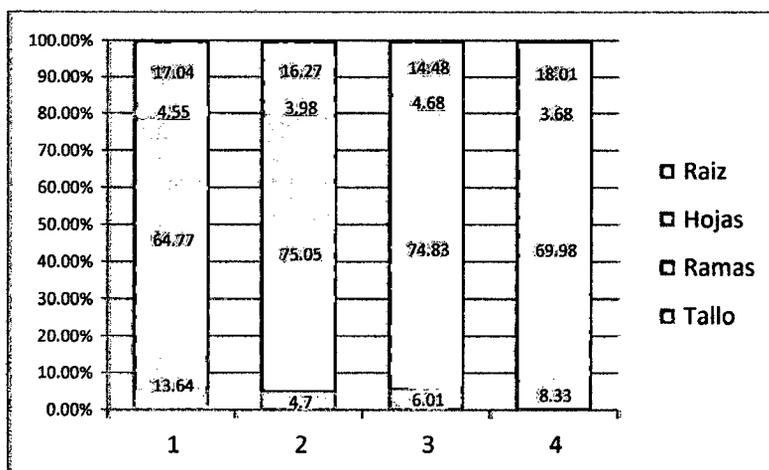
Para cada componente (Tallo, Ramas, Hojas y Raíz), el porcentaje de biomasa aérea contenida es de:

Cuadro N° 01: Porcentaje de Biomasa promedio por edades, en época seca de cada componente del "Piñón Blanco" (*Jatropha curcas L.*)

Edades	Componentes			
	Tallo (%)	Ramas (%)	Hojas (%)	Raíz (%)
1	13.64	64.77	4.55	17.04
2	4.70	75.05	3.98	16.27
3	6.01	74.83	4.68	14.48
4	8.33	69.98	3.68	18.01

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 01: Distribución de la biomasa aérea promedio en porcentaje por componente en época seca del "Piñón Blanco" (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

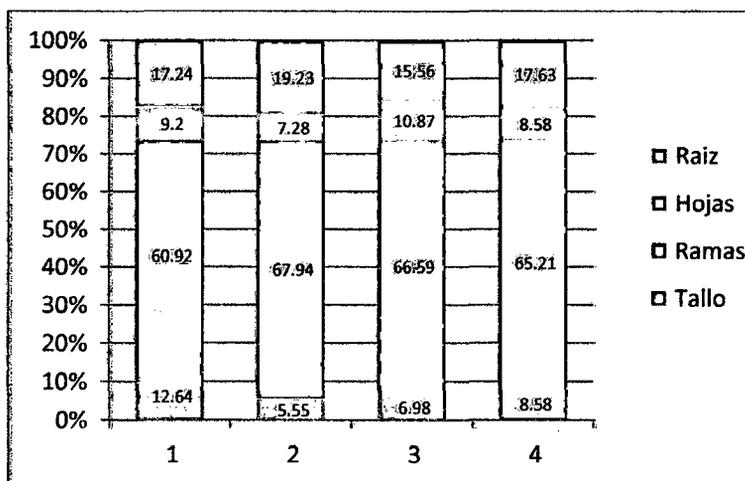
De los datos obtenidos por componentes en época seca, las ramas tienen un mayor porcentaje de biomasa en las plantaciones de 1, 2, 3 y 4 años, y las hojas tienen el menor porcentaje en las 4 plantaciones (1, 2, 3 y 4 años), respectivamente como se muestra en el cuadro 01.

Cuadro N° 02: Porcentaje de Biomasa promedio por edades, en época húmeda de cada componente del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edades	Componentes			
	Tallo (%)	Ramas (%)	Hojas (%)	Raíz (%)
1	12.64	60.92	9.20	17.24
2	5.55	67.94	7.28	19.23
3	6.98	66.59	10.87	15.56
4	8.58	65.21	8.58	17.63

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 02: Distribución de la biomasa aérea promedio en porcentaje por componente en época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

De los datos obtenidos por componentes en época húmeda, las ramas tienen un mayor porcentaje de biomasa en las

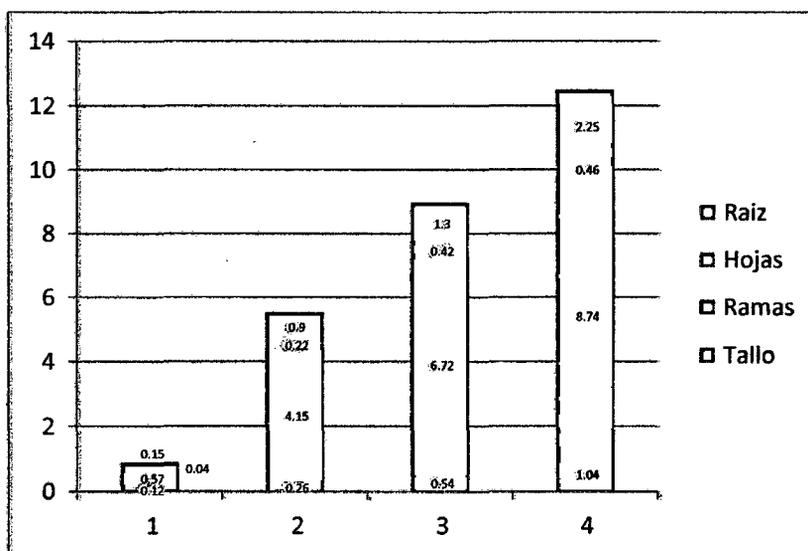
plantaciones de 1, 2, 3 y 4 años, y en plantaciones de 1 años se obtuvo menor porcentaje de biomasa en las hojas, en plantaciones de 2 años el tallo obtuvo en menor porcentaje de biomasa, en plantaciones de 3 años el tallo obtuvo menor porcentaje de biomasa y en plantaciones de 4 años las hojas obtuvieron el menor porcentaje de biomasa, respectivamente como se muestra en el cuadro 02.

Cuadro N° 03: Biomasa aérea promedio por edades, de cada componente en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edades	Biomasa (Kg.)				
	Tallo	Ramas	Hojas	Raíz	Total
1	0.12	0.57	0.04	0.15	0.88
2	0.32	4.21	0.28	0.96	5.77
3	0.54	6.72	0.42	1.30	8.98
4	1.10	8.36	1.10	2.26	12.82

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 03: Distribución de la biomasa aérea promedio por componente en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

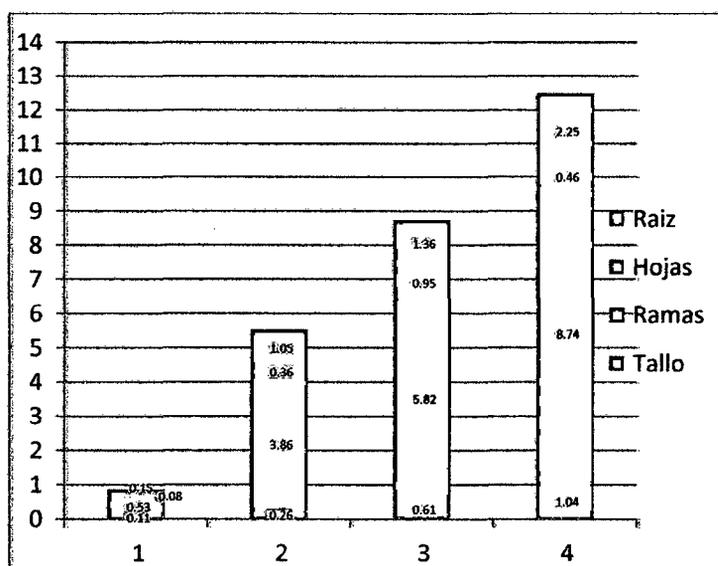
La biomasa promedio total encontrada durante el muestreo destructivo distribuida en sus componentes por edades en la época seca es de; 0.88 kg. En plantas de 1 año, 5.77 kg. En plantas de 2 años, 8.98 kg. En plantas de 3 años y 12.82 kg. En plantas de 4 años, en muestras de 5 repeticiones por edades. Esta biomasa representa una acumulación de promedio de 7.11 kg.; sin embargo el aporte de las plantaciones no es uniforme por edades.

Cuadro N° 04: Biomasa aérea promedio por edades, de cada componente en época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edades	Biomasa (Kg.)				
	Tallo	Ramas	Hojas	Raíz	Total
1	0.11	0.53	0.08	0.15	0.87
2	0.26	3.86	0.36	1.05	5.53
3	0.61	5.82	0.95	1.36	8.74
4	1.04	8.74	0.46	2.25	12.49

Fuente: Propia, 2011.

Gráfico N° 04: Distribución de la biomasa aérea promedio en porcentaje por componente en época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa promedio total encontrada durante el muestreo destructivo distribuida en sus componentes por edades en la época húmeda es de; 0.87 kg. En plantas de 1 año, 5.53 kg. En plantas de 2 años, 8.74 kg. En plantas de 3 años y 12.49 kg. En plantas de 4 años, en muestras de 5 repeticiones por edades. Esta biomasa representa una acumulación de promedio de 6.91 kg.; sin embargo el aporte de las plantaciones no es uniforme por edades.

3.1.2 Resultados de Laboratorio

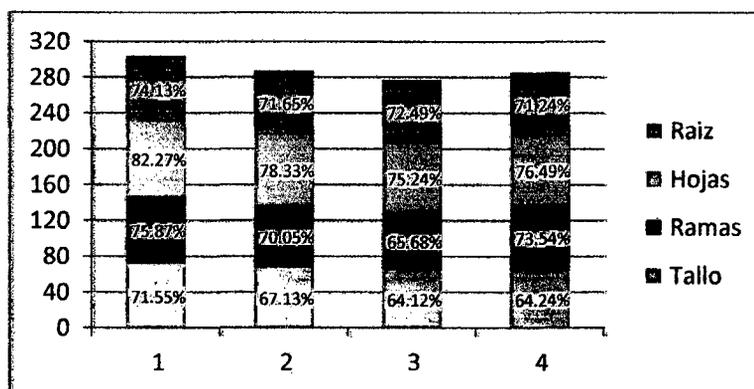
- **Contenido de Humedad (CH)**

Cuadro N° 05: Promedio del Porcentaje de Humedad total por componentes en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edad	Componentes				Total (%)
	Tallo (%)	Ramas (%)	Hojas (%)	Raíz (%)	
1	71.55	75.87	82.27	74.13	75.95
2	67.13	70.05	78.33	71.65	71.79
3	64.12	65.68	75.24	72.49	69.38
4	64.24	73.54	76.49	71.24	71.38

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 05: Distribución del Porcentaje de Humedad total por componentes en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

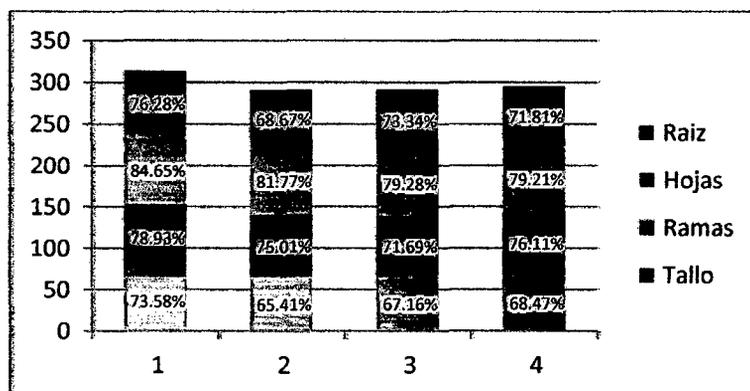
El promedio total del Contenido de Humedad en la biomasa aérea en época seca por edades fue de; 75.95 % en plantaciones de 01 año, 71.79 % en plantaciones de 02 años, 69.38 % en plantaciones de 03 años y 71.38 % en plantaciones de 04 años.

Cuadro N° 06: Promedio del Porcentaje de Humedad total por componentes en época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edad	Componentes				Total (%)
	Tallo (%)	Ramas (%)	Hojas (%)	Raíz (%)	
1	73.58	78.93	84.65	76.28	78.36
2	65.41	75.01	81.77	68.67	72.72
3	67.16	71.69	79.28	73.34	72.87
4	68.47	76.11	79.21	71.81	73.90

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 06: Distribución del Porcentaje de Humedad total por componentes en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El promedio total del Contenido de Humedad en la biomasa aérea en época húmeda por edades fue de; 78.36 % en plantaciones de 01 año, 72.72 % en plantaciones de 02 años, 72.87 % en plantaciones de 03 años y 73.90 % en plantaciones de 04 años.

Sin embargo los valores mínimos y máximos de los componentes en época seca fluctuaron entre, 64.12% y 71.55% en tallos, 65.68% y 75.87% en ramas, 75.24% y 82.27% en hojas y 71.24% y 74.13% en raíz.

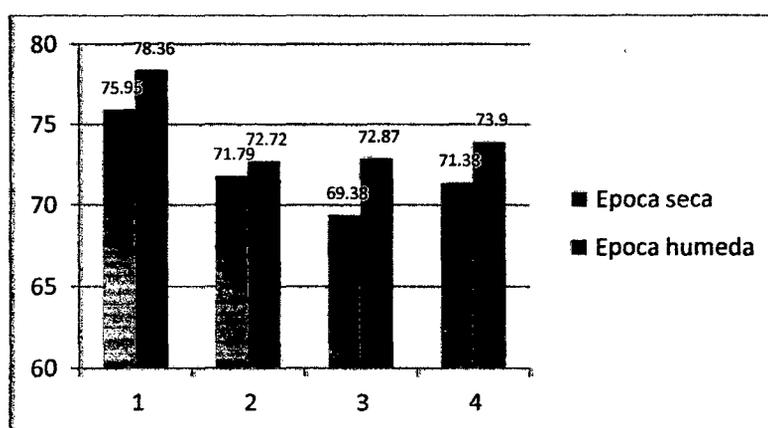
Los valores mínimos y máximos de los componentes en época húmeda fluctuaron entre, 64.41% y 73.58% en tallos, 71.69% y 78.93% en ramas, 79.21% y 84.65% en hojas, 68.67% y 76.28% en raíz.

Cuadro N° 07: Contenido de Humedad Total en época Seca y época Húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edad	Época	
	Seca (%)	Húmeda (%)
1	75.95	78.36
2	71.79	72.72
3	69.38	72.87
4	71.38	73.90

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 07: Distribución del contenido de Humedad total en época seca y época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

Se notó que el porcentaje de humedad es mayor en época húmeda, conforme se muestra en el cuadro y gráfico determinadas en el análisis.

- **Porcentaje de Ceniza**

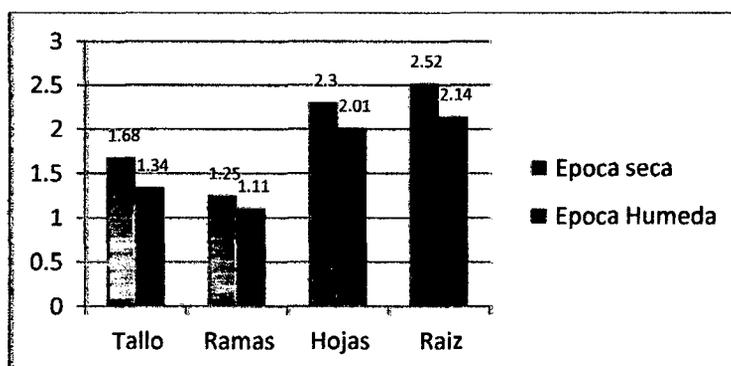
El porcentaje de ceniza se realizó por componentes en las dos épocas como se muestra en los siguientes cuadros:

Cuadro N° 08: Contenido del porcentaje de ceniza por componentes en época seca y época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Épocas	Componentes			
	Tallo (%)	Ramas (%)	Hojas (%)	Raíz (%)
Seca	1.68	1.25	2.30	2.52
Húmeda	1.34	1.11	2.01	2.14

Fuente: Propia, 2011.

Gráfico N° 08: Distribución del Contenido del porcentaje de ceniza por componentes en época seca y época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El porcentaje promedio de cenizas en el tallo fue de 1.68% en época seca y 1.34% en época húmeda, en las ramas fue de 1.25% en época seca y 1.11% en época húmeda, en las hojas con 2.3% en época seca y 2.01% en época húmeda, alcanzando un mayor porcentaje en las hojas con un 2.52% en época seca y 2.14% en época húmeda.

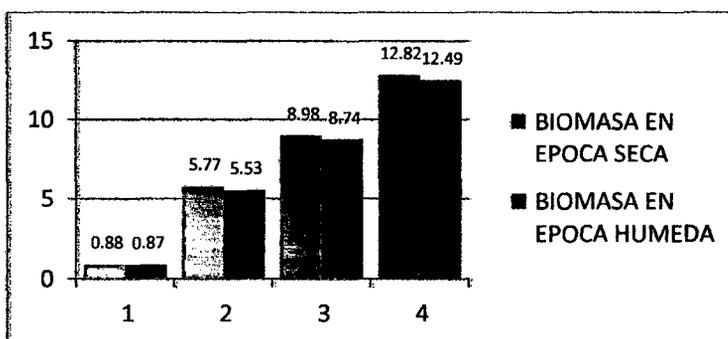
- **Determinación de Biomasa.**

Cuadro N° 09: Promedio de la Biomasa total por épocas (seca y húmeda), del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

EDAD	ÉPOCAS	
	SECA (Kg.)	HÚMEDA (Kg.)
1	0.88	0.87
2	5.77	5.53
3	8.98	8.74
4	12.82	12.49

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 09: Distribución del Promedio de la Biomasa total por épocas (seca y húmeda), del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa es la suma total de la materia orgánica que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco, la biomasa en

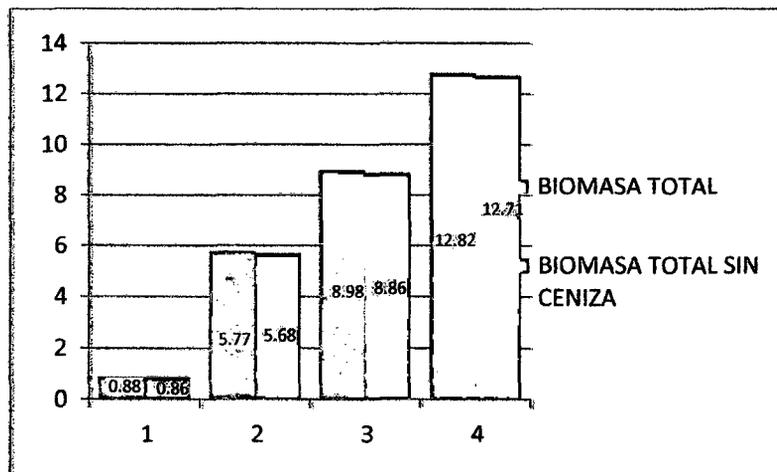
plantaciones de 1 año fue mayor en época seca (0.88 kg.) que en la época húmeda (0.87 kg.); en plantaciones de 2 años la biomasa fue mayor en época seca (5.77 kg.) que en época húmeda (5.53 kg.); en plantaciones de 3 años la biomasa fue mayor en época seca (8.98 kg.) que en la época húmeda (8.74 kg.) y la biomasa en plantaciones de 4 años fue mayor en la época seca (12.82 kg.) que en la época húmeda (12.49 kg.) respectivamente.

Cuadro N° 10: Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de ceniza por épocas.

Edades	Época seca		Época húmeda	
	Biomasa total (Kg)	Biomasa total sin cenizas (kg)	Biomasa total (Kg)	Biomasa total sin cenizas (kg)
1	0.88	0.86	0.87	0.85
2	5.77	5.68	5.53	5.46
3	8.98	8.86	8.74	8.60
4	12.82	12.71	12.49	12.32

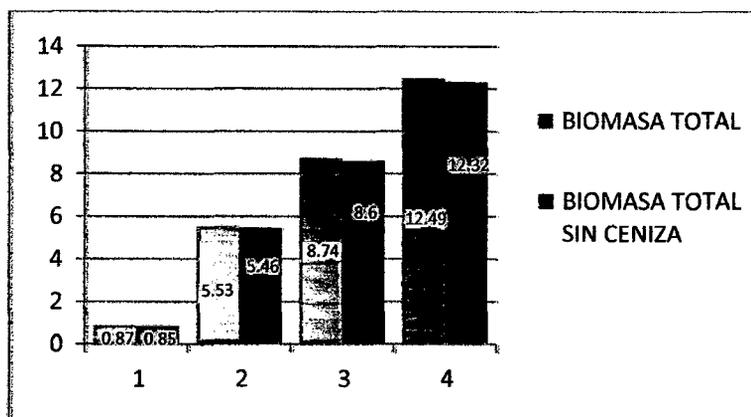
Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 10: Distribución de la Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de ceniza en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 11: Distribución de la Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de ceniza en época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa es la suma total de la materia orgánica que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco (GAYOSO *et al.*, 2002). El peso seco está conformado con un porcentaje mayor de materia orgánica y con un porcentaje menor de material inorgánico o cenizas. Para el presente estudio no se consideró el porcentaje de cenizas para el cálculo de biomasa total, debida que no se forma por la captura de CO₂.

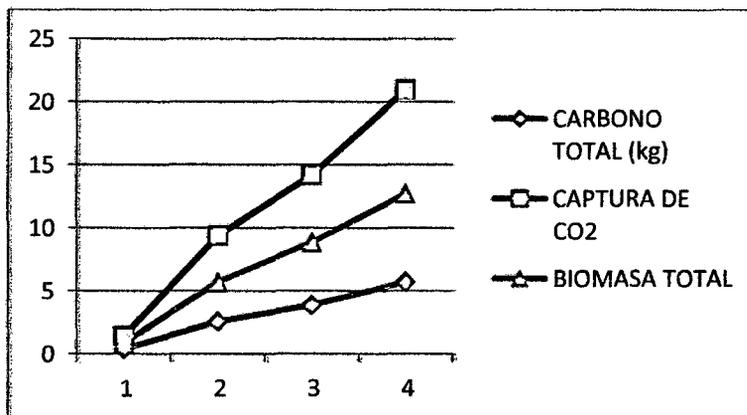
- **Determinación del contenido de carbono y captura de CO₂**

Cuadro N° 11: Determinación del contenido de carbono y captura de CO₂ promedio por edades en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edad	Biomasa total (kg)	Carbono total (kg)	Captura de CO ₂ (kg)
1	0.86	0.382	1.399
2	5.68	2.558	9.379
3	8.86	3.868	14.183
4	12.71	5.721	20.977

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 12: Distribución del contenido de carbono y captura de CO₂ con respecto a la biomasa promedio por edades en época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

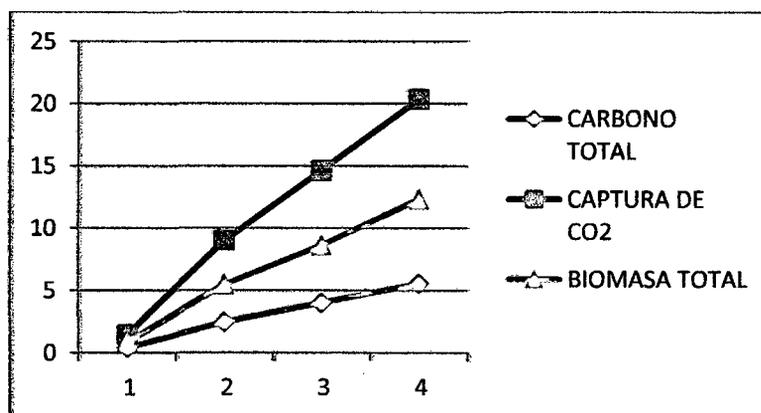
El promedio de biomasa total, contenido de carbono y captura de CO₂ en kilogramos en la época seca del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), para plantas de 1 año fue 0.86 kg., 0.382 kg., y 1.399 kg.; en plantas de 2 años de 5.68 kg., 2.558 kg., y 9.379 kg.; en plantas de 3 años de 8.86 kg., 3.868 kg., y 14.183 kg.; en plantas de 4 años de 12.71 kg., 5.721 kg., y 20.977 kg. Respectivamente.

Cuadro N° 12: Determinación del contenido de carbono y captura de CO₂ promedio por edades en época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)

Edad	Biomasa total (kg)	Carbono total (kg)	Captura de CO ₂ (kg)
1	0.85	0.389	1.426
2	5.46	2.455	9.001
3	8.60	3.988	14.624
4	12.32	5.546	20.336

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 13: Distribución de la del contenido de carbono y captura de CO₂ promedio por edades en época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*)



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El promedio de biomasa total, contenido de carbono y captura de CO₂ en kilogramos en la época húmeda del “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), para plantas de 1 año fue 0.85 kg., 0.389 kg., y 1.426 kg.; en plantas de 2 años de 5.46 kg., 2.455 kg., y 9.001 kg.; en plantas de 3 años de 8.60 kg., 3.988 kg., y 14.624 kg.; en plantas de 4 años de 12.32 kg., 5.546 kg., y 20.336 kg., respectivamente.

En muchos estudios se ha empleado la biomasa de las plantas para estimar su contenido de carbono, a través de la multiplicación de la cantidad disponible en una determinada superficie por un factor que va desde 0,45 hasta el 0,55; ya que varios autores han encontrado que es la proporción de carbono contenido en cualquier especie vegetal, en general se acepta que el contenido de carbono corresponde al 50% de la biomasa (DÍAZ, 2007). Sin embargo, diferentes estudios denotan la variabilidad del contenido de carbono según especie y tejido del árbol (GAYOSO *et al.*, 2002).

Según Parde (1980), citado por GAYOSO y SCHLEGEL (2001), el contenido de carbono en la planta, es diferente en cada componente (tallo, ramas, hojas y raíces).

El contenido de carbono y la captura de CO₂, dependen directamente del crecimiento de la biomasa por edades.

3.1.3 Resultados del Procesamiento de datos

- **Análisis de varianza (ANVA), por componentes.**

Cuadro N° 13: Análisis de Varianza del Tallo de plantas de 1 año, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	0.87	0.21	0.085	6.39	N.S
Tratamiento B	4	0.95	0.23	0.092	6.39	N.S
Intracción (AxB)	16	0.788	0.04	0.019	5.84	N.S
Tratamientos	1	2.61				
Bloques	4	2.80				
Error	4	10.27	2.56			
TOTAL	9	15.70				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 24.51 \% ; CV_{(TB)} = 24.32\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

T_(A) = Época seca ; T_(B) = Época húmeda

CV_(TA) = Coeficiente de variabilidad en época seca.

CV_(TB) = Coeficiente de variabilidad en época húmeda.

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento de la época seca con el tratamiento de la época húmeda; también se observa que existe una variabilidad de 24.51% y 24.32% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 14: Análisis de Varianza del Tallo de plantas de 2 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _∞ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	3.224	0.806	0.078	6.390	N.S
Tratamiento B	4	4.365	1.091	0.106	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	3.428	0.214	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	11.017				
Bloques	4	13.816				
Error	4	41.268	10.317			
TOTAL	9	66.100				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 16.86\%; CV_{(TB)} = 19.82\%$$

Dónde:

N.S. – No Significativo

$$T_{(A)} = \text{Época seca} \quad ; \quad T_{(B)} = \text{Época húmeda}$$

CV_(TA) = Coeficiente de variabilidad en época seca.

CV_(TB) = Coeficiente de variabilidad en época húmeda.

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 16.86% y 19.82% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento A.

Cuadro N° 15: Análisis de Varianza del Tallo de plantas de 3 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _∞ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	11.832	2.958	0.076	6.390	N.S
Tratamiento B	4	17.303	4.326	0.111	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	13.353	0.835	0.022	5.840	N.S
Tratamientos	1	42.487				
Bloques	4	57.238				
Error	4	155.199	38.800			
TOTAL	9	254.924				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 19.26\%; CV_{(TB)} = 11.78\%$$

Dónde:

N.S. – No Significativo

$$T_{(A)} = \text{Época seca} \quad ; \quad T_{(B)} = \text{Época húmeda}$$

CV_(TA) = Coeficiente de variabilidad en época seca.

$CV_{(TB)} =$ Coeficiente de variabilidad en época húmeda.

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 19.26% y 11.78% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 16: Análisis de Varianza del Tallo de plantas de 4 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	42.950	10.738	0.077	6.390	N.S
Tratamiento B	4	61.680	15.420	0.110	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	47.724	2.983	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	152.355				
Bloques	4	201.190				
Error	4	560.582	140.146			
TOTAL	9	914.127				

Fuente: Propia, 2011.

$CV_{(TA)} = 17.36\%$; $CV_{(TB)} = 15.26\%$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} =$ Época seca ; $T_{(B)} =$ Época húmeda

$CV_{(TA)} =$ Coeficiente de variabilidad en época seca.

$CV_{(TB)} =$ Coeficiente de variabilidad en época húmeda.

Cuadro N° 17: Análisis de Varianza de las Ramas de plantas de 1 año, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	30.623	7.656	0.090	6.390	N.S
Tratamiento B	4	33.593	8.398	0.099	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	22.689	1.418	0.017	5.840	N.S
Tratamientos	1	86.905				
Bloques	4	94.586				
Error	4	339.938	84.984			
TOTAL	9	521.428				

Fuente: Propia, 2011.

$CV_{(TA)} = 37.87\%$; $CV_{(TB)} = 35.57\%$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \acute{E}poca\ seca$; $T_{(B)} = \acute{E}poca\ h\acute{u}meda$
 $CV_{(TA)} = Coeficiente\ de\ variabilidad\ en\ \acute{e}poca\ seca.$
 $CV_{(TB)} = Coeficiente\ de\ variabilidad\ en\ \acute{e}poca\ h\acute{u}meda.$

Interpretaci3n:

En esta toma de datos se realiz3 el An3lisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; tambi3n se observa que existe una variabilidad de 37.87% y 35.57% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N3 18: An3lisis de Varianza de las Ramas de plantas de 2 a3os, en los datos de 3poca seca y 3poca h3meda.

Causa de Variaci3n	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	981.730	245.433	0.079	6.390	N.S
Tratamiento B	4	1239.480	309.870	0.099	6.390	N.S
Interacci3n (AxB)	16	1059.952	66.247	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	3281.162				
Bloques	4	3927.799				
Error	4	12478.009	3119.502			
TOTAL	9	19686.969				

Fuente: Propia, 2011.

$CV_{(TA)} = 11.41\%$; $CV_{(TB)} = 12.96\%$

D3nde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \acute{E}poca\ seca$; $T_{(B)} = \acute{E}poca\ h\acute{u}meda$
 $CV_{(TA)} = Coeficiente\ de\ variabilidad\ en\ \acute{e}poca\ seca.$
 $CV_{(TB)} = Coeficiente\ de\ variabilidad\ en\ \acute{e}poca\ h\acute{u}meda.$

Interpretaci3n:

En esta toma de datos se realiz3 el An3lisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; tambi3n se observa que existe una variabilidad de 11.41% y 12.96% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento A.

Cuadro N° 19: Análisis de Varianza de las Ramas de plantas de 3 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _∞ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	1968.617	492.154	0.084	6.390	N.S
Tratamiento B	4	2191.920	547.980	0.093	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	1879.129	117.446	0.020	5.840	N.S
Tratamientos	1	6039.665				
Bloques	4	6623.796				
Error	4	23574.530	5893.633			
TOTAL	9	36237.992				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 21.30\%; CV_{(TB)} = 19.05\%$$

Dónde:

N.S. – No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 21.30% y 19.05% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 20: Análisis de Varianza de las Ramas de plantas de 4 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L.	SC	CM	FC	F _∞ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	5604.183	1401.046	0.082	6.390	N.S
Tratamiento B	4	6323.543	1580.886	0.093	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	5483.749	342.734	0.020	5.840	N.S
Tratamientos	1	17411.474				
Bloques	4	19104.914				
Error	4	67952.454	16988.114			
TOTAL	9	104468.841				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 17.19\%; CV_{(TB)} = 19.19\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 17.19% y 19.19% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento A.

Cuadro N° 21: Análisis de Varianza de las Hojas de 1 año, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _∞ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	0.266	0.067	0.053	6.390	N.S
Tratamiento B	4	1.387	0.347	0.274	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	0.376	0.024	0.019	5.840	N.S
Tratamientos	1	2.029				
Bloques	4	5.089				
Error	4	5.057	1.264			
TOTAL	9	12.175				

Fuente: Propia, 2011.

$CV_{(TA)} = 17.37\%$; $CV_{(TB)} = 30.70\%$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 17.37% y 30.70% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento A.

Cuadro N° 22: Análisis de Varianza de las Hojas de 2 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F ₀₅ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	5.969	1.492	0.059	6.390	N.S
Tratamiento B	4	28.440	7.110	0.282	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	6.330	0.396	0.016	5.840	N.S
Tratamientos	1	40.739				
Bloques	4	102.801				
Error	4	100.892	25.223			
TOTAL	9	244.431				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 44.23\%; CV_{(TB)} = 36.19\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 44.23% y 36.19% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 23: Análisis de Varianza de las Hojas de 3 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F ₀₅ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	14.780	3.695	0.047	6.390	N.S
Tratamiento B	4	107.530	26.883	0.345	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	25.208	1.575	0.020	5.840	N.S
Tratamientos	1	147.517				
Bloques	4	426.065				
Error	4	311.522	77.881			
TOTAL	9	885.105				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 20.16\%; CV_{(TB)} = 17.76\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 20.16% y 17.76% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 24: Análisis de Varianza de las Hojas de 4 años, en los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _∞ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	22.735	5.684	0.060	6.390	N.S
Tratamiento B	4	142.090	35.523	0.377	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	2.308	0.144	0.002	5.840	N.S
Tratamientos	1	167.134				
Bloques	4	458.832				
Error	4	376.836	94.209			
TOTAL	9	1002.802				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 56.96\%; CV_{(TB)} = 60.61\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 56.96% y 60.61% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento A.

Cuadro N° 25: Análisis de Varianza de la Raíz de plantas de 1 año, de los datos de época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _∞ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	1.777	0.444	0.085	6.390	N.S
Tratamiento B	4	1.973	0.493	0.094	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	1.614	0.101	0.019	5.840	N.S
Tratamientos	1	5.364				
Bloques	4	5.849				
Error	4	20.971	5.243			
TOTAL	9	32.184				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 24.85\%; CV_{(TB)} = 24.09\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 24.85% y 24.09% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 26: Análisis de Varianza de la Raíz de plantas de 2 años, de los datos de época seca y época húmeda

Causa de Variación	G.L.	SC	CM	FC	F _{0.05}	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	51.979	12.995	0.080	6.390	N.S
Tratamiento B	4	63.809	15.952	0.098	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	53.959	3.372	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	169.747				
Bloques	4	200.125				
Error	4	648.612	162.153			
TOTAL	9	1018.485				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 16.91\%; CV_{(TB)} = 15.16\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de

16.91% y 15.16% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 27: Análisis de Varianza de la Raíz de plantas de 3 años, de los datos de época seca y época húmeda

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F ₀₅ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	110.269	27.567	0.081	6.390	N.S
Tratamiento B	4	128.822	32.206	0.095	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	112.874	7.055	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	351.965				
Bloques	4	400.397				
Error	4	1359.429	339.857			
TOTAL	9	2111.790				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 16.13\%; CV_{(TB)} = 13.36\%$$

Dónde:

N.S. – No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 16.13% y 13.36% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 28: Análisis de Varianza de la Raíz de plantas de 4 años, de los datos de época seca y época húmeda

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F ₀₅ (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	307.217	76.804	0.083	6.390	N.S
Tratamiento B	4	331.997	82.999	0.090	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	298.834	18.677	0.020	5.840	N.S
Tratamientos	1	938.047				
Bloques	4	1001.951				
Error	4	3688.284	922.071			
TOTAL	9	5628.282				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 17.15\%; CV_{(TB)} = 15.84\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)}$ = Época seca ; $T_{(B)}$ = Época húmeda

$CV_{(TA)}$ = Coeficiente de variabilidad en época seca.

$CV_{(TB)}$ = Coeficiente de variabilidad en época húmeda.

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 17.15% y 15.84% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

- **Análisis de varianza (ANVA), de plantas.**

Cuadro N° 29: Análisis de Varianza de Plantas de 1 año, de los datos de la época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	67.141	16.785	0.082	6.390	N.S
Tratamiento B	4	84.519	21.130	0.103	6.390	N.S
Intracción (AxB)	16	63.946	3.997	0.020	5.840	N.S
Tratamientos	1	215.605				
Bloques	4	260.273				
Error	4	817.750	204.438			
TOTAL	9	1293.629				

Fuente: Propia, 2011.

$CV_{(TA)}$ = 26.93%; $CV_{(TB)}$ = 24.09%

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)}$ = Época seca ; $T_{(B)}$ = Época húmeda

$CV_{(TA)}$ = Coeficiente de variabilidad en época seca.

$CV_{(TB)}$ = Coeficiente de variabilidad en época húmeda.

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 26.39% y 24.09% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 30: Análisis de Varianza de Plantas de 2 años, de los datos de la época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	1813.635	453.409	0.076	6.390	N.S
Tratamiento B	4	2550.465	637.616	0.107	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	2037.194	127.325	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	6401.294				
Bloques	4	8254.080				
Error	4	23752.392	5938.098			
TOTAL	9	38407.767				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 12.04\%; CV_{(TB)} = 15.18\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 12.04% y 15.18% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento A.

Cuadro N° 31: Análisis de Varianza de Plantas de 3 años, de los datos de la época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	3829.065	957.266	0.078	6.390	N.S
Tratamiento B	4	5218.215	1304.554	0.106	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	4209.922	263.120	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	13257.202				
Bloques	4	16938.168				
Error	4	49347.840	12336.960			
TOTAL	9	79543.210				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 17.30\%; CV_{(TB)} = 12.35\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 17.30% y 12.35% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento B.

Cuadro N° 32: Análisis de Varianza de Plantas de 4 años, de los datos de la época seca y época húmeda.

Causa de Variación	G.L	SC	CM	FC	F _α (0.05)	SIGNIFICANCIA
Tratamiento A	4	10262.966	2565.741	0.078	6.390	N.S
Tratamiento B	4	13729.421	3432.355	0.104	6.390	N.S
Interacción (AxB)	16	11021.252	688.828	0.021	5.840	N.S
Tratamientos	1	35013.639				
Bloques	4	43526.362				
Error	4	131541.833	32885.458			
TOTAL	9	210081.834				

Fuente: Propia, 2011.

$$CV_{(TA)} = 14.87\%; CV_{(TB)} = 18.23\%$$

Dónde:

N.S. = No Significativo

$T_{(A)} = \text{Época seca}$; $T_{(B)} = \text{Época húmeda}$

$CV_{(TA)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época seca.}$

$CV_{(TB)} = \text{Coeficiente de variabilidad en época húmeda.}$

Interpretación:

En esta toma de datos se realizó el Análisis de Varianza, indicando que no existe significancia entre el tratamiento A con el tratamiento B; también se observa que existe una variabilidad de 14.87% y 18.23% respectivamente, esto nos indica que existe mayor confianza en los datos del tratamiento A.

Interpretación General.

Entre todos los análisis de varianza por edades no existe significancia estadísticamente entre las épocas seca y húmeda, debido a que en la época seca las parcelas son regadas mediante un sistema de riego por goteo, por esta razón es que no existe ninguna significancia.

- **Densidad aparente y análisis de carbono orgánico en el área de plantaciones.**

Cuadro N° 33: Densidad aparente de carbono orgánico.

Edad del cultivo (años)	Profundidad (cm)	Densidad aparente (gr/cm³)	Carbono Orgánico (%)	Carbono en el suelo (tn/ha⁻¹)
1	0-10	1.02	2.09	21.10
	10-30	1.16	1.74	40.47
Promedio				30.94
2	0-10	1.11	2.64	29.19
	10-30	1.30	1.27	32.80
Promedio				30.99
3	0-10	1.08	2.67	28.70
	10-30	1.28	1.38	35.17
Promedio				31.94
4	0-10	1.07	2.62	28.09
	10-30	1.23	1.56	38.20
Promedio				33.15

Fuente: laboratorio de suelos, INIA 2011.

Interpretación:

La mayor cantidad de carbono en el suelo obtenido de las muestras de campo es de 33.15 toneladas/hectáreas en las parcelas de plantaciones de 4 años, y la menor cantidad de carbono almacenado está en las parcelas de las plantaciones de 1 año con 30.94 toneladas/hectáreas.

- **Determinación de la ecuación alométrica para las plantaciones de “Piñón Blanco”.**

El diámetro (d3), de las plantas muestreados varió en un rango de 6.10 a 13.14 cm, y su biomasa de 0.85 a 12.71 kilogramos. Obteniendo parámetros de dispersión y modelos matemáticos de los valores de biomasa.

Cuadro N° 34. Valores del diámetro a 3 cm, y biomasa total en kilogramos

Diámetro (d3), cm	Biomasa total (Kg)
6.10	0.85
11.56	5.68
12.00	8.60
13.14	12.71

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El diam, 3 de las plantaciones muestreados varió en un rango de 6.10 a 13.14 cm, y su biomasa de 0.85 a 12.71 kilogramos.

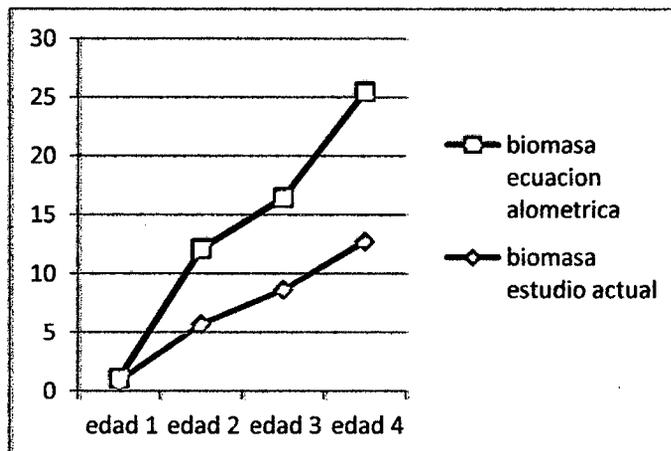
Los datos que muestra el cuadro N° 32, nos indica que en plantaciones de 1 año los diámetros en promedio aproximadamente es 6.10 cm., con 0.85 kg., de biomasa; en plantaciones de 2 años un aproximado de 11.56 cm., y 5.68 kg., de biomasa; en plantaciones de 3 años el diámetro aproximado es de 12.00 cm., y 8.60 kg., de biomasa; y en plantaciones de 4 años el diámetro promedio del tallo es de 13.14 cm., y 12.71 Kg., de biomasa.

Cuadro N° 35. Comparación de la biomasa del presente estudio entre la biomasa calculada por la ecuación alométrica.

Biomasa del presente estudio	Biomasa calculada por la ecuación alométrica
0.85	0.210028
5.68	6.409504
8.60	7.827439
12.71	12.71994

Fuente: Propia, 2011.

Grafico N° 14. Distribución de los datos del estudio de biomasa en campo entre biomasa de la ecuación alométrica.

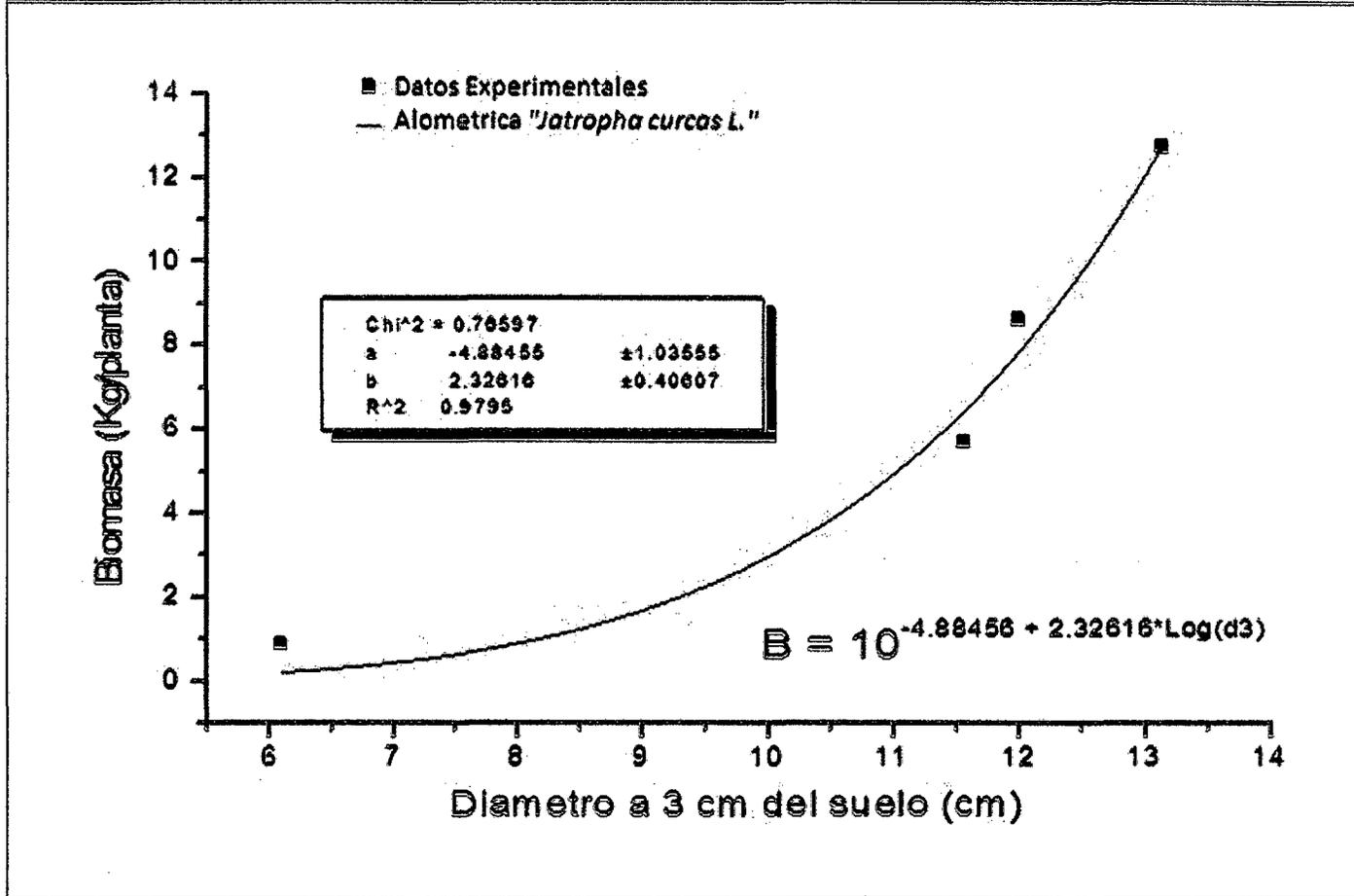


Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

Los resultados obtenidos de biomasa para los datos de *Jatropha curcas L.*, se realizó utilizando la ecuación alométrica, para estimar biomasa aérea, se tomó en cuenta la ecuación determinada en el presente estudio $B = 10^{-4.88456+2.32616*\log(d3)}$, comparado con los resultados de campo, donde se observa una variación de los resultados de biomasa entre los datos de campo y de gabinete, es mínima por lo que se ajusta a lo esperado.

Cuadro N° 36. Ajuste de los valores para la ecuación alométrica.



Fuente: Propia, 2011.

Interpretación

La curva alométrica explica la relación que existe entre el diámetro a 3 cm, del suelo respecto a la producción de biomasa (kg/planta), y también explica la comparación de los datos experimentales con la ecuación alométrica y así mismo explica el grado de dispersión de los datos experimentales.

El grado de dispersión es bastante ajustado, a y b son parámetros estadísticas, que explica la intersección de las variables.

• CUADRO RESÚMEN DE RESULTADOS.

Cuadro N° 37. Datos obtenidos para la determinación del porcentaje de Ceniza por componente (Tallo, Ramas, Hojas y Raíz).

TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
Peso crisol (Gr)	Peso de Muestra (Gr)	Crisol + muestra final	Masa de ceniza	Peso crisol (Gr)	Peso de Muestra (Gr)	Crisol - muestra final	Masa de ceniza	Peso crisol (Gr)	Peso de Muestra (Gr)	Crisol + muestra final	Masa de ceniza	Peso crisol (Gr)	Peso de Muestra (Gr)	Crisol + muestra final	Masa de ceniza
11.3992	3.0374	11.4507	0.0515	25.2913	3.0215	25.3243	0.0330	25.2840	3.0240	25.3607	0.0767	24.0921	3.0167	24.1746	0.0825
22.6444	3.0155	22.6941	0.0497	14.6300	3.0040	14.6723	0.0423	14.6297	3.0164	14.6918	0.0621	14.0470	3.0480	14.1172	0.0702

Fuente: Propia, 2011.

TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
Peso de Muestra (Gr)	Masa de Ceniza (Gr)	% de ceniza	\bar{X}	Peso de Muestra (Gr)	Masa de Ceniza (Gr)	% de ceniza	\bar{X}	Peso de Muestra (Gr)	Masa de Ceniza (Gr)	% de Ceniza	\bar{X}	Peso de Muestra (Gr)	Masa de Ceniza (Gr)	% de ceniza	\bar{X}
3.0374	0.0515	1.70	1.68	3.0215	0.0330	1.09	1.25	3.0240	0.0767	2.53	2.30	3.0167	0.0825	2.73	2.52
3.0155	0.0497	1.65		3.0040	0.0423	1.41		3.0164	0.0621	2.06		3.0480	0.0702	2.30	

Fuente: Propia, 2011.

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{(\text{Peso del crisol con muestra} - \text{Peso del crisol}) \times 100}{\text{Peso de la muestra inicial}}$$

Interpretación:

Los datos obtenidos al finalizar el estudio en el laboratorio nos arroja como resultado que; existe mayor porcentaje de ceniza en el componente raíz con un 2.52 %, en el componente hoja se determinó 2:30 % de ceniza, en el componente tallo obtuvimos como resultado 1.68 % de ceniza y como valor mínimo se obtuvo en el componente ramas con 1.25 % de ceniza, esto no indica que mayor materia inorgánica o ceniza existe en las ramas.

Cuadro N° 38. Calculo de la Biomasa total descontando el % de cenizas por planta, en época húmeda.

Edad (años)	Número de Plantas	Diámetro (cm)	TALLO			RAMAS			HOJAS			RAIZ			Biomasa Total - % Ceniza	Promedio de biomasa total - % de ceniza
			Biomasa del Tallo (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Tallos (-) % de Ceniza (Kg)	Biomasa de Ramas (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Ramas (-) % de Ceniza (Kg)	Biomasa de Hoja (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Hojas (-) % de Ceniza (Kg)	Biomasa de Raíz (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Raíz (-) % de Ceniza (Kg)		
1	1	6.55	0.09	1.68	0.088	0.63	1.25	0.622	0.10	2.30	0.098	0.19	2.52	0.185	0.994	0.85
	2	6.25	0.14	1.68	0.138	0.72	1.25	0.711	0.04	2.30	0.039	0.16	2.52	0.156	1.044	
	3	5.28	0.12	1.68	0.118	0.23	1.25	0.227	0.07	2.30	0.068	0.09	2.52	0.088	0.501	
	4	6.93	0.12	1.68	0.118	0.65	1.25	0.642	0.08	2.30	0.078	0.18	2.52	0.175	1.013	
	5	5.50	0.09	1.68	0.088	0.40	1.25	0.395	0.09	2.30	0.088	0.12	2.52	0.117	0.688	
2	1	8.70	0.34	1.68	0.334	3.99	1.25	3.940	0.54	2.30	0.528	1.36	2.52	1.326	6.128	5.46
	2	9.85	0.42	1.68	0.413	5.08	1.25	5.017	0.61	2.30	0.596	1.32	2.52	1.287	7.312	
	3	8.35	0.27	1.68	0.265	3.35	1.25	3.308	0.33	2.30	0.322	0.94	2.52	0.916	4.812	
	4	8.85	0.28	1.68	0.275	3.94	1.25	3.891	0.25	2.30	0.244	0.94	2.52	0.916	5.327	
	5	9.20	0.28	1.68	0.275	3.27	1.25	3.229	0.36	2.30	0.352	1.01	2.52	0.985	4.841	
3	1	10.50	0.53	1.68	0.521	4.75	1.25	4.691	1.11	2.30	1.084	1.03	2.52	1.004	7.300	8.60
	2	11.60	0.70	1.68	0.688	5.26	1.25	5.194	1.24	2.30	1.211	1.21	2.52	1.180	8.273	
	3	11.40	0.68	1.68	0.669	5.73	1.25	5.658	0.82	2.30	0.801	1.20	2.52	1.170	8.298	
	4	13.00	0.67	1.68	0.659	8.52	1.25	8.414	0.70	2.30	0.684	1.74	2.52	1.696	11.452	
	5	11.30	0.47	1.68	0.462	4.83	1.25	4.770	0.89	2.30	0.870	1.59	2.52	1.550	7.651	
4	1	14.80	1.09	1.68	1.072	11.10	1.25	10.961	2.34	2.30	2.286	2.70	2.52	2.632	16.951	12.32
	2	13.00	1.41	1.68	1.386	10.94	1.25	10.803	1.97	2.30	1.925	2.27	2.52	2.213	16.327	
	3	12.75	1.11	1.68	1.091	8.15	1.25	8.048	0.42	2.30	0.410	2.28	2.52	2.223	11.772	
	4	12.50	0.77	1.68	0.757	6.00	1.25	5.925	0.47	2.30	0.459	2.09	2.52	2.037	9.179	
	5	12.65	1.13	1.68	1.111	5.63	1.25	5.560	0.75	2.30	0.733	1.98	2.52	1.930	9.333	

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El promedio de biomasa total descontando el porcentaje de ceniza en plantaciones de un año es de 0.85 Kg., en plantaciones de 2 años es 5.46 Kg., en plantaciones de 3 años es de 8.60 Kg., y en plantaciones de 4 años es de 12.32 Kg., en época húmeda.

Continuación.

Calculo de la Biomasa total descontando el % de cenizas por planta, en época seca.

Edad (años)	Número de Plantas	Diámetro (cm)	TALLO			RAMAS			HOJAS			RAIZ			Biomasa Total - % Ceniza	Promedio de biomasa total - % de ceniza
			Biomasa del Tallo (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Tallos (-) % de Ceniza (Kg)	Biomasa de Ramas (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Ramas (-) % de Ceniza (Kg)	Biomasa de Hoja (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Hojas (-) % de Ceniza (Kg)	Biomasa de Raíz (Kg)	% de Ceniza	Biomasa de Raíz (-) % de Ceniza (Kg)		
1	1	6.43	0.10	1.34	0.099	0.72	1.11	0.712	0.03	2.01	0.029	0.21	2.14	0.206	1.046	0.86
	2	6.11	0.15	1.34	0.148	0.70	1.11	0.692	0.04	2.01	0.039	0.16	2.14	0.157	1.036	
	3	5.12	0.13	1.34	0.128	0.25	1.11	0.247	0.05	2.01	0.049	0.08	2.14	0.078	0.503	
	4	6.40	0.11	1.34	0.109	0.72	1.11	0.712	0.04	2.01	0.039	0.19	2.14	0.186	1.046	
	5	5.34	0.08	1.34	0.079	0.45	1.11	0.445	0.05	2.01	0.049	0.12	2.14	0.117	0.690	
2	1	8.62	0.30	1.34	0.296	3.96	1.11	3.916	0.38	2.01	0.372	0.71	2.14	0.695	5.279	5.68
	2	9.76	0.36	1.34	0.355	4.47	1.11	4.420	0.21	2.01	0.206	1.15	2.14	1.125	6.107	
	3	8.05	0.28	1.34	0.276	3.78	1.11	3.738	0.16	2.01	0.157	0.76	2.14	0.744	4.915	
	4	8.59	0.21	1.34	0.207	4.39	1.11	4.341	0.15	2.01	0.147	0.96	2.14	0.939	5.635	
	5	8.90	0.18	1.34	0.178	4.13	1.11	4.084	0.19	2.01	0.186	0.91	2.14	0.891	5.338	
3	1	10.20	0.40	1.34	0.395	4.80	1.11	4.747	0.47	2.01	0.461	0.95	2.14	0.930	6.532	8.86
	2	11.10	0.66	1.34	0.651	5.72	1.11	5.657	0.35	2.01	0.343	1.08	2.14	1.057	7.708	
	3	11.10	0.62	1.34	0.612	6.91	1.11	6.833	0.55	2.01	0.539	1.04	2.14	1.018	9.002	
	4	12.50	0.56	1.34	0.552	9.96	1.11	9.849	0.32	2.01	0.314	1.59	2.14	1.556	12.271	
	5	11.02	0.48	1.34	0.474	6.21	1.11	6.141	0.40	2.01	0.392	1.83	2.14	1.791	8.797	
4	1	14.30	1.19	1.34	1.174	11.58	1.11	11.451	0.80	2.01	0.784	2.96	2.14	2.897	16.306	12.71
	2	11.90	1.27	1.34	1.253	11.08	1.11	10.957	0.75	2.01	0.735	2.46	2.14	2.407	15.352	
	3	12.40	1.05	1.34	1.036	8.07	1.11	7.980	0.22	2.01	0.216	2.45	2.14	2.398	11.630	
	4	11.90	0.66	1.34	0.651	6.61	1.11	6.537	0.27	2.01	0.265	1.76	2.14	1.722	9.175	
	5	12.20	1.02	1.34	1.006	6.36	1.11	6.289	0.27	2.01	0.265	1.63	2.14	1.595	9.155	

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El promedio de biomasa total descontando el porcentaje de ceniza en plantaciones de un año es de 0.86 Kg., en plantaciones de 2 años es 5.68 Kg., en plantaciones de 3 años es de 8.86 Kg., y en plantaciones de 4 años es de 12.71 Kg., en época seca.

Cuadro N° 39. Contenido de Carbono y Captura de CO₂ por planta de Piñón Blanco, en época seca.

Edad (años)	N° de Plantas	TALLO			RAMAS			HOJAS			RAIZ			Biomasa Total (Kg)	Carbono Total (Kg)	Captura de CO ₂ (Kg)	Promedio de C	Promedio de Co ₂
		Biomasa de Tallos (Kg)	% de C	Biomasa de Tallos (Kg de C)	Biomasa de Ramas (Kg)	% de C	Biomasa de Ramas (Kg de C)	Biomasa de Hojas (Kg)	% de C	Biomasa de Hojas (Kg de C)	Biomasa de Raíz (Kg)	% de C	Biomasa de Raíz (Kg de C)					
1	1	0.088	0.45	0.0396	0.622	0.45	0.2799	0.098	0.45	0.0441	0.185	0.45	0.0833	0.993	0.447	1.639	0.387	1.418
	2	0.138	0.45	0.0621	0.711	0.45	0.3200	0.039	0.45	0.0176	0.156	0.45	0.0702	1.044	0.470	1.723		
	3	0.118	0.45	0.0531	0.227	0.45	0.1022	0.068	0.45	0.0306	0.088	0.45	0.0396	0.501	0.225	0.827		
	4	0.118	0.45	0.0531	0.642	0.45	0.2889	0.078	0.45	0.0351	0.175	0.45	0.0788	1.013	0.456	1.672		
	5	0.088	0.45	0.0396	0.395	0.45	0.1778	0.088	0.45	0.0396	0.117	0.45	0.0527	0.688	0.310	1.135		
2	1	0.334	0.45	0.1503	3.940	0.45	1.7730	0.528	0.45	0.2376	1.326	0.45	0.5967	6.128	2.758	10.112	2.556	9.377
	2	0.413	0.45	0.1859	5.017	0.45	2.2577	0.596	0.45	0.2682	1.287	0.45	0.5792	7.313	3.291	12.068		
	3	0.265	0.45	0.1193	3.308	0.45	1.4886	0.322	0.45	0.1449	0.916	0.45	0.4122	4.811	2.165	7.939		
	4	0.275	0.45	0.1238	3.891	0.45	1.7510	0.244	0.45	0.1098	0.916	0.45	0.4122	5.326	2.397	8.789		
	5	0.275	0.45	0.1238	3.229	0.45	1.4531	0.352	0.45	0.1584	0.985	0.45	0.4433	4.841	2.178	7.988		
3	1	0.521	0.45	0.2345	4.691	0.45	2.1110	1.084	0.45	0.4878	1.004	0.45	0.4518	7.300	3.285	12.046	3.987	14.612
	2	0.688	0.45	0.3096	5.194	0.45	2.3373	1.211	0.45	0.5450	1.180	0.45	0.5310	8.273	3.723	13.652		
	3	0.669	0.45	0.3011	5.658	0.45	2.5461	0.801	0.45	0.3605	1.170	0.45	0.5265	8.298	3.734	13.693		
	4	0.659	0.45	0.2966	8.414	0.45	3.7863	0.684	0.45	0.3078	1.696	0.45	0.7632	11.453	5.154	18.899		
	5	0.462	0.45	0.2079	4.770	0.45	2.1465	0.87	0.45	0.3915	1.550	0.45	0.6975	7.652	3.443	12.627		
4	1	1.072	0.45	0.4824	10.961	0.45	4.9325	2.286	0.45	1.0287	2.632	0.45	1.1844	16.951	7.628	27.972	5.719	20.960
	2	1.386	0.45	0.6237	10.803	0.45	4.8614	1.925	0.45	0.8663	2.213	0.45	0.9959	16.327	7.347	26.942		
	3	1.091	0.45	0.4910	8.048	0.45	3.6216	0.41	0.45	0.1845	2.223	0.45	1.0004	11.772	5.297	19.426		
	4	0.757	0.45	0.3407	5.925	0.45	2.6663	0.459	0.45	0.2066	2.037	0.45	0.9167	9.178	4.130	15.145		
	5	1.111	0.45	0.5000	5.560	0.45	2.5020	0.733	0.45	0.3299	1.930	0.45	0.8685	9.334	4.200	15.403		

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El promedio de captura de Carbono y CO₂ en plantaciones de 1 año es de 0.387 Kg., y 1.418 Kg., en plantaciones de 2 años es de 2.556 Kg., y 9.377 Kg., en plantaciones de 3 años es de 3.987 Kg., y 14.612 Kg., y en plantaciones de 4 años es de 5.719 Kg., y 20.960 Kg., respectivamente en época seca.

Continuación.

Contenido de Carbono y Captura de CO₂ por planta de Piñón Blanco, en época húmeda.

Edad (años)	Nº de Plantas	TALLO			RAMAS			HOJAS			RAIZ			Biomasa Total (Kg)	Carbono Total (Kg)	Captura de CO ₂ (Kg)	Promedio de C	Promedio de CO ₂
		Biomasa de Tallos (Kg)	% de C	Biomasa de Tallos (Kg de C)	Biomasa de Ramas (Kg)	% de C	Biomasa de Ramas (Kg de C)	Biomasa de Hojas (Kg)	% de C	Biomasa de Hojas (Kg de C)	Biomasa de Raíz (Kg)	% de C	Biomasa de Raíz (Kg de C)					
1	1	0.099	0.45	0.0446	0.712	0.45	0.3204	0.029	0.45	0.0131	0.206	0.45	0.0927	1.046	0.471	1.726	0.383	1.402
	2	0.148	0.45	0.0666	0.692	0.45	0.3114	0.039	0.45	0.0176	0.157	0.45	0.0707	1.036	0.466	1.710		
	3	0.128	0.45	0.0576	0.247	0.45	0.1112	0.049	0.45	0.0221	0.078	0.45	0.0351	0.502	0.226	0.828		
	4	0.109	0.45	0.0491	0.712	0.45	0.3204	0.039	0.45	0.0176	0.186	0.45	0.0837	1.046	0.471	1.726		
	5	0.079	0.45	0.0356	0.445	0.45	0.2003	0.049	0.45	0.0221	0.117	0.45	0.0527	0.690	0.311	1.139		
2	1	0.296	0.45	0.1332	3.916	0.45	1.7622	0.372	0.45	0.1674	0.695	0.45	0.3128	5.279	2.376	8.711	2.455	9.001
	2	0.355	0.45	0.1598	4.420	0.45	1.9890	0.206	0.45	0.0927	1.125	0.45	0.5063	6.106	2.748	10.076		
	3	0.276	0.45	0.1242	3.738	0.45	1.6821	0.157	0.45	0.0707	0.744	0.45	0.3348	4.915	2.212	8.110		
	4	0.207	0.45	0.0932	4.341	0.45	1.9535	0.147	0.45	0.0662	0.939	0.45	0.4226	5.634	2.535	9.297		
	5	0.178	0.45	0.0801	4.084	0.45	1.8378	0.186	0.45	0.0837	0.891	0.45	0.4010	5.339	2.403	8.810		
3	1	0.395	0.45	0.1778	4.747	0.45	2.1362	0.461	0.45	0.2075	0.930	0.45	0.4185	6.533	2.940	10.780	3.870	14.184
	2	0.651	0.45	0.2930	5.657	0.45	2.5457	0.343	0.45	0.1544	1.057	0.45	0.4757	7.708	3.469	12.719		
	3	0.612	0.45	0.2754	6.833	0.45	3.0749	0.539	0.45	0.2426	1.018	0.45	0.4581	9.002	4.051	14.855		
	4	0.552	0.45	0.2484	9.849	0.45	4.4321	0.314	0.45	0.1413	1.556	0.45	0.7002	12.271	5.522	20.249		
	5	0.474	0.45	0.2133	6.141	0.45	2.7635	0.392	0.45	0.1764	1.791	0.45	0.8060	8.798	3.959	14.518		
4	1	1.174	0.45	0.5283	11.451	0.45	5.1530	0.784	0.45	0.3528	2.897	0.45	1.3037	16.306	7.338	26.907	5.546	20.336
	2	1.253	0.45	0.5639	10.957	0.45	4.9307	0.735	0.45	0.3308	2.407	0.45	1.0832	15.352	6.908	25.333		
	3	1.036	0.45	0.4662	7.980	0.45	3.5910	0.216	0.45	0.0972	2.398	0.45	1.0791	11.630	5.234	19.191		
	4	0.651	0.45	0.2930	6.537	0.45	2.9417	0.265	0.45	0.1193	1.722	0.45	0.7749	9.175	4.129	15.140		
	5	1.006	0.45	0.4527	6.289	0.45	2.8301	0.265	0.45	0.1193	1.595	0.45	0.7178	9.155	4.120	15.107		

Fuente: Propia, 2011.

$$\text{Carbono total (Kg)} \times 3.663 = \text{Captura de CO}_2 \text{ (Kg)}$$

Interpretación:

El promedio de captura de Carbono y CO₂ en plantaciones de 1 año es de 0.383 Kg., y 1.402 Kg., en plantaciones de 2 años es de 2.455 Kg., y 9.001 Kg., en plantaciones de 3 años es de 3.870 Kg., y 14.184 Kg., y en plantaciones de 4 años es de 5.546 Kg., y 20.336 Kg., respectivamente en época húmeda.

RESÚMEN DE RESULTADOS

Cuadro N° 40. Variabilidad de la biomasa total con respecto al % de cenizas.

<i>Edades</i>	<i>Época seca</i>		<i>Época húmeda</i>	
	<i>Biomasa total (Kg)</i>	<i>Biomasa total sin cenizas (kg)</i>	<i>Biomasa total (Kg)</i>	<i>Biomasa total sin cenizas (kg)</i>
1	0.88	0.86	0.87	0.85
2	5.77	5.68	5.53	5.46
3	8.98	8.86	8.74	8.60
4	12.82	12.71	12.49	12.32

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

La biomasa es la suma total de la materia orgánica que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco (GAYOSO *et al.*, 2002). El peso seco está conformado con un porcentaje mayor de materia orgánica y con un porcentaje menor de material inorgánico o cenizas.

Cuadro N° 41. Determinación de la biomasa total, contenido total de carbono y captura de CO₂, promedio por edades, en épocas seca y húmeda.

<i>Edad</i>	<i>Época seca</i>			<i>Época húmeda</i>		
	<i>Biomasa total (Kg)</i>	<i>Carbono total (kg)</i>	<i>Captura de CO₂ (kg)</i>	<i>Biomasa total (kg)</i>	<i>Carbono total (kg)</i>	<i>Captura de CO₂ (kg)</i>
1	0.86	0.387	1.418	0.85	0.383	1.402
2	5.68	2.556	9.377	5.46	2.455	9.001
3	8.86	3.987	14.612	8.60	3.870	14.184
4	12.71	5.719	20.960	12.32	5.546	20.336

Fuente: Propia, 2011.

Interpretación:

El promedio del contenido de biomasa, carbono y captura de CO₂ en kilogramos de la *Jatropha curcas L.*, para el 1^{er} año fue de 0.86, 0.387 y 1.418; el 2^{do} año de 5.68, 2.556 y 9.377; el 3^{er} año de 8.86, 3.987 y 14.612; el 4^{to} año de 12.71, 5.719 y 20.960, respectivamente en la época seca.

El promedio del contenido de biomasa, carbono y captura de CO₂ en kilogramos de la *Jatropha curcas L.*, para el 1^{er} año fue de 0.85, 0.383 y 1.402; el 2^{do} año de 5.46, 2.455 y 9.001; el 3^{er} año de 8.60, 3.870 y 14.184; el 4^{to} año de 12.32, 5.546 y 20.336, respectivamente en la época húmeda.

En muchos estudios se ha empleado la biomasa de las plantaciones para estimar su contenido de carbono, a través de la multiplicación de la cantidad disponible en una determinada superficie por un factor que va desde 0,40 hasta el 0,55; ya que varios autores han encontrado que es la proporción de carbono contenido en cualquier especie vegetal, en general se acepta que el contenido de carbono corresponde al 45% de la biomasa (DÍAZ, 2007). Sin embargo, diferentes estudios denotan la variabilidad del contenido de carbono según especie y tejido de las plantaciones (GAYOSO *et al.*, 2002).

3.2 DISCUSIONES

- El promedio de humedad en la biomasa aérea en época seca por edades fue de; 305.97% en plantaciones de 01 año, 284.19% en plantaciones de 02 años, 278.38% en plantaciones de 03 años y 286.07% en plantaciones de 04 años. El promedio total del Contenido de Humedad en la biomasa aérea en época húmeda por edades fue de; 313.44% en plantaciones de 01 año, 290.87% en plantaciones de 02 años, 291.46% en plantaciones de 03 años y 295.60% en plantaciones de 04 años, lo que indica que estas plantaciones cumple una función de bomba y almacenamiento durante las épocas de lluvia, lo almacena tanto en el sistema rizomático como en el tallo, liberando paulatinamente al suelo durante las épocas secas.
- En los estudios de toma de muestra para biomasa se obtuvo un promedio de porcentaje por componentes que considera que la raíz ocupa un porcentaje de 18 % del peso total de la planta.

Estos resultados coinciden con los de Castañeda (2004), donde menciona que toda planta está dividida en porcentajes, del peso total de la planta.

- Se ha comprobado que el porcentaje de carbono acumulado en la biomasa forestal es de 45 % a 55%; generalmente se utiliza 50% como promedio para encontrar el porcentaje de carbono en el bosque (Brown et al., Goudrian, Schroeder et al., Hoen y solberg 2000); sin embargo, en este estudio se utilizó el valor mínimo (45%) con la finalidad de no sobre estimar el contenido total de carbono.
- A diferencia de la metodología desarrollada por el ICRAF, (Arévalo et. al 2003), que recomienda tomar los diámetros a la altura del pecho, DAP, (1.30 m. aproximadamente), se decidió determinar la ecuación alométrica con datos de diámetro a los 3 cm. del suelo, con

el fin de facilitar la medición del diámetro, pues las ramificaciones del Piñón blanco por efectos de podas son bastante distintos.

- Otra diferencia con la metodología del ICRAF fue que esta recomienda sacrificar un mínimo de 10 plantas para la elaboración de la ecuación alométrica, para la presente tesis logro utilizar 20 plantas de Piñón blanco, tal como lo recomiendan diversas investigaciones dirigidas por la CATIE de Costa Rica.

3.3 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se ha realizado el presente trabajo de investigación, de acuerdo a los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- **El Potencial de Captura de Carbono** en las plantaciones de piñón blanco (*Jatropha curcas L.*), en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” es de:
 - ❖ 0.387 Kg/C/Planta en plantas de 1 año, 2.556 Kg/C/Planta en plantas de 2 años, 3.987 Kg/C/Planta en plantas de 3 años y 5.719 Kg/C/Planta en plantas de 4 años; haciendo un total de 12.649 Kg/C/Planta en las 4 edades; y 1.418 Kg/CO₂/Planta en plantas de 1 año, 9.377 Kg/CO₂/Planta en plantas de 2 años, 14.612 Kg/CO₂/Planta en plantas de 3 años y 20.960 Kg/CO₂/Planta en plantas de 4 años haciendo un total de 46.367 Kg/CO₂/Planta en las 4 edades en época seca.
 - ❖ 0.383 Kg/C/Planta en plantas de 1 año, 2.455 Kg/C/Planta en plantas de 2 años, 3.870 Kg/C/Planta en plantas de 3 años y 5.546 Kg/C/Planta en plantas de 4 años, haciendo un total de 12.254 Kg/C/Planta en las 4 edades; y 1.402 Kg/CO₂/Planta en plantas de 1 año, 9.001 Kg/CO₂/Planta en plantas de 2 años, 14.184 Kg/CO₂/Planta en plantas de 3 años y 20.336 Kg/CO₂/Planta en plantas de 4 años, haciendo un total de 44.923 Kg/CO₂/Planta en las 4 edades en época húmeda.
- **El Potencial de Captura de Carbono** en las plantaciones de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*), en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” por año es de 24.903 Kg/C/Planta/año y 91.29 Kg/CO₂/planta/año respectivamente.
- La ecuación generada: $B = 10^{-4.88456+2.32616*\log(d3)}$, de tipo logarítmica, permite estimar la cantidad de carbono por épocas

(seca y húmeda), las cuales pueden ser utilizadas en otras plantaciones de la misma especie. Esta ecuación tiene la ventaja de hacer más fácil la evaluación en el campo.

- La metodología aplicada demostró ser viable y no generó muchos gastos, el utilizar el diámetro del tallo a la altura de 3 cm., como única variable independiente simplifica el trabajo de campo y permite estimar el carbono capturado sin necesidad de realizar estudios en laboratorio, los cuales son costosos y de difícil acceso en nuestra región.
- El cultivo de “Piñón Blanco” (*Jatropha curcas L.*) en nuestra región, es un importante sumidero de carbono debido a que la plantación es perenne por un aproximado en promedio de 35 años de vida.
- Se concluyó que durante el desarrollo de la presente investigación, la mayor cantidad de carbono y CO₂ capturado, fue en la época seca.
- Se acepta la hipótesis planteada ya que el potencial de captura de carbono es viable, por lo tanto afirmo y asumo la hipótesis alterna.
- No existió significancia entre los tratamientos de época seca y húmeda.

3.4 RECOMENDACIONES

- A toda la comunidad estudiantil e instituciones educativas públicas y privadas de formación profesional se recomienda realizar la réplica del presente trabajo de investigación en diferentes zonas y estratos del departamento de san Martín.
- Utilizar la ecuación obtenida en este estudio para estimar la biomasa de *Jatropha curcas L.*, consistente en el siguiente modelo $B = 10^{-4.88456+2.32616*\log(d^3)}$, también realizar estudios similares en otras variedades de *Jatropha*.
- San Martín debería liderar un proceso de certificación de bosques para la compensación por bonos de carbono, y así obtener ingresos que ayudarán a cuidar y promover la investigación.
- Incentivar en la investigación a los profesionales y futuros profesionales, para contar con especialistas en estadística e ingeniería forestal y ambiental, principalmente en el diseño de la investigación.
- Si los agricultores decidieran incursionar en el negocio de los créditos de carbono, deben evaluar la rentabilidad y tener la liquidez necesaria para invertir en la costosa certificación del servicio de captura de captura carbono.
- Se recomienda hacer un estudio de los residuos incinerados del “Piñón Blanco” para determinar la composición química de la ceniza.

3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

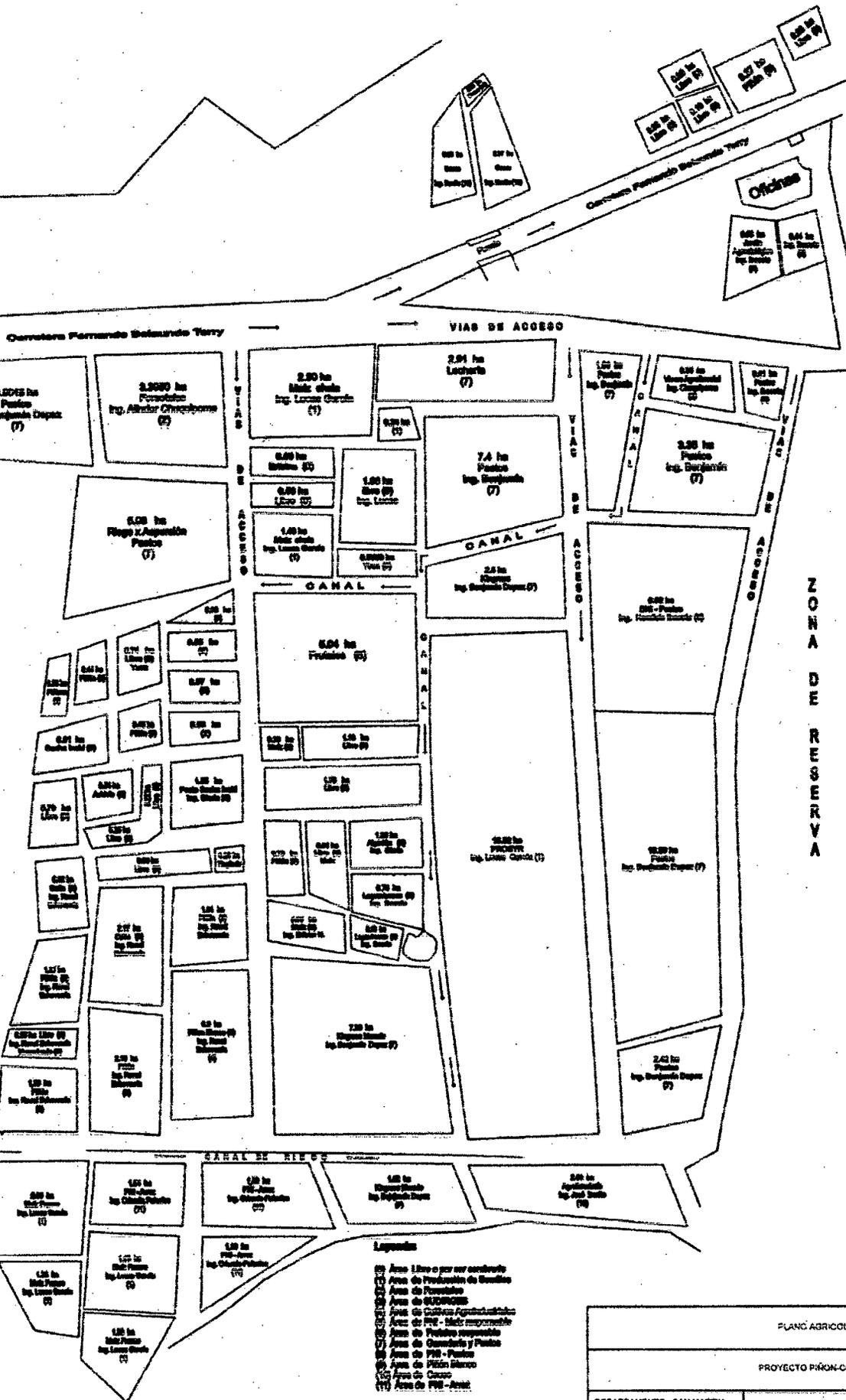
- 3.5.1 ACOSTA-MIRELES, M., J. *et al.* 2001. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México.
- 3.5.2 AREVALO, I., *et al.* Determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Perú. INIA.
- 3.5.3 BROWN, S. 1996. Influencia de los bosques. Revista Unasyva.
- 3.5.4 DÍAZ, R. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula Schl. et Cham.* Madera y Bosques.
- 3.5.5 DIXON, J. 1993. El cambio climático y los bosques: Ecosur, (www.ecosur.net/cambio_climatico_y_los_bosques).
- 3.5.6 ECHEVERRIA, R; INIA-GTZ; Manejo del cultivo de Piñón Blanco (*Jatropha curcas*) en la región San Martín, Lima, Julio del (2008).
- 3.5.7 (FAO 1995, citado por Baldoceda 2001).
- 3.5.8 FIGUEROA N. 2001. Comparación de la concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la Sierra Norte de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- 3.5.9 GARZON, J, J.1993. "Efecto de la cobertura con leguminosas sobre la producción de látex del caucho *Hevea brasiliensis* Muell. en el piedemonte amazónico". Universidad de la Amazonia. COLOMBIA.
- 3.5.10 GARCIA, C. *et al.* 1999. El Cambio climático, el problema global más importante del futuro.
- 3.5.11 GAYOSO, J. 2002. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

- 3.5.12 LLERENA, C.A. 1991. Contaminación atmosférica, efecto invernadero y cambios climáticos, sus impactos forestales. Revista Forestal del Perú.
- 3.5.13 MASERA, O. 1995. Desforestación y degradación forestal en México. Documento de Trabajo 19. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- 3.5.14 ORDÓÑEZ, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F.
- 3.5.15 SCHLEGEL, B., *et al.* 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. UACH – Chile.
- 3.5.16 Young, *et al.* 2000. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales.

3.6. REFERENCIA HEMEROGRAFICAS

- 3.6.1 Anexo I Protocolo de Kyoto.
- 3.6.2 Expediente técnico del Proyecto “Promoción del Piñón (*Jatropha curcas L.*), con las agencias agrarias para aprovechar el potencial agrícola en tierras deforestadas y degradadas de la Región San Martín; Gobierno Regional San Martín.
- 3.6.3 IPCC, 1995-IPCC, 2000. El cambio climático y los bosques. Ecosur, (www.wcosur.net/cambio_climatico_y_los_bosques), documento 04 Febrero 2008.

ANEXOS



PLANO AGRICOLA E.E.A 'EL PORVENIR'	
PROYECTO PIÑON-COMPONENTE II	
DEPARTAMENTO : SAN MARTIN	FECHA: 22/02/2011
PROVINCIA : SAN MARTIN	
DISTRITO : JUAN GUERRA	Nº01

Anexo 03

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época seca.

EDAD : 01								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.3096	100.00	32.40	32.57	3.0900	100.00	23.10	23.20	0.2000	50.00	8.20	7.80	0.7200	100.00	29.50	29.60
	100.00	34.50			100.00	24.60			50.00	7.40			100.00	30.40	
	100.00	30.80			100.00	21.90			50.00	7.80			100.00	28.90	
EDAD : 01								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.4900	100.00	29.90	30.40	2.8400	100.00	21.30	24.73	0.1800	50.00	9.40	9.73	0.6200	100.00	27.40	26.30
	100.00	28.80			100.00	25.60			50.00	9.70			100.00	25.10	
	100.00	32.50			100.00	27.30			50.00	10.10			100.00	26.40	
EDAD : 01								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.5330	100.00	22.40	24.30	1.0500	100.00	24.30	23.50	0.2500	50.00	8.90	9.03	0.3800	100.00	20.10	22.00
	100.00	25.90			100.00	23.30			50.00	9.40			100.00	22.30	
	100.00	24.60			100.00	22.90			50.00	8.80			100.00	23.60	
EDAD : 01								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.3900	100.00	28.40	28.70	2.9500	100.00	26.90	24.33	0.2300	50.00	7.90	8.50	0.7000	100.00	27.30	27.00
	100.00	26.30			100.00	23.60			50.00	8.70			100.00	28.80	
	100.00	31.40			100.00	22.50			50.00	8.90			100.00	24.90	
EDAD : 01								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.3200	100.00	24.60	26.27	1.7900	100.00	25.80	24.90	0.2800	50.00	9.20	9.27	0.4900	100.00	24.30	24.43
	100.00	25.70			100.00	24.70			50.00	9.50			100.00	23.60	
	100.00	28.50			100.00	24.20			50.00	9.10			100.00	25.40	

Continuación.

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época húmeda.

EDAD : 01								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.3108	100.00	25.30	29.50	3.2000	100.00	19.40	19.67	0.6000	100.00	15.00	16.60	0.7500	100.00	24.50	24.95
	100.00	32.40			100.00	19.60			100.00	15.90			100.00	23.55	
	100.00	30.80			100.00	20.00			100.00	18.90			100.00	26.80	
EDAD : 01								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.5085	100.00	26.10	28.03	3.0000	100.00	17.80	23.90	0.2384	50.00	8.60	8.97	0.6700	100.00	25.20	23.97
	100.00	30.70			100.00	24.30			50.00	9.00			100.00	22.10	
	100.00	27.30			100.00	29.60			50.00	9.30			100.00	24.60	
EDAD : 01								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.5562	100.00	20.40	21.00	1.2000	100.00	20.30	19.57	0.5000	80.00	13.10	11.67	0.4100	80.00	17.90	17.78
	100.00	20.60			100.00	19.30			80.00	10.90			80.00	18.20	
	100.00	22.00			100.00	19.10			80.00	11.00			80.00	17.25	
EDAD : 01								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.4086	100.00	24.50	25.17	3.0500	100.00	23.90	21.33	0.6000	80.00	14.20	13.10	0.7300	100.00	25.30	24.50
	100.00	25.30			100.00	20.60			80.00	11.20			100.00	26.40	
	100.00	25.70			100.00	19.50			80.00	13.90			100.00	21.80	
EDAD : 01								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.3500	100.00	23.60	24.87	1.9000	100.00	22.40	20.87	0.6000	100.00	16.10	14.53	0.5100	100.00	22.80	22.97
	100.00	24.60			100.00	19.50			100.00	14.10			100.00	19.90	
	100.00	26.40			100.00	20.70			100.00	13.40			100.00	26.20	

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época seca.

EDAD : 02								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.8500	250.00	88.10	87.13	15.4000	250.00	63.70	64.33	1.8000	250.00	54.10	53.07	3.1300	250.00	56.30	56.90
	250.00	87.60			250.00	65.60			250.00	53.20			250.00	56.80	
	250.00	85.70			250.00	63.70			250.00	51.90			250.00	57.60	
EDAD : 02								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.9800	250.00	91.40	92.37	15.1000	250.00	73.50	74.00	0.9800	250.00	54.60	54.13	4.1300	250.00	68.90	69.77
	250.00	93.10			250.00	76.10			250.00	52.60			250.00	71.00	
	250.00	92.60			250.00	72.40			250.00	55.20			250.00	69.40	
EDAD : 02								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.8000	250.00	87.90	87.27	11.4000	250.00	83.20	82.90	0.7800	250.00	50.90	51.50	2.8500	250.00	66.00	66.73
	250.00	86.40			250.00	82.90			250.00	52.10			250.00	67.30	
	250.00	87.50			250.00	82.60			250.00	51.50			250.00	66.90	
EDAD : 02								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.7100	200.00	62.80	61.40	14.2000	250.00	77.60	77.23	0.7100	200.00	43.90	42.10	2.8500	250.00	67.40	67.43
	200.00	61.90			250.00	78.20			200.00	41.50			250.00	68.30	
	200.00	59.50			250.00	75.90			200.00	40.90			250.00	66.60	
EDAD : 02								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.6300	200.00	70.90	70.73	13.6000	250.00	78.60	75.87	0.8100	250.00	59.80	59.53	2.9800	250.00	71.50	73.63
	200.00	69.90			250.00	76.40			250.00	60.10			250.00	77.00	
	200.00	71.40			250.00	72.60			250.00	58.70			250.00	72.40	

Continuación.

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época húmeda

EDAD : 02								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.0000	250.00	85.00	84.03	16.6000	250.00	58.10	60.07	3.0000	250.00	45.30	45.30	3.8700	150.00	48.50	52.53
	250.00	85.70			250.00	64.60			250.00	44.90			150.00	52.30	
	250.00	81.40			250.00	57.50			250.00	45.70			150.00	56.80	
EDAD : 02								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.2000	250.00	82.30	87.67	18.6000	250.00	70.10	68.27	3.2000	250.00	47.00	47.37	4.3200	200.00	61.20	61.27
	250.00	85.70			250.00	67.40			250.00	48.20			200.00	62.90	
	250.00	95.00			250.00	67.30			250.00	46.90			200.00	59.70	
EDAD : 02								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.8500	250.00	78.00	78.33	13.4000	250.00	77.90	62.50	2.0000	250.00	42.00	41.30	3.0500	200.00	63.20	61.35
	250.00	82.20			250.00	56.70			250.00	41.10			200.00	59.75	
	250.00	74.80			250.00	52.90			250.00	40.80			200.00	61.10	
EDAD : 02								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.7500	250.00	84.30	78.50	15.2000	250.00	63.10	62.47	1.4000	250.00	44.30	43.97	3.2600	200.00	57.10	57.68
	250.00	83.80			250.00	67.50			250.00	42.90			200.00	55.90	
	250.00	67.40			250.00	56.80			250.00	44.70			200.00	60.05	
EDAD : 02								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
0.8000	250.00	94.70	88.63	14.4000	250.00	57.00	56.80	1.8000	250.00	51.40	50.00	3.2000	200.00	64.90	62.93
	250.00	95.60			250.00	61.70			250.00	49.90			200.00	62.80	
	250.00	75.60			250.00	51.70			250.00	48.70			200.00	61.10	

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época seca

EDAD : 03								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.1100	250.00	87.79	89.08	14.2300	250.00	83.44	84.36	2.1000	250.00	55.30	56.20	3.9800	250.00	59.80	59.53
	250.00	88.34			250.00	84.65			250.00	56.40			250.00	58.70	
	250.00	91.11			250.00	84.98			250.00	56.90			250.00	60.10	
EDAD : 03								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.8600	250.00	88.76	88.73	16.4500	250.00	87.32	86.96	1.3000	250.00	67.55	67.61	4.1000	250.00	66.48	65.97
	250.00	87.89			250.00	85.90			250.00	68.32			250.00	65.30	
	250.00	89.54			250.00	87.65			250.00	66.96			250.00	66.13	
EDAD : 03								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.7200	250.00	90.45	90.45	20.1000	250.00	83.32	85.93	1.9800	250.00	69.43	68.94	4.2500	250.00	61.88	61.46
	250.00	89.66			250.00	84.65			250.00	68.54			250.00	62.34	
	250.00	91.24			250.00	89.81			250.00	68.86			250.00	60.16	
EDAD : 03								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.5000	250.00	94.13	94.04	24.3400	250.00	108.33	102.28	1.4500	250.00	54.32	54.95	5.3100	250.00	75.00	75.07
	250.00	97.54			250.00	100.09			250.00	55.65			250.00	74.24	
	250.00	90.45			250.00	98.43			250.00	54.87			250.00	75.97	
EDAD : 03								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.3900	250.00	84.98	86.20	22.3400	250.00	69.90	69.46	1.6300	250.00	63.24	61.83	5.6000	250.00	80.90	81.80
	250.00	85.43			250.00	68.42			250.00	59.56			250.00	81.30	
	250.00	88.20			250.00	70.05			250.00	62.68			250.00	83.20	

Continuación.

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época húmeda

EDAD : 03								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.6500	250.00	80.19	80.39	16.8000	250.00	50.91	70.63	5.6000	250.00	49.57	49.60	4.3000	150.00	39.57	35.88
	250.00	80.27			250.00	80.41			250.00	49.56			150.00	34.59	
	250.00	80.70			250.00	80.56			250.00	49.66			150.00	33.47	
EDAD : 03								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
2.1000	250.00	90.39	83.69	17.0000	250.00	80.61	77.32	5.2000	250.00	59.71	59.73	4.5600	150.00	41.23	39.89
	250.00	80.17			250.00	70.73			250.00	59.70			150.00	38.54	
	250.00	80.52			250.00	80.63			250.00	59.77			150.00	39.89	
EDAD : 03								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
2.0000	250.00	78.40	85.53	20.0000	250.00	66.30	71.60	3.8000	250.00	57.50	53.70	4.8500	150.00	37.25	37.13
	250.00	92.20			250.00	72.00			250.00	52.20			150.00	34.19	
	250.00	86.00			250.00	76.50			250.00	51.40			150.00	39.95	
EDAD : 03								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.9000	250.00	90.40	88.27	25.2000	250.00	80.40	84.50	3.8000	250.00	41.70	46.33	5.8000	200.00	58.65	60.00
	250.00	87.40			250.00	70.00			250.00	46.90			200.00	59.10	
	250.00	87.00			250.00	103.10			250.00	50.40			200.00	62.25	
EDAD : 03								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.6000	250.00	70.70	72.67	24.2000	250.00	53.30	49.87	4.5000	250.00	51.50	49.70	5.6900	250.00	72.13	70.06
	250.00	74.60			250.00	48.50			250.00	48.60			250.00	68.25	
	250.00	72.70			250.00	47.80			250.00	49.00			250.00	69.80	

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época seca

EDAD : 04								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
2.9800	250.00	100.56	99.80	39.6500	250.00	68.98	69.48	3.1500	250.00	63.22	63.33	9.1500	250.00	78.66	78.25
	250.00	100.43			250.00	69.55			250.00	62.87			250.00	76.55	
	250.00	98.40			250.00	69.92			250.00	63.90			250.00	79.53	
EDAD : 01								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
3.1600	250.00	100.20	100.45	28.5000	250.00	93.50	93.87	3.0000	250.00	63.87	62.68	7.9000	250.00	76.87	77.74
	250.00	101.40			250.00	93.88			250.00	63.19			250.00	78.43	
	250.00	99.76			250.00	94.23			250.00	60.98			250.00	77.92	
EDAD : 04								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
3.1400	250.00	83.60	83.98	35.9000	250.00	55.60	56.19	0.9000	250.00	57.87	57.99	8.2300	250.00	70.33	71.62
	250.00	84.67			250.00	54.87			250.00	57.43			250.00	71.63	
	250.00	83.66			250.00	58.10			250.00	58.66			250.00	72.91	
EDAD : 04								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
1.9800	250.00	84.33	83.58	30.8000	250.00	53.75	53.67	1.2000	250.00	56.40	56.43	6.5000	250.00	66.50	67.50
	250.00	81.87			250.00	52.60			250.00	55.34			250.00	68.33	
	250.00	84.54			250.00	54.65			250.00	57.56			250.00	67.67	
EDAD : 04								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
3.2100	250.00	79.37	79.23	27.6000	250.00	57.20	57.58	1.2500	250.00	53.22	53.48	6.3500	250.00	63.20	64.36
	250.00	78.66			250.00	56.33			250.00	53.80			250.00	64.77	
	250.00	79.65			250.00	59.20			250.00	53.42			250.00	65.10	

Continuación.

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Aérea de Piñón Blanco tumbados, en época húmeda

EDAD : 04								PLANTA : 01							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
3.2500	250.00	100.15	83.73	43.4500	250.00	50.51	63.85	9.2000	250.00	59.75	59.66	9.8000	250.00	63.81	68.98
	250.00	70.15			250.00	70.90			250.00	59.66			250.00	74.63	
	250.00	80.89			250.00	70.14			250.00	59.57			250.00	68.49	
EDAD : 04								PLANTA : 02							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
3.9000	250.00	80.74	90.40	31.4000	250.00	70.29	87.12	7.4000	250.00	59.65	56.47	8.0500	250.00	70.25	70.40
	250.00	100.36			250.00	90.14			250.00	59.65			250.00	69.45	
	250.00	90.09			250.00	100.93			250.00	50.11			250.00	71.50	
EDAD : 04								PLANTA : 03							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
3.8500	250.00	75.30	72.23	41.0000	250.00	47.00	49.70	2.0000	250.00	53.10	52.77	8.8000	250.00	67.20	64.67
	250.00	70.30			250.00	46.50			250.00	51.10			250.00	61.30	
	250.00	71.10			250.00	55.60			250.00	54.10			250.00	65.50	
EDAD : 04								PLANTA : 04							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
2.6500	250.00	74.10	72.50	31.2000	250.00	47.50	48.07	2.3000	250.00	51.50	51.07	6.7900	200.00	63.20	61.47
	250.00	72.00			250.00	50.00			250.00	50.70			200.00	61.40	
	250.00	71.40			250.00	46.70			250.00	51.00			200.00	59.80	
EDAD : 04								PLANTA : 05							
TALLO				RAMAS				HOJAS				RAIZ			
PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)	PT (Kg)	PFM (Gr)	PSM (Gr)	PROM (Gr)
3.7500	250.00	78.20	75.27	28.2000	250.00	50.10	49.87	4.7000	250.00	40.10	39.93	6.9000	200.00	57.60	57.27
	250.00	72.30			250.00	49.10			250.00	39.30			200.00	55.80	
	250.00	75.30			250.00	50.40			250.00	40.40			200.00	58.40	

Anexo 04

<i>Época seca</i>						
<i>Edades</i>	<i>Altura del tallo (cm)</i>	<i>Diámetro del tallo (cm)</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>Diámetro de copa (m)</i>	<i>Numero de ramas</i>	<i>Peso biomasa (kg)</i>
1	9.00	6.55	1.95	1.24	9.00	0.993
	15.00	6.25	1.74	1.05	9.00	1.044
	26.00	5.28	2.20	0.89	4.00	0.501
	6.00	6.93	1.75	1.51	12.00	1.013
	11.00	5.50	1.90	1.20	6.00	0.688
2	19.00	10.50	2.70	2.60	24.00	6.128
	14.00	11.60	2.90	2.35	28.00	7.313
	9.50	11.40	2.40	2.65	14.00	4.811
	11.50	13.00	3.00	2.45	31.00	5.326
	7.00	11.30	2.90	2.40	22.00	4.841
3	11.00	8.70	2.60	2.00	16.00	7.300
	5.00	9.85	2.70	2.10	14.00	8.273
	8.00	8.35	2.80	1.60	10.00	8.298
	5.00	8.85	2.80	1.80	15.00	11.453
	5.00	9.20	2.50	1.95	15.00	7.652
4	27.00	14.80	3.50	3.50	30.00	16.951
	35.00	13.00	3.00	3.20	29.00	16.327
	16.00	12.75	3.10	2.30	36.00	11.772
	12.00	12.50	3.10	2.95	33.00	9.178
	14.00	12.65	2.80	2.60	28.00	9.334

Fuente: Propia, 2011.

<i>Época húmeda</i>						
<i>Edades</i>	<i>Altura del tallo (cm)</i>	<i>Diámetro del tallo (cm)</i>	<i>Altura total (m)</i>	<i>Diámetro de copa (m)</i>	<i>Numero de ramas</i>	<i>Peso biomasa (kg)</i>
1	8.00	7.00	1.85	1.27	7.00	1.046
	7.60	6.28	1.87	1.08	9.00	1.036
	9.10	6.15	1.92	1.20	11.00	0.502
	8.65	6.85	1.93	1.48	8.00	1.046
	7.90	5.00	1.94	1.09	8.00	0.690
2	11.00	8.70	2.60	2.00	16.00	5.279
	5.00	9.85	2.70	2.10	14.00	6.106
	8.00	8.35	2.80	1.60	10.00	4.915
	5.00	8.85	2.80	1.80	15.00	5.634
	5.00	9.20	2.50	1.95	15.00	5.339
3	19.00	10.50	2.70	2.60	24.00	6.533
	14.00	11.60	2.90	2.35	28.00	7.708
	9.50	11.40	2.40	2.65	14.00	9.002
	11.50	13.00	3.00	2.45	31.00	12.271
	7.00	11.30	2.90	2.40	22.00	8.798
4	27.00	11.20	3.50	3.50	33.00	16.306
	35.00	14.40	3.00	3.20	32.00	15.352
	16.00	14.80	3.10	2.30	38.00	11.630
	12.00	13.70	3.10	2.95	35.00	9.175
	14.00	12.30	2.80	2.60	34.00	9.155

Fuente: Propia, 2011.

Anexo 05

Determinación de biomasa en tallos, en época seca y época húmeda.

BIOMASA DE TALLO EPOCA SECA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de la biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	100.0	32.57	0.3096	0.10	0.12'
	2	100.0	30.40	0.4900	0.15	
	3	100.0	24.30	0.5330	0.13	
	4	100.0	28.70	0.3900	0.11	
	5	100.0	26.27	0.3200	0.08	
2	1	250.0	87.13	0.8500	0.30	0.26
	2	250.0	92.37	0.9800	0.36	
	3	250.0	87.27	0.8000	0.28	
	4	209.3	61.40	0.7100	0.21	
	5	250.0	70.73	0.6300	0.18	
3	1	250.0	89.08	1.1100	0.40	0.54
	2	250.0	88.73	1.8600	0.66	
	3	250.0	90.45	1.7200	0.62	
	4	250.0	94.04	1.5000	0.56	
	5	250.0	86.20	1.3900	0.48	
4	1	250.0	99.80	2.9800	1.19	1.04
	2	250.0	100.45	3.1600	1.27	
	3	250.0	83.98	3.1400	1.05	
	4	250.0	83.58	1.9800	0.66	
	5	250.0	79.23	3.2100	1.02	

Fuente: Propia, 2011.

BIOMASA DE TALLO EPOCA HUMEDA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de la biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	100.0	29.50	0.3108	0.09	0.11
	2	100.0	28.03	0.5085	0.14	
	3	100.0	21.00	0.5562	0.12	
	4	100.0	28.70	0.4086	0.12	
	5	100.0	24.87	0.3500	0.09	
2	1	250.0	84.03	1.0000	0.34	0.32
	2	250.0	87.66	1.2000	0.42	
	3	250.0	78.33	0.8500	0.27	
	4	209.3	78.50	0.7500	0.28	
	5	250.0	88.53	0.8000	0.28	
3	1	250.0	80.38	1.6500	0.53	0.61
	2	250.0	83.69	2.1000	0.70	
	3	250.0	85.53	2.0000	0.68	
	4	250.0	88.27	1.9000	0.67	
	5	250.0	72.67	1.6000	0.47	
4	1	250.0	83.73	3.2500	1.09	1.10
	2	250.0	90.39	3.9000	1.41	
	3	250.0	72.23	3.8500	1.11	
	4	250.0	72.50	2.6500	0.77	
	5	250.0	75.27	3.7500	1.13	

Fuente: Propia, 2011.

Continuación.

Determinación de biomasa en Ramas, en época seca y época húmeda.

BIOMASA DE RAMAS EPOCA SECA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de Biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	100.0	23.20	3.09	0.72	0.57
	2	100.0	24.70	2.84	0.70	
	3	100.0	23.50	1.05	0.25	
	4	100.0	24.33	2.95	0.72	
	5	100.0	24.90	1.79	0.45	
2	1	250.0	64.33	15.40	3.96	4.15
	2	250.0	74.00	15.10	4.47	
	3	250.0	82.90	11.40	3.78	
	4	250.0	77.23	14.20	4.39	
	5	250.0	75.87	13.60	4.13	
3	1	250.0	84.36	14.23	4.80	6.72
	2	250.0	86.96	16.45	5.72	
	3	250.0	85.93	20.10	6.91	
	4	250.0	102.28	24.34	9.96	
	5	250.0	69.46	22.34	6.21	
4	1	250.0	69.48	41.65	11.58	8.74
	2	250.0	93.86	29.50	11.08	
	3	250.0	56.19	35.90	8.07	
	4	250.0	53.67	30.80	6.61	
	5	250.0	57.58	27.60	6.36	

Fuente: Propia, 2011.

BIOMASA DE RAMAS EPOCA HUMEDA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de Biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	100.0	19.67	3.20	0.63	0.53
	2	100.0	23.90	3.00	0.72	
	3	100.0	19.57	1.20	0.23	
	4	100.0	21.33	3.05	0.65	
	5	100.0	20.87	1.90	0.40	
2	1	250.0	60.06	16.60	3.99	3.92
	2	250.0	68.26	18.60	5.08	
	3	250.0	62.43	13.40	3.35	
	4	250.0	64.80	15.20	3.94	
	5	250.0	56.80	14.40	3.27	
3	1	250.0	70.62	16.80	4.75	5.82
	2	250.0	77.32	17.00	5.26	
	3	250.0	71.60	20.00	5.73	
	4	250.0	84.50	25.20	8.52	
	5	250.0	49.87	24.20	4.83	
4	1	250.0	63.85	43.45	11.10	8.36
	2	250.0	87.12	31.40	10.94	
	3	250.0	49.70	41.00	8.15	
	4	250.0	48.07	31.20	6.00	
	5	250.0	49.87	28.20	5.63	

Fuente: Propia, 2011.

Continuación.

Determinación de biomasa en Hojas, en época seca y época húmeda.

BIOMASA DE HOJAS EPOCA SECA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de Biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	50.0	7.80	0.20	0.03	0.04
	2	50.0	9.73	0.18	0.04	
	3	50.0	9.03	0.25	0.05	
	4	50.0	8.50	0.23	0.04	
	5	50.0	9.27	0.28	0.05	
2	1	250.0	53.07	1.80	0.38	0.22
	2	250.0	54.13	0.98	0.21	
	3	250.0	51.50	0.78	0.16	
	4	200.0	42.10	0.71	0.15	
	5	250.0	59.53	0.81	0.19	
3	1	250.0	56.20	2.10	0.47	0.42
	2	250.0	67.61	1.30	0.35	
	3	250.0	68.94	1.98	0.55	
	4	250.0	54.95	1.45	0.32	
	5	250.0	61.83	1.63	0.40	
4	1	250.0	63.33	3.15	0.80	0.46
	2	250.0	62.68	3.00	0.75	
	3	250.0	57.99	0.90	0.21	
	4	250.0	56.43	1.20	0.27	
	5	250.0	53.48	1.25	0.27	

Fuente: Propia, 2011.

BIOMASA DE HOJAS EPOCA HUMEDA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de Biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	100.0	16.60	0.60	0.10	0.08
	2	50.0	8.97	0.24	0.04	
	3	80.0	11.67	0.50	0.07	
	4	100.0	13.10	0.60	0.08	
	5	100.0	14.53	0.60	0.09	
2	1	250.0	45.30	3.00	0.54	0.42
	2	250.0	47.37	3.20	0.61	
	3	250.0	41.30	2.00	0.33	
	4	250.0	43.96	1.40	0.25	
	5	250.0	50.00	1.80	0.36	
3	1	250.0	49.59	5.60	1.11	0.95
	2	250.0	59.72	5.20	1.24	
	3	250.0	53.70	3.80	0.82	
	4	250.0	46.33	3.80	0.70	
	5	250.0	49.70	4.50	0.89	
4	1	250.0	59.66	9.20	2.20	1.10
	2	250.0	56.47	7.40	1.67	
	3	250.0	52.77	2.00	0.42	
	4	250.0	51.07	2.30	0.47	
	5	250.0	39.93	4.70	0.75	

Fuente: Propia, 2011.

Continuación.

Determinación de biomasa en Raíces, en época seca y época húmeda.

BIOMASA DE RAIZ EPOCA SECA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de Biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	100.0	29.60	0.7200	0.21	0.15
	2	100.0	26.30	0.6200	0.16	
	3	100.0	22.00	0.3800	0.08	
	4	100.0	27.00	0.7000	0.19	
	5	100.0	24.43	0.4900	0.12	
2	1	250.0	56.90	3.1300	0.71	0.90
	2	250.0	69.77	4.1300	1.15	
	3	250.0	66.73	2.8500	0.76	
	4	200.0	67.43	2.8500	0.96	
	5	250.0	76.63	2.9800	0.91	
3	1	250.0	59.53	3.9800	0.95	1.30
	2	250.0	65.97	4.1000	1.08	
	3	250.0	61.46	4.2500	1.04	
	4	250.0	75.07	5.3100	1.59	
	5	250.0	81.80	5.6000	1.83	
4	1	250.0	78.25	9.4500	2.96	2.25
	2	250.0	77.74	7.9000	2.46	
	3	250.0	71.62	8.5400	2.45	
	4	250.0	67.50	6.5000	1.76	
	5	250.0	64.36	6.3500	1.63	

Fuente: Propia, 2011.

BIOMASA DE RAIZ EPOCA HUMEDA						
Edad (años)	Número de Plantas	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Peso Fresco Total (Kg)	Biomasa Total (Kg)	Promedio de Biomasa Total (Kg)
		PFM	PSM	PFT	BT	
1	1	100.0	24.95	0.75	0.19	0.15
	2	100.0	23.97	0.67	0.16	
	3	80.0	17.78	0.41	0.09	
	4	100.0	24.50	0.73	0.18	
	5	100.0	22.97	0.51	0.12	
2	1	150.0	52.53	3.87	1.36	1.11
	2	200.0	61.27	4.32	1.32	
	3	200.0	61.35	3.05	0.94	
	4	200.0	57.68	3.26	0.94	
	5	200.0	62.93	3.20	1.01	
3	1	150.0	35.87	4.30	1.03	1.36
	2	150.0	39.89	4.56	1.21	
	3	150.0	37.13	4.85	1.20	
	4	200.0	60.00	5.80	1.74	
	5	250.0	70.06	5.69	1.59	
4	1	250.0	68.88	9.80	2.70	2.26
	2	250.0	70.40	8.05	2.27	
	3	250.0	64.67	8.80	2.28	
	4	200.0	61.47	6.79	2.09	
	5	200.0	57.27	6.90	1.98	

Fuente: Propia, 2011.

Fórmulas empleadas para la determinación de biomasa.

$$CH = \frac{(PFM^{(gr)} - PSM^{(gr)}) \times 100}{PSM^{(gr)}}$$

$$BT = \frac{(PFT^{(gr)})}{1 + (CH/100)}$$

FUENTE: AREVALO

Anexo 06

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa Arbustiva Herbácea.

Época húmeda						
Edad (años)	Numero de Cuadrante	Peso Fresco Total (Kg/m ²)	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Biomasa herbácea Peso Seco (Ton/Ha)	Promedio de Biomasa herbácea Peso Seco (Ton/Ha)
		PFT	PFM	PSM		
1	1	0.800	212.0	28.90	0.001	0.001
	2	0.950	208.0	34.70	0.002	
	3	1.150	204.0	30.20	0.002	
2	1	0.850	205.0	69.80	0.003	0.002
	2	1.150	151.0	11.10	0.001	
	3	1.050	150.4	33.15	0.002	
3	1	1.000	200.0	60.40	0.003	0.002
	2	0.900	100.0	13.20	0.001	
	3	0.450	150.0	71.80	0.002	
4	1	1.000	210.0	28.30	0.001	0.002
	2	1.300	220.0	46.30	0.003	
	3	1.100	200.0	42.50	0.002	

Fuente: Propia, 2011.

Época seca						
Edad (años)	Número de Cuadrante	Peso Fresco Total (Kg/m ²)	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Biomasa herbácea Peso Seco (Ton/Ha)	Promedio de Biomasa herbácea Peso Seco (Ton/Ha)
		PFT	PFM	PSM		
1	1	0.250	100.0	12.20	0.0003	0.0002
	2	0.130	100.0	11.90	0.0002	
	3	0.140	100.0	12.40	0.0002	
2	1	0.110	100.0	9.60	0.0001	0.0002
	2	0.104	100.0	11.10	0.0001	
	3	0.190	100.0	12.10	0.0002	
3	1	0.100	100.0	10.00	0.0001	0.0001
	2	0.115	100.0	13.20	0.0002	
	3	0.130	100.0	11.09	0.0001	
4	1	0.150	100.0	12.30	0.0002	0.0001
	2	0.117	100.0	11.90	0.0001	
	3	0.101	100.0	11.60	0.0001	

Fuente: Propia, 2011.

$$B = (PSM / PFM) \times PFT \times 0.01 \text{ Ton/Ha}$$

Anexo 07

Datos obtenidos para la determinación de Biomasa de Hojarasca, en época seca

Época húmeda						
Edad (años)	Numero de Cuadrante	Peso Fresco Total (Kg/m ²)	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Biomasa Hojarasca Peso Seco (Ton/Ha)	Promedio de la Biomasa Peso Seco (Ton/Ha)
		PFT	PFM	PSM		
1	1	0.098	70.00	61.13	0.0034	0.003
	2	0.080	40.00	33.45	0.0027	
	3	0.089	45.00	36.84	0.0029	
2	1	0.125	60.00	57.15	0.0048	0.004
	2	0.110	60.00	46.30	0.0034	
	3	0.098	40.00	34.12	0.0033	
3	1	0.150	70.00	63.20	0.0054	0.004
	2	0.100	50.00	42.15	0.0034	
	3	0.095	40.00	30.45	0.0029	
4	1	0.120	70.00	68.60	0.0047	0.004
	2	0.130	60.00	42.80	0.0037	
	3	0.100	55.00	47.60	0.0035	

Fuente: Propia, 2011.

Época seca						
Edad (años)	Numero de Cuadrante	Peso Fresco Total (Kg/m ²)	Peso Fresco de la Muestra (Gr)	Peso Seco de la Muestra (Gr)	Biomasa Hojarasca Peso Seco (Ton/Ha)	Promedio de la Biomasa Peso Seco (Ton/Ha)
		PFT	PFM	PSM		
1	1	0.200	100.00	89.68	0.007	0.007
	2	0.180	100.00	89.70	0.006	
	3	0.195	100.00	89.57	0.007	
2	1	0.247	100.00	90.04	0.009	0.009
	2	0.265	100.00	89.04	0.009	
	3	0.277	100.00	90.07	0.010	
3	1	0.460	100.00	92.43	0.017	0.017
	2	0.435	100.00	94.33	0.016	
	3	0.454	100.00	91.20	0.017	
4	1	0.535	100.00	89.70	0.019	0.021
	2	0.575	100.00	92.34	0.021	
	3	0.590	100.00	91.27	0.022	

Fuente: Propia, 2011.

$$B = (PSM / PFM) \times PFT \times 0.04 \text{ Ton/Ha}$$

Anexo 08
Fotos de las diferentes etapas de trabajo













"Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo"

CONSTANCIA POR EJECUCION DE TESIS

EL QUE SUSCRIBE: DIRECTOR GENERAL DE LA UNIDAD OPERATIVA N° 008 - ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA "EL PORVENIR" - TARAPOTO.-

HACE CONSTAR:

Que, El Sr. GUNTHER PINEDO RODRIGUEZ, Bachiller de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto; ha realizado culminado la ejecución de la Tesis **"POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN EL CULTIVO DE PINON BLANCO (*Jatropha curcas L.*)**, del Componente 2.- Proyecto Piñón de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir", a partir del 17 de Enero al 16 de Octubre de 2011.

El mencionado Tesista ha demostrando responsabilidad, puntualidad y mucha dedicación en las labores de su trabajo de estudio.

Se expide la presente Constancia, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

El Porvenir, 04 de Noviembre del 2011



Instituto Peruano de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria "El Porvenir"
Ronal Ríos Romero
DIRECTOR