



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMIA**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL

**LA FERTILIZACION NITROGENADA Y SU RELACION
FUNCIONAL CON LA EFICIENCIA FOTOSINTETICA,
CAPTURA DE CARBONO Y CRECIMIENTO, EN *Zea mays* L.
“Maíz” EN SAN MIGUEL, IQUITOS, PERU.**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL

Presentado por

RONY RODRIGUEZ VASQUEZ

Bachiller en Gestión Ambiental

Iquitos – Perú

2014

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL**

Tesis aprobada en sustentación pública el día 21 de agosto del 2014, por el jurado Ad-Hoc nombrado por la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Gestión Ambiental de la Facultad de Agronomía, para optar el título de:

INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL

Jurado:

**Ing° JORGE AGUSTIN FLORES MALAVERRY, M.Sc.
Presidente**

**Ing° RONALD YALTA VEGA, M.Sc.
Miembro**

**Ing° RAFAEL CHAVEZ VÁSQUEZ, Dr.
Miembro**

**Ing° JULIO SOPLIN RÍOS, Dr.
Asesor**

**Ing° JUAN IMERIO URRELO CORREA, M.Sc.
Decano (e)**

DEDICATORIA

- A mi querida madre **Blanca Vásquez Ramírez**, por sus sabios consejos, amor incondicional que día a día, fortalece mi alma , mente y mi corazón, por estar siempre pendiente de mis logros y mis derrotas, en mis tristezas y mis alegrías, porque sin duda alguna, sin su apoyo no hubiese podido alcanzar mis objetivos.
- A mi padre **Jorge Luis Rodríguez Gómez**, por sus enseñanzas, dedicación y apoyo constante, y por formar parte de este primer logro profesional.
- A mi novia **Susan Del Aguila Gonzales**, por formar parte de mi vida, y ser mi fortaleza, motivándome siempre a alcanzar el éxito en cualquier instancia.
- A mi primogénito **Iker Nicolás Rodríguez Del Aguila**, por ser mi motor y motivo para seguir adelante y superarme cada día.
- A todos mis amigos y compañeros de la Facultad de Agronomía, Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental, en especial a la promoción 2009, por su amistad, alegrías, consejos, esfuerzo y por el empeño que le pusieron en todos los años de la carrera universitaria, como muestra de superación.

AGRADECIMIENTO

- A la **Estación Experimental Agraria “San Roque” del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA**, por darme la oportunidad de ejecutar la investigación dentro de sus campos experimentales.
- A mi alma mater **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP)** por haberme dado la oportunidad para mi formación profesional.
- A la **Facultad de Agronomía** por haberme acogido en sus aulas y haber recibido los conocimientos necesarios para mi formación
- Al Ingeniero **Jorge Pérez Arirama**, por dedicarme su tiempo y ofrecerme la oportunidad de realizar la tesis dentro de la estación experimental agraria **“San Roque”** del Instituto Nacional de Innovación Agraria (**INIA**).
- Al **Dr. Julio Abel Soplín Ríos**, Docente Principal de la Facultad de Agronomía y asesor, por brindarme sus consejos y darme la oportunidad de realizar la tesis bajo su asesoramiento.
- A, **Kinler Macahuachi y Ricardo Mori**, por su apoyo en las diferentes fases del experimento.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	03
AGRADECIMIENTO	04
INTRODUCCIÓN	08
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES	10
1.1.1 Descripción del problema	10
1.1.2 Hipótesis	12
1.1.3 Identificación de las variables	13
Variable independiente.....	13
Variable dependiente	13
1.1.4 Operacionalización de las variables	13
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	14
CAPITULO II: METODOLOGÍA	17
2.1 DATOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	17
2.1.1 Ubicación	17
2.1.2 Ecología	17
2.1.3 Clima	18
2.1.4 Suelo	18
2.2 MATERIALES.....	19
2.3 MÉTODOS	20
2.3.1 Tratamientos en estudio.....	20
2.3.2 Distribución de los tratamientos	20
2.3.3 Estadística a emplear	20
a. Diseño Experimental.....	20
b. Análisis de Varianza (ANVA o ANOVA).....	21
c. El Modelo Aditivo Lineal (M.A.L.).....	21
2.3.4 Características del area experimental.....	22
2.3.5 Técnicas de Muestreo	23
2.3.6 Conducción del experimento.....	23

2.3.7 Evaluaciones Realizadas	24
CAPITULO III: REVISIÓN DE LITERATURA.....	28
3.1 MARCO TEÓRICO.....	28
3.1.1 Abonamiento en maíz y su implicancia en el rendimiento de grano y otras características agronómicas.....	28
3.1.2 Captura de carbono en maíz y otras plantas tropicales	31
3.1.3 Eficiencia fotosintética en maíz y otras plantas tropicales	32
3.2 TRABAJOS RELACIONADOS AL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.2.1 Fertilización en el cultivo del maíz.....	34
3.2.2 Captura de carbono por el cultivo del maíz u otros cultivos	36
3.2.3 Eficiencia fotosintética en el cultivo del maíz u otros cultivos	41
3.3 MARCO CONCEPTUAL.....	46
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	51
4.1 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA EN EL CULTIVO DEL MAÍZ.....	51
4.2 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA CAPTURA DE CARBONO EN EL CULTIVO DEL MAÍZ.....	52
4.3 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA ALTURA DE PLANTA DEL MAÍZ ...	54
4.4 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN MAÍZ.....	55
CAPITULO V: DISCUSIONES	63
5.1 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA EN EL CULTIVO DEL MAÍZ.....	63
5.2 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA CAPTURA DE CARBONO EN EL CULTIVO DEL MAÍZ.....	65
5.3 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA ALTURA DE PLANTA DEL MAÍZ.....	69
5.4 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN MAÍZ.....	70
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
6.1 CONCLUSIONES.....	76
6.2 RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	79
ANEXOS.....	83

INDICE DE TABLAS

	<u>Pág.</u>
TABLA N° 01. Análisis de varianza de eficiencia fotosintética (%) de maíz	51
TABLA N° 02. Prueba de Tukey de la eficiencia fotosintética (%) de maíz	51
TABLA N° 03. Análisis de varianza de captura de carbono de la parte aérea de maíz (kg/ha) ..	52
TABLA N° 04. Prueba de Tukey de captura de carbono de la parte aérea de maíz (kg/ha)	53
TABLA N° 05. Análisis de varianza de la altura de planta de maíz (cm), a los 75 días de sembrado ..	54
TABLA N° 06. Prueba de Tukey de la altura de planta de maíz (cm), a los 75 días de sembrado	54
TABLA N° 07. Análisis de varianza del área foliar (cm ²) de planta de maíz, a los 75 días de sembrado ..	55
TABLA N° 08. Prueba de Tukey del área foliar (cm) de planta de maíz, a los 75 días de sembrado ..	56
TABLA N° 09. Análisis de varianza del peso seco de mazorca de maíz (g)	57
TABLA N° 10. Prueba de Tukey del peso seco de mazorca de maíz (g)	57
TABLA N° 11. Análisis de varianza del peso seco de 100 granos de maíz (g)	58
TABLA N° 12. Prueba de Tukey del peso seco de 100 granos de maíz (g)	58
TABLA N° 13. Análisis de varianza del largo de mazorca de maíz (cm)	60
TABLA N° 14. Prueba de Tukey del largo de mazorca de maíz (cm)	60
TABLA N° 15. Análisis de varianza del diámetro de mazorca de maíz (cm)	61
TABLA N° 16. Prueba de Tukey del diámetro de mazorca de maíz (cm)	61

INDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
FIGURA N° 01. Eficiencia fotosintética del maíz (%)	52
FIGURA N° 02. Carbono capturado por el maíz – parte aérea – (kg/ha)	53
FIGURA N° 03. Altura de planta de maíz a los 75 días (cm)	55
FIGURA N° 04. Área foliar del maíz a los 75 días (cm ²)	56
FIGURA N° 05. Peso seco de la mazorca del maíz (g)	58
FIGURA N° 06. Peso seco de 100 granos de maíz (g)	59
FIGURA N° 07. Largo de mazorca de maíz (cm)	61
FIGURA N° 08. Diámetro de mazorca del maíz	62

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Perteneció a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del *Nuevo Mundo* porque su centro de origen está en América.

En un primer momento, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena* al cual pertenecía el teosinte como dos géneros separados. Actualmente, en base a la compatibilidad para la hibridación entre esos grupos de plantas y a estudios citogenéticos, es generalmente aceptado que ambas pertenecen al género *Zea* (Reeves y Mangelsdorf, 1942).

El teosinte y el *Tripsacum* son ambos importantes como posibles fuentes de características deseables para el mejoramiento del maíz. El *Tripsacum* no tiene un valor económico directo mientras que el teosinte tiene algún valor como fuente de forraje.

Entre las Maydeas orientales, sólo el género *Coix* tiene alguna importancia en el sur y el sudeste de Asia (Jugenheimer, 1985; Koul y Paliwal, 1964; Kumar y Sachan, 1991); es usado como cultivo forrajero y con sus semillas se hacen rosetas para bocadillos. Los otros cuatro géneros de las Maydeas orientales, *Schleracne*, *Polytoxa*, *Chionachne* y *Trilobachne* no tienen, por el momento, mayor importancia económica.

El maíz cultivado es una planta completamente domesticada y el hombre y el maíz han vivido y han evolucionado juntos desde tiempos remotos. El maíz no crece en forma salvaje y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre (Wilkes, 1985; Galinat, 1988; Dowswell, Paliwal y Cantrell, 1996).

El maíz es una de las especies cultivadas más productivas. Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética. Considerada individualmente, su tasa de multiplicación es de 1:600-1000 (Aldrich, Scott y Leng, 1975). El maíz tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos

por unidad de superficie por día. Fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, tal como se pone en evidencia en la bien documentada historia del maíz híbrido en los Estados Unidos de América y posteriormente en Europa. Globalmente, el maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas (FAO, 1999) con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas. El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, cada uno de los cuales siembra más de 50 000 hectáreas con un total de cerca de 61,5 millones de hectáreas y una producción anual de 111 millones de toneladas métricas. El rendimiento medio del maíz en los trópicos es de 1 800 kg/ha comparado con una media mundial de más de 4 000 kg/ha. El rendimiento medio del maíz en las zonas templadas es de 7 000 kg/ha (CIMMYT, 1994).

El cultivo del maíz en zona templada tiene, sin embargo, un ciclo mayor que la mayoría de los maíces tropicales. Por lo tanto, el rendimiento del maíz tropical, cuando se lo compara con el del maíz de zona templada, no es tan bajo; aún así, la productividad del maíz en las zonas tropicales es menor que en las zonas templadas. Hay algunas excepciones donde la productividad del maíz tropical se compara favorablemente con el maíz en los ambientes templados, tal como el maíz cultivado en la época invernal en los trópicos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.1.1 Descripción del problema

El dióxido de carbono – CO_2 - es un gas que se forma en la combustión de todo combustible, por oxidación de los átomos de carbono. La fuente principal son los organismos vivos lo emiten como producto final de la oxidación de azúcares y otros compuestos orgánicos que contienen carbono. La emisión de origen antropogénico se debe fundamentalmente a los procesos de generación de energía -tanto eléctrica como de calefacción y otros en instalaciones industriales-, así como en los vehículos de transporte, en plantas de tratamientos de residuos, actividad volcánica, etc.

El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas.

Los principales contaminantes del aire, en su estado gaseoso, aparecen en diferentes concentraciones y los más comunes son el dióxido de carbono – CO_2 -, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono.

La emisión del CO_2 al ambiente es mucho más que el ambiente puede absorber y es por esto que lo llamamos "contaminante". En los Estados Unidos, por ejemplo, se emiten 6.6 toneladas de CO_2 por cada persona, cada año. La comunidad científica estima que el CO_2 es responsable del 50% al 60% del cambio climático global. El promedio mundial de emisiones de CO_2 en 2001 fue 3.9 ton por persona (Banco Mundial). Se necesitarían 1.5 ha por persona, plantadas con árboles en

desarrollo en regiones sin forestación para compensar las emisiones de CO₂ de esta sola persona. Y 9,000 millones de hectáreas para compensar temporalmente las emisiones de los 6,000 millones de habitantes en el mundo. Sin embargo, esto sería insuficiente, porque la población y las emisiones de CO₂ aumentan diariamente; Stephens, J. 2006.

El CO₂ existe naturalmente y aumenta por toda la actividad humana y animal, desde nuestra propia respiración. La concentración de CO₂ en la atmósfera está aumentando de forma constante de 0.030% a 0.037% debido al uso de carburantes fósiles (petróleo, gas, etc) como fuente de energía y es teóricamente posible demostrar que este hecho es el causante de producir un incremento de la temperatura de la Tierra (de 0.5°C/ cada 10 años) - **efecto invernadero** (el CO₂ atrapa el calor). El aumento del efecto invernadero en la atmósfera, produce una afección sobre el clima, alterando el equilibrio de radiación, dado que permite el paso de la radiación solar pero absorbe la radiación infrarroja emitida por la tierra.

La amplitud con que este efecto (de invernadero) puede cambiar el clima mundial depende de los datos empleados en un modelo teórico, de manera que hay modelos que predicen cambios rápidos y desastrosos del clima y otros que señalan efectos climáticos limitados.

El consecuente incremento en la temperatura atmosférica podría derivar en alteraciones en las corrientes de aguas a gran escala, interconectadas con posibles deshielos polares, especialmente en el Ártico o andes peruanos y, por consiguiente, en una variación en los regímenes de lluvias de amplias regiones, lo que podría derivar finalmente en una modificación de ecosistemas y una repercusión sobre la producción de alimentos.

En la región Loreto la aplicación de técnicas agrícolas no adecuadas conlleva a la baja eficiencia fotosintética y a la vez no se cuenta con referencia académica cuantitativamente sobre la

eficiencia fotosintética y el volumen de captura de carbono por las especies anuales como el maíz.

Entonces, por lo referido, sostenemos que el problema central identificado es que la insuficiente e inoportuna fertilización nitrogenada, no interacciona funcionalmente en el proceso fenológico y productivo en el cultivo del maíz, obteniendo menor eficiencia fotosintética y menor captura de carbono, ambas variables determinantes en el rendimiento de grano y de la sostenibilidad armónica del equilibrio del CO₂ en el aire atmosférico.

1.1.2 Hipótesis

a) Hipótesis general

Existe relación significativa entre la fertilización nitrogenada y el incremento de la eficiencia fotosintética, captura de carbono y crecimiento del vegetal, para mayores rendimientos de grano, en el cultivo del maíz.

b) Hipótesis específicas

- Existe relación significativa entre la fertilización nitrogenada y el incremento de la eficiencia fotosintética, para mayores rendimientos de grano en el cultivo del maíz.
- Existe relación significativa entre la fertilización nitrogenada y la captura de carbono, para mayores rendimientos de grano en el cultivo del maíz.
- Existe relación significativa entre la fertilización nitrogenada y el crecimiento del vegetal, para mayores rendimientos de grano en el cultivo del maíz

1.1.3 Identificación de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE: (V.I)

X → Fertilización nitrogenada

VARIABLE DEPENDIENTE (V.D)

Y1 → Eficiencia fotosintética

Y2 → Captura de carbono

Y3 → Altura de planta

1.1.4 Operacionalización de las variables

VARIABLES	NIVELES	INDICADORES
V. Independiente (V.I)		
X-Fertilización nitrogenada	Dosis de fertilización	D1= 000.00 Kg/ha de N D2 = 150.00 kg/ha de N D3 = 300.00 kg/ha de N
V. Dependiente (V.D)		
Y1-Eficiencia fotosintética	-Área foliar del cultivo. -Captura o absorción de luz.	- cm ² de hoja/área de suelo - Porcentaje de luz absorbida (%)
Y2-Captura de carbono	- Peso seco de plantas/ha	-Kg/ha de C.
Y3-Crecimiento de plantas	Altura de planta	- cm /planta.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Determinar la dosis óptima de fertilización nitrogenada, para la obtención de plantas con incremento en eficiencia fotosintética, captura de carbono y crecimiento del vegetal, para obtener mayores rendimientos de grano, en el cultivo del maíz.

1.2.2 Objetivos específicos

- ★ Determinar la dosis optima de fertilización nitrogenada, para la obtención de plantas con incremento en eficiencia fotosintética, para mayores rendimientos de grano, en el cultivo del maíz.

- ★ Determinar la dosis optima de fertilización nitrogenada, para la obtención de plantas con incremento en la captura de carbono, para mayores rendimientos de grano, en el cultivo del maíz.

- ★ Determinar la dosis optima de fertilización nitrogenada, para la obtención de plantas con incremento en el crecimiento vegetal, para mayores rendimientos de grano, en el cultivo del maíz

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Esta investigación se justifica, porque las plantas verdes, mediante el proceso fotosintético, utilizan como materia prima el CO_2 , por ello se constituyen en un sumidero importante para la reducción de este gas contaminante del aire atmosférico. Pero la fotosíntesis de las plantas no logra absorber su creciente producción – CO_2 - por lo cual es necesario plantear alternativas para reducir y controlar este desequilibrio gaseoso.

Toth, et al., (2002); señala que cada especie de planta absorbe determinada cantidad de CO_2 ; es decir unas son más eficientes que otras. El CO_2 es fijado en sus raíces, tronco y hojas en forma de hidrato de carbono.

La cantidad de CO_2 fijado por los bosques tropicales, también es variable; por decir la mayor parte del dióxido de carbono – CO_2 -, aproximadamente, un tercio (34 %) es absorbido por las plantas

en los bosques tropicales; y entre las especies forestales del trópico más eficientes son el pino y el piñonero, que absorben 48.870 y 27.180 kilos de CO₂ al año. Además, un kilómetro cuadrado de bosque genera mil toneladas de oxígeno al año; una hectárea arbolada urbana produce al día el oxígeno que consumen seis personas y un árbol de unos 20 años absorbe anualmente el CO₂ emitido por un vehículo que recorre de 10.000 a 20.000 kilómetros. En resumen, se conoce que las plantas de trópico absorben carbono en cantidades que van desde 123,000 millones (1,23 x 10¹¹ t de C/año) hasta 200,000 millones (2,00 x 10¹¹ t de C/año) de toneladas de carbono por año.

Por estas razones es necesario el incremento en el rendimiento del cultivo, para nuestro caso, el maíz; pero esto se logrará a través de un aumento en la biomasa del cultivo (peso seco total) y en la fotosíntesis neta del mismo. Para lograr esto es necesario incrementar la fotosíntesis neta por área de hoja; es decir, habrá que lograr un aumento en la fotosíntesis neta por hoja. Para adquirir una mayor captación de CO₂ fijado por la planta, se proponen algunas estrategias relacionadas con el proceso fotosintético como son: el aumentar la tasa de fotosíntesis neta; aumentar la actividad de la enzima **rubisco** (C-3) - Ribulosa bi fostato- que es la variable interna de mayor influencia sobre el aumento de fijación de CO₂ y; en plantas C-4 (como es el caso del maíz) evaluar la actividad de la enzima PEP carboxilasa (Fosfoenol pirúvico)

El papel del nitrógeno como nutriente esencial y componente estructural de moléculas como la Rubisco (Ribulosa bi fostato) y la clorofila en plantas ha sido ampliamente documentado en varias especies debido a la importancia en los procesos de crecimiento y producción agrícola (Lattanzi *et al.*, 2004). El nitrógeno es uno de los factores de mayor estrés en plantas tropicales ya sea por deficiencia o por exceso. Se reconoce que el nitrógeno puede ser un factor limitante del crecimiento y de la eficiencia fotosintética de las plantas, especialmente, bajo condiciones de déficit de nitrógeno, las cuales tienden a disminuir el peso seco, el número de hojas y el área foliar (Taiz y Zieger, 1998; Ciompi *et al.*, 1996). En el caso de la eficiencia fotosintética, se puede

ver limitada al disminuir el contenido de Rubisco y la clorofila en las hojas, así como la **producción cuántica** de la fotosíntesis. La correlación entre el contenido de nitrógeno y la eficiencia fotosintética varía dependiendo del hábitat de la planta y de factores ambientales como la temperatura y la radiación (Evans, 1989; Toth *et al.*, 2002; Lamsfus *et al.*, 2003).

La **importancia** de la investigación radica, en que por medio de la actividad fotosintética de las plantas, en este caso mediante el cultivo del maíz; se contribuye a disminuir la contaminación ambiental (aire), a través la absorción del CO₂, para utilizarla en la generación del esqueleto del Hidrato de carbono (glucosa) principalmente y otros compuestos orgánicos generados a partir de este; constituyéndose entonces el cultivo, un importante sumidero de CO₂ y el equilibrio gaseoso del medio ambiente. Además, esta actividad contribuye con el pacto firmado en Kioto; en el que la mayoría de las naciones, entre las que se encuentra el Perú, pretende bajar un 5.5% las emisiones globales en 2013, mediante el uso de mecanismo de desarrollo en limpio-MDL – tecnologías limpias. Además de las siembras de los cultivos como el maíz, se usan otras especies vegetales, por decir en el proceso de la reforestación en las áreas desérticas productos del mal manejo de los ecosistemas boscosos, la siembra de especies vegetales de rápido crecimiento en las urbes y de jardines para la captura del CO₂ atmosférico.

Todo estas acciones, previamente planificado contribuiría a mejorar la absorción del gas CO₂ y por ende, a la lucha contra el calentamiento global de la atmósfera.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 DATOS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1.1 Ubicación

Este ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental de “San Miguel” perteneciente al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), distrito de Belén, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto, Perú. El área experimental está ubicada a la margen izquierda del río Amazonas cerca de la ciudad de Iquitos (20 minutos por vía fluvial). Caracterizado por ser una zona inundable que permanece cubierto por agua entre los meses de enero a mayo durante la época de creciente del río Amazonas. El área experimental cuenta con las siguientes coordenadas:

Latitud : 03° 50' 28" S

Longitud : 73° 10' 25" O.

Altitud : 110 msnm.

2.1.2 Ecología

Según la clasificación de Holdrich (1987), el área del experimento se encuentra clasificada como bosque tropical húmedo (bth), donde predomina un clima cálido húmedo sin marcadas variaciones en el promedio anual de temperatura y sin estación seca bien definida, siendo la temperatura promedio anual de 26°C, la precipitación pluvial promedio de 2984 mm/año y la humedad relativa entre 83 y 90%.

2.1.3 Clima

Siendo el clima un componente importante durante la realización del experimento, se obtuvieron datos de las condiciones meteorológicas que se presentaron durante el ciclo vegetativo del cultivo (ver anexo N°13). Estos datos fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú (SENAMHI).

En el cuadro, se registra datos de componente climático entre los meses de agosto a diciembre, observándose en esta que la temperatura promedio fue de 26.96°C, con temperaturas máximas y mínimas de 32.26°C y 21.66°C, respectivamente; además, la precipitación pluvial promedio fue de 183.02 mm; la humedad relativa promedio de 84.6% y las horas de sol promedio fue de 152.36. Datos climáticos que tuvieron mucha influencia en los resultados del experimento.

2.1.4 Suelo

El área de ejecución del experimento, pertenece según la Clasificación de Suelos Norteamericano (Soil Taxonomy, 1975) y a las normas y lineamientos establecidos con el Soil Survey Manual (revisión, 1993), al orden de los **Entisoles y Sub Grupo Typic Fluvaquents**, siendo su característica principal la ausencia de horizontes desarrollados pedogenéticamente, por ser suelos de origen reciente (INIA, 2008). Otros estudios desarrollados por Rodríguez *et al.* (1995) determinaron que el área está constituida por depósitos fluviales recientes, afectadas por inundaciones periódicas ocasionadas por las crecientes del río Amazonas; litológicamente está compuesto por material reciente, que consiste de arenas de grano fino con abundante limo y en muy pequeña proporción arcillo limosa. De acuerdo al anexo N°14 , se registró lo siguiente:

Textura	: franco arenoso,
pH	: 6.25 (ligeramente ácido)
Materia orgánica	: 2.27% medio
Fosforo disponible	: 6.34 ppm, bajo

Potasio disponible : 246 ppm, bajo

CIC : 23.41

Suelo adecuado para el desarrollo del cultivo durante todo el ciclo de vida.

2.2 MATERIALES

Para la realización del trabajo de investigación será necesario el uso de los siguientes materiales:

- ★ Material vegetal (semillas de maíz variedad:INIA-612-MASELBA)
- ★ Área de terreno aluvial: 1,190 m² Aprox - (Largo=41.00 m y Ancho = 29.00 m)
- ★ Rafia
- ★ Bolsas de polipropileno de 11 x 16 cm.
- ★ Tijeras de corte.
- ★ Cuchilla
- ★ Libreta de campo
- ★ Marcadores de tinta
- ★ Vernier digital
- ★ Wincha de lona
- ★ Distanciamiento de siembre : 0.80 x 0.60 cm.
- ★ Machetes
- ★ Pala de corte
- ★ Balanza Analítica Y balanza de pesa.
- ★ Estufa.
- ★ Laptop
- ★ Programa estadístico: SPSS-21 o BIOSTAT

2.3 MÉTODOS

El método seguido para realizar el ensayo fue el científico – inferencial.

2.3.1 Tratamientos

Los tratamientos estudiados en el experimento, fueron los siguientes:

Tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS		FRECUENCIAS DE APLICACIÓN DE N.	
T0	000 kg/ha de N	1ra aplicación 000 kg/ha – 25 días (0 Kg/ha)	2da aplicación 000 kg/ha – 45 días (0 g/golpe)
T1	150 kg/ha de N	1ra aplicación 075 kg/ha – 25 días (3 g/golpe)	2da aplicación 075 kg/ha – 45 días (3 g/golpe)
T2	300 kg/ha de N	1ra aplicación 150 kg/ha – 25 días (6 g/golpe)	2da aplicación 150 kg/ha – 45 días (6 g/golpe)

2.3.2 Distribución de los tratamientos

Nº de tratamientos	:	03
Nº de repeticiones/tratamiento	:	04
Nº de plantas/tratamiento	:	12
Nº de plantas/repetición		36
Nº total de plantas	:	144

El croquis de experimento se presenta en el ANEXO N°15.

2.3.3 Estadística a emplear

a. Diseño Experimental

Para el análisis de los tratamientos (3) se utilizó el **diseño de Bloques Completos al azar** - DBCA, con cuatro repeticiones.

b. Análisis de varianza (ANVA O ANOVA)**Esquema del Análisis de Variancia**

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.
Tratamiento	$(t-1) = 3 - 1 = 2$
Bloques o repeticiones	$(r - 1) = 4 - 1 = 3$
Error experimental	$(t-1) (r-1) = 2 \times 3 = 6$
TOTAL	$(tr - 1) = (3 \times 4 - 1) = 11$

Donde:

- t: Niveles del factor T
- r: Bloques o repeticiones

c. El Modelo Aditivo Lineal (M.A.L.), fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor o rendimiento observado en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

μ = Es el efecto de la media general.

τ_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = Es el efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Es el efecto del error experimental en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

Donde:

t = Es el número de tratamientos

b = Es el número de bloques o repeticiones.

2.3.4 Características del área experimental.

Características de los tratamientos, bloques y parcelas

N° de Tratamientos	:	3
N° de Unidades experimentales		12
Plantas/Unid Experimental	:	12
Largo del Campo		41.0 m
Ancho del Campo		29.0 m
Área total del Campo	:	1,190.00 m ²
N° de Bloques		4
Distancia entre bloques		1.0 m
Largo del Bloque		14.8 m
Ancho del Bloque		3.0 m
Área del Bloque		44.4 m ²
N° de Parcelas		12
Largo de parcelas		4.8 m
Ancho de parcelas	:	3.0 m
Área de parcelas		14.4 m ²
Distanciamiento de siembra	:	0.80 x 0.60 cm
Número de plantas por golpe	:	03

2.3.5 Técnicas de Muestreo

La técnica del **muestreo fue la probalística** mediante la **aleatorización simple**, la misma que fue extraída de una población de maíz, sembrada para la producción de semilla.

2.3.6 Conducción del experimento

La fase de ejecución del experimento tuvo una duración de 3 meses y consistió en 2 etapas. La primera etapa, de campo, que se inició con la limpieza del terreno en fecha 16 de agosto del 2013, delimitación del área a sembrar, utilizando los cordeles, para marcar parcelas y bloques. La siembra fue el 02 de setiembre, colocando 5 semillas por golpe, la germinación ocurrió a partir del día 5 de sembrado; después de los 18 días de germinado de plantas se realizó el desahije dejando 3 plantas por golpe.

Se realizaron dos abonamientos, la primera fue a los 25 días de sembrado, (27 de setiembre), para esto se utilizó un puyado, con el cual se abrió un pequeño hoyo al costado de los golpes que alojaban a las tres plantas, colocando allí el fertilizante (Urea-46% de nitrógeno), colocando de 0, 3 y 6 g de Urea (Nitrógeno) de acuerdo al tratamiento que le correspondía. El segundo abonamiento fue a los 50 días de sembrado (17 de Octubre).

Se realizaron dos deshiebos el primero fue a los 32 días de sembrado (04 de octubre del 2013) y el segundo a los 60 días de sembrado aproximadamente (29 de octubre)

La segunda etapa, fue en laboratorio, a donde se concurrió llevando las muestras de campo para el secado en estufa a 70°C, por 72 horas y posteriormente estas muestras seca se pesó en una balanza de torsión cuya precisión fue de 0,1 g. Esta labor se realizó en los ambientes del laboratorio de fisiología vegetal, del local central de la UNAP (quinta cuadra de la calle Pebas-Iquitos)

2.3.7 Evaluaciones Realizadas

A continuación se explican el procedimiento de los datos recolectados, a partir de los cuales se realizaron los análisis estadísticos y sus respectivas interpretaciones:

a) Altura de planta

Dentro de cada tratamiento y en 6 plantas identificadas previamente se tomó esta medida; para ello se utilizó una regla graduada y se fue desde el cuello de la planta (suelo) hasta el ápice de la última hoja. Esta labor se efectuó cada 25 días (25, 50 y 75 días); siendo las fechas: la primera evaluación fue el 27 de setiembre del 2013 (25 días de sembrado), segunda evaluación fue el 22 de octubre del mismo año (50 dds) y tercera evaluación el 21 de noviembre (75 dds); Ver anexo N°05.

b) Área foliar por planta.

En 6 plantas seleccionadas previamente, en cada tratamiento, se realizó esta labor, cada 25 días (25, 50 y 75 días); consistió en: se contó el número de hojas de cada planta y luego se midió el largo (desde la inserción hasta el ápice) y ancho (se tomó en la parte más ancha de la hoja) de 5 hojas; de las cuales una hoja fue donde nace la mazorca principal, las otras dos hojas se ubicaron por encima de esta mazorca y las otras dos se ubicaron por debajo de esta mazorca. ver anexo N°06. Estos datos fueron sometidos a la siguiente fórmula:

Formula: → **Área = K. L. A**

Donde

A = área foliar en cm²/planta

K= constante 0.75

L = largo de la hoja en cm A= ancho de la hoja en cm.

c) **Peso fresco de plantas**

Se realizó al momento de la cosecha, a los 107 días; en las 6 plantas seleccionadas previamente, en cada tratamiento. Consistió en la evaluación del peso biológico total de la parte aérea (PBT-a-) del maíz – **biomasa vegetal aérea** (sobre el suelo). Para esta labor se utilizó un machete con lo cual se cortó el tallo de las plantas, al nivel del suelo, las que se depositaron en bolsas y se sometió al pesaje mediante una balanza de precisión. ver anexo N°07.

d) **Peso seco total de planta o biomasa seca total**

Una vez obtenido los datos del peso biológico total de las plantas – biomasa vegetal aérea (PBT-a-), se separó 500 g de cada parte de la planta (tallos, hojas, flor masculina –espiga- y femenina – brácteas, tuza- y granos de semillas); esta muestra se envió a una estufa para el secado, permaneciendo en ella por espacio de 72 horas, posteriormente se tomó el peso seco de estas partes del vegetal y se anotó en el cuadro registro correspondiente; ver anexo N°03.

e) **Largo de mazorca**

Con una regla milimetrada de 50 cm de largo, se tomó este dato, midiendo desde la base de la mazorca hasta el ápice de la misma; ver anexo N°10.

f) **Diámetro de mazorca**

Con un vernier, y colocando este instrumento en la parte central de la mazorca, se tomó esta característica agronómico; ver anexo N°11.

g) Peso seco de 100 granos

Después de la cosechada del maíz, se procedió al secado de las mazorcas, colocando una manta negra en el suelo depositando en ella las mazorcas de maíz conteniendo los granos; una vez desgranado se seleccionó 100 granos los que fueron llevados a la estufa por 72 horas a 80°C, para el secado respectiva, luego se pesó en balanza analítica, obteniendo este dato en gramos (g), y se presenta en el anexo N° 09.

h) Rendimiento de grano

Una vez cosechado el maíz que fue 17 de diciembre del 2013, a los 107 días, de 10 m² de cultivo, se tomó estos datos, mediante la cual se llevó a la hectárea y se expresó en t/ha de rendimiento de grano del cultivo de maíz; ver anexo N°12.

i) Eficiencia Fotosintética

Soplín (1999); define a la eficiencia fotosintética, como la producción de materia seca u orgánica de un cultivo donde la que la radiación solar (expresada en Kcal. m⁻². día⁻¹ es convertido a porcentaje (%) de radiación solar utilizada durante el ciclo de vida del vegetal y que interviene en la formación de hidratos de carbono (glucosa).

$$\text{Formula: } = \frac{\text{PS} \times 3,74}{\text{R} \times (0,45 \text{ a } 0,50)} \times 100\%$$

Donde:

EF = Eficiencia fotosintética en %

PS = Peso seco (g) o productividad biológica; que es la variación de la producción de materia seca, por unidad de terreno, por unidad de tiempo. Expresar en g.m⁻².día⁻¹ o g/(m².día).

3,74 = Indica que 1g de carbohidrato produce 3740 cal o 3,74 kcal/g.

R = Radiación solar del lugar. Expresar en $\text{Kcal.m}^{-2}.\text{día}^{-1}$. Estos valores van de 300 a $700 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$ o $\text{cal}/(\text{cm}^2.\text{día})$.

(0,45-0,50) = Radiación fotosintéticamente activa-RFA- se usa del 45% al 50

j) Captura de Carbono

Es el proceso químico de captura de CO_2 es energéticamente costoso y, probablemente, se produce CO_2 durante el mismo. Este proceso sólo retarda la liberación del CO_2 , que no se puede almacenar indefinidamente. Sin embargo, este CO_2 podría ser usado de formas múltiples.

Formula:

Relación Biomasa C – CO_2

Una tonelada de carbono equivale a 3.76 toneladas de CO_2 (Obtenido en función de los pesos moleculares del carbono y del CO_2 de 12 / 44). Para saber la cantidad de CO_2 emitido o almacenado a partir de carbono de un determinado depósito se debe multiplicar esta por 3.76. A su vez, una tonelada de biomasa forestal posee aproximadamente entre 0.5 de carbono.

Resumiendo:

1 ton. Biomasa seca → +0.5 ton. C, porque (Agua = 50% y Mat. Seca = 50%)

1 ton. Carbono → 3.76 ton de CO_2 .

CAPÍTULO III

REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Abonamiento en maíz y su implicancia en el rendimiento de grano y otras características agronómicas.

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz.

Su origen no está muy claro, pero se considera que procede el cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí. La fisiología de los cultivos en general y la del maíz tropical en particular está descripta ampliamente en numerosas referencias (p. ej. Evans, 1993; Hay y Walker, 1989; Squire, 1990; para maíz: Fischer y Palmer, 1984; Pearson y Hall, 1984).

Según la clasificación botánica del maíz se encuentra lo siguiente:

Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Panicoideae
Género	:	<i>Zea</i>
Género y especie	:	<i>Zea mays</i> .

Además de N, P y K, las plantas necesitan de otros elementos del suelo, los cuales son requeridos en menor proporción. Entre ellos, los más utilizados son el calcio (Ca), el magnesio

(Mg) y el azufre (S). El calcio y el magnesio pueden formar parte de materiales de encalado, los cuales se recomiendan para suelos ácidos. El magnesio y el azufre también pueden estar presentes en algunas fórmulas y en fertilizantes simples. En su conjunto constituyen los macroelementos.

Existen algunos nutrimentos también muy importantes, que la planta utiliza en cantidades mínimas. Estos últimos se denominan micro-elementos. Entre los más conocidos están el hierro, el manganeso, el zinc, el cobre, el boro, el molibdeno y el cloro. Algunos microelementos pueden estar presentes en fertilizantes comunes y en materiales de encalado como impurezas. Debido a las pequeñas cantidades que las plantas requieren de los mismos, los microelementos son muy populares como componentes de abonos foliares.

La materia orgánica del suelo es un verdadero reservorio natural y es la fuente más equilibrada de elementos nutritivos, los cuales retiene y/o libera lentamente, por lo que es especialmente importante en el caso de los microelementos. Además, mejora la estructura del suelo, aumenta la retención del agua y es fuente de energía para la vida del suelo.

Algunos elementos son más propensos a acumularse en el suelo, entre ellos el fósforo; otros, como el nitrógeno, se pierden fácilmente por diferentes vías. La pérdida o la inmovilización de elementos nutritivos están asociadas con algunas características del suelo y el clima. Entre ellas, deben mencionarse la pendiente del terreno, la textura, el tipo de arcilla, el pH, el contenido de materia orgánica y la cantidad e intensidad de las lluvias. El productor puede mejorar, en gran medida, la eficiencia de uso de los fertilizantes por el cultivo a través del empleo de tecnologías apropiadas, acordes con sus conocimientos y experiencia.

La planta de maíz utiliza el nitrógeno durante todo su ciclo. En la absorción del mismo se distinguen tres fases marcadas, estas son:

1. Desde el nacimiento hasta cerca de un mes antes de la aparición de las barbas o inflorescencias femeninas. Al final de ese período se completa cerca de 10% de las necesidades totales del elemento.
2. Desde un mes antes de la aparición de las barbas, con aumentos en la absorción hasta un máximo durante la aparición de las panojas. Este es el período de mayor demanda, de ahí la importancia del reabonamiento nitrogenado oportuno. Para la época de aparición de las barbas las plantas ya han extraído más de 60% de sus necesidades.
3. Fase posterior a la aparición de las barbas. La absorción se hace más lenta, lo que depende, en parte, del material genético. Existen cultivares capaces de continuar la absorción del nitrógeno durante períodos más largos.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados en forma fraccionada permite una mejor utilización del nitrógeno, particularmente en suelos con texturas gruesas, sujetos a pérdidas del elemento por lavado.

La respuesta en rendimiento del maíz a la fertilización nitrogenada es generalmente positiva y lineal hasta altas dosis cuando se lo compara a otros cultivos. El sistema radical del maíz no es ni relativamente simple ni altamente competitivo como el de las especies que tienen raíces más finas como los pastos.

Fuentes comunes de fertilizantes nitrogenados corresponden a la urea, el sulfato de amonio, el nitrato de amonio, los fosfatos monoamónico y diamónico, así como numerosas fórmulas compuestas.

Los abonos nitrogenados aplicados sobre la superficie del suelo tienden a perderse por drenaje superficial o por volatilización; esto último es más grave en el caso de fuentes amoniacales en suelos de pH alto. Las tierras erosionadas requieren, en general, mayores cantidades de nitrógeno. La respuesta de la planta al fertilizante nitrogenado también depende del contenido de otros nutrientes, particularmente del fósforo.

3.1.2 Captura de carbono en maíz y otras plantas tropicales

En el texto sobre captura de Carbono, Jalexl (2007), establece que Los árboles absorben dióxido de carbono (CO_2) atmosférico junto con elementos en suelos y aire para convertirlos en madera que contiene carbono y forma parte de troncos y ramas. La cantidad de CO_2 que el árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la biomasa del árbol (madera) multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono.

Aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite la misma cantidad de carbono que capturó. Un bosque en plena madurez aporta finalmente la misma cantidad de carbono que captura. Lo primordial es cuanto carbono (CO_2) captura el árbol durante su vida.

Los árboles, al convertir el CO_2 en madera, almacenan muy lentamente sólo una pequeña parte del CO_2 que producimos en grandes cantidades por el uso de combustibles fósiles (petróleo, gasolina, gas, etc.) para el transporte y la generación de energía eléctrica en las actividades humanas que diariamente contaminan el medio ambiente. Después de varios años, cuando los árboles han llegado a su madurez completa, absorben (capturan) únicamente pequeñas cantidades de CO_2 necesarias para su respiración y la de los suelos.

Algunos proyectos de siembra de árboles y producción de energía limpia para la captura del carbono están en proceso de aprobación. Actualmente, ya existe un proyecto aprobado, el parque eólico de Guanillo en Monte Cristi, del que se calculó que se obtendrían 64. 60 megavatios de electricidad, con lo que se reducirían aproximadamente 115,879 toneladas de dióxido de carbono al año y ayudaría a la generación de fondos a través de los Certificados de Emisión Reducida (CER)

3.1.3 Eficiencia fotosintética en maíz y otras plantas tropicales

La producción de los cultivos depende de la intercepción de la radiación solar y de su conversión en biomasa. La cantidad de radiación incidente que es interceptada por el cultivo está determinada por el área foliar, por la orientación de la hoja y por su duración. El **índice del área foliar (LAI)** es importante para determinar la intercepción de la radiación hasta un valor cercano a 4 en el caso del maíz; después de este valor, el área adicional tiene poco efecto en la intercepción de la luz. La densidad de siembra es un factor determinante del LAI y de la intercepción de la luz. La densidad de siembra es un factor determinante del LAI y de la intercepción de la radiación. Los cultivares de ciclo corto producen menos hojas para interceptar la radiación y requieren una mayor densidad de plantas para llegar a un rendimiento óptimo comparados con los cultivares tardíos.

La cantidad total de radiación interceptada a lo largo de todo el período de cultivo depende del tiempo requerido para alcanzar la intercepción máxima (o LAI máxima, si el cultivo no cubre completamente la tierra) y también de la duración del área verde de la hoja. Los factores experimentales que reducen la expansión de la hoja son el déficit de agua y la baja disponibilidad de nutrimentos. Por ejemplo, la fracción de radiación total interceptada en el período de cultivo fue de 0,46 en el caso de un híbrido tropical cultivado en siete ambientes con bajo contenido de nitrógeno comparado con 0,60 en un tratamiento con alto contenido de nitrógeno (Muchow, 1994); ambos cultivos tenían una población de 70 000 plantas /ha. Un cultivo con una LAI

máxima de cerca de 2 interceptó solo 37% de la radiación que recibió durante la estación, y un cultivo con alto contenido de nitrógeno con una LAI máxima de 4,5 interceptó 58%. Después de la floración, el proceso de senescencia afecta la captura de la luz; la senescencia puede ser acelerada por enfermedades, estrés de agua, baja fertilidad y factores genéticos.

La concentración de nitrógeno en las hojas del maíz tropical tiende a ser baja (**1-4%**; Pearson y Hall, 1984) comparado con los cereales **C-3** como el trigo. La eficiencia del uso del nitrógeno en la fotosíntesis es mayor en el maíz de modo que una comparativamente baja concentración intrínseca no limita la productividad relativa a otros cultivos (Sinclair Y Horie, 1989); a niveles sub-óptimos de abastecimiento de nitrógeno la eficiencia de conversión es seriamente afectada. Un cultivo con un contenido de 32% de nitrógeno tuvo un CE (eficiencia de conversión) de 0,7 gr/MJ, comparado con 1,3 gr/MJ en el cultivo con alto contenido de nitrógeno (Muchow, 1994). La sensibilidad del CE a la baja disponibilidad de nitrógeno es mayor que la sensibilidad del desarrollo del área de la hoja (Muchow y Sinclair, 1994).

La máxima actividad fotosintética que una especie vegetal tropical procesa se optimiza cuando todos los factores edafo-climáticos de crecimiento (cuantitativo) y desarrollo (cualitativo): químico, biológico, físico y mecánico, algunos de estos son la adecuada densidad poblacional, óptima dosis de fertilización, oportuna frecuencia de corte. Todos estos factores entre otros interactúan en las especies de grano cultivadas para la producción, no llegando a expresar la capacidad productiva en biomasa verde y seca, dependiendo de estos factores (fertilización) en la formación de principios activos, elementos nutritivos, carbohidratos útiles para la actividad económica agropecuaria.

3.2 TRABAJOS RELACIONADOS AL TEMA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Fertilización en el cultivo del maíz

En el texto, Soil and tissue nitrate test compared for predicting soil nitrogen availability to corn. Fox R.H (1989), establece que la respuesta productiva del maíz (*Zea mays* L.) a distintas aplicaciones de fertilizante nitrogenado se ha estimado en múltiples ocasiones, casi siempre para localidades y condiciones ambientales específicas. La dosis y el momento de aplicación de los fertilizantes nitrogenados son dos factores importantes en la eficiencia del nitrógeno (Jokela y Randall, 1989). Uno de los instrumentos disponibles y que deben favorecer la toma de decisiones sobre estos dos factores son los análisis del contenido de nitratos en el suelo. El análisis de nitratos en pre-cobertera (PSNT) en el horizonte superficial del suelo (0-30 cm) fue propuesto por Magdoff (1991) como un método válido para establecer recomendaciones de fertilizante N en la zona húmeda del este de EE.UU. Los niveles críticos (valores a partir de los cuales no hay respuesta a la aplicación de nitrógeno) establecidos fueron de 21 y 31 mg N-NO₃ kg⁻¹ (0-30 cm) para rendimientos promedio de 7,8 y 11,8 Mg ha⁻¹, respectivamente.

En el texto sobre dosis óptima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región pampeana norte. Salvagiotti, F. (2011), establece que la fertilización nitrogenada en maíz es imprescindible para el logro de altos rendimientos y una alta eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) es deseable. En la región pampeana norte argentina, tradicionalmente, se siembra entre septiembre y octubre. Es decir, a la salida del invierno donde coinciden bajas temperaturas y un bajo nivel de precipitaciones, por lo que la oferta de nitrógeno (N) a la siembra es baja. En estas condiciones, observó que concentraciones de N-NO₃ de hasta 15 ppm en los 60 cm superficiales del suelo, determinando umbrales de N disponible a la siembra (N_{ds}) entre 135 y 161 kg N ha⁻¹ según el potencial de producción del sitio. Continúa afirmando que dada la amplitud de la ventana agroclimática en la región de estudio, en los últimos años se ha difundido la siembra de maíz en fechas tardías, a partir de mediados de

diciembre. La dinámica del N en el suelo en esta época es diferente con respecto de siembras tempranas, ya que las temperaturas son mayores y la disponibilidad hídrica es más alta, afectando la mineralización de la materia orgánica (MO). Por otra parte, los cultivos se siembran sobre diferentes cultivos antecesores (i.e. sobre rastrojo de trigo como cultivo de segunda, o sobre rastrojo de soja). Dada la diferente calidad de estos residuos, también se afectará la mineralización del N y la respuesta a la fertilización nitrogenada. Todos estos aspectos relacionados con la respuesta del cultivo a la fertilización con N en siembras tardías, no han sido explorados profundamente.

En el texto acerca de la fertilización de maíz con urea de liberación lenta: Pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno; Barbieri. (2010) menciona que muchas veces la fertilización nitrogenada se realiza haciendo aplicaciones al voleo de urea. Las pérdidas por volatilización de N como amonio a partir de urea, pueden llegar a ser importantes dependiendo de la temperatura y humedad imperante y de la cantidad de rastrojos. En siembras de diciembre, éste mismo autor midió pérdidas por volatilización de hasta 30 kg N ha⁻¹, cuando la urea fue aplicada al voleo, equivalentes a un 25% de pérdida del fertilizante aplicado. Una de las formas de disminuir las pérdidas por volatilización es a través del uso de aditivos que inhiban la actividad de la enzima ureasa como, por ejemplo, el aditivo nBTPT [triamida N-(n-butil) tiofosfórica]. Este aditivo presenta potencial para ser utilizado cuando los cultivos de verano son fertilizados en condiciones extremas de temperatura sin ser incorporados al suelo.

Otros estudios de este mismo autor (Barbieri, 2010) mostró que el aditivo fue efectivo para reducir las pérdidas por volatilización desde urea aplicada en superficie, pero sin impacto en el rendimiento. Sin embargo, estos experimentos fueron realizados con temperaturas más bajas en contraposición a lo que se puede registrar en maíz de siembra tardía en la región pampeana norte-Buenos Aires, con temperaturas que superan en promedio los 25 °C.

En el texto acerca de la fertilización de cultivo de Maíz, Dunja M. B. (2000), afirma que el maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo con altas demandas nutricionales. Entre los elementos del suelo que utiliza en mayores cantidades cabe mencionar el nitrógeno (N), seguido del potasio (K) y el fósforo (P). Estos nutrimentos forman parte de numerosos fertilizantes químicos, ya sea en forma individual o combinados en fórmulas.

3.2.2 Captura de carbono por el cultivo del maíz u otros cultivos

En el texto captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra, Robert (1996), señala que la materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (p. ej. producción y economía) como en sus funciones ambientales -entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica. La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos. La agregación y la estabilidad de la estructura del suelo aumentan con el contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas.

FAO (1993), Por lo general, en los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación -o la reforestación-, ese equilibrio es afectado. Actualmente, se estima que cada año son deforestadas entre 15 y 17 millones de hectáreas, sobre todo en los trópicos y que muy a menudo parte del carbono orgánico se pierde dando lugar a una considerable emisión de CO₂. Por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo correcto para minimizar las pérdidas de carbono. La reforestación, sobre

todo en los suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica, será una forma importante de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo.

Dupouey et al, (1999), La materia orgánica que está sobre la superficie del suelo no es tomada en consideración en la evaluación de las existencias de carbono del suelo. En los suelos cultivados, esto significa que los residuos vegetales son considerados una fase transitoria; sin embargo, los residuos superficiales de los cultivos, los cultivos de cobertura o la cobertura en si misma son partes importantes del agrosistema. Del mismo modo, los residuos de los bosques pueden llegar a 8 o 9 kg/C/m² en los bosques de zona templada

Los árboles absorben dióxido de carbono (CO₂) atmosférico junto con elementos en suelos y aire para convertirlos en madera que contiene carbono y forma parte de troncos y ramas. La cantidad de CO₂ que el árbol captura durante un año, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la biomasa del árbol (madera) multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono.

Stephen (2006); señala que aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el árbol se desarrolla para alcanzar madurez. Cuando el árbol muere, emite la misma cantidad de carbono que capturó. Un bosque en plena madurez aporta finalmente la misma cantidad de carbono que captura. Lo primordial es cuanto carbono (CO₂) captura el árbol durante toda su vida.

Estimaciones sobre captura de carbono durante 100 años oscilan entre 75 y 200 toneladas por hectárea, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Es posible entonces asumir 100 ton. de carbono capturado por hectárea, equivalente a 350 ton. de CO₂ por hectárea en 100 años. Esto es una tonelada de carbono y 3.5 ton. de CO₂ por año y

por hectárea, sin tomar en cuenta la pérdida de árboles. Calculando la pérdida de árboles en 25% por hectárea. Entonces la captura de carbono es de 75 ton./ha, equivalente a 2.6 ton de CO₂ por año y por hectárea.

Stephen (2006), indica que los mecanismos para la captura de carbono (CC) que son viables actualmente se enfocan sólo en un subproceso del ciclo de carbono en la naturaleza: la captura terrestre, y específicamente en la CC por parte de ecosistemas boscosos. El IPCC (2001b), estimaba en su segundo informe de evaluación, que entre 60 y 87 GtC (gigatoneladas) podrían conservarse o captarse en los bosques para el año 2050, y que otras 23 a 44 GtC podrían obtenerse de suelos agrícolas. Actualmente se considera que las opciones de mitigación biológica son del orden de 100 GtC (acumuladas) para el año 2050, lo que representa entre el 10% y el 20% de las emisiones proyectadas de los combustibles de origen fósil durante ese período (IPCC 2001b).

Dixon et al. (1994). Menciona que en los mecanismos para la captura de carbono se considera a los bosques como ecosistemas y no como árboles aislados, reconociendo el hecho de que el suelo del bosque contiene alrededor de dos tercios (2/3) del carbono en los ecosistemas forestales. En resumen, los sumideros terrestres de carbono se refieren al carbono contenido en los ecosistemas forestales (vegetación viva, materia orgánica en descomposición y suelo) y sus productos (maderables y no maderables, combustibles fósiles no usados, etc.)

Velázquez A. J.F. Mas y J. L. Palacio (2002). Denotan que el dióxido de carbono atmosférico (CO₂) es absorbido por los árboles mediante la fotosíntesis, y es almacenado en forma materia orgánica (biomasa-madera). El CO₂ regresa a la atmósfera mediante la respiración de los árboles y las plantas, y por descomposición de la materia orgánica muerta en los suelos (oxidación). Además determinan que para calcular la captura de carbono es necesario conocer el período en

cual el bosque alcanzará su madurez. Los índices de captura de carbono varían de acuerdo al tipo de árboles, suelos, topografía y prácticas de manejo en el bosque. La acumulación de carbono en los bosques, llega eventualmente a un punto de saturación, a partir del cual la captura de carbono resulta imposible. El punto de saturación se presenta cuando los árboles alcanzan su madurez y desarrollo completo. Las prácticas para captura de carbono deben continuar, aún después de haber llegado al punto de saturación para impedir la emisión de carbono nuevamente a la atmósfera.

WRI (2001); advierte que los árboles absorben CO_2 a través de los poros en sus hojas. Y particularmente por la noche, los árboles emiten más CO_2 del que absorben a través de sus hojas. Asimismo apuntan que, una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aprox. de CO_2 atmosférico. Una tonelada de madera con 45% de carbono contiene 450 Kg. de carbono y 1575 Kg. de CO_2 . Árboles maduros, plantados a distancia de 5 metros forman bosque de 400 árboles por hectárea. Si cada árbol contiene 300 Kg. de carbono, y 42% de la madera del árbol es carbono, esto significaría que cada árbol pesa 714 Kg. En este caso, la captura de carbono sería de 120 toneladas por hectárea ($400 \times 714 \times 42\%$). Al mismo tiempo anuncian que las estimaciones sobre captura de carbono durante 100 años oscilan entre 75 y 200 toneladas por hectárea, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Es posible entonces asumir 100 ton de carbono capturado por hectárea, equivalente a 350 ton de CO_2 por hectárea en 100 años. Esto es una tonelada de carbono y 3.5 ton de CO_2 por año y por hectárea, sin tomar en cuenta la pérdida de árboles. Calculando la pérdida de árboles en 25% por hectárea. Entonces la captura de carbono es de 75 ton/ha equivalente a 2.6 ton de CO_2 por año y por hectárea.

IPCC, (2001b). Según datos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), nueve de los diez años más calientes del período formalmente registrado (146 años) han

ocurrido desde 1990. Este hecho no puede ser atribuido al azar, ya que la probabilidad de que los años más calientes se presentaran tan cercanos unos de otros, sería prácticamente cero. Para el año 2100, la temperatura global promedio podría aumentar entre 1.5 y 6.0°C, lo cual puede no parecer importante, a menos que se considere que la temperatura en la época de la última glaciación era sólo 5.0°C más baja que la actual. Algunos escenarios nos muestran un cambio climático aún mayor que el de esa glaciación, el cual fue responsable de la pérdida de miles de especies. Asimismo describen en términos generales, el papel del carbono en un ecosistema boscoso de la siguiente manera: la vegetación (hierbas, arbustos y árboles) incorpora CO₂ en su metabolismo a través de la fotosíntesis. El carbón es una parte fundamental en la composición de todas las estructuras vegetales (hojas, ramas, raíces, tallos, etc.). La vegetación toma el CO₂ durante su crecimiento y los "deshechos" orgánicos (hojas muertas, ramas y otra materia orgánica) se degradan en humus en el suelo forestal. Durante el tiempo que el carbón es parte de la estructura del bosque, es considerado en almacenamiento (carbono capturado) y cuando es liberado a la atmósfera como resultado de la quema de la biomasa es visto como un flujo.

Tello y Flores (2010); estudio el bosque de la llanura aluvial del río Nanay, Perú, con el objetivo de determinar el potencial del biomasa y carbono usando datos de árboles con DAP ≥ 10 cm colectados con el inventario forestal sistemático a 5,7% de intensidad de muestreo. La densidad básica de las especies fue recopilada del Laboratorio de Tecnología de Maderas de la UNAP y de diversos artículos científicos. En este bosque se encontraron 313,23 t/ha de biomasa y 156,62 t/ha de carbono; en las especies para aserrío se registraron 64,63 t/ha de biomasa y 32,31 t/ha de carbono; para leña y carbón 187,47 t/ha de biomasa y 94 t/ha de carbono. Las especies esciófitas junto a las de sotobosque aportaron 157,57 t/ha de biomasa; las heliófitas durables 146,02 y las heliófitas efímeras 8,29. Concluyendo que, este bosque es rico en biomasa y carbono que indica el gran potencial que tiene para el manejo sostenible.

La biomasa es la masa de organismos vivos por unidad de superficie, se diferencia en biomasa aérea y biomasa subterránea (Ribeiro *et al.*, 2002). La biomasa aérea total es el peso seco del material vegetal de los árboles con DAP mayor a 10 cm, incluyendo fustes, corteza, ramas y hojas; el 50% de la madera secada en estufa es carbono (Ribeiro *et al.*, 2002; Higuchi *et al.*, 2005).

Por otro lado, el carbono es el elemento principal del árbol y la captura por las plantas se conceptúa dentro del ciclo del carbono, que es un conjunto cíclico de las transferencias, naturales de este elemento de la atmósfera a las plantas verdes, de éstas a los animales, al suelo y de nuevo a la atmósfera (Vickery, 1987; FAO, 2001). La quema de los bosques y de combustibles fósiles, aumenta la concentración de gases en la atmósfera (CO₂), junto al vapor de agua, al monóxido de carbono, al metano y al óxido de nitrógeno que obstaculizan la salida de una parte de la radiación que entra a ésta, y crean el efecto invernadero (Achard *et al.*, 2002).

3.2.3 Eficiencia fotosintética en el cultivo del maíz u otros cultivos

Soplin (1999), en su escrito sobre análisis del crecimiento vegetal, señala que la eficiencia fotosintética (EF) es variable en las plantas; por lo que de acuerdo a la vía de fijación del CO₂ y al uso de la radiación solar; se pueden encontrar que las plantas con vía C-3 es del orden del 1% del uso de la radiación (pueden llegar al 2% en laboratorio); en las plantas con vía C-4 es del orden del 2% al 3% (pudiendo llegar al 4% - 5% en laboratorio) y en las plantas con vía CAM presentan valores menores del 1% del uso de la luz. Asimismo indica que parte de la energía solar fijada por la fotosíntesis es acumulada en la planta y puede ser usada para el crecimiento. La producción de materia orgánica también puede ser expresada en unidades de energía, considerando que la radiación solar es finalmente transformada en biomasa. Así la cantidad de sustancias fotosintetizadas puede ser tomada como una medida de la fotosíntesis, de la misma manera como es hecha el cálculo de la cantidad de CO₂ absorbido. Los productos formados por

la actividad fotosintética varían en composición química y, por tanto contenidos energéticos diferentes; así tenemos: (1 caloría = 4,184 j -joule-). El mismo autor continúa expresando que alternativamente el acumulo de energía en los tejidos de las plantas puede ser determinado a través de cantidades de calor (energía) de combustión de materia orgánica. Diferentes partes de plantas, así como de varias especies, presentan distintas cantidades de energía contenidas en los tejidos: 1 g de materia orgánica contiene de 3,4 kcal a 4,8 kcal el que corresponde a 14,7 kj a 20,2 kj. Las plantas herbáceas presentan en promedio valores de 4 kcal.g⁻¹ (16,8 kj.g⁻¹), en cuanto a especies leñosas tienen aproximadamente 4,7 kcal.g⁻¹ (19,7 kj.g⁻¹) de valor energético.

En su estudio sobre la estimación de la radiación en Iquitos, Benites (1988) obtuvo valores promedios anuales de radiación que llega a la parte superior de la atmósfera en 35.85 MJ (8 568.150 kcal/(m².dia⁻¹) que es el 100% , y que 16.14 MJ (3 857 Kcal/ (m². Día⁻¹) es la radiación global que llega a la superficie del suelo. Es decir, el valor de la radiación global que llega al suelo está representado a un 45.02% de la radiación solar que llegó a la parte superior de la atmósfera. Los porcentajes de radiación que se pierden en la atmósfera por procesos de absorción, extinción y dispersión han sido calculados en la Tabla 5 y representan un 54.98%. Es decir, que la radiación global que llega a la tierra, más la radiación que se pierde en las interacciones con la atmósfera, es igual a la radiación que llega a la parte superior de la atmósfera.

En el texto determinación del efecto del nitrógeno en riegos para el desarrollo del maíz tropical y subtropical, Muchow (1994), señala, que la cantidad total de radiación interceptada a lo largo de todo el período de cultivo depende del tiempo requerido para alcanzar la intercepción máxima (o LAI máxima, si el cultivo no cubre completamente la tierra) y también de la duración del área verde de la hoja. Los factores experimentales que reducen la expansión de la hoja son el déficit

de agua y la baja disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo, la fracción de radiación total interceptada en el período de cultivo fue de 0,46 en el caso de un híbrido tropical cultivado en siete ambientes con bajo contenido de nitrógeno comparado con 0,60 en un tratamiento con alto contenido de nitrógeno, ambos cultivos tenían una población de 70 000 plantas /ha. Un cultivo con una LAI máxima de cerca de 2 interceptó solo 37% de la radiación que recibió durante la estación, y un cultivo con alto contenido de nitrógeno con una LAI máxima de 4,5 interceptó 58%. Después de la floración, el proceso de senescencia afecta la captura de la luz; la senescencia puede ser acelerada por enfermedades.

En el texto Respuesta Fotosintética de algunas Variedades de Maíz, Frijol y Café, Revista Colombiana de Química (1982) menciona que, con el objeto de caracterizar fotosintéticamente algunas variedades de maíz, frijol y café, se estudió el comportamiento de la tasa de fotosíntesis neta, de la transpiración y de los diferentes tipos de resistencia foliar a la difusión y fijación de CO₂ en la hoja, frente a las variables temperatura, intensidad de luz y concentración de CO₂ en el aire. La variedad de maíz ICA- H-507 presentó un comportamiento típico de plantas C-4 con altas tasas de fotosíntesis neta, instauración de luz y baja fotorespiración. El frijol Diacol Andino presentó bajas tasas de fotosíntesis, alta fotorespiración y saturación de luz a bajas Intensidades, características propias de plantas C-3. Las dos variedades de café, Típica y Caturra, presentaron bajas tasas de fotosíntesis, valores de fotorespiración cercanos a los del frijol, comportamiento típico de plantas C-3; no lo es su respuesta a la intensidad de luz, ya que se saturaron a intensidades más altas que las presentadas por plantas C-3 reconocidas. Estas variedades presentaron tasas de fotosíntesis mayores que las observadas por otros autores en plantas de café de más edad. Los resultados obtenidos brindan información útil acerca del comportamiento ecofisiológico de estas variedades que por primera vez han sido caracterizadas fotosintéticamente.

Hay una amplia y altamente heredable variación genética para el ángulo de inserción de la hoja del maíz; además, el impacto de la arquitectura de la capa de hojas de las plantas en la intercepción y uso de la radiación han merecido considerable atención. Los efectos simulados indican que las hojas superiores erectas combinadas con las hojas horizontales inferiores dan lugar a un uso más eficiente de la radiación por parte de la capa total de hojas. Es de esperar que la importancia de este efecto sea mayor en las zonas tropicales donde el ángulo de incidencia de los rayos solares es mayor (Pearson y Hall, 1984), pero también el efecto es menor en cultivos C-4 como el maíz, comparado con cultivos C-3 (Walker y Hay, 1989). En el caso del maíz, la espata que cubre la mazorca contribuye a asimilar más materiales para la mazorca que otras hojas de la planta (Edmeades, Fairey y Daynard, 1979). Las hojas erectas por encima de la mazorca permiten una mayor iluminación de las hojas que la recubren, obteniendo así un beneficio adicional de la arquitectura vertical de aquellas hojas. La iluminación de las hojas inferiores es importante para la continua absorción de nutrimentos durante la etapa de llenado de los granos y también es favorecida por las hojas erectas en la parte superior de la planta.

Ambos factores, la especie y el ambiente, tienen influencia directa sobre la eficiencia con la cual la radiación absorbida es utilizada (**eficiencia de conversión-CE**). El maíz presenta el proceso fotosintético C-4, lo cual le proporciona el beneficio de la continua respuesta al incremento de la radiación hasta la plena luz con bajos niveles de foto-respiración. Estas características son sumamente adecuadas a las altas temperaturas y a las altas intensidades de luz que se encuentran en las zonas tropicales. Otros factores ambientales con influencia sobre la CE son el agua y la disponibilidad de nutrimentos. Las tasas máximas de fotosíntesis en el maíz tropical se encuentran entre 30° y 40°C (Norman *et al.*, 1995). El efecto de la temperatura sobre la CE en el rango de 20° a 40°C es relativamente pequeño, pero las temperaturas fuera del rango de adaptación del cultivar (por debajo de 15°C o por encima de 44°C para maíz tropical de tierras bajas) también pueden reducir la CE.

La radiación diaria de onda corta en los trópicos varía de 10 Mj/m²/día en zonas nubosas a 25 Mj/m²/día en zonas semi-áridas durante la estación seca. Como se mencionó anteriormente, un maíz sin estrés sembrado a altas densidades puede interceptar alrededor de 55% del total de la radiación recibida en el período de cultivo. Se ha informado de eficiencias de conversión para cultivos de maíz sin estrés que van de 1,2 a 1,6 gramos de biomasa por encima de la superficie de la tierra por cada MJ (Mega-joule) de radiación solar interceptada (Muchow, 1994). Bajo buenas condiciones, en zonas templadas y sin estrés, el maíz puede crecer a razón de 500 kg/ha/día durante varias semanas, resultando así en una alta productividad (Norman, *et al* 1995). En áreas tropicales con mayores temperaturas y días más cortos se han obtenido tasas de crecimiento de 250 a 350 kg/ha/día (Fisher y Palmer, 1984).

Un cultivo de maíz que produce 4 000 kg/ha de grano requiere alrededor de 100 kg/ha de nitrógeno (N), 18 kg/ha de fósforo (P) y 68 kg/ha de potasio (K) (Sánchez, 1976). El sistema radical del maíz es capaz de absorber nutrimentos a través de toda la vida de la planta, pero la absorción declina durante la última parte del ciclo que corresponde al llenado del grano y a medida que comienza la senescencia de las hojas inferiores.

Stephen (2006) señala que plantas de **Alta Eficiencia Fotosintética**, son el *Zea mais*, caña de azúcar, sorgo, remolacha azucarera, etc; porque en ellas el mecanismo de fijación del CO₂ y su posterior reducción en moléculas orgánicas involucra una vía diferente con otra Carboxilasa distinta a la Rudp, en estas plantas. En estas plantas el CO₂ no se fija directamente por la Rudp, sino lo hace por una carboxilasa distinta llamada "Fosfoenolpirúvico carboxilasa", en las células del Mesófilo, en síntesis, las plantas de C-3 utilizan una sola carboxilasa (Ribulosa1,5 di fosfato carboxilasa), en cambio, en las plantas de C-3 y C-4, las 2 enzimas carboxilasas (Fosfoenolpirúvico y Ribulosa1,5 di fosfato carboxilasa) trabajan en toda su potencia a pesar de que el CO₂ atmosférico llega en bajas concentraciones, en las plantas de C-3 la concentración

de CO₂ es de 20 a 40 mg de CO₂ x Dm² de superficie foliar por hora, en cambio, en las plantas de C-3y C-4, es de 50 a 80 mg de CO₂ x Dm² de superficie foliar x hora, es decir, la función específica de la FOSFOENOLPIRÚVICO CARBOXILASA es aumentar las concentraciones de CO₂ para que la Rudp trabaje en toda su potencia.

Dixon et al. (1994); advierte que los flujos o emisiones de carbono se relacionan, también indica que la eficiencia fotosintética de las plantas, la mayor captura de CO₂ por parte de las plantas, aumenta al aumentar la concentración CO₂. Esto es lo que, técnicamente, se conoce como el **efecto fertilizante del CO₂**. Pero la realidad es que no sólo de CO₂ viven las plantas. Aunque el aumento de CO₂ inicialmente estimula el crecimiento, este argumento ignora que hay otros factores restrictivos del crecimiento asociados a un aumento del CO₂ que pueden tener un impacto mayor. A pesar de las incertidumbres, es fácil saber que cualquier hipotética respuesta fertilizante del CO₂ difícilmente compensaría una fracción significativa de los aumentos pronosticados de concentración de CO₂ para el próximo siglo.

Asimismo, casi todas las reservas de nutrientes exigidas por el bosque, están contenidas en la biomasa encima del nivel del suelo (Higuchi *et al.*, 2005). La biomasa de los árboles es la más representativa del sistema y refleja además, la eficiencia en el aprovechamiento de la energía solar, la que se almacena en forma de compuestos orgánicos de alta energía, que resulta de la naturaleza de los enlaces que unen a los diferentes átomos (Binkley, 1993).

3.3 MARCO CONCEPTUAL

Fertilizante

Un fertilizante es un tipo de sustancia o denominados nutrientes, en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo. Las plantas no necesitan compuestos complejos, del tipo de las vitaminas o los aminoácidos, esenciales en la nutrición humana, pues sintetizan todo lo que

precisan. Sólo exigen una docena de elementos químicos, que deben presentarse en una forma que la planta pueda absorber. Dentro de esta limitación, el nitrógeno, por ejemplo, puede administrarse con igual eficacia en forma de urea, nitratos, compuestos de amonio o amoniaco puro, (Wikipedia org. Fertilizante).

Los fertilizantes son nutrientes de origen mineral y creados por la mano del hombre, por el contrario, los abonos son creados por la naturaleza y pueden ser de origen vegetal, animal o mixtos. A esto nos referiremos más adelante, por ahora trataremos los aspectos básicos y elementales de los fertilizantes.

Los fertilizantes tienen varias denominaciones consecuencia de un proceso de fabricación que implique mayor o menor elaboración, así veremos que pueden ser: fórmulas simples o fórmulas complejas

Abono orgánico

El abono orgánico es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otra fuente orgánica y natural. En cambio los abonos inorgánicos están fabricado por medios industriales, como los abonos nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles y aire) como la urea o los obtenidos de minería, como los fosfatos o el potasio, calcio, zinc. (Wikipedia. org. Abono)

El uso de abono orgánico en las cosechas ha aumentado mucho debido a la demanda de alimentos frescos y sanos para el consumo humano.

Los elementos nutrientes se encuentran, en diversas proporciones, en todas las tierras y en los abonos orgánicos (estiércoles, humus, etc.). Las plantas al crecer, los agotan y deben

reponerse mediante la adición sistemática de abonos y fertilizantes, usados de una manera conjunta

Captura de carbono

La **captura de CO₂** es la propuesta de una técnica para retirar dióxido de carbono de la atmósfera o, más comúnmente, evitar que llegue a ella. (Wikipedia.org).

El proceso químico de captura de CO₂ es energéticamente costoso y, probablemente, se produce CO₂ durante el mismo. Este proceso sólo retarda la liberación del CO₂, que no se puede almacenar indefinidamente. Sin embargo, este CO₂ podría ser usado de formas múltiples.

Eficiencia fotosintética

Eficiencia fotosintética es la cantidad de CO₂ asimilado por el área de superficie. Esto depende también de otros factores como la apertura de los estomas. Es un mecanismo de fijación del CO₂ y su posterior reducción en moléculas orgánicas; (www.elergonomista.com)

Soplin (1999); define a la eficiencia fotosintética, como la producción de materia seca u orgánica de un cultivo donde la que la radiación solar (expresada en Kcal. m⁻². dia⁻¹ es convertido a porcentaje (%) de radiación solar utilizada durante el ciclo de vida del vegetal y que interviene en la formación de hidratos de carbono (glucosa).

Hidratos de carbono

Los carbohidratos, hidratos de carbono o sacáridos, son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuyas principales funciones en los seres vivos son el prestar energía inmediata y estructural. La glucosa y el glucógeno son las formas biológicas primarias de almacenamiento y consumo de energía. (Wikipedia.org. Hidrato de carbono).

El término "hidrato de carbono" o "carbohidrato" es poco apropiado, ya que estas moléculas no son átomos de carbono hidratados, es decir, enlazados a moléculas de agua, sino que constan de átomos de carbono unidos a otros grupos funcionales como carbonilo e hidroxilo.

Este nombre proviene de la nomenclatura química del siglo XIX, ya que las primeras sustancias aisladas respondían a la fórmula elemental $C_n(H_2O)_n$ (donde "n" es un entero ≥ 3). De aquí que el término "carbono-hidratado" se haya mantenido, si bien posteriormente se demostró que no lo eran. Además, los textos científicos anglosajones aún insisten en denominarlos *carbohydrates* lo que induce a pensar que este es su nombre correcto. Del mismo modo, en dietética, se usa con más frecuencia la denominación de carbohidratos.

Glucosa

La glucosa es un monosacárido con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (es un grupo aldehído). Es una forma de azúcar que se encuentra libre en las frutas y en la miel. Su rendimiento energético es de 3,75 kilocalorías por cada gramo en condiciones estándar. Es un isómero de la fructosa, con diferente posición relativa de los grupos $-OH$ y $=O$. (Wikipedia.org.glucosa).

Índice de Área foliar

El IAF es un parámetro que se utiliza para caracterizar la vegetación y se define como unidades de superficie de hoja verde por unidad de superficie de terreno, en la cual se puede valorar tanto ambas caras de las hojas o solamente la superficie que es capaz de interceptar la radiación proveniente del sol. (www.buenas tareas.com)

Rubisco (Ribulosa bi fosfato)

RuBisCO, es una enzima de oxígeno que se encuentra en el cloroplasto de los organismos autótrofos, denominada de una manera más simple como **oxigenasa**. Esta enzima tiene un doble comportamiento que justifica su nombre, catalizando dos procesos opuestos. Primero la fijación del CO₂ a una forma orgánica, lo que justifica su clasificación como carboxilasa. Segundo, la fotorrespiración, en la que actúa como oxigenasa del mismo sustrato. La RuBisCO es la proteína-enzima más abundante en la biósfera,(Wikipedia.org.Rubisco).

Radiación solar

La energía solar es una fuente de energía de origen renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol, (Wikipedia.org.energía%).

Radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6000 °K en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear, que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro el cual emite energía siguiendo la ley de Planck a la temperatura ya citada. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m². (Wikipedia.org.Radiacion).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos durante las evaluaciones se sistematizaron y analizaron con el Software Estadístico InfoStat y para las pruebas de comparaciones múltiples entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey.

Para una mejor visión, así como para la interpretación y análisis de los resultados se presentan tablas y figuras por las variables en estudio.

4.1 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA EN EL CULTIVO DEL MAÍZ

TABLA N° 01: ANALISIS DE VARIANZA DE EFICIENCIA FOTOSINTETICA (%) DE MAIZ - \hat{f} %
ARC.SEN

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	1.08	3	1.30	1.30	0.3564
TRATAMIENTO	1.53	2	2.76	2.76	0.1412
Error	1.66	6	0.28		
Total	4.26	11			

CV = 10.05%

TABLA N° 02: PRUEBA DE TUKEY DE EFICIENCIA FOTOSINTETICA (%) DE MAIZ - \hat{f} % ARC.SEN

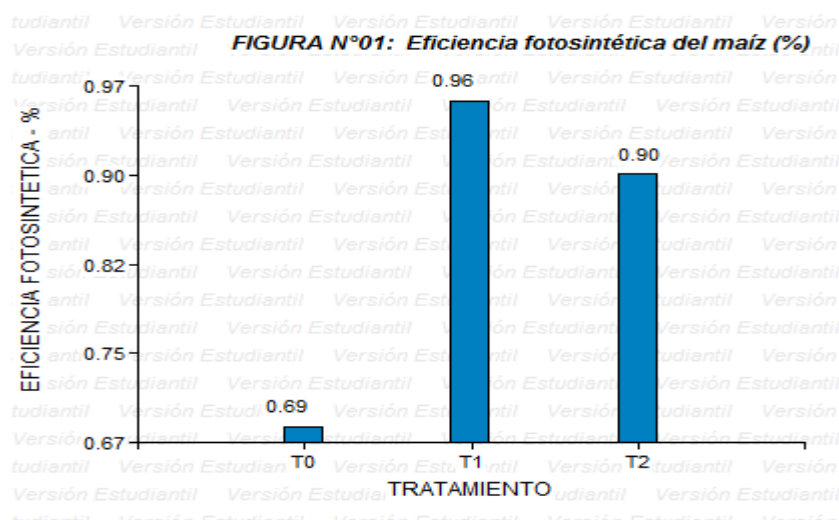
TRATAMIENTO	medias (%)	n	E.E.
T1	0.96	4	0.26 A
T2	0.90	4	0.26 A
T0	0.69	4	0.27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

La tabla N°1, presenta el análisis de varianza de la eficiencia fotosintética expresada en porcentaje (datos transformados; raíz cuadrada del arco seno); en ella se observa que los

tratamientos no presentan significación estadística, entre sí. La confiabilidad del ensayo se refleja con el coeficiente de variación que fue del 10.05%.

La tabla N°02, muestra la prueba de Tuckey, observándose homogeneidad estadística entre los tratamientos; pero el T1 (150kg de N/ha) mostró mayor eficiencia fotosintética con 0.96%, seguido del T2 (300kg de N/ha) con 0.90% de eficiencia fotosintética y del T0 (300kg de N/ha) con 0.69% de E.F.



Para una mejor visualización de lo que señalamos anteriormente, se presenta la figura N° 1; observándose en ella las diferencias entre las medias de los porcentajes de los tratamientos, pero sin la discrepancia estadística.

4.2 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA CAPTURA DE CARBONO EN EL CULTIVO DEL MAÍZ.

TABLA N° 03: ANALISIS DE VARIANZA DE **CAPTURA DE CARBONO** DE LA PARTE AEREA DE MAIZ (kg/ha)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	1354562.11	3	451520.70	1.22	0.3806
TRATAMIENTO	1938666.20	2	969333.10	2.62	0.1519
Error	2217600.88	6	369600.15		
Total	5510829.19	11			

CV = 20.86%

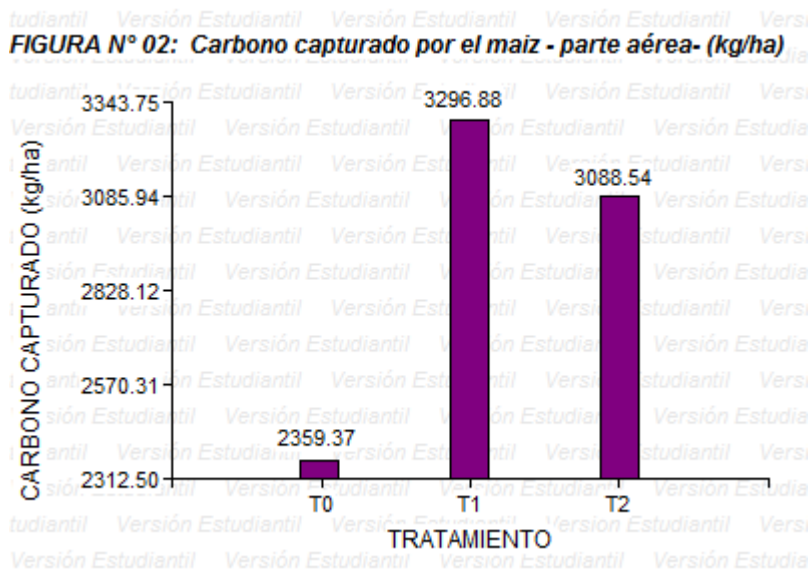
TABLA N° 04: PRUEBA DE TUKEY DE **CAPTURA DE CARBONO** DE LA PARTE AEREA DE MAIZ
(kg/ha)

TRATAMIENTO	medias (kg/ha)	n	E.E.
T1	3296.88	4	303.97 A
T2	3088.54	4	303.97 A
T0	2359.37	4	303.97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

En la tabla N° 03, se muestra el análisis de varianza de la captura de carbono del maíz (solo de la parte aérea), en ella se observa que los tratamientos no presentan significación estadística. La confiabilidad del análisis se confirma mediante el coeficiente de variación que es del 20.86%.

En la tabla N° 04, que muestra la prueba de Tuckey, se observa que los tratamientos utilizados en el experimento, formaron un grupo homogéneo, no observando diferencia estadística, referente a la captura de carbono. Pero el T1 (150kg de N/ha), nos muestra que capturo 3296.88 Kg/ha de carbono, seguido del T2 (300kg de N/ha), que absorbió y adsorbió 3088.54 Kg/ha de carbono; mientras que el T0 (000kg de N/ha) capturó 2359.37 kg/ha de carbono.



La figura 2, exhibe que el T1 fue el que capturo la mayor cantidad de carbono, seguidos del T2 y bastante alejado el T0.

4.3 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA ALTURA DE PLANTA DEL MAÍZ

TABLA N° 05: ANALISIS DE VARIANZA DE **ALTURA DE PLANTA DE MAIZ** (cm) A LOS 75 DÍAS DE SEMBRADO.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	4589.13	3	1529.71	7.34	0.0197
TRATAMIENTO	31.98	2	15.99	0.08	0.9270
Error	1250.27	6	208.38		
Total	5871.37	11			

CV = 7.11%

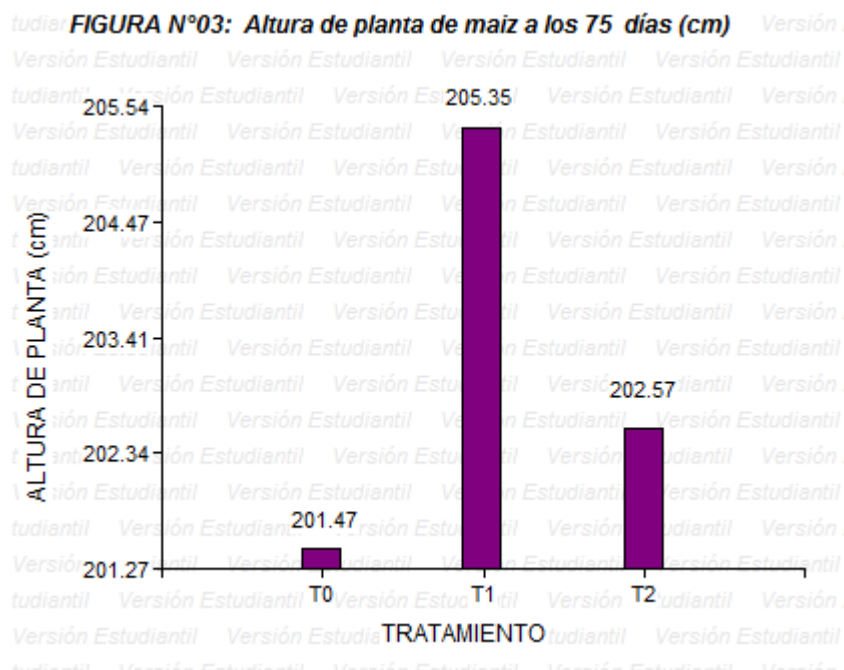
TABLA N° 06: PRUEBA DE TUKEY DE **ALTURA DE PLANTA DE MAIZ** (cm) A LOS 75 DIAS DE SEMBRADO

TRATAMIENTO	Medias (kg/ha)	n	E.E.
T1	205.35	4	7.22 A
T2	202.57	4	7.22 A
T0	201.47	4	7.22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La tabla N° 05, expone el análisis de varianza de la altura de planta del maíz, a los 75 días después del sembrado, en ella se observa que para la fuente de variación de tratamientos no presenta significación estadística. El coeficiente de variabilidad para la altura de planta es de 7.11%, lo que da confiabilidad al análisis de esta característica.

La tabla N° 06, presenta la prueba de comparación entre los tratamientos, para la altura de planta, donde se observa que el T1, tuvo la mayor altura (205.35 cm), seguido de los tratamientos T2 y T0, con 202.57 cm y 201.47 cm, respectivamente, todos ellos con homogeneidad estadística.



En la figura N°03, se expone la altura de planta del maíz a los 75 días de sembrado, observando que el T1 tuvo la mayor altura de planta; seguido de los tratamientos T2 y T0, con menores alturas de plantas.

4.4 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN MAÍZ.

4.4.1 Área foliar a los 75 días de sembrado

TABLA N° 07: ANALISIS DE VARIANZA DEL **AREA FOLIAR** (cm²) DE PLANTA DE MAIZ A LOS 75 DÍAS DE SEMBRADO.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	17733.52	3	5911.17	0.49	0.7000
TRATAMIENTO	10329.49	2	5164.74	0.43	0.6686
Error	71913.52	6	11985.59		
Total	99976.54	11			

CV = 22.70%

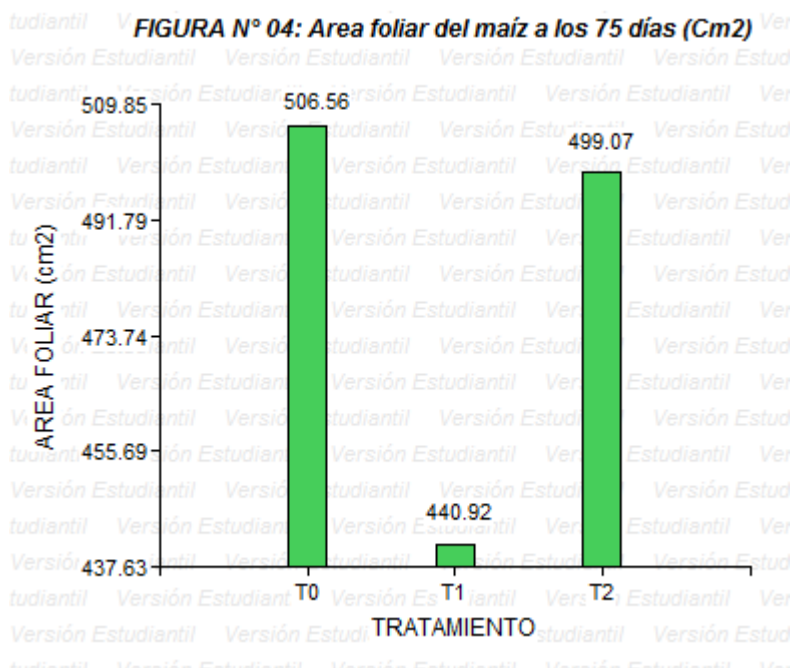
TABLA N° 08: PRUEBA DE TUKEY DEL **AREA FOLIAR** (cm²) DE PLANTA DE MAIZ A LOS 75 DIAS DE SEMBRADO.

TRATAMIENTO	Medias (cm ²)	n	E.E.
T0	506.56	4	54.74 A
T2	499.07	4	54.74 A
T1	440.92	4	54.74 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La tabla N° 07, presenta el analisis de varianza del area foliar de la planta de maíz, a los 75 días de sembrado; observandose que en la fuente de variación para tratamientos, no existe significacion estadística. El coeficiente de variacion es de 22.70%, lo que nos da confiabilidad en el analisis de esta característica agronómica.

La tabla N° 08, presenta la prueba de Tuckey del area foliar, donde se visualiza, que los tratamientos presentan un grupo estadísticamente homogéneo. Pero que el T0 (000 kg de N/ha), obtuvo la mayor area foliar, con 506.56 cm²; seguido del T2(300 kg de N/ha) y el T1(150 kg de N/ha), con 499.07 cm² y 440.92 cm², respectivamente.



La figura N° 04, muestra el área foliar del maíz a los 75 días después de sembrado, exhibiendo que el T0 obtuvo el mayor área foliar, seguido de los tratamientos T2 y T1, respectivamente.

4.4.2 Peso seco de mazorca del maíz

TABLA N° 09: ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE MAZORCA DE MAIZ (g)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.02	3	0.01	0.11	0.9494
TRATAMIENTO	3.32	2	1.66	25.29	0.0012
Error	0.39	6	0.07		
Total	3.74	11			

CV = 13.09%

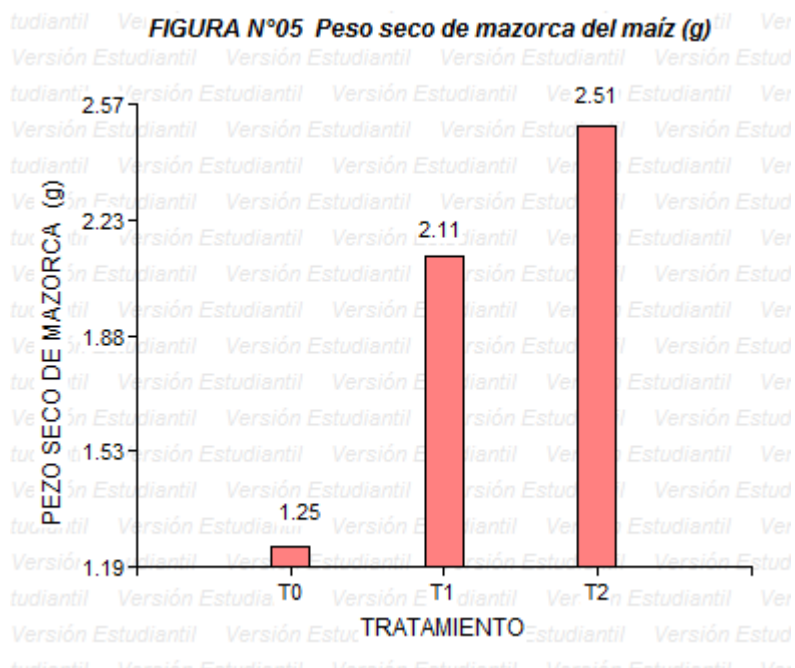
TABLA N°10: PRUEBA DE TUKEY DEL PESO SECO DE MAZORCA DE MAIZ (g)

TRATAMIENTO	Medias (g)	n	E.E.
T2	2.51	4	0.13 A
T1	2.12	4	0.13 A
T0	1.25	4	0.13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La tabla N° 09, exhibe el análisis de varianza del peso seco de mazorca del maíz, observando en ella, alta significación estadística en la fuente de variación de tratamientos. El coeficiente de variación fue de 13.09%, mostrando confiabilidad del análisis.

La tabla N° 10, presenta la prueba de Tuckey, del peso seco de mazorca del maíz, observándose dos grupos homogéneos; los T2 (300 kg de N/ha) y T1 (300 kg de N/ha), con 2.51 y 2.12 gramos, respectivamente, pero ambos son estadísticamente homogéneos entre ellos, pero, superiores al T0 (000 kg de N/ha) quien obtuvo 1.25 gramos de peso seco de mazorca.



La figura N° 05, presenta el peso seco de mazorca del maíz observándose que los valores obtenidos en forma descendente fueron: tratamiento 2 mayor que el tratamiento 1 y este mayor que el tratamiento 0.

4.4.3 Peso seco de 100 granos

TABLA N°11: ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO DE 100 GRANOS DE MAIZ (g)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	8.3	3	2.8	0.89	0.4970
TRATAMIENTO	0.01	2	3.6	11.57	0.0087
Error	1.9	6	3.1		
Total	0.01	11			

CV = 6.92%

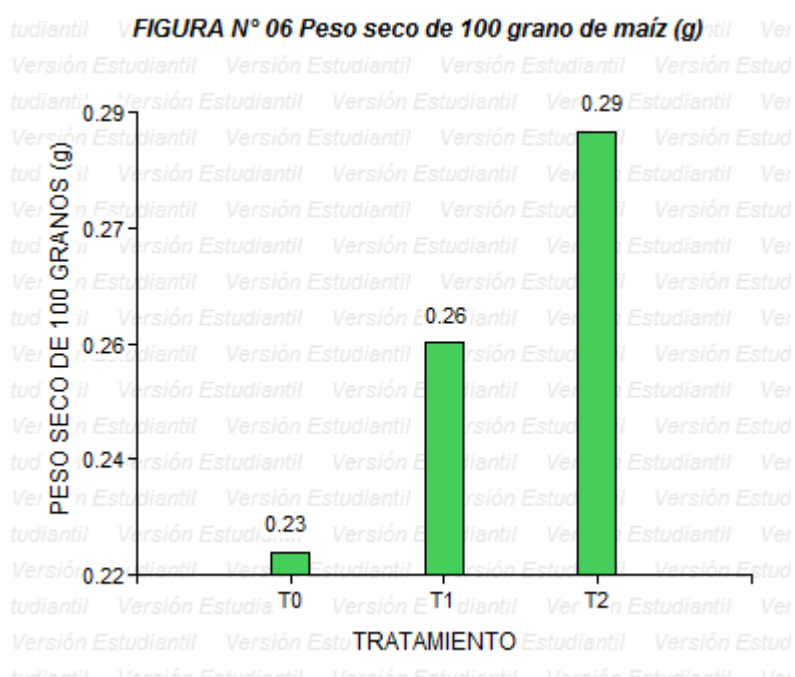
TABLA N° 12: PRUEBA DE TUKEY DEL PESO SECO DE 100 GRANOS DE MAIZ (g)

TRATAMIENTO	Medias (g)	n	E.E.
T2	0.29	4	0.01 A
T1	0.26	4	0.11 A B
T0	0.23	4	0.01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La tabla N° 11, expone el análisis de varianza del peso seco de 100 granos, observándose en la fuente de variación para tratamientos, alta significación estadística. El coeficiente de variación es de 6.92% dando confiabilidad al análisis.

La tabla N° 12, muestra la prueba de tuckey para el peso seco de 100 granos, en ella se observa que los tratamientos forman dos grupos estadísticamente heterogéneos entre ellos, pero dentro de cada grupo homogeneidad entre los tratamientos. En el primer grupo, tenemos al T2 y T1 con 0.29 g y 0.26 g, respectivamente y, en el segundo grupo, están los T1 y T0, con 0.26 g y 0.23 g, respectivamente.



La figura N° 06, exhibe el peso seco de 100 granos de maíz, observando en forma descendente que el tratamiento 2 es mayor que el tratamiento 1 y este mayor que el tratamiento 0.

4.4.4 Largo de mazorca

TABLA N°13: ANALISIS DE VARIANZA DEL **LARGO DE MAZORCA** DE MAIZ (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.44	3	0.15	2.66	0.1428
TRATAMIENTO	2.43	2	1.21	203.26	<0.0001
Error	0.33	6	0.06		
Total	23.20	11			

CV = 1.46%

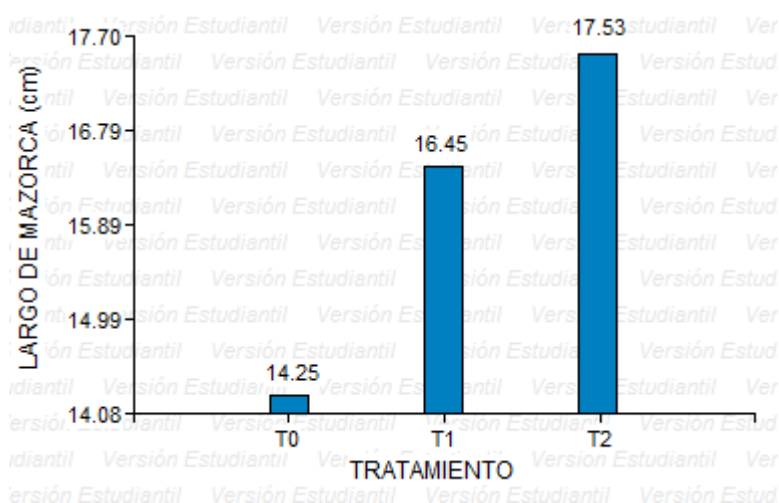
TABLA N°14: PRUEBA DE TUKEY DEL **LARGO DE MAZORCA** DE MAIZ (cm)

TRATAMIENTO	Medias (cm)	n	E.E.
T2	17.53	4	0.12 A
T1	16.45	4	0.12 B
T0	14.25	4	0.12 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La tabla N° 13, muestra el análisis de varianza del largo de mazorca, observándose en la fuente de variación para tratamientos alta significación estadística. El coeficiente de variación es de 1.46% demostrando confiabilidad del análisis.

La tabla N° 14 presenta la prueba de Tuckey para el largo de mazorca, observándose tres grupos heterogéneos de tratamientos; teniendo el T2 (300 kg de N/ha) con 17.53 cm, el T1(150 kg de N/ha) con 16.45 cm y el T0 (000 kg de N/ha)con 14.25 cm, todos ellos diferentes estadísticamente.

FIGURA N° 07: Largo de la mazorca de maíz (cm)

La figura N° 07, presenta el largo de mazorca del maíz, observando en orden descendente al tratamiento 2 mayor que el tratamiento 1 y este mayor que el tratamiento 0.

4.4.5 Diámetro de mazorca

TABLA N° 15: ANALISIS DE VARIANZA DEL **DIAMETRO DE MAZORCA** DE MAIZ (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.05	3	0.02	1.14	0.4065
TRATAMIENTO	0.02	2	0.01	0.73	0.5193
Error	0.08	6	0.01		
Total	0.14	11			

CV = 2.93%

TABLA N°16: PRUEBA DE TUKEY DEL **DIAMETRO DE MAZORCA** DE MAIZ (cm)

TRATAMIENTO	Medias (cm)	n	E.E.
T1	3.97	4	0.06 A
T2	3.96	4	0.06 A
T0	3.88	4	0.06 A

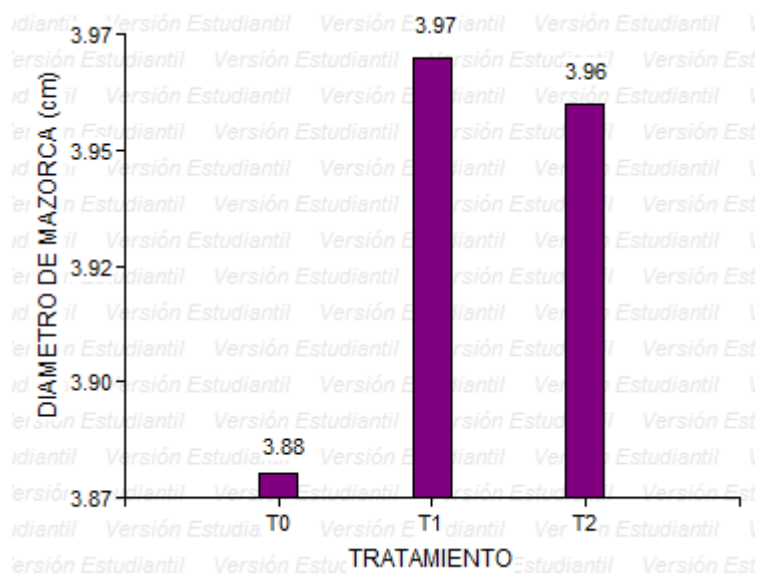
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

La tabla N° 15 presenta el análisis de varianza para el diámetro de mazorca de maíz, observándose que en la fuente de variación para tratamientos no existe significación estadística.

El coeficiente de variación es de 2.93% que da confiabilidad al análisis

La tabla N° 16 presenta la prueba de Tuckey para el diámetro de mazorca, observando homogeneidad estadística entre los tratamientos.

FIGURA N° 08: Diámetro de mazorca del maíz



La Figura N° 08, presenta el diámetro de mazorca del maíz, teniendo en forma descendente: tratamiento 1 (3.97cm) es mayor que el tratamiento 2 (3.96 cm) y este mayor que el tratamiento 0 (3.88 cm).

CAPITULO V

DISCUSIONES

5.1 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA EN EL CULTIVO DEL MAÍZ.

La tabla N°1, presenta el análisis de varianza de la eficiencia fotosintética obtenida por el cultivo del maíz durante su ciclo de vida, es decir durante los 107 días que permaneció el cultivo en campo; en ella se observa que los tratamientos no presentan significación estadística. Pero se observa (Tabla N° 02 y Figura N° 01) que el T1 (150 kg de N/ha) mostró mayor eficiencia fotosintética con 0.96%, seguido del T2 (300kg de N/ha) con 0.90% de eficiencia fotosintética y del T0 (300 kg de N/ha) con 0.69% de E.F.

Estos resultados nos indican que del 100% de radiación solar o luz solar, que llegó al dosel superior del cultivo de las plantas de maíz, sólo fue aprovechada por los tratamientos T1, T2 y T0 en un 0.96%, 0.90% y 0.69%, respectivamente; es decir valores bastante bajo; más aún si se tiene en cuenta que se está considerando el peso biológico total del cultivo al momento de la cosecha; o sea expresa los valores del peso seco de granos, panca, brácteas, tallos, hojas, flor femenina, otros (parte aérea de la planta).

Estos resultados que muestran los tratamientos, presentan divergencia con el rendimiento en grano de maíz (ver anexo N°12), porque la tendencia no es la misma, ya que en esta se observa que el T2 obtuvo 7104.16 kg de grano de maíz por hectárea, mientras que el T1, logró 6,114.58 kg/ha y con el menor rendimiento de grano el T0, con 3697.92 kg/ha; es decir que el T2, tuvo mayor eficiencia en la utilización de la radiación solar y el carbono capturado respectivamente.

La agricultura utiliza técnicas para aplicar a las plantas durante su cultivo, empezando por la utilización de semilla mejorada, abonamiento, podas, aporques, control fitosanitario, riegos, etc.,

es importante señalar que la mayor utilización de la radiación solar y la captura de carbono se obtendrá si es que estas técnicas agrícolas se aplican durante el cultivo en dosis óptimas y en el momento oportuno; como fue el caso del experimento realizado, en el que se aplicó fertilización nitrogenada al cultivo del maíz.

Entonces se puede señalar que, la agricultura para la obtención de altos rendimientos de productos cosechados, se convierte indirectamente en la utilización de la mayor cantidad de radiación solar lo que determinará una mayor apertura estomática, consecuentemente una mayor captación de CO₂ y finalmente mayor síntesis de hidratos de carbono, que se constituirá en la materia prima para los productos de cosecha (frutos) y otras partes del vegetal (hojas, tallos, ramas, etc).

En el texto, Fisiología del maíz tropical de Walker (1989), indica que La producción de los cultivos depende de la intercepción de la radiación solar y de su conversión en biomasa; es decir de la eficiencia fotosintética del cultivo del maíz.

Entre las funciones que cumple el nitrógeno (N) en la planta se menciona que, es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. Por lo tanto, la falta de nitrógeno y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El nitrógeno (N) es también un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta. También es el componente de proteínas y otras sustancias proteicas. Asimismo, forma parte de compuestos que permiten que las plantas realicen sus funciones biológicas.

5.2 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA CAPTURA DE CARBONO EN EL CULTIVO DEL MAÍZ.

El análisis de varianza de la captura de carbono del maíz (parte aérea), que se muestra en la tabla N° 03, los tratamientos no presentan significación estadística.

La prueba de Tuckey (Tabla N°04), se observa que los tratamientos no presentan significación estadística. Pero que la figura N°02, referente a la captura de carbono, exhibe que, el T1 (150kg de N/ha), nos muestra que capturo 3296.88 Kg/ha de carbono, seguido del T2 (300kg de N/ha), que capturó 3088.54 Kg/ha de carbono; mientras que el T0 (000kg de N/ha) capturó 2359.37 kg/ha de carbono.

Estos resultados que muestran los tratamientos, discrepan con el rendimiento en grano de maíz (ver anexo N°12), porque en ella se observa que el T2 obtuvo 7104.16 kg de grano de maíz por hectárea, mientras que el T1, logró 6,114.58 kg/ha y con el menor rendimiento de grano el T0, con 3697.92 kg/ha; es decir que el T2, utilizó el carbono capturado con mayor eficiencia que el T1.

Es importante señalar que la captura de carbono (CO₂), atmosférico causante del Calentamiento Global o efecto de invernadero, ocurre únicamente durante el desarrollo de las plantas del maíz, y se detiene cuando estas llegan a su madurez total (www.textoscientificos.com/node/887) motivo por el cual esta evaluación se realiza al final del ciclo vegetativo y en este caso fue a partir del peso seco de la parte aérea del vegetal, por la facilidad de la obtención de estos datos (no se incluyó raíces o sea de la parte del suelo).

Las plantas de maíz absorbieron dióxido de carbono (CO₂) atmosférico junto con elementos del suelo (nutrientes) y aire (O₂, radiación solar) para convertirlos en hidratos de carbono (raíz, tallo, hojas, granos, flor masculina, flor femenina, etc) partes del vegetal que contiene carbono. La

cantidad de CO_2 que la planta de maíz capturó durante su ciclo de vida, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la biomasa del cultivo que contiene carbono.

Se entiende que aproximadamente 42% a 50% de la biomasa de un cultivo (materia seca) es carbono. Hay una captura de carbono neta, únicamente mientras el cultivo de maíz se desarrolló para llegar al final de su ciclo de vida (cosecha). Un cultivo de maíz, en plena madurez aporta finalmente la misma cantidad de carbono que captura. Lo primordial es cuanto carbono (CO_2) captura el cultivo durante su ciclo de vida.

El cultivo del maíz, al convertir el CO_2 en partes útiles (granos) y no utilizables (tallos, hojas, etc), almacenan muy lentamente sólo una pequeña parte del CO_2 que producimos en grandes cantidades por el uso de combustibles fósiles (petróleo, gasolina, gas, etc.) para el transporte y la generación de energía eléctrica en las actividades humanas que diariamente contaminan el medio ambiente. Cuando el cultivo del maíz ha llegado a su madurez total, absorben (capturan) únicamente pequeñas cantidades de CO_2 necesarias para su metabolismo mediante la fotosíntesis.

El dióxido de carbono atmosférico (CO_2) es absorbido por la planta de maíz mediante la fotosíntesis, y es almacenado en forma materia orgánica (biomasa total-granos y otros). El CO_2 regresa a la atmósfera mediante la respiración de las plantas, y por descomposición (oxidación) de la materia orgánica muerta en los suelos; (www.dominicanaonline.org)

La captura del carbono, es la extracción y almacenamiento de carbono atmosférico en forma de biomasa por las plantas, también conocido como secuestro de carbono y fijación de carbono. Este proceso está considerado como uno de los servicios ambientales de mayor importancia, ya que contribuye a mantener las temperaturas globales de la tierra; porque contribuye a disminuir

el CO₂ en la atmósfera, quien es el responsable de la fijación de la radiación global en la atmósfera; (www.dominicanaonline.org)

En la agricultura con un adecuado manejo de los sistemas de producción, puede incrementarse la capacidad de absorción del CO₂ de la atmósfera de la tierra. Mediante la aplicación de sistemas agroecológicos, la captura de carbono forma parte de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) impulsados por el Protocolo de Kyoto.

Las plantas de baja eficiencia fotosintética, son aquellas que fijan y reducen el CO₂ atmosférico solo por la vía del C-3, en ellas la cantidad de CO₂ fijado es de 20 a 40 mgr de CO₂ por decímetro cuadrado de superficie foliar por hora, en estas plantas la enzima carboxilasa que actúa es la **Rubisco** o Ribulosa1, 5 difosfato carboxilasa; en cambio, en las plantas de alta eficiencia fotosintética C-4, (entre ellas sorgo, maíz, caña de azúcar) el CO₂ se fija por otro mecanismo que involucra otra carboxilasa diferente que es la Fosfoenolpirúvico carboxilasa, esta carboxilasa fija el CO₂ en las células del mesófilo de la hoja reduciéndolo en un compuesto de 4 carbonos, el ácido málico u oxalacético, luego, uno de estos ácidos al pasar a las células de la vaina de los haces vasculares de la hoja se descarboxila (o sea, libera el CO₂) ORIGINANDO ÁCIDO PIRÚVICO, el CO₂ liberado es incorporado en el ciclo de Calvin. Estas plantas (C-4) tienen una ventaja con respecto a las anteriores (C-3), en ellas hay 2 carboxilasas que trabajan en conjunto, la fosfoenolpirúvico y la ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa (rubisco), la cantidad de CO₂ fijado por dm² de superficie foliar por hora es de 50 a 80 mgr de CO₂.

Como el CO₂ llega en concentraciones bajas, ambas carboxilasas trabajan en toda su potencia, entonces, la función de la Fosfoenolpirúvico carboxilasa es aumentar las concentraciones de CO₂ para que la Rubisco trabaje en condiciones óptimas en toda su potencia.

Si se logra aumento en la asimilación del CO₂ atmosférico por la planta, entonces consecuentemente se tendrá el incremento en el rendimiento de grano del cultivo del maíz; pero esto se logrará a través de un aumento en la biomasa del cultivo (peso seco total) y en la fotosíntesis neta del mismo. Para esto es necesario incrementar la fotosíntesis neta por área de hoja. Es decir, habrá que lograr un aumento en la fotosíntesis neta por hoja. Para lograr una mayor captación de CO₂ fijado por la planta, se proponen algunas estrategias relacionadas con el proceso fotosintético como son: el aumentar la tasa de fotosíntesis neta; aumentar la actividad de la enzima **rubisco** (C-3) - Ribulosa bi fostato- que es la variable interna de mayor influencia sobre el aumento de fijación de CO₂ y; en plantas C-4 (como es el caso del maíz) evaluar la actividad de la enzima PEP carboxilasa (Fosfoenol pirúvico)

El papel del nitrógeno como nutriente esencial y componente estructural de moléculas como la Rubisco (Ribulosa bi fostato) y la clorofila en plantas ha sido ampliamente documentado en varias especies debido a la importancia en los procesos de crecimiento y producción agrícola (Muchow, 1994; Robert., 1996). El nitrógeno es uno de los factores de mayor estrés en plantas tropicales ya sea por deficiencia o por exceso. Se reconoce que el nitrógeno puede ser un factor limitante del crecimiento y de la eficiencia fotosintética de las plantas, especialmente, bajo condiciones de déficit de nitrógeno, las cuales tienden a disminuir el peso seco, el número de hojas y el área foliar (Tello y Flores, 2010). En el caso de la eficiencia fotosintética, se puede ver limitada al disminuir el contenido de Rubisco y la clorofila en las hojas, así como la **producción cuántica** de la fotosíntesis. La correlación entre el contenido de nitrógeno y la eficiencia fotosintética varía dependiendo del hábitat de la planta y de factores ambientales como la temperatura y la radiación (Evans, 1989; Toth *et al.*, 2002; Lamsfus *et al.*, 2003).

El pacto firmado en Kioto por la mayoría de las naciones pretende bajar un 5.5% las emisiones globales, mediante el uso de mecanismo de desarrollo en limpio-MDL – tecnologías limpias, y

entre ellas el proceso de la reforestación en las áreas desérticas productos del mal manejo de los ecosistemas boscosos, la siembra de especies vegetales de rápido crecimiento en las urbes y de jardines para la captura del CO₂ atmosférico.

El nitrógeno en las plantas hace que la planta se desarrolle bien y que tenga un intenso color verde en sus hojas, por ser el constituyente de la clorofila. Los cultivos bien fertilizados con nitrógeno (urea) tienen rendimientos mayores. En términos mundiales es el nutriente que más limita las cosechas y por ello, el que más se utiliza en la fertilización. Pero se debe tener mucho cuidado en su aplicación por tener implicaciones en la contaminación ambiental por nitratos.

El contenido de peso seco del Nitrógeno en la planta oscila entre el 2 y el 5%.

5.3 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN LA ALTURA DE PLANTA DEL MAÍZ

El análisis de varianza de la altura de planta del maíz, a los 75 días después del sembrado, se expone en la tabla N° 05, en ella se observa que para la fuente de variación de tratamientos no presenta significación estadística.

La prueba de Tukey (Tabla N° 06), muestra que los tratamientos, para la característica, altura de planta del maíz a los 75 días, no son estadísticamente significativos. Mediante la figura N° 03, se expone que el T1 (205.35 cm) tuvo la mayor altura de planta; seguido de los tratamientos T2 y T0, con menores alturas de plantas, obteniendo estas 202.57 cm y 201.47 cm de altura, respectivamente

El efecto del nitrógeno, sobre el cultivo fue importante, porque incidió favoreciendo para que las plantas tengan un mayor crecimiento, fundamentalmente se determina que la dosis de 150 de Nitrógeno por hectárea (T1), fue la más efectiva. Este favoritismo se refleja porque en las

características de Eficiencia fotosintética (0.96%) y captura de carbono (3296.88 Kg de C/ha) se observa que, este tratamiento ocupan los primeros lugares, consecuentemente entonces esta dosis de fertilización nitrogenada utilizada en este tratamiento es la adecuada para que las plantas de maíz, en las condiciones de suelo y clima realizado el experimento, captaron y transformaron la mayor cantidad del CO₂ atmosférico.

Esta característica, altura de planta se fue favorecida por que el cultivo fue sembrado en un suelo fértil con adecuada humedad, factores que inciden para que la planta alcance un buen crecimiento.

La aplicación de la urea (N) al experimento del maíz, favoreció la multiplicación celular (mitosis), por lo tanto, estimuló el crecimiento de las plantas y alargó el ciclo de cultivo, cosechándose a los 107 días después de sembrado.

5.4 FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y SU EFECTO EN ALGUNAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN MAÍZ.

5.4.1 Área foliar a los 75 días de sembrado

Astegiano y Favaro (1987). Señalan que el área foliar es un parámetro ampliamente usado en estudios de ecofisiología de cultivos. Para su determinación se utilizan diferentes métodos ya sean destructivos, no destructivos o indirectos. La determinación de área foliar reviste gran importancia, ya que es una medida necesaria para el cómputo de la intensidad de asimilación de las plantas, índice de gran relevancia cuando se efectúa el análisis de crecimiento de un cultivo. Pearson y Hall (1984) plantea que para aplicar las técnicas de análisis de crecimiento en estudios con plantas se requiere como mínimo una medida de la cantidad de material vegetal presente (peso seco), y una medida del sistema asimilatorio (área foliar) de las

plantas, y a partir de estas medidas se pueden computar los diferentes parámetros de un análisis de crecimiento sencillo.

La tabla N° 07, presenta el análisis de varianza del área foliar de la planta de maíz, a los 75 días de sembrado; observándose que en la fuente de variación para tratamientos, no existe significación estadística. A pesar de existir homogeneidad estadística entre los tratamientos (ver tabla N°08-Prueba de Tukey); se puede mostrar en la figura N°04, que el T0 (000 kg de N/ha), obtuvo la mayor área foliar, con 506.56 cm²; seguido del T2(300 kg de N/ha) y el T1(150 kg de N/ha), con 499.07 cm² y 440.92 cm², respectivamente.

Esta gráfica N° 04, nos indica que el área foliar es una característica inversamente proporcional a la eficiencia fotosintética (EF) y la captura de carbono por la planta de maíz, porque cuanto menor es el área foliar del cultivo del maíz, esta obtuvo la mayor eficiencia fotosintética (0.96%) y mayor fue la captura de carbono (3296.88 kg de C/ha). Esta afirmación se refuerza, señalando que en plantas donde el producto cosechable es grano, fruto u otro, no es importante que la planta tenga más área foliar, porque va en disminución del llenado del producto neto a cosechar.

El cultivo del maíz con deficiencia de nitrógeno inhibe rápidamente el crecimiento vegetal. Si la deficiencia persiste, se evidencia clorosis, especialmente en las hojas viejas, cerca de la base de las plantas. Las plantas con deficiencias de nitrógeno generalmente presentan un desarrollo raquítico que produce plantas anormalmente pequeñas, con tallos y ramas delgadas, hojas pequeñas. La floración se adelanta significativamente siendo está muy escasa y con un gran porcentaje de flores abortadas. A la fertilización, su desarrollo se ve muy limitado presentando frutos son pequeños.

Bajo severas deficiencias de nitrógeno, estas hojas se vuelven completamente amarillas y caen de la planta, las hojas jóvenes pueden no mostrar estos síntomas inicialmente, porque el

nitrógeno es movilizado desde las hojas viejas hacia las hojas jóvenes. De esta forma, una planta deficiente en nitrógeno puede verse con hojas verdes en las hojas superiores y con hojas amarillas en las hojas basales, (Toth, et al, 2002).

Cuando la dosis de aplicación en la fertilización con nitrógeno (Urea) es excesivo, se manifiesta mediante la presencia de abundante follaje en la planta del maíz consecuentemente rendimiento pobre en granos, el desarrollo radicular mínimo comparativamente al desarrollo foliar; además retraso en la floración y formación de semillas.

En el cultivo del maíz se aplicó urea, como suministro del suplemento de nitrógeno a las plantas. Pero, la urea no es absorbida por las raíces de las plantas en grandes cantidades, ya que se hidroliza y se transforma en nitrógeno amoniacal en la mayoría de los suelos. Los iones amonio y parte de los carbohidratos sintetizados en las hojas son convertidos a aminoácidos en las mismas hojas verdes; por esta razón tan pronto como el nitrógeno asciende, las proteínas producidas en exceso permiten a las hojas de la planta alcanzar un mayor tamaño y con ello una mayor superficie para el proceso fotosintético.

Walker (1989), señala que la cantidad de radiación incidente que es interceptada por el cultivo está determinada por el área foliar, por la orientación de la hoja y por su duración.

El índice de área foliar (IAF) es una herramienta que nos ayuda a analizar la productividad primaria neta de un determinado lugar y por lo tanto la biomasa que puede producir un determinado cultivo en un determinado tiempo (maíz). El IAF no es un parámetro fijo para cada ecosistema o bioma, y tampoco es único para cada especie vegetal (plantas anuales y árboles) y, hasta dentro de una misma especie, el IAF puede variar. Por lo tanto, las plantas como productores primarios debieron adaptarse tanto a la incidencia de la luz así como a la

disponibilidad de agua y temperatura, y a la vez la cantidad de biomasa producida condiciona la cantidad y variedad de especies que ahí se podrían desarrollar. Valores alrededor de 6 corresponderían a una estabilidad del ecosistema en cuanto a la cantidad de luz que puede procesar. Por último, los métodos utilizados para poder realizar su cálculo presentan muchas limitaciones, por lo que los resultados sólo deberían servir como apoyo en la comprensión de la distribución de las especies en el plantea las cuales dependen de la productividad en el bioma en el que se desarrollan.

El índice del área foliar (LAI) es importante para determinar la intercepción de la radiación hasta un valor cercano a 4 en el caso del maíz; después de este valor, el área adicional tiene poco efecto en la intercepción de la luz. La densidad de siembra es un factor determinante del LAI y de la intercepción de la radiación. Los cultivares de ciclo corto producen menos hojas para interceptar la radiación y requieren una mayor densidad de plantas para llegar a un rendimiento óptimo comparados con los cultivares tardíos.

5.4.2 Peso seco de mazorca del maíz

La tabla N° 09, exhibe el análisis de varianza del peso seco de mazorca del maíz, observando en ella, alta significación estadística en la fuente de variación de tratamientos. La tabla N° 10, presenta la prueba de Tuckey, del peso seco de mazorca del maíz, observándose dos grupos; los T2 (300 kg de N/ha) y T1 (300 kg de N/ha), con 2.51 y 2.12 gramos, respectivamente, pero ambos son estadísticamente homogéneos entre ellos, pero, superiores al T0 (000 kg de N/ha) quien obtuvo 1.25 gramos de peso seco de mazorca. Esto se corrobora con la figura N° 05; porque con el mayor peso seco de mazorca se alcanza mazorcas más grandes y consecuentemente mayor número de hileras, número de granos que esta puede contener, consecuentemente mayor rendimiento de grano para el cultivo.

5.4.3 Peso seco de 100 granos

La tabla N° 11, expone el análisis de varianza del peso seco de 100 granos, observándose en la fuente de variación para tratamientos, alta significación estadística. La tabla N° 12, muestra la prueba de tuckey para el peso seco de 100 granos, en ella se observa que los tratamientos forman dos grupos estadísticamente heterogéneos entre ellos, pero dentro de cada grupo homogeneidad entre los tratamientos. En el primer grupo, tenemos al T2 y T1 con 0.29 g y 0.26 g, respectivamente y, en el segundo grupo, están los T1 y T0, con 0.26 g y 0.23 g, respectivamente.

Coincidentemente esta misma relación se obtuvo en la anterior característica (peso seco de mazorca), en la que el T1, obtiene un valor intermedio del peso seco de 100 granos con 0.26. y el menor valor el T0 con 0.23 g.

Esta es una característica importante para determinar mayores rendimientos de grano por hectárea, porque el mayor peso seco de 100 granos de maíz, refleja un incremento en el peso de granos por mazorca.

5.4.4 Largo de mazorca

La tabla N° 13, muestra el análisis de varianza del largo de mazorca, observándose en la fuente de variación para tratamientos alta significación estadística. El coeficiente de variación es de 1.46% demostrando confiabilidad del análisis.

La tabla N° 14 presenta la prueba de Tuckey para el largo de mazorca, observándose tres grupos heterogéneos de tratamientos; teniendo el T2 (300 kg de N/ha) con 17.53 cm, el T1(150 kg de N/ha) con 16.45 cm y el T0 (000 kg de N/ha) con 14.25 cm, todos ellos diferentes estadísticamente.

El largo de mazorca es una característica que determina el número de granos que aloja cada hilera de la mazorca, la cual es importante para determinar mayores rendimientos del cultivo en granos; pero que en este caso el T2, tuvo el largo de mazorca de 17.53 cm, el T1 exhibe 16.45 cm de largo y el T0 presenta 14.25 cm, o sea el menor valor del largo de mazorca; consecuentemente es el tratamiento que ocupa frecuentemente los últimos lugares en todas las características agronómicas estudiadas en este experimento.

5.4.5 Diámetro de mazorca

La tabla N° 15 presenta el análisis de varianza para el diámetro de mazorca de maíz, observándose que en la fuente de variación para tratamientos no existe significación estadística.

La tabla N° 16 presenta la prueba de Tuckey para el diámetro de mazorca, observando homogeneidad estadística entre los tratamientos. La Figura N° 08, presenta el diámetro de mazorca del maíz, teniendo en forma descendente: tratamiento 1 es mayor que el tratamiento 2 y este mayor que el tratamiento 0.

Esta característica refleja que el tratamiento 1, que ocupa el primer lugar, con mayor frecuencia que en las otras, por el grosor de la mazorca tuvo alojó mayor número de hileras por mazorca, consecuentemente un mayor número de granos, lo cual debe reflejarse en el rendimiento de grano por hectárea.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El tratamiento que expresó la mayor eficiencia fotosintética (EF), fue el T1 (150 kg de N/ha), con 0.96%, pero sin superioridad estadística con los otros tratamientos; interpretándose que del 100% de radiación solar recibida, la planta de maíz transformo como materia orgánica el 0,96% de radiación.
- Referente a la captura del carbono por la planta de maíz, el tratamiento con mayor eficacia fue el T1 (150 kg de N/ha) con 3296.88 Kg de carbono/ha (parte aérea), pero sin significación estadística sobre los otros tratamientos. Teniendo que las especies vegetales, en este caso el cultivo del maíz, es una forma de colaborar a la disminución de la polución o contaminación ambiental con CO₂.
- En lo concerniente a la altura de planta del maíz, a los 75 días después del sembrado, el T1, tuvo la mayor altura (205.35 cm), no mostrando significación estadística; o sea que los tratamientos estadísticamente son homogéneos entre ellos.
- Referente a la característica del area foliar de la planta de maíz, a los 75 días de sembrado, el T0 (000 kg de N/ha), obtuvo la mayor area foliar, con 506.56 cm²; pero estadísticamente no se encontró significación estadística entre los tratamiento.
- Respecto a la característica, peso seco de mazorca, se observó significación estadística entre los tratamientos, presentando los mayores pesos los T2 (300 kg de N/ha) y T1 (300 kg de N/ha), con 2.51 y 2.12 gramos, respectivamente.

- En la característica, del peso seco de 100 granos, los tratamientos presentaron significación estadística, siendo diferentes entre ellos; pero los dos tratamientos superiores fueron el T2 y T1 con 0.29 g y 0.26 g, respectivamente.
- Para el largo de mazorca, los tratamientos presentaron significación estadística, pero el que presentó las mazorcas más largas fue el T2 (300 kg de N/ha) con 17.53 cm, siendo esta superior estadísticamente a los demás tratamientos.
- En la característica diámetro de mazorca de maíz, los tratamientos no presentaron significación estadística; pero que el T1 ocupó el primer lugar con 3.97 cm de diámetro, seguido del T2 con 3.96 cm.

6.2 RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación, relacionados con la utilización de la radiación solar y la captura de carbono en plantas anuales y/o perennes.
- En los trabajos de investigación, sobre eficiencia fotosintética y captura de carbono, incluir prácticas agrícolas, como densidades, aporques, abonos, riegos, etc que tiendan a incrementar estos índices y consecuentemente los rendimientos de los cultivos.
- En las investigaciones agronómicas, de especies anuales como el maíz, sorgo, arroz, etc, deben tomarse e incluirse los datos referentes a rastrojos de los cultivos (restos de la cosecha), porque estos pueden ser utilizados como materia prima para producir abono verde o compost; asimismo estos pueden ser picados y proporcionados como alimento a especies de vacunos, cerdos, búfalos, ovinos, otros; quienes transforman en carne y otros productos.

- Reforzar el método o técnica de desarrollo en limpio (TDL), mediante el cultivo de especies anuales, para disminuir la polución o contaminación del ambiente.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

ACHARD, F, EVA H.D, STIBIG H, MAYAUX, J., GALLEGU, J, RICHARDS T, MALINGREAU JP.

2002. Determination of deforestation rates of the worlds humid tropical forest. Science. 297: 999-1002.

ALDRICH, SCOTT Y LENG, 1975. Modern corn production, 2nd ed. Champaign, IL, USA, A & L Publications.

ASTEGIANO E.D., FAVARO J.C., 1987. Desarrollo del área foliar en tres cultivares de tomate. Resúmenes de la XVIII Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Corrientes. Argentina, 4 pp.

BARBIERI, P.A., 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: Pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. Ciencia del Suelo 28:57-66.

BENITES.C.J .1988. Estimación de la radiación solar en Iquitos. En: Folia Amazónica. IIAP. Vol I-N°1: 113-128.

BINKLEY, D. 1993. Nutrición forestal. Prácticas de manejo. Ed. Limusa. Méico. 340 pp

CIMMYT, 1994. 1993/94 world maize facts and trends. Mexico, DF.

DUNJA MARTA BEG 2000. Fertilización de cultivo de Maíz, Investigadora. Fonaiap. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Maracay.

EDMEADES, G.O., FAIREY, N.A. & DAYNARD, T.B. 1979. Influence of plant density on the distribution of ¹⁴C-labelled assimilate in maize at flowering. Can. J. Plant Sci., 59: 577-584.

EVANS JR. 1989. Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C3 plants. Oecología. 1989;78: 9-19.

FAO, 1993. Emisión de CO₂ y captura de carbono en los suelos

FAO, 1999. Introducción al maíz y su importancia.

FISHER, K.S. & PALMER, A.F.E. 1984. Tropical maize. In P.R. Goldsworthy & N.M. Fisher, eds. The physiology of tropical field crops, p. 213-248. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.

- FOX R.H, 1989.** Soil and tissue nitrate test compared for predicting soil nitrogen availability to corn. Agron. J. 81, 971-974.
- HIGUCHI, N DOS SANTOS.J, TRIBUZI. E.S, LIMA. N.A, TEXEIRA L.M, CARNEIRO, V.M.C, PINTO A.C.M. 2005.** Nociones básicas sobre manejo forestal. INPA, Manaus – AM. 306p.
- HOLDRICH (1987),** Dirección Nacional de Innovación Académica, <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/palmira/5000134/contenido/cap9/lec2.htm>
- IPCC, 2001b.** Tercer Informe de Evaluación. Cambio climático 2001. Mitigación. Resúmenes del grupo de trabajo III. Resumen técnico. Disponible en: www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/spanish/pdf/wg3sum.pdf.
- INIA, 2008.** Selección y procesamiento de semillas de camu camu. Hoja divulgativa N°03-208. San Roque-Iquitos.
- JALEXL 2007.** Captura de carbono. BuenasTareas.com. Recuperado 04, 2010, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Captura-De-Carbono/209074.html>.
- JOKELA Y RANDALL, 1989.** Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. Agron. J. 81:720-726.
- JUGENHEIMER, 1985; KOUL Y PALIWAL, 1964; KUMAR Y SACHAN, 1991.** Corn improvement, seed production and uses. Malabar, FL, USA, Robert E. Krieger Publishing.
- LAMSFUS C, LASA B, APARICIO PM, IRIGOYEN I. 2003.** Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada. En: Reigosa MJ, Pedrol N, Sanches.
- LATTANZI FA, SCHNYDER H, THORNTON B. 2004.** The Sources of Carbon and Nitrogen. applying Leaf Growth. Assessment of the Role of Stores with Compartmental Models. Plant Physiol. 2004;137: 383-395
- MAGDOFF 1991.** Understanding the Magdoff Pre-sidedress nitrate test for corn. J. Prod. Agric. 4, 297-305
- MUCHOW, R.C. 1994.** Effect of nitrogen on yield determination in irrigated maize in tropical and subtropical environments. Field Crops Res., 38: 1-13.

- PEARSON, C.J. & HALL, A.J. 1984.** Maize and pearl millet. In C.J. Pearson, ed. Control of crop productivity, p. 141-158. New York, NY, USA, Academic Press.
- REVISTA COLOMBIANA DE QUIMICA. 1982.** Respuesta Fotosintética de algunas Variedades de Maíz, Frijol y Café. VOL. 11 No. 2.
- RIBEIRO N, SITO E AA, GUEDES BS, STAISS C. 2002.** Manual de silvicultura tropical. Universidad de Eduardo Mondlane. Facultad de Agronomía e Engenharia Florestal. Mputo. 123 pp.
- ROBERT, 1996,** Captura De Carbono En Los Suelos Para Un Mejor Manejo De La Tierra. Estudios Fao Ser.: Riego y Drenaje Series Volumen 96 of Informes sobre recursos mundiales de suelos
- RODRÍGUEZ et al. 1995.** Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras zona Tamshiyacu-Indiana. Nivel semidetallado. Documento Técnico N°02. Iquitos-Perú.
- SALVAGIOTTI, F. 2011.** Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región pampeana norte. Ciencia del Suelo 29 (2), en prensa.
- SANCHEZ, P.A. 1976.** Properties and management of soils in the tropics. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons. 618 pp.
- SINCLAIR Y HORIE, 1989.** Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. Crop Sci., 29: 90-98.
- SOIL TAXONOMY, 1975:** Clasificación de suelos FAO
- SOPLIN, R.J. 1999.** Análisis del crecimiento vegetal. Universidad nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Agronomía. Iquitos - Perú. 64p.
- STEPHENS, J. 2006.** Growing interest in carbon capture and storage (CCS) for climate change mitigation. Sustainability: Science, Practice, & Policy 2(2):4–13. Publicado online 29 de noviembre 2006. <http://ejournal.nbii.org/archives/vol2iss2/0604-016.stephens.html>
- TELLO.E.R Y FLORES.F.J, 2010.** Potencial de biomasa y carbono del bosque de la llanura aluvial del río Nanay, Perú. Conocimiento Amazónico. UNAP. Vol 1, N° 1 – Julio-Diciembre-2010:57-67.

TOTH V.R, MESZAROS I, VERES S, NAGY J. 2002. Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle pool of maize in field. J Plant Physiol.

VELÁZQUEZ A. J.F. MAS Y J. L. PALACIO 2002. Análisis del cambio de uso del suelo. Instituto de Geografía UNAM-INE, Semarnat, México. Disponible en: www.ine.gob.mx/dgoece/xid/dgioece/i_usv/.
2002;159:627-634.

WALKER, A.J. & HAY, R.K.M. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Essex, UK, Longman Scientific and Technical.

WILKES, H. G. 1985. Teosinte: the closest relative of maize revisited. Maydica, 30: 209-223.

WRI 2001. Evaluating carbon sequestration projects: A first attempt. World Resources Institute, Washington DC. Disponible en: www.wri.org.

PAGINAS WEB:

- http://es.wikipedia.org/wiki/Abono_org%C3%A1nico
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Fertilizante>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Captura_y_almacenamiento_de_carbono
- http://es.wikipedia.org/wiki/Hidratos_de_carbono
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Glucosa>
- <http://www.buenastareas.com/ensayos/Indice-De-%C3%81rea-Foliar/1362361.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/RuBisCO>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar
- http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar
- <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/factor.htm>
- <http://www.dominicanaonline.org/diccionariomedioambiente/es/definicionVer.asp?id=155>

ANEXOS

ANEXO N° 01: EFICIENCIA FOTOSINTETICA - EF - %

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	0.56	1.02	1.19	2.77	0.92
II	0.79	0.74	0.88	2.41	0.80
III	0.54	1.16	0.73	2.43	0.81
IV	0.87	0.91	0.79	2.57	0.86
TOTAL	2.76	3.83	3.59	10.18	3.39
PROME	0.69	0.96	0.90	2.55	0.85

ANEXO N° 02: EFICIENCIA FOTOSINTETICA - EF - [porcentaje arco seno]

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	4.33	5.74	6.29	16.36	5.45
II	5.10	4.93	5.38	15.41	5.14
III	4.17	6.02	4.90	15.09	5.03
IV	5.32	5.47	5.10	15.89	5.30
TOTAL	18.92	22.16	21.67	62.75	20.92
PROME	4.73	5.54	5.42	15.69	5.23

ANEXO N° 03: PESO SECO TOTAL PARTE AEREA (kg/ha)

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	3916.66	7000.00	8208.33	19124.99	6375.00
II	5416.66	5083.33	6041.66	16541.65	5513.88
III	3625.00	8000.00	5041.66	16666.66	5555.55
IV	5916.66	6291.66	5416.66	17624.98	5874.99
TOTAL	18874.98	26374.99	24708.31	69958.28	23319.43
PROME	4718.75	6593.75	6177.08	17489.57	5829.86

ANEXO N° 04: CAPTURA DE CARBONO TOTAL PARTE AEREA (50% DEL PESO SECO) Kg/ha

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	1958.33	3500.00	4104.17	9562.50	3187.50
II	2708.33	2541.67	3020.83	8270.83	2756.94
III	1812.50	4000.00	2520.83	8333.33	2777.78
IV	2958.33	3145.83	2708.33	8812.49	2937.50
TOTAL	9437.49	13187.50	12354.16	34979.14	11659.71
PROME	2359.37	3296.87	3088.54	8744.79	2914.93

ANEXO N° 05: ALTURA DE PLANTA A LOS 75 DÍAS DE SIEMBRA

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION NITROG			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	214.31	229.03	221.67	665.01	221.67
II	185.42	214.03	218.06	617.51	205.84
III	195.97	176.11	221.38	593.46	197.82
IV	210.17	202.22	149.17	561.56	187.19
TOTAL	805.87	821.39	810.28	2437.54	812.51
Prom Trata	201.47	205.35	202.57	609.39	203.13

ANEXO N° 06: AREA FOLIAR A LOS 75 DÍAS DE SIEMBRA

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION NITROG			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	433.04	449.04	473.04	1355.12	451.71
II	530.96	577.21	506.23	1614.40	538.13
III	438.19	359.50	376.18	1173.87	391.29
IV	624.06	377.92	640.83	1642.81	547.60
TOTAL	2026.25	1763.67	1996.28	5786.20	1928.73
Prom Trata	506.56	440.92	499.07	1446.55	482.18

ANEXO N° 07: PESO FRESCO TOTAL - PARTE AEREA - kg/ha

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	12916.66	18333.33	25083.33	56333.32	18777.77
II	13916.66	19416.66	22916.66	56249.98	18749.99
III	12333.33	21750.00	21750.00	55833.33	18611.11
IV	19000.00	16400.00	20250.00	55650.00	18550.00
TOTAL	58166.65	75899.99	89999.99	224066.63	74688.88
PROME	14541.66	18975.00	22500.00	56016.66	18672.22

ANEXO N° 08: PESO SECO DE MAZORCA (g)

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	1.16	1.96	2.88	6.00	2.00
II	1.4	2.22	2.56	6.18	2.06
III	1.02	2.28	2.28	5.58	1.86
IV	1.42	2.00	2.32	5.74	1.91
TOTAL	5.00	8.46	10.04	23.5	7.83
PROME	1.25	2.115	2.51	5.875	1.47

ANEXO N° 09: PESO SECO DE 100 GRANOS (g)

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	0.22	0.23	0.28	0.73	0.24
II	0.23	0.26	0.27	0.76	0.25
III	0.22	0.26	0.32	0.8	0.27
IV	0.23	0.27	0.27	0.77	0.26
TOTAL	0.9	1.02	1.14	3.06	1.02
PROME	0.225	0.255	0.285	0.765	0.255

ANEXO N° 10: LARGO DE MAZORCA

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	14.34	16.50	17.49	48.33	16.11
II	14.69	16.00	17.64	48.33	16.11
III	13.92	16.78	17.30	48.00	16
IV	14.04	16.53	17.70	48.27	16.09
TOTAL	56.99	65.81	70.13	192.93	64.31
PROME	14.25	16.45	17.53	48.23	16.08

ANEXO N° 11: DIAMETRO DE MAZORCA

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	3.81	3.87	4.17	11.85	3.95
II	3.96	4.02	3.96	11.94	3.98
III	3.84	3.87	3.81	11.52	3.84
IV	3.89	4.10	3.88	11.87	3.96
TOTAL	15.50	15.86	15.82	47.18	15.73
PROME	3.88	3.97	3.96	11.80	3.93



ANEXO N° 12: RENDIMIENTO DE GRANOS kg/ha

BLOQUES	TRATAMIENTO / FERTILIZACION			TOTAL	PROM
	(T ₀) 0 kg/ha	(T ₁) 150 kg/ha	(T ₂) 300 kg/ka		
I	3125.00	5750.00	8333.33	17208.33	5736.11
II	3833.33	6458.33	7083.33	17374.99	5791.66
III	2833.33	6541.66	6458.33	15833.32	5277.77
IV	5000.00	5708.33	6541.66	17249.99	5750.00
TOTAL	14791.66	24458.32	28416.65	67666.63	22555.54
PROME	3697.92	6114.58	7104.16	16916.66	5638.89


ANEXO N° 13. DATOS METEOROLÓGICOS REGISTRADOS DURANTE EL EXPERIMENTO EN LA FASE DE CAMPO

Meses	Temperatura (°C)			Horas de Sol	Precipit. Pluvial (mm)	Humedad Relativa (%)
	Máxima	Mínima	Promedio			
AGOSTO	32.3	20.4	26.35	138.5	235.2	89
SETIEMBRE	32.7	22.6	27.65	132.4	306.7	84
OCTUBRE	32	20.8	26.4	130.1	120.8	85.6
NOVIEMBRE	32.7	21.7	27.2	190.6	72.4	82.4
DICIEMBRE	31.6	22.8	27.2	170.2	180	82
TOTAL	161.3	108.3	134.8	761.8	915.1	423
PROMEDIO	32.26	21.66	26.96	152.36	183.02	84.6

ANEXO N° 14: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA															
		FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA															
		DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS															
		LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIGACIÓN															
		Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe										N° 003761					
ANÁLISIS DE SUELO CARACTERIZACIÓN																	
SOLICITANTE		REFORESTADORA LA MOLINA S.A.C.															
UBICACIÓN		Iquitos															
Número de muestra		CE dS/m	Análisis Mecánico				pH Relación 1:1	M.O. %	P ppm	K ppm	CaCO ₃ %	Cationes Cambiables					
Lab.	Campo		Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura						CIC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K	Al ⁺⁺⁺ +H ⁺
		Relación 1:1										Cmol(+) / Kg					
3761	C E SAN MIGUEL Prof. 30 cm.	0.33	29.68	51.30	19.02	Franco limoso	6.25	2.27	6.34	246.00	-	23.41	19.10	3.33	0.10	0.52	0.36

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
ING. ANTONIO ENCISO GUTIERREZ
JEFE DEL LABORATORIO



ELEMENTO	RESULTADOS	INTERPRETACION	MÉTODO O EXTRACTANTE
Arena (%)	29.68	Franco Arenoso	Hidrómetro de Boyoucos
Arcilla (%)	19.02		
Limo (%)	51.30		
pH	6.25	Ligeramente Acido	Potenciómetro pH (1:1)
Materia orgánica (%)	2.27	Medio	Walkley y Black
Fósforo disponible (ppm)	6.34	Bajo	Olsen Modificado
Potasio disponible (ppm)	246	Bajo	Extracción con Acetato de Amonio
CIC	23.41		Saturación con Acetato de Amonio pH 7.0
Cationes cambiables (meq/100g)			Absorción Atómica
Ca	19.10		Absorción Atómica
Mg	3.33		Absorción Atómica
K	0.52		Absorción Atómica
Na	0.10		Yuan
Al + H	0.36		

ANEXO N° 15: CROQUIS DEL EXPERIMENTO: DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CAMPO EXPERIMENTAL.

