



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS**  
**NATURALES Y DEL AMBIENTE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**TEMA:**

**RESPUESTA AGRONÓMICA DEL MAÍZ (*Zea mays L.*) INIAP-111 A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y TRES TIPOS DE LABRANZA, EN CHALONGOTO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**AUTORA:**

MIRALVA JIMENA RUMIGUANO QUILLIGANA

**DIRECTOR**

ING. AGR. CARLOS MONAR BENAVIDES. M. Sc.

**GUARANDA – ECUADOR**

**2019**

**RESPUESTA AGRONÓMICA DEL MAÍZ (*Zea mays L.*) INIAP-111 A LA  
FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y TRES TIPOS DE LABRANZA, EN  
CHALONGOTO, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR**

**REVISADO Y APROBADO POR:**

-----  
**ING. CARLOS MONAR BENAVIDES M.Sc.**  
**DIRECTOR**

-----  
**ING. DAVID SILVA GARCÍA Mg.**  
**ÁREA DE BIOMETRÍA**

-----  
**ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.**  
**ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

**CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DEL PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN**

Yo, Miralva Jimena Rumiguano Quilligana, con CI No. 0201589827, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

-----  
**MIRALVA JIMENA RUMIGUANO QUILLIGANA**

**AUTORA**

**CI: 0201589827**

-----  
**ING. CARLOS MONAR BENAVIDES M.Sc**

**DIRECTOR**

**CI: 1801358530**

-----  
**ING. SONIA FIERRO BORJA Mg.**

**ÁREA DE REDACCIÓN TÉCNICA**

**CI: 0201084712**

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por darme la vida y quien ha sido mi guía durante este proceso de estudio para lograr mis propósitos.

Dedico este trabajo de investigación a mi madre Piedad Quilligana, a mi hijo Williams, por el apoyo incondicional día tras día; por enseñarme a luchar y estar en todo momento apoyándome y ser los protagonistas de la culminación de este paso muy importante para mi vida profesional.

A mis amigos, hermanos, y a todas las personas que de una u otra manera han permanecido junto a mí por los inolvidables y buenos momentos que compartimos.

**Jimena**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi eterno agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agronómica por la formación académica – científica, lo que me permitió alcanzar mi meta y culminar mis estudios de tercer nivel.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica por los procesos de enseñanza aprendizaje, mismos que contribuyeron para culminar con esta carrera.

De manera especial al Director del Proyecto, Ing. Carlos Monar Benavides por brindarme su apoyo y conocimientos en la formación académica y en la realización de este proyecto de titulación.

De la misma manera a los Miembros del Tribunal Ing. David Silva García (Biometrista) e Ing. Sonia Fierro Borja (Área de Redacción Técnica), quienes contribuyeron en la planificación, ejecución, revisión y sistematización de esta desafiante investigación.

# ÍNDICE

Contenido	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. PROBLEMA.....	4
III. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Maíz ( <i>Zea mays L.</i> ) .....	5
3.1.1. Origen .....	5
3.1.2. Clasificación taxonómica del maíz .....	6
3.1.3. Descripción botánica.....	6
3.1.3.1. Planta.....	6
3.1.3.2. Raíz .....	6
3.1.3.3. Tallo .....	7
3.1.3.4. Hojas .....	7
3.1.3.5. Flor.....	7
3.1.3.6. Inflorescencia.....	8
3.1.3.7. Fruto .....	8
3.1.4. Ciclo vegetativo .....	8
3.2. Variedad INIAP-111 Guagal Mejorado.....	14
3.2.1. Origen .....	14
3.2.2. Zonificación .....	15
3.2.3. Composición química .....	15
3.2.4. Usos.....	16
3.2.5. Reacción a enfermedades.....	16
3.2.6. Requerimientos básicos de suelo y clima .....	16
3.2.7. Manejo agronómico del cultivo .....	17
3.3. Fertilización nitrogenada .....	17
3.3.1. Nitrógeno .....	17
3.3.2. Formas de nitrógeno en el suelo .....	21
3.3.3. Transformaciones del nitrógeno en el suelo .....	21
3.3.4. Diferencias entre el amonio y el nitrato.....	22

3.3.5.	Forma en que se encuentra los fertilizantes nitrogenados .....	22
3.3.6.	Pérdidas del nitrógeno en el suelo .....	23
3.3.7.	Formas de absorción del nitrógeno por las plantas.....	24
3.3.8.	Aspectos relevantes del nitrógeno en la planta .....	26
3.3.9.	Extracción de nutrientes por el cultivo de maíz.....	26
3.3.10.	Deficiencias y excesos del nitrógeno en la planta .....	29
3.3.11.	Antagonismo y sinergismo de nutrientes.....	30
3.4.	Tipos de labranza .....	31
3.4.1.	Labranza.....	31
3.4.2.	Labranza convencional .....	32
3.5.	Labranza mínima (no convencional) .....	35
3.6.	Labranza cero.....	35
3.6.1.	Ventajas de la labranza cero .....	36
3.6.2.	Siembra .....	36
3.6.3.	Agricultura de conservación .....	37
IV.	MARCO METODOLÓGICO.....	39
4.1.	Materiales.....	39
4.1.1.	Ubicación del experimento .....	39
4.1.2.	Situación geográfica y climática.....	39
4.1.3.	Zona de vida.....	39
4.1.4.	Material experimental .....	40
4.1.5.	Materiales de campo .....	40
4.1.6.	Materiales de oficina.....	40
4.2.	Métodos.....	40
4.2.1.	Factores en estudio.....	40
4.2.2.	Tratamientos .....	41
4.2.3.	Procedimiento .....	41
4.2.4.	Tipo de análisis .....	42
4.3.	Métodos de evaluación y datos tomados .....	43
4.4.	Manejo del experimento .....	48
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	51
5.1.	Variables agronómicas.....	51

5.2.	Análisis de correlación y regresión lineal.....	79
5.3.	Análisis económico.....	85
VI.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	88
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
7.1.	Conclusiones.....	89
7.2.	Recomendaciones .....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	92
	ANEXOS.....	97



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
No. 1. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A Chalongoto. 2018.....	51
No. 2. Resultados de la Prueba de Tendencial Polinomiales para comparar los promedios del factor B Chalongoto. 2018. ....	59
No. 3. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores AxB.....	68
No. 4. Contenido de (N) inicial y al final del ensayo en el suelo por tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.....	75
No. 5. El (CN) final en porcentaje (%) en el grano, restos vegetales y en la tusa, y rendimiento en kg/ha de maíz como efecto de la aplicación de tres dosis de (N) en kg/ha. Chalongoto. 2018.....	77
No. 6. Correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que presentaron una significancia estadística con el rendimiento (Y). Chalongoto. 2018.....	79
No. 7. Análisis económico de presupuesto parcial (AEPP). Cultivo: maíz suave en seco variedad INIAP 111. Chalongoto. 2018. ....	85
No. 8. Análisis de dominancia. ....	86
No. 9. Cálculo de la tasa marginal de retorno (TMR %). ....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenidos</b>	<b>Pág.</b>
No. 1: Secuencia morfológica de evolución de la mazorca de maíz.....	5
No. 2: Ciclo del nitrógeno.....	19
No. 3: Fijación del Nitrógeno.....	20
No. 4: Transformaciones del nitrógeno en el suelo.....	21
No. 5: Agricultura de conservación .....	38
No. 6. Promedios de días a floración femenina como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.....	54
No. 7. Promedios de altura inserción de la mazorca como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.....	55
No. 8. Promedios del número de granos por mazorca como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.....	56
No. 9. Promedios del rendimiento de maíz al 13% de humedad en kg/ha como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.....	57
No. 10. Promedios del contenido de nitrógeno al final del ensayo en kg/ha como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.....	58
No. 11. Promedios de la variable número de granos por mazorca como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018. ....	62
No. 12. Promedios de la variable rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018.....	64
No. 13. Promedio de la variable peso de cien granos secos en g como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018.....	65
No. 14. Promedios del contenido de nitrógeno en el suelo al final del ensayo como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018. ....	66
No. 15. Promedios del contenido de fósforo en el suelo al final del ensayo como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018. ....	66
No. 16. Promedios del contenido de azufre en el suelo al final del ensayo como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018. ....	67

No. 17. Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable altura de inserción de la mazorca. Chalongoto. 2018.....	70
No. 18. Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable número de granos por mazorca. Chalongoto. 2018.....	71
No. 19. Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de maíz suave al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.....	73
No. 20. Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable contenido de nitrógeno en el suelo al final del ensayo. Chalongoto. 2018.....	74
No. 21. Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable contenido de fósforo en el suelo al final del ensayo. Chalongoto. 2018.....	75
No. 22. Contenido promedio de N en kg/ha al final del ensayo como efecto de las labranzas. Chalongoto. 2018.....	76
No. 23. Rendimiento promedio de maíz suave INIAP 111 como efecto de la aplicación de tres dosis de N. Chalongoto. 2018. ....	78
No. 24. Regresión lineal número de granos por mazorca versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.....	80
No. 25. Regresión lineal peso de cien granos secos (g) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.....	81
No. 26. Regresión lineal número de semillas por kilogramo versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018. ....	81
No. 27. Regresión lineal contenido de Nitrógeno en el suelo (kg/ha) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018...82	
No. 28. Regresión lineal contenido de fósforo en el suelo (kg/ha) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018...82	
No. 29. Regresión lineal contenido de nitrógeno en el grano versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018. ....	83

- No. 30. Regresión lineal contenido de nitrógeno en la planta (restos vegetales) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.....83
- No. 31. Regresión lineal número contenido de nitrógeno en la tusa versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018...84

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenidos</b>	<b>Pág.</b>
No. 1. Ubicación del ensayo .....	98
No. 2: Base de datos.....	99
No. 3 Resultados de los análisis de suelos y foliares .....	105
No. 4. Fotografías del seguimiento y evaluación del ensayo .....	107
No. 5. Glosario de términos técnicos .....	110

## **RESUMEN Y SUMMARY**

### **RESUMEN**

El cultivo de maíz tiene relevancia global por su contribución a la seguridad y soberanía alimentaria. Es la principal fuente de energía en variados usos alimenticios y como materia prima para la cadena de valor. En la sierra del Ecuador el maíz suave es el principal componente de los sistemas de producción locales y contribuye con el 60% de los ingresos en la UPA. La provincia Bolívar es la mayor productora de maíz suave en el Ecuador con una superficie de 38 000 has. Esta investigación, se realizó en la comunidad de Chalongo del cantón Guaranda, provincia Bolívar. Los objetivos fueron: i) Medir el efecto de tres tipos de labranza y cuatro dosis de nitrógeno sobre la producción del maíz INIAP-111 y ii) Realizar el Análisis Económico de Presupuesto Parcial y Tasa Marginal de Retorno. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar: factorial en parcela dividida con tres repeticiones. El factor A correspondió a tres tipos de labranza y fueron las parcelas grandes. El factor B fueron las cuatro dosis de nitrógeno. Se evaluaron los componentes principales del rendimiento y los contenidos de nutrientes del suelo antes y al final del ensayo. Se realizaron análisis de varianza, prueba de Tukey, tendencias polinomiales, correlación, regresión y análisis económico. Existió un efecto diferente de los tipos de labranzas y las dosis de nitrógeno sobre el rendimiento. A mayor dosis de N (kg/ha), mayor fue el rendimiento. Se midieron interacciones dependientes entre los factores siendo las más eficientes la labranza reducida con 40; 80 y 120 kg/ha de N. Los componentes que incrementaron el rendimiento de maíz fueron granos por mazorca, tamaño del grano, contenido de nitrógeno en el suelo, grano, restos vegetales y en la tusa. Finalmente esta investigación permitió validar alternativas tecnológicas sostenibles para mitigar el cambio climático para los productores maiceros y por dominios de recomendación como son la agricultura de conservación a través de labranzas reducidas, remoción mínima de los restos vegetales y la rotación de cultivos con niveles de fertilización de 40, 80 y 120 kg/ha de nitrógeno.

## SUMMARY

The corn crop has global relevance for its contribution to safety and food sovereignty. Is the main source of energy in various food applications and as raw material for the corn value chain. In the Ecuador soft corn is the main component of local production systems and contributes 60% of input in the UPA. The Bolívar province is the largest producer of soft corn in Ecuador with an area of 38 000 has. This research was conducted in the community of Chalongoto of the canton Guaranda, Bolívar province. The objectives were: i) Measure the effect of three types of tillage and four doses of nitrogen on production of maize INIAP-111 and ii) To conduct economic analysis of partial budgeting and Marginal Rate of Return. A complete block design applied randomly: factorial in plot divided with three replications. Factor A corresponded to three types of tillage and the was big plots. The B factor was four doses of nitrogen. We evaluated the main components of the yields and content of nutrients from the soil before and at the end of the trial. Analysis of variance, Tukey, correlation, regression, polynomial trends and economic analysis test was performed. There was different from the types of tillage and doses of nitrogen on yield. At higher doses of N (kg / ha), higher was the yields. Are measured dependent interactions among the factors being the most efficient tillage reduced with 40; 80 and 120 kg / has of N. The components that increased maize yield were grains per ear, grain size, and nitrogen content in the soil, grain, vegetable remains and the corn cob. Ending this research allowed to validate sustainable technological alternatives for mitigating climate change to corn growers by recommendation domains producers such as conservation agriculture through reduced tillage, removal the plant remains minimal and crop rotation with levels of fertilization in 40, 80 and 120 kg / has nitrogen.

## I. INTRODUCCIÓN

Por sus características nutricionales el maíz forma parte de la dieta alimenticia diaria de las personas en todo el mundo, ya que es considerado como materia prima en la elaboración de productos procesados para el consumo del ser humano e inclusive de animales. (<https://www.produccionmundialmaiz.com/>)

La producción mundial de maíz duro en el 2016 fue de 960,73 millones de toneladas, de las cuales Estados Unidos produjo 384'778.000 TM (36,56%); China con 219'554.000 TM (21,81%); Brasil con 86'500.000 TM (8,22%), la Unión Europea con 60'309.000 TM (5,73%); Argentina con 36'500.000 TM (2,22%). En dónde se observa una producción significativamente importante para los países latinoamericanos. (<https://www.produccionmundialmaiz.com/>)

La producción mundial del maíz suave se estima en 9,76 millones de toneladas alrededor del 50% de la producción se encuentra en dos países de América del Norte: Estados Unidos 4,10 y México 0,77 millones de toneladas seguido por Nigeria, Indonesia y Hungría que en conjunto representan el 17% de la producción mundial. El restante 33% lo comparten 45 países del orbe y entre ellos están la Zona Andina. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - MAGAP. 2013)

El maíz forma parte de los sistemas de producción más importantes de consumo interno del Ecuador. Se cultivan alrededor de 500.000 has en dos épocas de siembra de las cuales cerca de 82.000 has corresponden a maíz suave en la sierra. En el 2009, el 43% fue cosechado en la Provincia de Bolívar con un rendimiento promedio de 2,5 TM/ha. (Monar, C. 2013)

En la Provincia Bolívar se cultivan anualmente 35.000 has de maíz suave harinoso tardío de tipo Guagales, de las cuales aproximadamente 25.000 has se dedican a la producción de maíz para choclo, y 10.000 has para grano seco. (Monar, C. 2002).

En la provincia Bolívar las zonas de producción de maíz suave se ubican entre los 2200 a 2950 m de altitud, en suelos con deficiencias de nitrógeno (N), fósforo (P),



y azufre (S) principalmente y que están expuestos a procesos severos de erosión causada por el agua, viento y la inducida por el hombre debido a las prácticas inadecuadas en el uso y manejo de suelos de ladera. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. 2009)

La utilización de otros cultivos como parte del sistema de rotación de las siembras de maíz en nuestra zona requiere la utilización de especies leguminosas con las que se recompensen nutrientes como el nitrógeno. (Morales, F. 2009)

Para mejorar la eficiencia del nitrógeno (N), deben realizarse buenas prácticas agrícolas (BPA), que incluyen la agricultura de conservación (AC), remoción mínima del suelo, conservación de los restos vegetales, rotación de cultivos, aplicación fraccionada del N, manejo integrado de plagas (MIP), lo que incide en una mayor eficiencia química y agronómica del N. (Monar, C. 2013)

El cultivo de conservación es el conjunto de principios de manejo ampliamente adaptado que pueden asegurar una producción agrícola más sustentable. Es un concepto más amplio que la labranza de conservación, un sistema donde al menos 30 % de la superficie del suelo está cubierta con residuos del cultivo anterior, después de la siembra del próximo cultivo, aplicables a una amplia variedad de sistemas de producción de cultivos desde condiciones con baja productividad en temporal hasta condiciones con alta productividad en riego. Sin embargo, la aplicación de los principios de la agricultura de conservación será muy diferente de un sistema de producción a otro. (Verhulst & Bram, 2015)

Actualmente y debido al cambio climático (CC), es vital validar variedades más precoces en AC y el uso adecuado del N en función del tipo de suelo y la demanda de cada variedad de maíz, lo que contribuye a mejorar la productividad del cultivo. (Monar, C. 2017).

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Medir el efecto de tres tipos de labranza sobre el rendimiento del maíz INIAP-111.
- Estudiar la respuesta de cuatro dosis de nitrógeno sobre la producción del maíz INIAP-111.
- Realizar el análisis económico de presupuesto parcial y tasa marginal de retorno (TMR).

## **II. PROBLEMA**

Debido a las quemas de los restos vegetales y el uso irracional de la maquinaria agrícola en suelos de ladera, en la provincia Bolívar, tiene como efecto un proceso acelerado de la erosión hídrica, eólica y la causada por el hombre. Se estima que en suelos de ladera, se pierden anualmente entre 5 y 10 TM de suelo/ha/año, lo que pone en serio riesgo la sostenibilidad de los sistemas de producción y por ende la seguridad y soberanía alimentaria.

Además en la zona agroecológica de Chalongoto, no se han realizado estudios de validación de nuevas variedades de maíz suave, labranzas de conservación, uso y manejo racional del nitrógeno en función de la demanda del cultivo y el tipo de suelo.

Por lo tanto la presente investigación, contribuirá a mejorar la productividad del sistema de producción de maíz suave, a través de la implementación y uso de las buenas prácticas agrícolas.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Maíz (*Zea mays L.*)

##### 3.1.1. Origen

El cultivo de maíz tuvo su origen, en América Central, ha sido parte de la alimentación de los pueblos desde las civilizaciones tan antiguas de América como los Olmecas y Teotihuacanos, hasta los Incas y Quechuas. El maíz al igual que otras 49 especies más, está ubicado en el centro - sur de México hasta la región media de Centroamérica, el primitivo Teocintle desde donde ha ido evolucionando hasta convertirse en una mazorca única por su volumen, forma y tamaño. (Serratos, J. 2012)



**Figura No. 1:** Secuencia morfológica de evolución de la mazorca de maíz.  
**Fuente:** Serratos, J. (2012)

En los tiempos prehistóricos, prehispánicos y posteriormente en el tiempo de la colonia española se dieron las primeras aproximaciones con este cultivo, lo que indica que su cultivo se proliferó a lo largo de toda América por factores de comercio, intercambio de culturas y necesidad de suplir otros productos introducidos al nuevo continente, el maíz fue parte de la dieta diaria de las personas, utilizada para forraje y emplastos medicinales. (Serratos, J. 2012)

### **3.1.2. Clasificación taxonómica del maíz**

**Reino:** Plantae

**Clase:** Magnoliophita

**Subclase:** Commelinidae

**Orden:** Poales

**Familia:** Poaceae

**Género:** *Zea*

**Especie:** *mays*

**Nombre común:** Maíz, choclo, millo

**Nombre científico (*Zea mays L.*)** (<http://es.wikipedia.org/wiki/...html>)

### **3.1.3. Descripción botánica**

#### **3.1.3.1. Planta**

Es una gramínea monocotiledónea, su ciclo de cultivo anual, de porte robusto y con tallo largo y hojas lanceoladas puntiagudas. Se siembra en los meses de noviembre o diciembre y se cosecha en agosto a septiembre dependiendo del estado de madurez fisiológica. (Ortas, L. 2008)

#### **3.1.3.2. Raíz**

La raíz seminal o principal está representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar, se origina en el embrión, suministra nutrientes a

las semillas en las primeras dos semanas. El sistema radicular de una planta es casi totalmente de tipo adventicio, puede alcanzar hasta dos metros de profundidad. Las raíces de sostén o soporte se originan en los nudos, cerca de la superficie del suelo favorece una mayor estabilidad y disminuye problemas de acame. (Rojas, M. 2014)

### **3.1.3.3. Tallo**

Es una caña redonda maciza, vertical, dividida en segmentos denominados nudos y entrenudos. Manifiesta que los primeros nudos, ubicados en la parte inferior y subterráneo del tallo, con entrenudos cortos, salen las raíces principales; en la parte inferior de los primeros entrenudos superficiales existe una zona de crecimiento, encargada de la elongación de la planta. Y que los entrenudos superiores son cilíndricos, algunos presentan un surco lateral formado por el crecimiento de la ramilla que lleva la mazorca una planta puede tener entre 8 a 14 nudos. (Calero, E. 2009)

### **3.1.3.4. Hojas**

La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. Su color usual es verde pero se pueden encontrar hojas rayadas de blanco y verde o verde púrpura. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25. (Rojas, M. 2014)

### **3.1.3.5. Flor**

El maíz es una planta monoica, es decir, que tiene flores masculinas y femeninas en la misma planta. Las flores son estigmadas o pistiladas, las flores estigmadas o masculinas están representadas por la espigas, las pistiladas o femeninas son las mazorcas. (Rojas, M. 2014)

### **3.1.3.6. Inflorescencia**

Es una espiga o panícula ubicada como terminaciones del tallo (ápice) conformada por 25-30 espiguillas. Posee numerosas flores masculinas y femeninas separadas unas de otras pero en el mismo pie, la segunda está situada en una ramificación lateral cilíndrica cubierta de falsas hojas brácteas o espatas, está conformada por un tallo central o raquis que sostiene un penacho ubicado en el ápice de la mazorca, de donde sobresale el estilo de cada flor cual si fuese una barba de color amarillo pálido y rojizo cuando ya es fecundado. La inflorescencia femenina se formará la mazorca en donde cada ovario de las flores dará origen a un grano de maíz, su ubicación, número, grosor y filas depende de la variedad y vigor en su crecimiento. (Ortas, L. 2008)

### **3.1.3.7. Fruto**

La mazorca o fruto, está formada por una parte central llamada zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varios centenares por cada mazorca. El zuro, o corazón, representa del 15 al 30% del peso de la espiga. La fecundación de las flores femeninas puede suceder mediante el polen de las panojas de la misma planta o de otras plantas, el fruto y la semilla forma un sólo cuerpo que tiene la forma de una cariósida brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina como granos y dentro del fruto que es el ovario maduro se encuentran las semillas (óvulos fecundados y maduros), la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen y pesa 0.3 gramos. (Garcés, N.1987. Citado por: Lescano, D. 2012)

## **3.1.4. Ciclo vegetativo**

### **3.1.4.1. Nacencia**

Las semillas de maíz por lo general germinan aproximadamente a los 6 a 8 días, cuando encuentran el medio adecuado en humedad, dicho proceso tiene que ver directamente con el genotipo y temperatura del medio. (Espinoza, A. et al. 2010)

### **3.1.4.2. Crecimiento**

Luego de germinado el grano de maíz, vienen las fases vegetativas, reproductiva y de llenado de grano, en dónde cada una se desarrolla gracias a la fotosíntesis que realiza. (Espinoza, A. et al. 2010)

### **3.1.4.3. Fase vegetativa**

La planta crece y desarrolla el follaje, a los 15-20 días siguientes a la nascencia, la planta debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas, que se expanden hacia los lados cuya cantidad de biomasa es controlada por la fotosíntesis y se relaciona directamente con el tamaño final de la mazorca que este a su vez es el 40 % del peso total. (Espinoza, A. et al. 2010)

### **3.1.4.4. Fase reproductiva**

Se considera como la época de floración. Por lo general las flores masculinas maduran antes que las femeninas, pero el proceso de fecundación será tardío también, por tanto serán fecundadas por otras flores masculinas, llamándose este proceso polinización cruzada o R1 en el momento en que la panoja se encuentra emitiendo polen se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se produce una sequía. La planta utiliza toda la cantidad de nutrientes que hasta ese momento lo hacía para el crecimiento de hojas lo desvía hacia la floración. (Caraballo, A. et al .2013)

### **3.1.5. Fructificación o llenado del grano**

Para la fructificación se requiere previa la fecundación de las flores femeninas, esto se produce cuando los estilos han crecido y alcanzado el tamaño necesario para llevar el polen hacia los óvulos al interior de la inflorescencia. Una vez que



ocurre dicho proceso se tornan de color rojizo y, transcurrida la tercera semana después de este proceso los óvulos en su conjunto empiezan a crecer hasta llegar a formar la mazorca a las tres semanas posteriores. (Caraballo, A. et al. 2013)

Con la fecundación de los óvulos por el polen, se inicia la fructificación, finalizada la cual los estilos de la mazorca darán a un color castaño. La mazorca toma su tamaño definitivo a la tercera semana después de la polinización, se forman los granos y dentro de ellos, el embrión; seguidamente los granos se llenan de una sustancia lechosa, rica en azúcares, que se transforma, al final de la maduración, en almidón al mes y medio de la polinización, que corresponde con el final de la octava semana, el grano alcanza su madurez fisiológica conteniendo su máximo de materia seca suele tener entonces el 33% de humedad, posteriormente, debido a las condiciones ambientales de humedad y temperatura, el grano se seca y se va aproximando a su madurez comercial. (Herrera, J. 2001)

### **3.1.6. Riego**

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de 5mm, los riegos pueden realizarse por aspersión y amanta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero si mantener una humedad constante. En la fase de crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración; durante la fase de la floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconseja riego que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. (Manual Agropecuario. 2000)

### **3.1.7. Fertilización**

El cultivo de maíz es muy exigente para su crecimiento y desarrollo del nitrógeno (urea), fósforo (superfosfato triple), potasio (muriato de potasio), azufre

(sulpomag), magnesio, calcio y entre otros, los suelos maiceros de la provincia Bolívar, debido a su mal uso y manejo, cultivos intensivos, monocultivo, son pobres en su contenido de nitrógeno y fósforo. Para realizar una fertilización adecuada es necesario el análisis químico del suelo, de acuerdo a experiencias en trabajos de investigación realizadas por el (INIAP) en la provincia Bolívar se deben poner a la siembra dos sacos de 18-46-0 al fondo del surco a chorro continuo y tapar con una capa de suelo para que no quede en contacto con la semilla de maíz; también se debe aplicar materia orgánica bien descompuesta al fondo del surco o al voleo, antes de realizar la preparación del suelo, aplicar por lo menos 50 sacos de materia orgánica por hectárea. En el aporque se debe utilizar urea en cantidades de dos a tres sacos por hectárea. (Monar, C. 2002)

#### **3.1.7.1. Forma y época de aplicación del fertilizante**

A la siembra, al fondo del hoyo o del surco colocar el fertilizante que contenga la tercera parte del N y todo el P y K; tapar con una capa de suelo de 2 a 3 cm. Para mejorar la eficiencia del N se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado en media luna o hacer un hoyo con un espeque en la parte superior de la planta en relación a la pendiente y tapar con una capa de suelo. (Alvarado, S. et al. 2011)

#### **3.1.8. Control de malezas**

La destrucción temprana se da previo al inicio de la floración, evitando de esta manera que logren producir semillas y la rotación de cultivos; indica que el control químico el tipo y dosis de herbicida que se utilice dependerá del tipo o clase de maleza, de las poblaciones de malezas presente y del estado de desarrollo del cultivo y maleza. El control mecánico se lo realiza con machete o moto guadaña. Una primera deshierba se puede realizar a los 15 días después de la siembra y otra entre 15 y 25 días si se presenta abundante crecimiento de malezas, puede ser necesario realizar una chapia ligera cuando el cultivo tenga alrededor de dos meses, para facilitar en lo posterior la cosecha. (Villavicencio, et al. 2008)

### **3.1.9. Antes de la siembra**

Para el control de malezas, 10 a 15 días antes de la siembra, aplicar herbicidas a base de Glifosato 360 en dosis de 3l/ha (200 ml en 20l de agua); utilizando una boquilla de abanico plano para lograr una aplicación uniforme. Es importante considerar que para una buena acción del herbicida, se requiere que la solución tenga un valor de pH ácido de 4.0; por lo que se recomienda aplicar una cucharadita de ácido cítrico o de jugo de tres limones para una bomba de 20 l. (Alvarado, S. et al. 2011). Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)

### **3.1.10. Después de la siembra**

Dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de malezas prevalentes, se deberá elegir una de las siguientes alternativas de control químico, utilizando herbicidas selectivos para el cultivo de maíz. (Vademécum Agrícola 2014. Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)

- **Atrazina**

Es un herbicida pre emergente y pos-emergente temprano. Aplicar con la presencia de las malezas en desarrollo temprano (1-2 hojas). Controla eficazmente malezas gramíneas anuales, al igual que otras de hoja ancha que se encuentran en el cultivo de maíz. Las dosis que se recomienda es de 2 kg/ha, aplicar con buena humedad del suelo. (Vademécum Agrícola 2014. Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)

- **2,4-D Amina**

Es un herbicida selectivo, se aplica a malezas de hasta 10 cm de altura, en una aplicación de aproximadamente 2 kg/ha de material activo. Se podría también aplicar el herbicida a partir del estado de preemergencia, interrumpiendo la aplicación hasta que el maíz alcance una altura de 15 cm. (Parsons, D. 1990)

### 3.1.11. Control manual de malezas

En el caso de no realizar el control químico de malezas en pre y post emergencia, se recomienda realizar una o dos deshierbas superficiales con azadón (rascadillo). (Alvarado, S. et al. 2011). Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)

### 3.1.12. Control fitosanitario de plagas

Las plagas predominantes en maíz son: gusano trozador (*Agrotis ipsilon.*), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y áfidos (*Macrosiphum sp.*). El control para áfidos se debe hacer en todo el cultivo; para trozador en forma dirigida a la base de las plantas y para cogollero en los cogollos de las plantas. Para su control se recomienda utilizar los insecticidas presentados en el siguiente cuadro, cuando el daño por la plaga es superior al 5%.

Insectos de la mazorca: (*Heliothis zea* y *Euxesta eluta*). Control: acefato en dosis de 40 g/l en el inicio de la floración femenina por dos aplicaciones.

Insecticidas para el control de plagas de maíz		
Nombre comercial	Nombre técnico	Dosis
Acefato	Orthene, Ortan, Trofeo	2.5 g/l de agua
Agromil	Clorpirifos	2.5 cc/l de agua

**Fuente:** (Alvarado, S. et al. 2011). Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)

### 3.1.13. Cosecha

Normalmente se demora hasta que la humedad del grano ha llegado a 20 – 25 % si las mazorcas son desgranadas directamente en el campo, la humedad debería de estar por debajo de 20 % para evitar daños. Cuanto más tiempo se demora la cosecha más humedad perderán los granos; esto puede ahorrar algo de lo que se debe gastar para secar las semillas a un nivel de seguridad. (Mendieta, M. 2009)

### **3.1.14. Maduración y secado**

El proceso de maduración del grano de maíz se produce después de la polinización, deberán pasar aproximadamente ocho semanas para que el penacho que aparece en el extremo superior de la mazorca se vuelve marrón y los granos han alcanzado su madurez fisiológica con un 37 a 38 % de humedad. Pero para que pueda estar listo para ser cosechado debe poseer el 28% aproximadamente sin que disminuyan a los 15 o menos %, ya que corre el riesgo de romperse, achicarse o pulverizarse en la manipulación de la cosecha. (Caraballo, et al 2013)

### **3.1.15. Almacenamiento**

Las evaluaciones hechas por el Proyecto Regional de Reducción de Pérdidas Postcosecha en diferentes zonas, muestran que se pierde alrededor del 10% del grano almacenado en la troja tradicional. Un mal almacenamiento del grano provoca pérdida de peso, calidad, capacidad alimentaria y consecuentemente reducción de ingresos. Estas razones son reales por lo que hay necesidad de familiarizarse con el secado y almacenamiento del grano, especialmente cuando se trata de pequeños productores que producen para subsistencia, aunque no menos importante es para el mediano y grande productor que almacena su maíz para venderlo después de un tiempo. (Aldrich, S. y Leng, M. 2000. Citado por: Lescano, D. 2012)

## **3.2. Variedad INIAP-111 Guagal Mejorado**

### **3.2.1. Origen**

Fue desarrollada con la participación de técnicos y agricultores y se caracteriza por ser tardía, de porte bajo (en comparación a las variedades que poseen los agricultores), con resistencia al acame, así como de buen rendimiento y calidad de grano para choclo y seco. Se adapta a altitudes entre los 2.400 a 2.800 msnm., y fue formada con base a variedades locales colectadas en casi toda la provincia de Bolívar en 1989 y 1993, las variedades que presentaron buenas características

agronómicas y de calidad de grano, tanto en choclo como en grano seco durante dos ciclos de cultivo (1993 - 1995), se cruzaron entre ellas para formar la población guagal, la cual se seleccionó durante tres ciclos en tres localidades. (INIAP, 2003. Citado por: Rivadeneira, M. 2012)

### **3.2.2. Zonificación**

Esta variedad se cultiva en la provincia de Bolívar en altitudes comprendidas entre los 2.400 a 2.800 msnm. (INIAP, 2003)

### **3.2.3. Composición química**

Por su color blanco característico, el maíz presume de sustancias químicas beneficiosas para el hombre. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO. 2017)

El grano de maíz está compuesto altamente por una cubierta seminal o pericarpio con un alto contenido del 87% de fibra cruda, misma que contiene hemicelulosa 67%, celulosa 23% y lignina 0,1%; el endospermo por su parte contiene el 87% de almidón, 8% de proteínas y grasas crudas valores relativamente bajos. El germen por su parte es la parte del grano donde más se alojan las grasas crudas 33% y el 20% de proteínas, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 1 y 8% del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6%, respectivamente. Esta parte del grano le dan a éste las cualidades nutricionales ideales para que se convierta en una fuente natural de proteína y vitaminas necesaria para una alimentación balanceada. (Gear, J. 2006)

La digestibilidad del maíz basada en la relación entre el nitrógeno absorbido y el ingerido es inferior a las existentes en las proteínas animales como carne, leche, huevo, etc., en donde se promedia en un 95%, por tanto es 89% más fácil digerirlo en función de su composición; por otro lado el valor biológico del grano está relacionado con la capacidad de las proteínas de reemplazar el nitrógeno en el organismo para el mantenimiento y crecimiento. (Gear, J. 2006)

### 3.2.3.1. Análisis nutricional del grano de maíz

Contenido en 100 g de parte comestible.

Componente	Maíz amarillo	Maíz blanco	Choclo
Calorías	317	32	136,0
H <sub>2</sub> O (g)	16,6	15,2	64,2
Proteína (g)	8,3	7,6	4,7
Grasa (g)	3,2	3,8	1,2
Carbohidratos (g)	68,9	71,2	27,8
Fibra (g)	1,6	1,9	14,2
Ceniza (%)	1,4	1,3	0,9
Calcio (mg)	9,0	7	12,0
Fósforo (mg)	280	310	120,0
Hierro (mg)	2,1	2,1	0,8

**Fuente:** (Sánchez, H. y Sevilla, R. 1995. Citado por: Lescano, D. y Claudio, H. 2012)

### 3.2.4. Usos

Esta variedad es muy apetecida en la alimentación humana en estado fresco (choclo), y en grano seco es apreciada para la elaboración de tostado, mote, chicha, humitas, tortillas, harina, etc. (INIAP. 2003)

### 3.2.5. Reacción a enfermedades

Esta variedad es tolerante a la enfermedad “Roya” causada por el hongo (*Puccinia sp*). Asimismo es tolerante a la “pudrición de la mazorca” causada por el hongo (*Fusarium moniliforme*). (INIAP. 2003)

### 3.2.6. Requerimientos básicos de suelo y clima

#### 3.2.6.1. Preparación del terreno

Se usan varios métodos entre ellos presenta ventajas y desventajas dependiendo de las condiciones de trabajo y del operador. Los dos objetivos principales al

preparar el suelo para el maíz son: proporcionar condiciones óptimas para la germinación, emergencia, crecimiento de la plántula y favorecer la absorción de agua, reduciendo con ello la erosión y aumentando la cantidad de agua disponible en el suelo para el crecimiento de la planta. (Parker, R. 2000. Citado por: Silva, R. 2004)

Para la sierra ecuatoriana donde se cultiva el maíz suave las condiciones climáticas relativas son: temperatura promedio 14.5 °C; precipitación promedio 950 mm; altitud de 2.000 a 3.000 msnm. (Monar, C. 2013)

### **3.2.7. Manejo agronómico del cultivo**

#### **3.2.7.1. Época de siembra**

En nuestra provincia con la variedad INIAP-111 Guagal Mejorado y dependiendo de la zona agroecológica, la época de siembra se inicia en noviembre y puede extenderse hasta el mes de marzo, de acuerdo a las zonas agroecológicas de los cantones: Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes. (Monar, C. 2000. Citado por: Rivadeneira, M. 2012)

En climas templados se siembran después de las heladas, en climas semiáridos, se siembran al inicio de la estación de lluvias. En ambos casos se debe esperar que la temperatura del suelo alcance 10°C. (Centro Internacional de Mejoramiento de Trigo y Conservación. (CIMMYT. 2002. Citado por: Rivadeneira, M. 2012)

### **3.3. Fertilización nitrogenada**

#### **3.3.1. Nitrógeno**

El nitrógeno se lo encuentra en la naturaleza, pero su importancia en el cultivo de maíz como macronutriente radica en su participación directa de síntesis de proteínas y metabolismo de la planta para la producción de masa, crecimiento y



expansión foliar, mientras que su deficiencia reduce la captación de la radiación fotosintética y se evidencia en clorosis en las hojas viejas.

(<http://www.fertilizando.com/articulos/...html>)

El cultivo de maíz requiere entre 20 – 25 kg/ha de nitrógeno por cada tonelada de grano producido, mismo que debe ser tomado de sustancias como:

- Nitratos ( $\text{N-NO}_3^+$ ) en la siembra.
- Nitrógeno (N) mineralizado en la materia orgánica humificada durante el ciclo del cultivo, la humedad, temperatura y tipo de suelo.

(<http://www.fertilizando.com/articulos%...html>)

La utilización del nitrógeno en forma de amoníaco provoca la volatilización de éstos en suelos con pH elevados o alcalinos que se pierden en forma de gas, a esto se acompaña una temperatura mayor a  $15\text{ }^\circ\text{C}$  –  $18^\circ\text{C}$ , dosis menores de N, aplicaciones en períodos de lluvias intensos, produce un detrimento en los porcentajes en el suelo. La lixiviación de nitratos como consecuencia del lavado por el agua de percolación del suelo se genera a consecuencia de lluvias intensas o del riego, más aún si el suelo es arenoso y el nivel de permeabilidad permite dicho lavado. La desnitrificación es peligrosa cuando el cultivo se expone a condiciones de excesos hídricos o de lluvias intensas prolongadas en dónde la humedad del suelo alcanza y supera valores mayores al 60% de capacidad de campo, generando anaerobiosis que reducen los nitratos a óxidos de nitrógeno y en ciertas ocasiones a nitrógeno molecular  $\text{N}_2$ .

(<http://www.fertil.com/articulos...html>)

### **3.3.1.1. Ciclo del nitrógeno**

El nitrógeno es esencial para la vida; es un elemento biogénico, forma parte de las proteínas, principales componentes de la celulosa la fuente natural de nitrógeno es la atmósfera, pero los seres vivos no lo asimilan directamente; para que lo incorporen es necesaria una serie de pasos que en conjunto constituyen el

ciclo biológico del nitrógeno. (Álvarez, A. 2000. Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)

El nitrógeno se encuentra libre en la atmósfera, en forma de gas  $N_2$ . Por las descargas eléctricas, durante las tormentas, el nitrógeno se une con el oxígeno y forma  $NO_2$  (nitrito) y  $NO_3$  (nitrato) que son arrastrados al suelo por la lluvia. (Álvarez, A. 2000. Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)

- Las bacterias nitrificantes toman directamente el nitrógeno atmosférico y lo convierten en amoníaco  $NH_3$ . Sobre el amoníaco actúan las bacterias nitrosomas que lo convierten en nitrito,  $NO_2$ , sobre el nitrito actúan las bacterias Nitrobacter que lo convierten en nitrato  $NO_3$  que se fija en el suelo.
- Las plantas absorben del suelo los nitratos disueltos en el agua y con la fotosíntesis utilizan el nitrógeno para elaborar proteínas y clorofila.
- Los herbívoros, con la digestión, transforman las proteínas vegetales en proteínas animales.
- Sobre los restos animales y vegetales, actúan las bacterias desnitrificantes que liberan el nitrógeno  $N_2$  a la atmósfera.
- Parte del nitrógeno liberado por las bacterias desnitrificantes se convierte en amoníaco  $NH_3$ , que puede permanecer en el suelo o puede ir a la atmósfera, cerrándose el ciclo. (Álvarez, A. 2000. Citado por: Guastay, L. y Pérez, D. 2015)



**Figura No. 2:** Ciclo del nitrógeno.  
**Fuente:** (Álvarez, A. 2000)

### 3.3.1.2. Fijación del nitrógeno

Es necesario apuntar que la fijación de nitrógeno es un proceso que consume mucha energía, y que los fijadores simbióticos de nitrógeno obtienen esta energía del cultivo al que están asociados, lo que en un principio provoca algunas pérdidas en la producción vegetal. Además parece que los organismos no simbióticos pueden funcionar eficazmente a temperaturas altas del suelo, pero salvo el (*Azotobáctér spp.*) no son eficaces en condiciones templadas. Muchos suelos, en especial los suelos ácidos, no poseen poblaciones activas de estas bacterias y se ha determinado ampliamente que la inoculación bacteriana puede aumentar los rendimientos. (FAO, 2010. Citado por: Rivadeneira, M. 2012)

Uno de los compuestos, el nitrato, la forma más usual tomada por la planta, es clave en su nutrición y puede hallarse en el suelo derivado del contenido mineral del mismo, de aquel que se pueda incorporar de la atmósfera o de la biotransformación de las moléculas orgánicas que lo contienen formando parte de los restos vegetales y animales que allí llegan o de los propios microorganismos que lo habitan. La desnitrificación, o reducción del nitrato hasta nitrógeno molecular o de nitrógeno  $N_2$ , es una actividad microbiana importante, cuantitativamente considerada y por su efecto contaminante del ambiente. Las pérdidas de nitrógeno asimilable que esta actividad con lleva son compensadas por la llamada fijación de nitrógeno, que se entiende como la oxidación o reducción de este elemento para dar óxidos o amonio.

(<https://www2.eez.csic.es/olivares/ciencia/...html>)

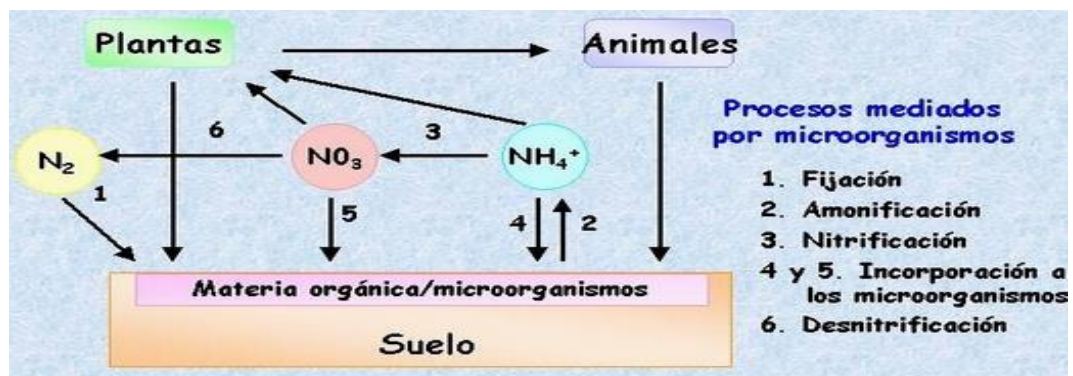


Figura No. 3: Fijación del Nitrógeno.

Fuente: (Olivares, J. 2008)

### 3.3.2. Formas de nitrógeno en el suelo

La principal fuente de nitrógeno en la naturaleza es el aire, luego está la fertilización con materia orgánica y en la atmósfera del suelo, incorporándose en forma de nitrógeno amoniacal, nitratos ( $NO_3^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ).

- **Nitrógeno orgánico:** Se lo encuentra en materia orgánica de cuya descomposición se obtiene el 90 – 95% de nitrógeno que no es asimilado directamente, por lo que debe pasar por la etapa de mineralización en nitrógeno inorgánico para que las plantas puedan absorber. (<http://www.agroes.es/agricultura/abonos...html>)
- **Nitrógeno amoniacal:** Se lo conoce como un componente transitorio en el agua, que se obtiene como producto natural de descomposición de organismos nitrogenados. (<http://roble.pntic.mec.es/~mbedmar/iesao/...html>)
- **Nitratos ( $NO_3^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ):** Se fija en las redes cristalinas de ciertas arcillas del suelo, no se combina fácilmente por la reacción de cationes que se expanden en ellas y se liberan en el suelo. (<http://www.agroes.es/agricultura/abonos/...html>)

### 3.3.3. Transformaciones del nitrógeno en el suelo



**Figura No. 4:** Transformaciones del nitrógeno en el suelo  
**Fuente:** <http://m.monografias.com/trabajos82/nitrógeno...html>

### 3.3.4. Diferencias entre el amonio y el nitrato

#### Amonio ( $NO_4^+$ )

Es un elemento poco móvil en el suelo y es retenido fácilmente por las arcillas en forma de amoniaco.

- Las pérdidas se producen por volatilización cuando el amonio ( $NO_4^+$ ) se transforman en amoniaco ( $NH_3$ ).
- La volatilización ocurre en suelos alcalinos, calcáreos o cuando es aplicado en la superficie del suelo sin ser incorporado a las capas profundas.

#### Nitrato ( $NO_3^-$ )

- El nitrato es muy soluble y móvil en la solución del suelo.
- Por ser soluble y muy móvil tiende a perderse por lavado.
- La desnitrificación ocurre en suelos inundados o con poco drenaje y/o un pH ácido.

(<http://m.monografias.com/trabajos82/nitrógeno-fertilizantes...html>)

### 3.3.5. Forma en que se encuentra los fertilizantes nitrogenados

- **Fertilizantes orgánicos:** Nitrógeno orgánico en forma de materia orgánica (no aprovechable inmediatamente por las plantas).
- **Fertilizantes inorgánicos:** En forma de ( $NO_4^+$ ) y ( $NO_3^-$ ).

Fertilizante inorgánico	Formas que se encuentra el nitrógeno	Característica
Urea	Aminas que se encuentran en $NH_4^+$	Fertilizante más concentrado, con 46% de N en forma de amídica.

Sulfato de amonio	$NH_4^+$	Producto bastante soluble (730 g/l a 20°C), con un 10 % de N en forma amoniacal y un 23% de S como sulfatos.
Fosfato de amonio	$NO_4^+$	
Nitrato de calcio	$NO_3^-$	Altamente soluble (1220 g/l a 20°C), contiene un 15,5% de N, el 100% nítrico como forma preferencial de absorción.
Nitrato de amonio	$NO_3^- + NO_4^+$	Contiene un 34,5% de N, la mitad en forma de amonio y la otra mitad en forma de nítrica.
Nitrofoska	$NO_3^- + NO_4^+$	

Fuente: (Ruiz, R. 2009)

### 3.3.6. Pérdidas del nitrógeno en el suelo

#### 3.3.6.1. Desnitrificación

Este proceso es poco relevante en maíz. Se presenta en condiciones de excesos hídricos prolongados en el suelo que genera anaerobiosis que promueven la reducción de los nitratos a óxidos de nitrógeno y en casos extremos a nitrógeno molecular ( $N_2$ ). Este mecanismo de pérdida se presenta cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo.

(<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilización...html>)

#### 3.3.6.2. Volatilización del amoniac

Esta pérdida se genera en aplicaciones de urea o fertilizantes que contengan urea en su composición o aplicaciones de fertilizantes amoniacales en suelos con pH elevados. Cuando la urea se hidroliza en el suelo, se incrementa el pH alrededor

de los gránulos del fertilizante alcanzando pH de 8.5 desplazando el equilibrio del amonio hacia el amoniaco, que se pierde como gas.

(<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilización...html>)

#### **3.3.6.3. Lixiviación de los nitratos**

Los nitratos son muy solubles en el agua y no son retenidos por el suelo, por lo que un exceso de agua puede arrastrarlo hacia el subsuelo contaminando acuíferos. Los suelos ricos en arcilla presentan una menor lixiviación, al tener mayor capacidad de retención que los suelos arenosos.

(<http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas...html>)

#### **3.3.6.4. Retención del nitrógeno iónico en el suelo**

El ion amonio  $NO_4^+$  puede ser retenido por el complejo de cambio y no estar disponible para los cultivos. Depende de la capacidad de intercambio catiónico que es la capacidad que tiene un suelo para retener iones positivos, gracias a su composición en arcillas y materia orgánica.

(<http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas...html>)

#### **3.3.6.5. Extracción por las cosechas**

En función del tipo de cultivo, su rendimiento podemos encontrar; extracciones de 50 kg/ha a 150 kg/ha en una campaña. Para ello es necesario conocer el coeficiente de extracción de cada cultivo.

(<http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas...html>)

#### **3.3.7. Formas de absorción del nitrógeno por las plantas**

Las formas de absorción del nitrógeno son el nitrato  $NO_3^-$  y el amonio ( $NO_4^+$ ) existe también la posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico  $N_2$ , en la simbiosis entre leguminosas y bacterias tipo (*Rhizobium*). La disponibilidad de nitrógeno en

el suelo para ser tomado por la planta, es difícil de determinar debido a distintos factores como pueden ser:

**Para el nitrato ( $NO_3^-$ ):**

- La desnitrificación hasta formas gaseosas de N.
- La inmovilización microbiana y la lixiviación de nitratos.

**Para el amonio ( $NO_4^+$ ):**

- Su volatilización como amoníaco.
- Su absorción en el coloide arcilloso húmico del suelo.
- La nitrificación.

Además, la mayor parte del N en el suelo se encuentra en la fracción de N orgánico, no accesible para la planta, la disponibilidad del N orgánico se caracteriza por diferentes procesos como la mineralización, debida a la actividad de microorganismos, y como la desnitrificación y la lixiviación.

La absorción de nitrato por la raíz de la planta se caracteriza por:

- Es la especie de N preferido por los cultivos.
- Es una absorción activa necesita (ATP) (Adenosina Tri Fosfato) y un transportador.
- A baja temperatura la absorción se inhibe.
- Se absorbe mejor a pH ligeramente ácido.

La absorción radicular de amonio se caracteriza por:

- La absorción es un proceso aparentemente pasivo. La temperatura apenas afecta la absorción.
- Se absorbe mejor a pH alcalino, si bien la absorción del amonio acidifica el medio externo.
- Puede llegar a ser tóxico, al estar presente el amoniaco.

(<http://www.uam.es/docencia/museovir...html>)



### **3.3.8. Aspectos relevantes del nitrógeno en la planta**

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

La distribución del nitrógeno en la planta:

- 90% en compuestos de elevado peso molecular.
- 10% en compuestos orgánicos de bajo peso molecular y compuestos inorgánicos.
- Presenta una gran movilidad en la planta.

En cuanto a funciones, de forma resumida el N está involucrado en las siguientes:

- Forma parte de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- Necesario en síntesis de clorofila. Forma parte de ella.
- Componente de vitaminas.
- Componentes de derivados de azúcares, celulosa, almidón y lípidos.
- Forma parte de coenzimas y enzimas.
- Alarga las fases del ciclo del cultivo.
- Favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento.

(<http://www.uam.es/docencia/museovir/...html>)

### **3.3.9. Extracción de nutrientes por el cultivo de maíz.**

Todas las plantas requieren una serie de nutrientes que los obtienen del medio que las rodea y se clasifican en no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno) y minerales. En el caso de los minerales se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio), secundarios (calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes (boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc); todos son importantes y deben mantener un equilibrio para el óptimo desarrollo de los vegetales; se podría decir que el N, P y K son los elementos que más se toman en cuenta ya que éstos son absorbidos en mayor cantidad por las plantas; es menos probable encontrar deficiencias en los minerales secundarios y micronutrientes. (Trujillo, J. 2002)

Para los cultivos el nitrógeno es el encargado del crecimiento y producción de las semillas y los frutos, es una parte fundamental de la estructura molecular de la clorofila, siendo imprescindible para realizar la fotosíntesis, ayuda a absorber el agua y otros nutrientes en las raíces, a pesar de que unas tres cuartas partes del aire que los humanos respiramos está formado por nitrógeno, las plantas solo pueden absorberlo desde el suelo, a excepción de algunas especies, que pueden tomarlo de la atmósfera y, luego, fijarlo en el suelo. (<http://jardinplantas.com/la-importancia...html>)

### **3.3.9.1. Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz**

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento de maíz, éste macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reduce la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillento) de las hojas más viejas.

(<http://webcache.googleusercontent.com/search?...html>)

Para suplir las necesidades de nitrógeno del maíz, se requiere de un máximo de 28-30 kg de nitrógeno (N), 10-12 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ), y 23-25 kg de potasio ( $K_2O$ ), por cada 1.000 kg de grano producido; adicionalmente, hay un consumo significativo de calcio, magnesio y azufre. Hay que destacar el hecho de que una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo. Esto hace que existan importantes diferencias entre la extracción total de nutrientes y la exportación. Estas diferencias son particularmente importantes en el potasio, en el que sólo una pequeña parte va destinada al grano que se cosecha, y en los microelementos. (<https://boletinagrario.com/f783,requerimientos...html>)

Aunque la extracción comienza tras la emergencia, la extracción más fuerte de nutrientes se produce a partir de las 4-5 semanas (estado 8 hojas), en que se inicia el crecimiento vegetativo más intenso. La absorción de estos va adelantada respecto a la generación de materia seca. Esto ocurre especialmente en el potasio, cuya absorción prácticamente termina poco después de la floración en torno al 47% de todo el nitrógeno se extrae entre los 15 días anteriores y los 15 posteriores a la floración. El maíz puede asimilar nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal, éste último incluso de forma más rápida que el primero. La forma amoniacal presenta la ventaja de ser retenida en el suelo, pero puede presentar el inconveniente de que bajo esa forma puede competir en la absorción con otros nutrientes como calcio, magnesio o potasio.

(<https://boletinagrario.com/f783,requerimientos...html>)

La oferta de nitrógeno para cubrir las necesidades nitrogenadas proviene de varios componentes:

- N de nitratos disponible a la siembra ( $N-NH_3^-$ ) disponibles de 0-60 cm).
- Nitrógeno mineralizado de la materia orgánica humificada: la cantidad de nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo varía según la temperatura, humedad y tipo de suelo. A modo orientativo, se puede considerar alrededor del 2,5% de (Nt) (nitrógeno total del suelo) determinado en el estrato de 0-30 cm.
- Nitrógeno del fertilizante: en el caso de que el nitrógeno inicial medido por análisis de suelos a la siembra (nitratos) y el nitrógeno mineralizado desde la materia orgánica humificada sean inferiores al requerido por el cultivo se deberá fertilizar la diferencia para mantener el balance en equilibrio (oferta de nitrógeno=demanda de nitrógeno). La cantidad de fertilizante inferida a partir de este procedimiento denominado “criterio de balance” deberá ser ajustado por la eficiencia de fertilización. La magnitud de la misma depende del tipo de fertilizante y del manejo del mismo. El manejo del fertilizante debería contemplar que pérdidas de nitrógeno se puede presentar y diseñar la estrategia fertilización que minimice la incidencia global de la misma.

(<http://www.fertilizando.com/articulos...html>)

### 3.3.10. Deficiencias y excesos del nitrógeno en la planta

- **Síntomas de deficiencia del nitrógeno**

Cuando la planta muestra una deficiencia de nitrógeno, esta tiene un color que va de verde claro a verde amarillento. En las hojas más viejas se observa un amarillamiento que empieza en la punta de las hojas y se expande a lo largo de la nervadura. Se inhibe el crecimiento de los brotes y raíces, mientras el tamaño de las plantas permanece reducido. El suministro de nitrógeno depende de la densidad del cultivo y del contenido de N en el suelo. Es útil una dosis dividida de N a fin de minimizar el lavado de N. Esto es importante en los suelos ligeros y arenosos ya que estos son considerados “con riesgo de lavado de nutrientes”. (<http://www.kaligmbh.com/eses/fertiliser/advisory...html>)

- **Síntomas de exceso del nitrógeno**

La dinámica de acumulación y re movilización de N en la planta se ve reflejada en el índice de cosecha de este nutriente (N en grano/N en biomasa aérea), presentando valores que oscilan entre 0,59 y 0,69 de acuerdo a la relación fuente-destino y al híbrido considerado. Por lo tanto, entre el 31 y 41% del N acumulado en la biomasa aérea permanece en el rastrojo y en planteos agrícolas, es devuelto al suelo. La concentración de N en la biomasa aérea o en las hojas, tallos o granos es un elemento diagnóstico de las necesidades de fertilización, que según el momento del ciclo en que se encuentre el cultivo se puede decidir las necesidades de fertilización durante la estación de crecimiento o bien evaluar la cosecha si hubo deficiencias o excesos de N con el objetivo de replantear la fertilización para el próximo ciclo de crecimiento. (Morgan, S. y Echeverría, H. 2000)

Entre algunas características generales del exceso de nitrógeno en las plantas están:

- Exceso de follaje con un rendimiento pobre en frutos.
- Desarrollo radicular mínimo frente al desarrollo foliar.
- Retraso en la floración y formación de semillas.

(Morgan, S. y Echeverría, H. 2000)

### 3.3.11. Antagonismo y sinergismo de nutrientes

- **Antagonismo**

A menudo, los síntomas de deficiencia de nutrientes son el resultado de interacciones entre los nutrientes. Un exceso de un nutriente puede causar la deficiencia de otro. Esto es debido a que algunos nutrientes tienen mecanismos similares de absorción. Por ejemplo, el exceso de K puede interferir con la absorción de Mg y el exceso de metales como el Mn o Zn pueden inducir deficiencia de Fe.

(<http://www.smart-fertilizer.com/artículos...html>)

<b>Mineral en exceso</b>	<b>Interacción negativa/deficiencia</b>
N	Cu, Mo, B, K, S
P	N, Mg, Cu, Zn
K	N, Ca, Mg, Cu, Zn
Ca	K, Mg, B, Mo, S, Cu
Mg	Ca, K, B, Cu, S, P
Mn	Mo, Fe, S
Fe	Mn, Mo, B, P, S
Zn	Mn, Fe, P, Cu
Cu	Mn, K, P, Fe, Zn
Mo	Cu
Na: No es un nutriente, pero su presencia causa antagonismo con K, Mg, Ca.	
Al: Es antagónico al P principalmente	

**Fuente:** <http://www.bioagrolat.com/Paginas/...html>

- **Sinergismo**

Se puede definir como la acción excitante que produce un elemento “A” sobre la absorción de otro “B”, contribuyendo ambos a favorecer el desarrollo de la planta.

El NO<sub>3</sub><sup>-</sup> contribuye con la absorción de: Ca, Mg, K, Mo.

El NH<sub>4</sub><sup>+</sup> contribuye con la absorción de: Mn, P, S, Cl.

El P contribuye con la absorción de: Mo.

El K contribuye con la absorción de: Mn (en suelos ácidos).

El Ca contribuye con la absorción de: Mn (en suelos básicos).

El Mg contribuye con la absorción de: Mo.  
(<http://www.arcuma.com/dr.cannabis/547...html>)

### **3.4. Tipos de labranza**

#### **3.4.1. Labranza**

Labranza es toda acción mecánica que altera la estructura del suelo y que se realiza con el objetivo de establecer condiciones adecuadas para la siembra, germinación de semillas y el desarrollo de raíces y plantas cultivadas. (Novelo, G. 2000)

Los tipos de labranza se limitan a cuatro:

- Labranza convencional la cual se basa exclusivamente en la utilización del arado de vertedera como implemento de labranza primaria e incluye el uso de discos, rastra y otras labores del cultivo.
- Labranza reducida en muchos lugares viene hacer el cambio del arado de vertedera por el de los cinceles manteniendo las labores de labranza secundaria.
- Labranza mínima que comprende apenas el uso de una rastra de disco antes de sembrar.
- Labranza cero que únicamente consiste es rosear y sembrar indicando además que cada sistema tiene sus ventajas y desventajas, los factores que afectan las labores de labranza pueden ser muy variadas por esta razón es muy difícil la selección del mejor sistema, los factores a tomarse en cuenta serian el tipo de condiciones del suelo topografía, plagas, locales, secuencias de labores y especialmente costos. (Monar, C. 2015)

Cuando ejercemos una labranza agresiva sobre el suelo incorporamos los rastros y agilizamos su descomposición y la mineralización de la materia orgánica con la consecuente liberación de nitrógeno otros nutrientes importantes y también de

dióxido de carbono, que es uno de los gases responsables del efecto invernadero. (Darwich N. s/f. Citado por: Yáñez, B. 2007)

### **3.4.2. Labranza convencional**

Hay productores que practican varias modalidades de preparación de suelo de acuerdo al terreno, oportunidad financiera y disponibilidad de maquinaria y equipo. (Darwich N. s/f. Citado por: Yáñez, B. 2007)

#### **3.4.2.1. Ventajas y desventajas**

- Controla muy bien las malezas, menor costo de herbicidas
- Permite el control de enfermedades e insectos al enterrar los rastrojos de cultivos.
- Facilita la incorporación de fertilizantes, cal, pesticidas y herbicidas pre-siembra.
- Facilita el aflojamiento del perfil, de capas compactadas y costras.

(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. 2000)

#### **3.4.2.2. Desventajas**

- Los suelos quedan desnudos, susceptibles al encostramiento, erosión hídrica y eólica.
- Requieren muchos equipos para las diferentes operaciones; a menudo se utilizan tractores pesados y grandes que aumentan la compactación, además de un mayor consumo de combustible.
- El alto número de labranzas resulta en la pérdida de humedad; aunque al comienzo de las labranzas el suelo tuviera un contenido de humedad apropiado para la germinación, al terminar la preparación de la cama de siembra podría estar demasiado seco para poder sembrar; entonces hay que

esperar otra lluvia, por tanto es menos flexible cuando la época de siembra está perjudicada por el clima.

- El subsuelo puede eventualmente llegar a la superficie, lo cual a su vez, si las características físicas y químicas del subsuelo no fueran favorables, podría provocar problemas de germinación y del crecimiento inicial del cultivo. (FAO. 2000)

#### **3.4.2.2.1. Selección y preparación de suelos**

- **Selección**

Los peores suelos para el maíz son los excesivamente pesados (arcillosos) y los muy sueltos (arenosos). Los primeros, por su facilidad para inundarse y los segundos por su propensión a secarse excesivamente. En regiones de clima frío y con fuertes precipitaciones, los suelos relativamente ligeros son preferibles por su facilidad para drenar y alta capacidad para conservar el calor en lugares de escasas precipitaciones, los suelos de textura relativamente pesada (arcillosos) dotados de alta capacidad relativa para retener el agua, son los más convenientes. En general los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua. (Pitty, A. 2002. Citado por: Yáñez, B. 2007)

- **Preparación**

Es el paso previo a la siembra, se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra, en las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas. (<http://www.infoagro.com/...html>)

Preparar el suelo con un pase de arado, rastrada y surcada parece ser lo más habitual. En zonas donde se siembra con labranza reducida, rozar el terreno y



luego de las primeras lluvias aplicar herbicidas y proceder a la siembra. (INIAP, 2010. Citado por: Quispe, B. 2010)

Indica que la preparación del terreno requiere de las siguientes labores para obtener mejores rendimientos:

- **Arada o roturación**

La aradura se efectúa a una profundidad de 20 a 25 cm, con un ancho de corte de 28 a 30 cm ésta operación de labranza primaria se realiza con anticipación o si los suelos son pesados, o en regiones en donde la estación de lluvias preceda al periodo de cultivo. Para el cultivo de maíz se recomienda una aradura que deje la tierra algo gruesa. (Maíz, Editorial Trillas.2001. Citado por: Silva, D. 2004)

- **Cruza**

La misma labor pero en sentido contrario. (Maíz, Editorial Trillas. 2001. Citado por: Silva, D. 2004)

- **Rastrada**

Con respecto a la preparación de la cama de siembra, se pasa con una rastra de discos a una profundidad de 8 hasta 10cm, con el objeto de desmenuzar los terrones y asentar la tierra. Luego, se pasa con una rastra de dientes a una profundidad de 5 hasta 8cm, para formar una capa más fina y asegurar una buena germinación de las semillas. (Maíz, Editorial Trillas. 2001. Citado por: Silva, D. 2004)

- **Surcada**

Debe realizarse en el sentido contrario a la pendiente, para evitar el arrastre de la tierra por el agua a una distancia entre surcos de 80cm. (Palacios, L. 1990 y Galarza, M.1990). Citado por: Yáñez, B. 2007)

La variedad Guagal mejorado INIAP-111 se recomienda surcar cada 0.90cm. (Monar, C. 2002. Citado por: Yáñez, B. 2007)

### **3.5. Labranza mínima (no convencional)**

Se recomienda en aquellas regiones en donde la precipitación es baja o con mala distribución y en aquellos lugares donde no es posible utilizar maquinaria. La forma más rentable consiste en hacer una chapia y luego aplicar gramoxone (2 l/ha) más gesaprin 80 (1,5 kg/ha) antes que el cultivo emerja. (Lafitte, H. 2002. Citado por: Yáñez, B. 2007)

#### **5.5.1 Ventajas labranza mínima:**

- Rendimientos más altos.
- Costos de producción reducidos.
- Mejor retención del agua.
- Menor erosión. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT, 2017)

Baja compactación al no permitir la formación de estratos impermeables a poca profundidad. Siembras en épocas sin considerar relativamente húmedas pues se pueden realizar siembras tempranas y obtener más y mejores cosechas. Buena aireación y desarrollo radicular, sin alterar las condiciones del suelo, permitiendo la formación de canales internos por acción de procesos biológicos y naturales (acción de lombrices). (CIMMYT, 2017)

### **3.6. Labranza cero**

Es una tecnología que permite efectuar la siembra del cultivo sin realizar ninguna labor de preparación al suelo, efectuándose solo control químico de las malezas a través de una aplicación de glifosato u otros herbicidas similares. (Lahuathe, B. 2001)

El sistema de siembra directa fue recibido como una tecnología para conservar el suelo. La rápida expansión de la frontera agrícola, basada en el uso intensivo de mecanización ha provocado daños por erosión, especialmente en

los Estados del sur de Brasil, un ejemplo de efecto negativo del exagerado uso del arado en la preparación del suelo fue reportado por el Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR) en Brasil en 1980 el informe indicaba que del 50 al 60% de las áreas cultivadas con cereales por más de 10 años en la región norte y noreste del Estado de Paraná, presentaron una reducción en el contenido de materia orgánica del suelo, alrededor del 60% con relación del contenido inicial. (Urquiga, S. 2002)

### **3.6.1. Ventajas de la labranza cero**

- Conserva la humedad y reduce la erosión del suelo.
- Reduce los costos de producción
- Incrementa la productividad del suelo.
- Ahorra energía, tiempo y mano de obra.
- Mejora la estructura del suelo y la agregación de partículas.
- Menor compactación del suelo.
- Mejora el drenaje interno del suelo. (<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.....html>)

### **3.6.2. Siembra**

Una vez controlado las malezas se procede a realizar el hoyado o surcado. El primero se logra con el uso del azadón, pala recta o espeque; obteniendo hoyos de 10 cm de profundidad. En el segundo caso, se realiza un pequeño surco de 8 a 10 cm de profundidad y de 10 a 15 cm de ancho, con la ayuda del tractor, yunta o manualmente con azadón. La fertilización se debe realizar al fondo del hoyo o surco. El fertilizante debe ser cubierto con una capa delgada de suelo, y las semillas seleccionadas colocadas en cada sitio y tapadas con la misma tierra removida utilizando el azadón. (Alvarado, S. et al. 2011)

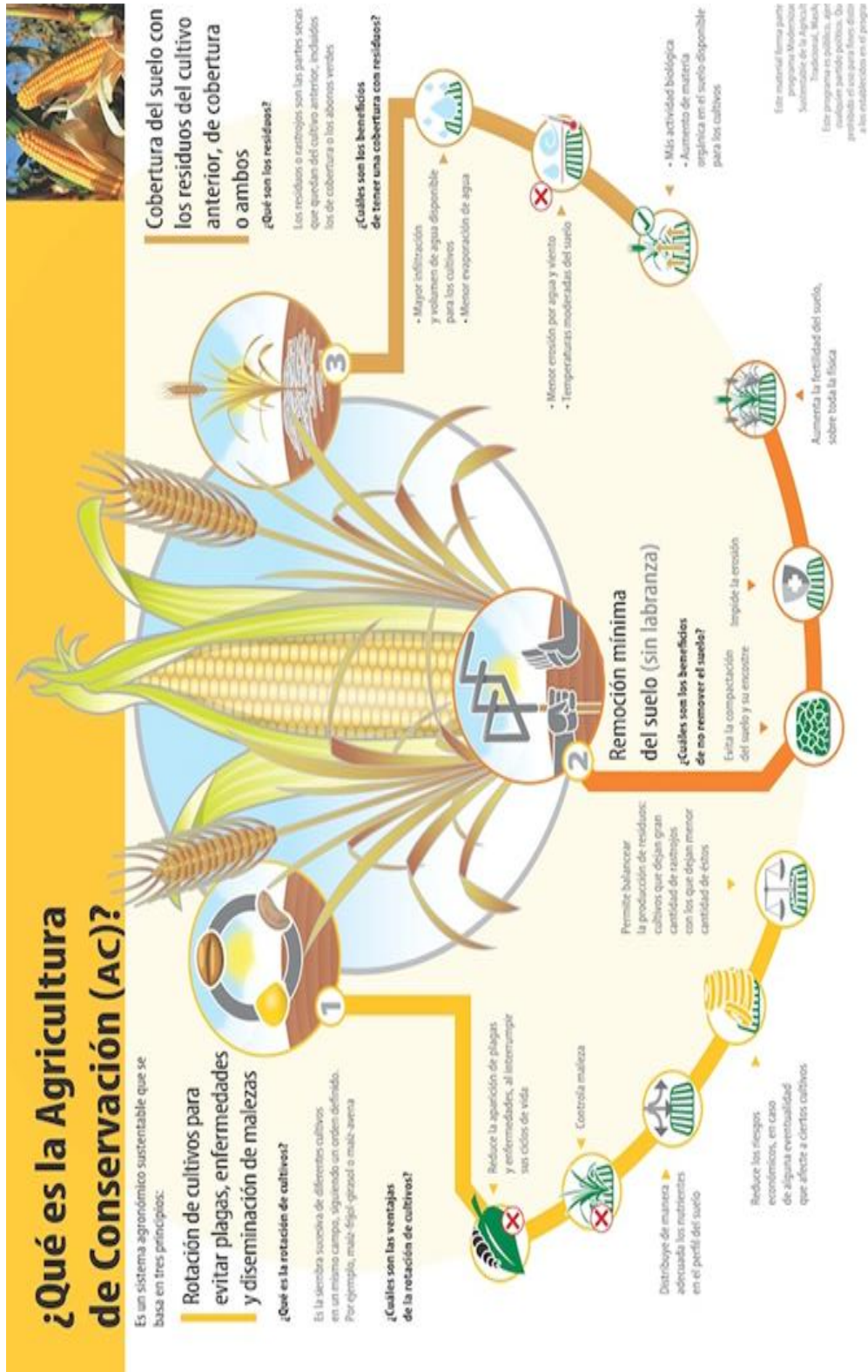
### **3.6.3. Agricultura de conservación**

Agricultura de Conservación (AC) es una práctica agrícola sostenible y rentable que busca la protección del medio ambiente, como también brindar un soporte a los agricultores en la reducción de costos de producción y mano de obra a través de sus tres principios:

- Reducir al mínimo el movimiento del suelo (sin labranza).
- Dejar el rastrojo del cultivo anterior en la superficie del terreno para que forme una capa protectora.
- Practicar la siembra de diferentes cultivos, uno después de otro, o sea, la rotación de cultivos. (<http://conservacion.cimmyt.org/...html>)

#### **Beneficios inmediatos**

- Disminuye costos de combustible.
- Mejora la textura y la estructura del terreno.
- Favorece la infiltración del agua.
- Se reduce el escurrimiento superficial de agua y la erosión del suelo.
- Se evapora menos humedad.
- Se necesitan menos pasadas de tractor y mano de obra para preparar el terreno Mediano y largo plazo
- Aumenta la cantidad de Material Orgánica (MO) que mejora la estructura del suelo.
- Rendimientos más altos y estables.  
(<http://conservacion.cimmyt.org/es/...html>)



**Figura No. 5:** Agricultura de conservación  
**Fuente:** <http://conservacion.cimmyt.org/es/ique-es-ac>

## IV. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en la finca de la Sra. Piedad Quilligana ubicada en:

Comunidad:	Chalongoto
Parroquia:	Guanujo
Cantón:	Guaranda
Provincia:	Bolívar

#### 4.1.2. Situación geográfica y climática

Parámetro	Valor
Altitud:	2.800 msnm
Latitud:	01° 36' 52"S
Longitud:	78° 59' 54"W
Temperatura media anual:	14.4 °C
Temperatura máxima:	21 °C
Temperatura Mínima:	7 °C
Precipitación media anual:	980 mm.
Heliofanía promedio:	900/horas/luz/año

**Fuente:** Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de La Universidad Estatal de Bolívar. 2017. Google Earth. 2014.

#### 4.1.3. Zona de vida

La localidad en estudio de acuerdo a la zona de vida de Holdrige, L. se encuentra en el Bosque Seco Montano Bajo (bs- MB).

#### 4.1.4. Material experimental

Semilla certificada de maíz variedad INIAP-111 Guagal Mejorado.

Urea al 46% como fuente para el Nitrógeno.

Lote de terreno en la localidad de Chalongo de 1300 m<sup>2</sup>.

#### 4.1.5. Materiales de campo

- Azadones
- Rastrillos
- Libreta de campo
- Piola
- Estacas
- Flexómetro
- Calibrador de Vernier
- Balanza de reloj
- Cámara fotográfica
- Bomba de mochila
- Insecticidas: Acefato y Clorpirifos.
- Herbicidas: Glifosato, Atrazina y 2,4-D Amina

#### 4.1.6. Materiales de oficina

- Computadora
- Calculadora
- Hojas de papel boom
- Lápiz
- GPS
- Libreta de campo
- CD's
- Flash memory
- Impresora
- Bibliografía, etc.

### 4.2. Métodos

#### 4.2.1. Factores en estudio

**Factor A: Labranzas con tres tipos:**

**A1:** Labranza convencional (LC)

**A2:** Labranza reducida (LR)

**A3:** Labranza cero (LCe)

### **Factor B: Nitrógeno con cuatro dosis en kg/ha.**

**B1:** 0

**B2:** 40

**B3:** 80

**B4:** 120

#### **4.2.2. Tratamientos**

Combinación de los factores: Tipos de labranza por dosis de N (AxB) (3x4) según el siguiente detalle:

<b>Tratamiento No.</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>1</sub></b>	Labranza convencional con 0 kg N/ha
<b>T<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>2</sub></b>	Labranza convencional con 40 kg N/ha
<b>T<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>3</sub></b>	Labranza convencional con 80 kg N/ha
<b>T<sub>4</sub></b>	<b>A<sub>1</sub>B<sub>4</sub></b>	Labranza convencional con 120 kg N/ha
<b>T<sub>5</sub></b>	<b>A<sub>2</sub>B<sub>1</sub></b>	Labranza reducida con 0 kg N/ha
<b>T<sub>6</sub></b>	<b>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub></b>	Labranza reducida con 40 kg N/ha
<b>T<sub>7</sub></b>	<b>A<sub>2</sub>B<sub>3</sub></b>	Labranza reducida con 80 kg N/ha
<b>T<sub>8</sub></b>	<b>A<sub>2</sub>B<sub>4</sub></b>	Labranza reducida con 120 kg N/ha
<b>T<sub>9</sub></b>	<b>A<sub>3</sub>B<sub>1</sub></b>	Labranza cero 0 kg N/ha
<b>T<sub>10</sub></b>	<b>A<sub>3</sub>B<sub>2</sub></b>	Labranza cero con 40 kg N/ha
<b>T<sub>11</sub></b>	<b>A<sub>3</sub>B<sub>3</sub></b>	Labranza cero con 80 kg N/ha
<b>T<sub>12</sub></b>	<b>A<sub>3</sub>B<sub>4</sub></b>	Labranza cero con 120 kg N/ha

#### **4.2.3. Procedimiento**

**Tipo de diseño:** Bloques completos al azar (DBCA) factorial en parcela dividida.

parcela principal o grande: Tipos de labranza.

Subparcelas: Dosis de N.



Número de localidades:	1
Número de tratamientos:	12
Número de repeticiones:	3
Número de parcelas grandes:	9
Número de subparcelas:	36
Área total de la parcela grande: 8 m x 10.80 m	86.40 m <sup>2</sup>
Área total de la subparcela: 8 m x 2.7 m	21.60 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo sin caminos: 24 m x 32.4 m	777.6 m <sup>2</sup>
Área total del ensayo con caminos: 32 m x 40.4 m	1292.8 m <sup>2</sup>
Número de surcos por parcela grande:	12
Número de surcos por subparcela:	3

#### 4.2.4. Tipo de análisis

- Análisis de varianza (ADEVA), según el siguiente detalle:

Fuentes de variación (F.V)	Grados de libertad (G.L)	C M E*
Bloques (r-1)	2	$f^2 e_2+4f^2 e_1+12 f^2$ bloques
Factor A (a-1)	2	$f^2 e_2+4f^2 e_1+12 \Theta^2$ A
Error Exp. (1)	4	$f^2 e_2+ 4f^2 e_1$
Factor B (b-1)	3	$f^2 e_2+9 \Theta^2$ B
A x B (a-1)(b-1)	6	$f^2 e_2+3 \Theta^2$ AXB
E. Exp. a (b-1) (r-1)	18	$f^2 e_2$
TOTAL (t x r)-1	35	

\* Cuadrados Medios Esperados. Modelo fijo. Tratamientos seleccionados por el investigador.

- Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A e interacción A x B cuando el Fisher sea significativo (Fisher Protegido).
- Tendencias polinomiales para el factor B (dosis de Nitrógeno).
- Análisis de correlación y regresión lineal.
- Análisis económico de presupuesto parcial y tasa marginal de retorno (TMR%).
- Análisis químico completo del suelo antes y al final del ensayo en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina.

### **4.3. Métodos de evaluación y datos tomados**

#### **4.3.1. Porcentaje de emergencia (PE)**

Esta variable se determinó en cada parcela dividiendo el número de plantas emergidas para el número de semillas sembradas y se multiplicó por cien en un período de tiempo entre los 10 y 15 días después de la siembra.

#### **4.3.2. Altura de planta (AP)**

La altura de planta se midió en centímetros con la ayuda de un flexómetro, desde la raíz coronaria (nivel del suelo), hasta la inflorescencia masculina en el momento de la floración femenina en una muestra al azar de 20 plantas de la parcela neta.

#### **4.3.3. Días a la floración masculina (DFM)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela neta presentaron flores masculinas.

#### **4.3.4. Días a la floración femenina (DFF)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas de la parcela neta presentaron flores femeninas.

#### **4.3.5. Altura de inserción de la mazorca (AIM)**

Esta variable se midió en centímetros utilizando un flexómetro desde la base de la planta hasta el nudo en donde se encuentra la inserción de la mazorca principal, en 20 plantas tomadas al azar de cada parcela neta.

#### **4.3.6. Días a la cosecha en choclo (DCCH)**

Se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando el cultivo estuvo en la fase R8 (choclo).

#### **4.3.7. Porcentaje de acame de raíz (AR)**

Se consideró el total de plantas que presentaron una inclinación de 45°, con respecto de la vertical. Esta variable se evaluó en el momento de la cosecha en choclo y en seco y los resultados se expresaron en porcentaje.

#### **4.3.8. Porcentaje de acame del tallo (AT)**

Se consideró el total de plantas que presentaron el tallo quebrado bajo la inserción de la mazorca superior. Esta variable se evaluó en el momento de la cosecha en choclo y en seco y los resultados se expresaron en porcentaje.

#### **4.3.9. Número de plantas por parcela (NPP)**

Para determinar esta variable se contó el número total de plantas de cada parcela neta al momento de la cosecha en seco.

#### **4.3.10. Número de plantas con mazorca (NPCM)**

Esta variable se registró en la cosecha en seco, contando el número de plantas con mazorcas y el resultado se expresó en porcentaje.

#### **4.3.11. Número de plantas sin mazorca (NPSM)**

Esta variable se determinó en la cosecha en seco contando el número de plantas sin mazorcas y el resultado se expresó en porcentaje.

#### **4.3.12. Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM)**

Este componente se evaluó en la cosecha en seco contabilizando el número de plantas que presentaron dos mazorcas y el resultado se expresó en porcentaje.

#### **4.3.13. Longitud de mazorca (LM)**

La longitud de mazorca se midió en centímetros con un flexómetro desde la base hasta el ápice terminal en 20 mazorcas tomadas al azar de cada parcela neta en el momento de la cosecha en seco.

#### **4.3.14. Diámetro de la mazorca (DM)**

Se midió con un calibrador de Vernier en centímetros en la parte central de 20 mazorcas tomadas al azar de la parcela neta en seco.

#### **4.3.15. Número de hileras por mazorca (NHM)**

Se registró mediante un conteo directo en 20 mazorcas tomadas al azar en cada parcela neta en el momento de la cosecha en seco.

#### **4.3.16. Número de granos por hilera (NGH)**

Para determinar esta variable se contó el número de granos que tiene una hilera de una muestra de 20 mazorcas tomadas al azar de cada parcela neta en la cosecha en seco.

#### **4.3.17. Número de granos por mazorca (NGM)**

En el momento de la cosecha en seco, se contó el número de granos de 20 mazorcas tomadas al azar en cada parcela neta.

#### **4.3.18. Días a la cosecha en seco (DCS)**

Se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando el cultivo estuvo en madurez fisiológica (base del embrión del grano color café oscuro).

#### **4.3.19. Contenido de humedad del grano (CHG)**

Este indicador se midió con un determinador portátil de humedad en una muestra del grano de cada unidad experimental en el momento de la cosecha en seco, y se expresó en porcentaje.

#### **4.3.20. Rendimiento en kg/parcela (RP)**

Una vez cosechado el cultivo en seco de cada unidad experimental, se pesaron las mazorcas en una balanza de reloj en kg/parcela.

#### **4.3.21. Porcentaje de desgrane (D)**

Se evaluó después de la cosecha en seco, tomando una muestra de cinco mazorcas de cada unidad experimental (Peso 1), se procedió a desgranarlas y pesar el grano (Peso 2). El porcentaje de desgrane se calculó con la siguiente fórmula:

$$\%D = P2/P1 \times 100.$$

#### **4.3.22. Rendimiento en kg/ha (RH)**

El rendimiento en kg/ha, al 13 % de humedad se estimó aplicando la siguiente relación matemática:

$$R = PCP \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ANC} (\text{m}^2) \times 100 - \text{HC}/100 - \text{HE} \times D$$

Dónde:

**R** = rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad.

**PCP** = Peso de campo por parcela en kg.

**ANC** = Área neta cosechada en m<sup>2</sup>.

**HC** = Humedad de cosecha en %.

**HE** = Humedad estándar 13%.

**D** = Porcentaje de desgrane. (Monar, C. 2012)

#### **4.3.23. Sanidad de mazorcas (SM)**

Se evaluó de acuerdo al ataque de los hongos causadas por: (*Fusarium graminearum*; *Physalospora zeae* y *Botryodiplodia theobromae*), en el momento de la cosecha en seco mediante la escala propuesta por el CIMMYT 2013; en donde de 1 a 3: resistente; de 4 a 6: Intermedia y de 7 a 9: Susceptible.

#### **4.3.24. Peso de cien granos secos (PCGS)**

Se evaluó tomando una muestra de 100 granos secos al 13% de humedad de cada unidad experimental y se pesó en gramos en una balanza de precisión.

#### **4.3.25. Número de semillas por kilogramo (NSPK)**

Una vez que el grano estuvo limpio y seco al 13% de humedad, se tomó una muestra de un kg de cada unidad experimental y se contaron el número de granos por kg.

#### **4.3.26. Análisis económico de presupuesto parcial (AEPP) y tasa marginal de retorno (TMR)**

Para el análisis de presupuesto parcial y tasa marginal de retorno, se utilizó la metodología propuesta por el CIMMYT. 2002, que incluyen: los resultados de los rendimientos obtenidos, el precio actual de campo en seco, los costos que variaron entre los tratamientos y el precio de campo de la urea y los jornales.

#### **4.3.27. Contenido de N P K S.**

En función del análisis químico completo del suelo realizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina, se determinó el contenido de los macronutrientes antes y al final del ensayo.

#### **4.4. Manejo del experimento**

##### **4.4.1. Análisis del suelo**

Para la localidad en estudio, se realizó el análisis físico – químico del suelo, para la determinación de macro y micro nutrientes, materia orgánica (MO), conductibilidad eléctrica, pH, capacidad de intercambio catiónico y textura del suelo, para lo cual se tomaron las muestras del suelo un mes antes de la siembra y al final del ensayo. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Suelos y Aguas del INIAP Santa Catalina.

##### **4.4.2. Preparación del terreno**

Quince días antes de la siembra, se aplicó en el lote experimental herbicida Glifosato en una dosis de 2,5 l/ha con una bomba de mochila y boquilla de 2 mm de luz, previo a la siembra la preparación del terreno en la labranza convencional se realizó manualmente con azadones el barbecho, cruza y el surcado.

En la labranza reducida, se hizo únicamente los surcos con la ayuda de un azadón a 30 cm de profundidad; en la labranza cero, se realizaron hoyos con un azadón pequeño en el momento de la siembra.

##### **4.4.3. Surcado**

En la labranza convencional y labranza reducida, se realizaron los surcos con azadones a una profundidad de 30 cm y una distancia entre surcos de 90 cm. En la

labranza cero, se hicieron únicamente los hoyos a una profundidad de 20 cm y entre hileras 90 cm.

#### **4.4.4. Siembra**

La siembra se hizo manualmente colocando tres semillas de categoría certificada por sitio de la variedad INIAP-111, a una distancia de 50 cm entre plantas. El raleo se realizó a los 20 días después de la siembra (dds), dejando dos plantas por sitio, lo que equivale a una densidad de 50.000 plantas/ha.

#### **4.4.5. Fertilización**

La fertilización del N como fuente la urea, se realizó fraccionada en tres aplicaciones: 30; 60 y 90 dds. La urea, se aplicó por sitio específico en las dosis establecidas de: 0; 40; 80 y 120 kg/ha y se tapó con una capa de suelo en capacidad de campo.

#### **4.4.6. Control de malezas**

El control de malezas, se realizó utilizando el herbicida selectivo Atrazina en dosis de 2 kg/ha en pos emergencia (30 dds).

#### **4.4.7. Labores culturales**

Únicamente en las parcelas de labranza convencional, se realizaron las labores complementarias de rascadillo y aporque a los 30 y 60 dds. En las labranzas reducida y cero, a los 60 dds, se aplicó el herbicida 2,4 D amina en dosis de 2 l/ha.

#### **4.4.8. Riego**

En la etapa de floración femenina y en ámpula, se aplicó riego por aspersión de acuerdo a las necesidades del cultivo y las condiciones climáticas. En total se



aplicaron cuatro riegos hasta la etapa de choclo.

#### **4.4.9. Control de insectos plaga**

Para el control de insectos plaga como (*Agrotis sp*, *Spodoptera frugiperda*; *Heliothis zea* y *Euxesta eluta*), se aplicaron los insecticidas como: acefato en dosis de 40 g/20 l de agua y clorpirifos en dosis de 30 cc/20 l de agua en las etapas de plántula, elongación del tallo y en floración femenina.

#### **4.4.10. Cosecha**

Cuando el cultivo estuvo en la etapa R9 (madurez fisiológica), se realizó la cosecha en forma manual. Después de la cosecha, se realizó el desgrane, secado y aventado en forma manual.

#### **4.4.11. Almacenamiento**

Una vez seco el grano al 13% de humedad y limpio, se almacenó en un cuarto limpio y seco con las correspondientes etiquetas de cada tratamiento. Las muestras para semilla se aplicaron el insecticida malathión al 25% para prevenir el ataque de insectos plaga como el gorgojo y polillas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Variables agronómicas.

Cuadro No. 1. Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios del factor A (tipos de labranza) en las variables: porcentaje de emergencia (PE); altura de planta (AP); días a la floración masculina (DFM); días a la floración femenina (DFF); altura de inserción de la mazorca (AIM); días a la cosecha en choclo (DCCCH); acame de raíz (AR); acame de tallo (AT); número total de plantas por parcela (NTPP); número de plantas con mazorca (NPCM); número de plantas sin mazorca (NPSM); número de plantas con dos mazorcas (NPCDM); longitud de la mazorca (LM); diámetro de la mazorca (DM); número de hileras por mazorca (NHM); número de granos por hilera (NGH); número de granos por mazorca (NGM); días a la cosecha en seco (DCS); desgrane (D); rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH); sanidad de la mazorca (SM); peso de cien granos secos (PCGS); número de semillas por kilogramo (NSGK); contenido de nitrógeno (CN); contenido de fósforo (CP); contenido de potasio (CK) y contenido de azufre (CS). Chalongoto. 2018.

Variables	Factor A: Tipos de labranza			Media General	Coeficiente de Variación (CV %)
	A1: Convencional	A2: Reducida	A3: Cero		
(PE) (**)	98.00 A	93.33 B	90.33 C	93.89%	1.42
(AP) (ns)	2.26 A	2.41 A	2.20 A	2.29 m	14.45
(DFM) (*)	183 B	202 A	186 AB	190 días	6.65
(DFF) (*)	192 B	210 A	196 AB	200 días	5.43
(AIM) (**)	1.11 C	1.37 A	1.30 B	1.26 m	2.13

(DCCH) (ns)	232 A	241 A	235 A	236 días	4.09
(AR) (ns)	0.87 A	2.46 A	13.50 A	5.61%	452.64
(AT) (ns)	9.07 A	10.36 A	10.69 A	10.04%	32.05
(NTPP) (ns)	66 A	65 A	66 A	66plantas	2.55
(NPCM) (ns)	61 A	55 A	58 A	58 plantas	9.15
(NPSM) (ns)	6 A	9 A	8 A	8 plantas	71.28
(NPCDM) (ns)	2 A	1 B	1 B	1 planta	27.11
(LM) (sn)	15.39 A	15.89 A	15.07 A	15.45 cm	10.17
(DM) (ns)	5.00 A	4.95 A	5.02 A	4.99 cm	4.60
(NHPM) (ns)	10 A	10 A	9 A	10 hileras	11.18
(NGH) (*)	23 A	22 A	19 B	21 granos	6.21
(NGM) (*)	210 B	229 A	221 AB	221 granos	4.34
(DCS) (ns)	287 A	307 A	310 A	301 días	17.25
(D) (ns)	84 A	86 A	84 A	84.67	4.22
(RH) (**)	3512.20 B	4323.40 A	4317.80 A	4051. 10 kg/ha	7.22
(SM) (ns)	7.61 A	8.15 A	6.58 A	7.45 %	101.83
PCGS (**)	54.54 B	55.05 A	55.25 A	54.95 g	0.45
NSPK (**)	1898 B	1906 A	1907 A	1904 semillas	0.17
(CN) (**)	213.23 C	239.82 A	236.72 B	229.92 kg/ha	0.84
(CP) (ns)	128.40 A	139.63 A	140.15 A	136.06 kg/ha	8,67
(CK) (ns)	708.37 A	705.81 A	706.98 A	707.05 kg/ha	0.86
(CS) (ns)	20.69 A	21.50 A	20.19 A	20.80 kg/ha	7.96

ns = No Significativo. \* Significativo al 5%. \*\* Altamente significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

## **Factor A: Tipos de labranza**

La respuesta de los tipos de labranza en cuanto a las variables altura de planta (AP), días a la cosecha en choclo (DCCH), acame de raíz (AR), acame de tallo (AT), número total de plantas por parcela (NTPP), número de plantas con mazorca (NPCM), número de plantas sin mazorca (NPSM), número de plantas con dos mazorcas (NPCDM), longitud de la mazorca (LM), diámetro de la mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHPM), días a la cosecha en seco (DCS), desgrane (D), sanidad de mazorcas (SM), contenido de fósforo (CF), contenido de potasio (CP) y contenido de azufre (CS), fueron similares; es decir no hubo un efecto significativo del tipo de labranzas en estos componentes del rendimiento (Cuadro No. 1). Estos resultados nos confirman que son descriptores agronómicos de tipo varietales y quizá dependan también de la interacción genotipo ambiente.

Sin embargo los tipos de labranza sí incidieron significativamente en los resultados de las variables: porcentaje de emergencia (PE), días a la floración masculina (DFM), días a la floración femenina (DFF), altura de inserción de la mazorca (AIM), número de granos por hilera (NGH), número de grano por mazorca (NGM), rendimiento de maíz en seco al 13% de humedad (RH), peso de cien granos secos (PCGS), número de semillas por kilogramo (NSPK), y el contenido de nitrógeno en el suelo (CN) (Cuadro No. 1).

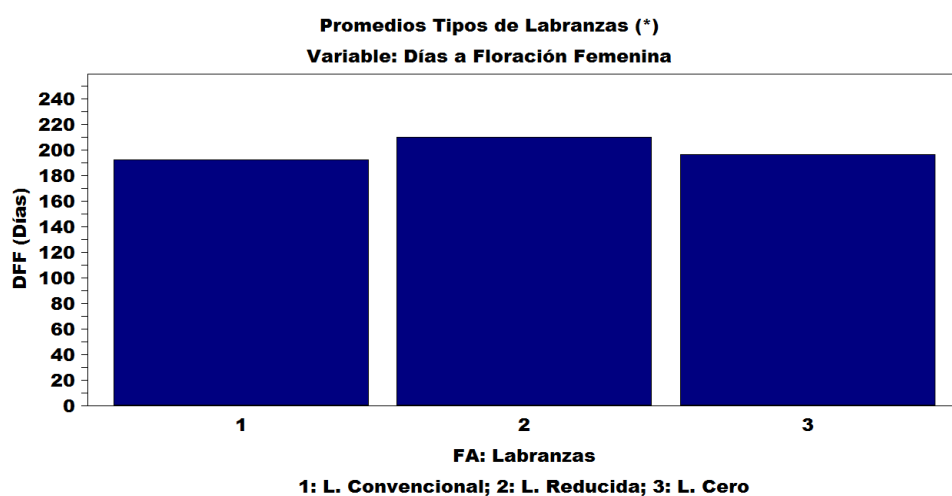
Esta respuesta es diferente de los tipos de labranza sobre estos componentes del rendimiento y el (CN) en el suelo, pudo deberse a las condiciones de conservación de la humedad en el suelo y las características físicas, químicas y biológicas del suelo. De acuerdo a muchos autores como INIAP. 2008; Monar, C. y Delgado, J. 2013, determinaron que en las labranzas de conservación, se conservó entre un 13 y 20% más la humedad en el suelo en comparación a la labranza convencional. Esto es más notorio por el cambio climático, donde hay períodos de estrés de sequía y una deficiente distribución de la cantidad e intensidad de las lluvias. La literatura científica nos ha demostrado que en un suelo limpio sin restos vegetales

y con labranza convencional, son mayores las pérdidas del (N) por procesos de lixiviación y volatilización (Delgado, J. 2016).

**El porcentaje de emergencia de plántulas** estuvo sobre el 94%, lo que demuestra que la semilla fue de buena calidad y las condiciones de humedad y temperatura fueron adecuadas en esta etapa del cultivo (Cuadro No. 1).

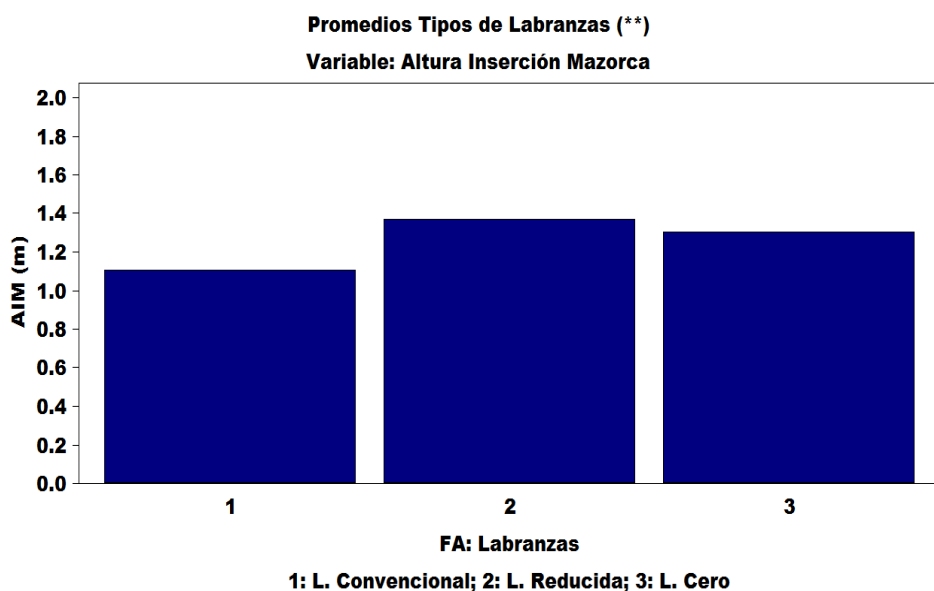
**Para días a la floración masculina** se tuvo una media general de 190 días (Cuadro No. 1).

**Para el componente días a la floración femenina**, se registró una media general de 200 días (Cuadro No. 1 y Figura No. 6). La labranza reducida presentó una media de 210 días, misma que fue más tardía con comparación a las labranzas convencional y cero labranza (Cuadro No. 1 y Figura No. 6). Los resultados obtenidos en esta investigación para los días a floración masculina y femenina, son similares a los reportados en el boletín técnico de la variedad de maíz INIAP 111 Guagal Mejorado (Silva, E. et al. 1997). Además los días a floración están relacionados al ciclo de cultivo y la interacción genotipo ambiente. Son determinantes la altitud, temperatura, calor, vientos, humedad, nutrición del cultivo y entre otros.



**Figura No. 6.** Promedios de días a floración femenina como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.

La respuesta de los tipos de labranza en cuanto a la variable **altura de inserción de la mazorca**, fueron muy diferentes (Cuadro No. 1 y Figura No. 7). El promedio más alto se evaluó en A2: Labranza reducida con 1.37 m y el menor en A1: Labranza convencional con 1.11 m. Quizá en la labranza convencional hubo mayor estrés de sequía por la pérdida más rápida de la humedad por procesos de evaporación ante días de mucha radiación solar y calor.



**Figura No. 7.** Promedios de altura inserción de la mazorca como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.

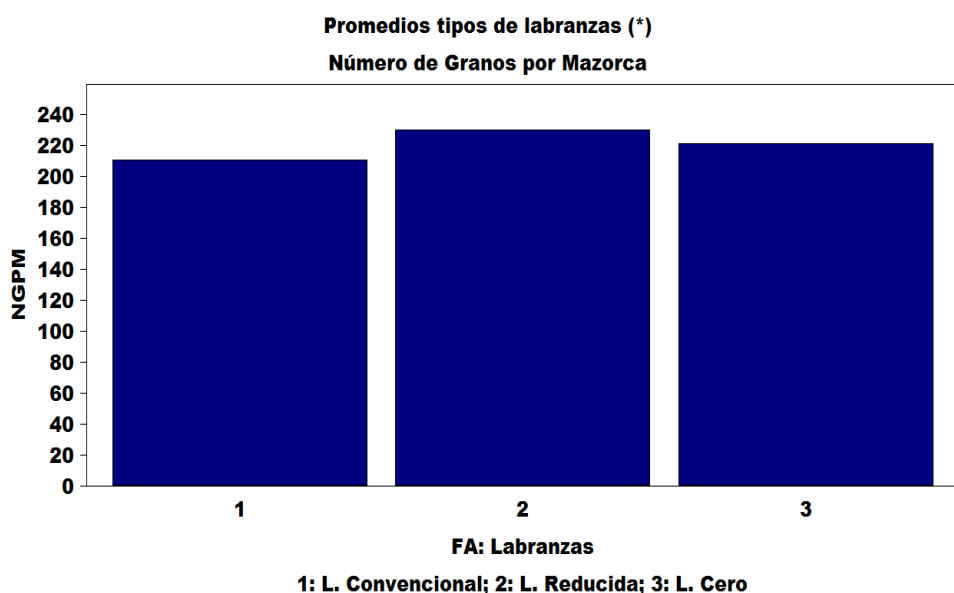
Para el componente **número de granos por hilera**, se calculó una media general de 21 granos, mismos que corresponden al boletín técnico de los descriptores agronómicos de la variedad INIAP 111 Guagal Mejorado (Cuadro No. 1). La variable número de granos por hilera, tiene una relación directa positiva con la longitud de la mazorca, siendo atributos varietales.

Existió un efecto significativo del tipo de labranza sobre la variable **número de granos por mazorca** (Cuadro No. 1 y Figura No. 8). Esta variable está relacionada con el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera. El promedio más alto se registró en A2: Labranza reducida con 229 granos por mazorca, seguido de A3: Labranza cero con 221 y el promedio inferior en A1:

Labranza convencional con 210 granos por mazorca (Cuadro No. 1 y Figura No. 8). Esta diferencia pudo darse por las mejores condiciones de humedad y la eficiencia química del (N) en la labranza reducida.

El número de granos por mazorca a más de las características varietales y la interacción genotipo ambiente, depende también de la sanidad de las mazorcas. En esta investigación, en promedio general, se tuvo un 6% de daño de las mazorcas debido a insectos plaga como *Heliothis zea* y *Euxesta eluta* y hongos como *Fusarium spp*, *Diplodia sp* y *Verticillium sp*.

Los resultados promedios obtenidos en esta investigación, son similares a los reportados por INIAP. 1997 ; Rivadeneira, M. J. 2008 y Monar, C. 2016.

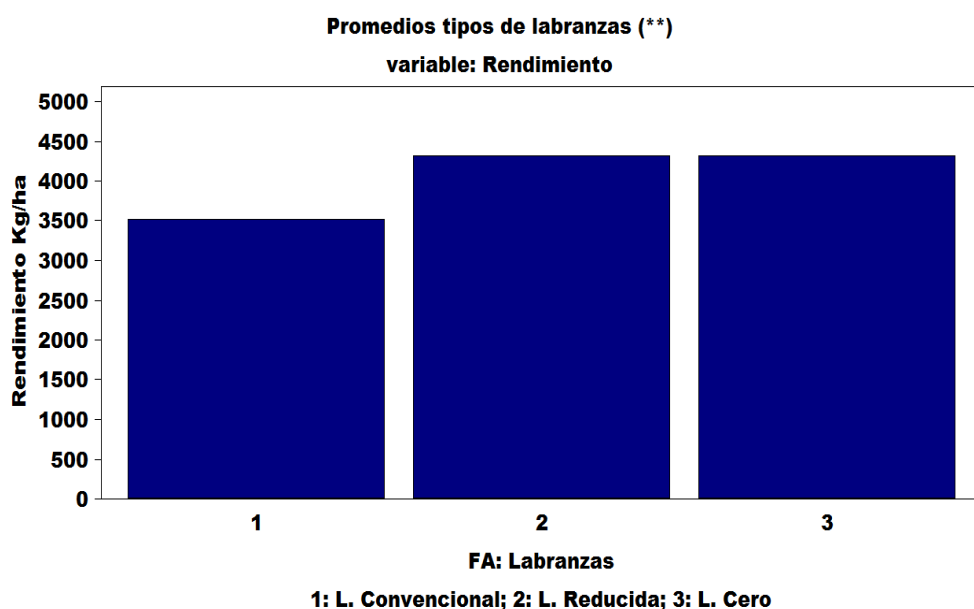


**Figura No. 8.** Promedios del número de granos por mazorca como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.

La respuesta de los tipos de labranza en relación al **rendimiento de maíz suave** en seco al 13% de humedad, fue muy diferente (Cuadro No. 1).

El promedio más elevado, se determinó en A2: Labranza reducida con 4323.40 kg/ha, seguido de A3: labranza cero con 4317.80 kg/ha y el menor en A1: Labranza convencional con 3512.20 kg/ha (Cuadro No. 1 y Figura No. 9).

Como es conocido de acuerdo a procesos de investigación en agricultura de conservación realizado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) por más de 30 años, las labranzas de conservación ayudan a conservar la humedad y mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La labranza convencional a más de incrementar los costos de producción, se pierde más rápido la humedad, aumentan los procesos de erosión, pérdida de nutrientes y por tanto una menor eficiencia química y agronómica del nitrógeno.



**Figura No. 9.** Promedios del rendimiento de maíz al 13% de humedad en kg/ha como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.

Para la variable **peso de cien granos secos**, se calculó una media general de 55 gramos (Cuadro No. 1). De acuerdo a los descriptores reportados por la UPOV y el CIMMYT, este peso de cien semillas, corresponde a un calibre de grano mediano alto. El peso de cien semillas, además es un atributo varietal y depende del manejo agronómico y las condiciones medio ambientales.

Para el componente **número de semillas por kilogramo**, se registró una media general de 1904 semillas (Cuadro No. 1). Los promedios más altos se registraron en A2: Labranza reducida y A3: Labranza cero con 1906 y 1907 semillas por kilogramo y el menor en A1: Labranza convencional con 1898 granos. Factores

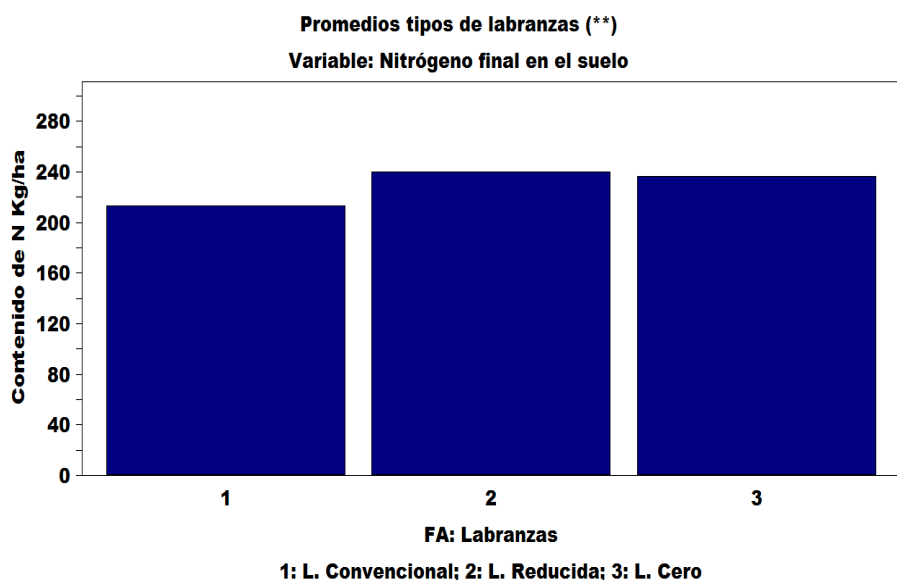


que inciden en esta variable son la sanidad, humedad, tamaño y peso del grano. Es de mucha importancia conocer este descriptor para calcular adecuadamente la densidad de plantas/ha.

Los tipos de labranza, incidieron significativamente sobre el **contenido de nitrógeno en el suelo al final** del ensayo (Cuadro No. 1). El promedio más alto correspondió a A2: Labranza reducida con 239.82 kg/ha, seguido de A3: Labranza cero con 236.72 y el menor en A1: Labranza convencional con 213.23 kg/ha (Cuadro N. 1 y Figura No. 10).

Este ensayo, se instaló en la rotación de una mezcla forrajera con gramíneas y leguminosas (trébol y sobre todo alfalfa), por lo que el contenido de nitrógeno inicial en promedio fue de 140.35 kg/ha. Sumado a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno, se incrementó el contenido de este elemento en el suelo.

Es evidente que la agricultura de conservación al mantener en el suelo los restos vegetales en este caso mezcla forrajeras (gramíneas y leguminosas), incrementó el contenido de nitrógeno en el suelo, en comparación a la labranza convencional donde no se conserva los restos vegetales y hay procesos más acelerados de escorrentía, lixiviación y volatilización del nitrógeno.



**Figura No. 10.** Promedios del contenido de nitrógeno al final del ensayo en kg/ha como efecto de tres tipos de labranzas. Chalongoto. 2018

**Cuadro No. 2.** Resultados de la Prueba de Tendencial Polinomiales para comparar los promedios del factor B (dosis de nitrógeno en kg/ha) en las variables: porcentaje de emergencia (PE); altura de planta (AP); días a la floración masculina (DFM); días a la floración femenina (DFF); altura de inserción de la mazorca (AIM); días a la cosecha en choclo (DCCH); acame de raíz (AR); acame de tallo (at); número total de plantas por parcela (NTPP); número de plantas con mazorca (NPCM); número de plantas sin mazorca (NPSM); número de plantas con dos mazorcas (NPCDM); longitud de la mazorca (LM); diámetro de la mazorca (DM); número de hileras por mazorca (NHM); número de granos por hilera (NGH); número de granos por mazorca (NGM); días a la cosecha en seco (DCS); desgrane (D); rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH); sanidad de la mazorca (SM); peso de cien granos secos (PCGS); número de semillas por kilogramo (NSPK); contenido de nitrógeno (CN); contenido de fósforo (CP); contenido de potasio (CK) y contenido de azufre (CS). Chalongo. 2018.

Variable	Favor B. Dosis de N en kg/ha				Tendencias Polinomiales			CV %
	B1: 0	B2: 40	B3: 80	B4: 120	Lineal	Cuadrática	Cúbica	
(PE) (*)	95.11 A	95.11 A	93.11 AB	92.22 B	**	ns	ns	2.13
(AP) (ns)	2.23 A	2.40 A	2.23 A	2.31 A	ns	ns	ns	13.19
(DFM) (ns)	190 A	193 A	186 A	192 A	ns	ns	ns	4.37
(DFF) (ns)	199 A	202 A	196 A	201 A	ns	ns	ns	3.90
(AIM) (**)	1.01 C	1.29 B	1.37 A	1,37 A	**	**	ns	4.49
(DCCH) (ns)	235 A	235 A	235 A	238 A	ns	ns	ns	1.17
(AR) (ns)	1.48 A	18.53 A	1.71 A	0.74 A	ns	ns	ns	461.18
(AT) (ns)	6.69 A	11.81 A	10.48 A	11.20 A	ns	ns	ns	69.88

(NTPP) (ns)	66 A	65 A	65 A	66 A	ns	ns	ns	2.90
(NPCM) (ns)	56 A	57 A	59 A	58 A	ns	ns	ns	8.43
(NPSM) (ns)	10 A	8 A	6 A	6 A	ns	ns	ns	58.58
(NPCDM) (ns)	1 A	1 A	1 A	1 A	ns	ns	ns	139.97
(LM) (*)	14.56 B	15.51 AB	15.61 AB	16.13 A	**	ns	ns	6.59
(DM) (ns)	5.00 A	4.88 A	5.08 A	5.02 A	ns	ns	ns	5.30
(NHPM) (ns)	10 A	10 A	9.0 A	10 A	ns	ns	ns	9.28
(NGH) (**)	18.00 C	20.44 B	23.00 A	22.44 A	**	**	**	3.34
(NGM) (**)	182 C	226 B	234 A	240 A	**	**	**	2.67
(DCS) (ns)	309 A	279 A	310 A	308 A	ns	ns	ns	15.60
(D) (ns)	85 A	86 A	84 A	84 A	ns	ns	ns	3.17
(RH) (**)	3062.7 C	3961.2 B	4514.7 A	4665.9 A	**	**	ns	4.02
(SM) (ns)	9.93 A	5.72 A	7.49 A	6.64 A	ns	ns	ns	56.04
(PCGS) (**)	42.50 D	53.81 C	58.64 B	64.83 A	**	**	**	0.70
(NSPK) (**)	1815 D	1921 C	1935 B	1944 A	**	**	**	0.11
(CN) (**)	151.31 D	235.18 C	260.51 B	272.69 A	**	**	**	1.16
(CP) (**)	73.28 D	136.38 C	159.36 B	175.22 A	**	**	**	3.42
(CK) (**)	611.56 D	710.52 C	735.27 B	770.87 A	**	**	**	1.17
(CS) (**)	6.74 D	14.39 C	25.20 B	36.86 A	**	**	ns	6.79

ns = No Significativo. \* Significativo al 5%. \*\* Altamente Significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

## **Factor B: Dosis de nitrógeno.**

No existió un efecto significativo de las dosis de nitrógeno aplicados al suelo sobre las siguientes variables: altura de planta (AP), días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), días a la cosecha en choclo (DCCH), acame de raíz (AR), acame de tallo (AT), número total de plantas por parcela (NTPP), número de plantas con mazorca (NPCM), número de plantas sin mazorca (NPSM), número de plantas con dos mazorcas (NPCDM), diámetro de mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHPM), días a la cosecha en seco (DCS), desgrane (D) y sanidad de la mazorca (SM) (Cuadro No. 2). Esto quiere decir que estos descriptores agronómicos, son atributos varietales y dependieron de la interacción genotipo ambiente.

Para el **porcentaje de emergencia** de plántulas, se tuvo una media general de 94% (Cuadro No. 2) para lo cual, no influyó las dosis de nitrógeno porque en esta fase aún no se aplicó este elemento y las diferencias pudieron ser debidas al azar. El PE, depende más bien de la calidad de semilla, profundidad de siembra y la humedad.

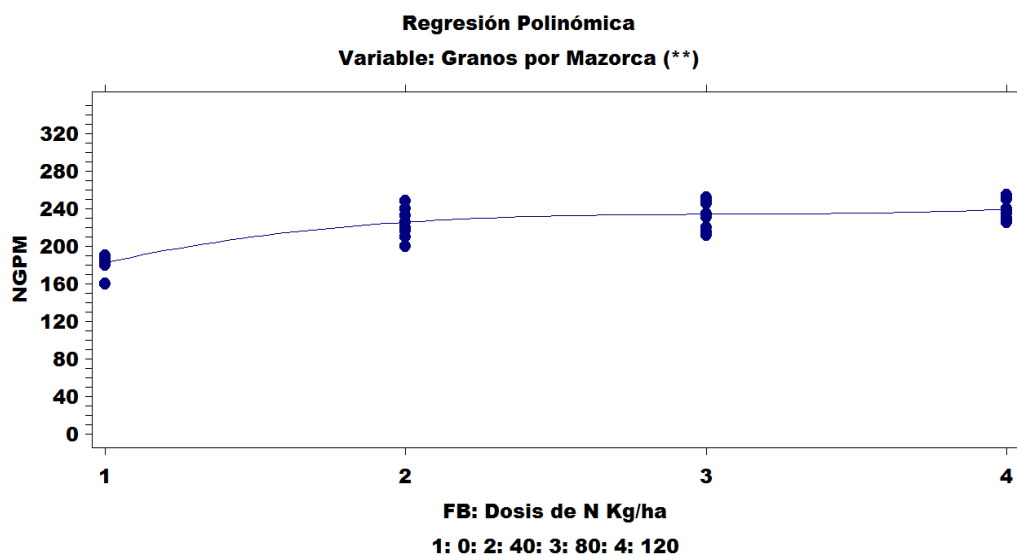
Para la variable **altura de inserción de la mazorca**, se presentó una respuesta lineal y cuadrática como efecto del (N) (Cuadro No. 2). Esto quiere decir que la AIM, se incrementó linealmente de 0 a 80 kg/ha de N y con 120 kg/ha de este elemento, se detuvo el crecimiento, quizá porque en el suelo existió antes del ensayo un contenido promedio de 145 kg/ha. El promedio más alto de la AIM, se tuvo en B3: 80 kg/ha de N con 1.37 m (Cuadro No. 2).

Para el descriptor **longitud de mazorca**, existió una respuesta lineal del nitrógeno; es decir a mayor dosis de nitrógeno aplicado al suelo, mayor fue la longitud de las mazorca (Cuadro No. 2); por lo tanto el promedio más elevado se presentó en B4: 120 kg/ha de N con 16.13 cm (Cuadro No. 2). La (LM), es un atributo varietal y depende también de la interacción genotipo ambiente como la humedad, temperatura, calor, vientos, cobertura y sanidad de la mazorca.

Para la variable **número de granos por hilera** se presentaron respuestas lineal, cuadrática y cúbica como efecto de las dosis de nitrógeno aplicado al suelo (Cuadro No. 2). Sin embargo el promedio más alto se calculó en la dosis B3: 80 kg/ha con 23 granos por hilera (Cuadro No. 2).

Los resultados promedios obtenidos en esta investigación en relación a las variables altura de inserción de la mazorca, longitud de la mazorca, y el número de granos por hilera, son similares a los reportados por INIAP. 1997; Changoluisa, G. 2008 y Monar, C. 2015.

La respuesta de las dosis de nitrógeno en relación a la variable **número de granos por mazorca**, fue muy diferente, presentándose respuestas lineal, cuadrática y cúbica (Cuadro No. 2 y Figura No. 11). Los promedios más altos, se calcularon en B3: 80 kg/ha de N y B4: 120 kg/ha de N, con 234 y 240 granos por mazorca respectivamente (Cuadro No. 2 y Figura No. 11). A mayor dosis de nitrógeno, más granos por mazorca, pero los cambios más importantes fueron al pasar de 0 a 40 y 80 kg/ha de nitrógeno. Los componentes longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, número de granos por hilera y el número de granos por mazorca, son atributos varietales y dependen además de la nutrición del cultivo y la sanidad de la mazorca.



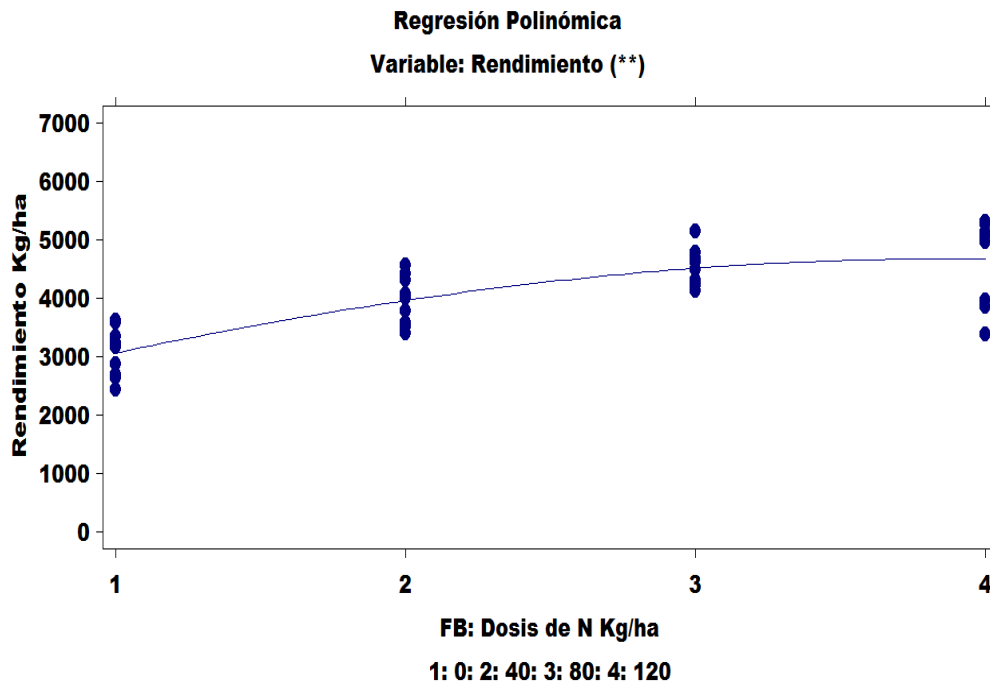
**Figura No. 11.** Promedios de la variable número de granos por mazorca como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongo. 2018.

La respuesta de las dosis de nitrógeno aplicado al suelo en relación a la variable más importante como es el **rendimiento de maíz**, fue muy diferente y se presentaron respuestas lineal y cuadrática altamente significativas (Cuadro No. 2 y Figura No. 12). Esto quiere decir que los cambios más importantes del incremento del rendimiento de maíz, se dieron al pasar de 0 a 40 y de 40 a 80 kg/ha de nitrógeno. Con la dosis de 120 kg/ha el incremento del rendimiento fue mínimo y quizá esto se explica porque el suelo antes del ensayo tuvo un contenido medio alto de nitrógeno y dosis muy altas ante factores de estrés de sequía, no son las más eficientes desde el punto de vista químico y agronómico. Adicionalmente el contenido de materia orgánica (MO) de este suelo fue medio alto, lo que incide en mejorar la eficiencia química y agronómica del N.

Los rendimientos promedios más altos del maíz, se presentaron con B3: 80 kg/ha y B4: 120 kg/ha con 4514.7 y 4665.9 kg/ha. El promedio inferior se registró en el testigo B1: 0 kg/ha de nitrógeno con 3062.7 kg/ha (Cuadro No. 2 y Figura No. 12).

El rendimiento del testigo es superior a lo reportado por varios autores como INIAP.2000, 2005 y 2006; Lescano, D. 2006 y Monar, C. 2016. Esto se explica porque el contenido de nitrógeno en el suelo antes del establecimiento del ensayo tuvo un contenido medio alto de N cuantificado en 145 kg/ha. Sin embargo el maíz responde favorablemente a dosis más altas de N y trabajos de Valverde, F. 2008, la variedad INIAP 111 respondió a dosis superiores a 250 kg/ha.

El rendimiento es una característica varietal y depende además de varios factores edafoclimáticos como son las características físicas, químicas y biológicas del suelo, la temperatura, humedad, nutrición y sanidad del cultivo y la mazorca. Adicionalmente las dosis de 80 kg/ha y 120 kg/ha, presentaron los valores promedios más altos de longitud y diámetro de la mazorca, granos por mazorca, peso de cien granos secos y el número de granos por kilogramo.

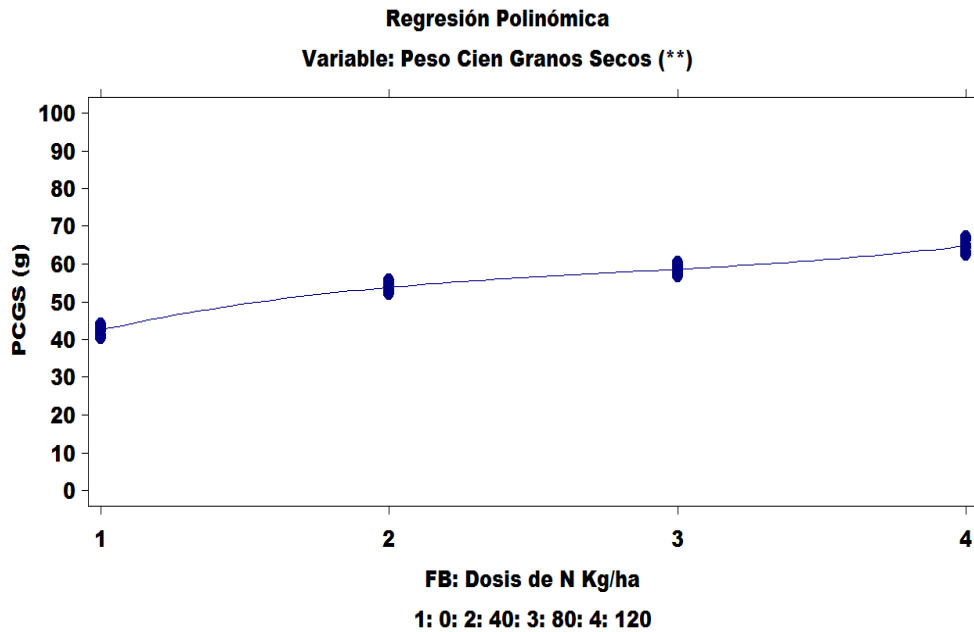


**Figura No. 12.** Promedios de la variable rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018.

Existió un efecto significativo o diferente de las dosis de N, sobre el **peso de cien granos secos**, con respuestas de tipo lineal, cuadrático y cúbica (Cuadro No. 2 y Figura No. 13). A mayores dosis de N aplicado al suelo, mayor peso de cien granos y esto se explica porque hay un mayor contenido de N en el grano.

Los promedios más altos, se calcularon en las dosis B3: 80 kg/ha con 58.64 g y B4: 120 kg/ha con 64.83 g. El promedio menor se tuvo en B1: 0 kg/ha de N con 42.50 g (Cuadro N. 2 y Figura No. 13).

El tamaño del grano del maíz suave de las razas “Guagales”, se determina en calibre mayor a 12 mm (grano tamaño grande); regular 10 a 12 mm (tamaño regular) y pequeño inferior a 10 mm (tamaño pequeño). Los granos de tamaños grande y regular se utilizan para la elaboración de mote y tostado y el calibre pequeño para la elaboración de harinas (Monar, C. 2017).



**Figura No. 13.** Promedio de la variable peso de cien granos secos en g como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018.

Se determinó un efecto diferente de las dosis de N aplicados al suelo para la variable **número de semillas por kilogramo**. Se calcularon respuestas de tipo lineal, cuadrática y cúbica (Cuadro No. 2). Los cambios más importante fueron de 0 a 40 kg/ha y de 40 a 80 kg/ha de N. Los promedios más altos, se determinaron en B3: 80 kg/ha de N con 1935 y B4: 120 kg/ha con 1944 granos por kilogramo de maíz limpio, sano y seco al 13% de humedad.

La respuesta de las dosis de N aplicados al suelo en cuanto a la variable **contenido de N a final del ensayo**, fue muy diferente. Se presentaron respuestas de tipo lineal, cuadrática y cúbica (Cuadro No. 2 y Figura No. 14).

Como es lógico inferir que a mayores dosis de nitrógeno aplicados al suelo, mayor fue el contenido de este elemento y además considerando que antes del ensayo el contenido fue de medio alto con un promedio de 145 kg/ha.

Los promedios más altos de N en el suelo, se determinaron en B3: con 260.51 y B4: con 272.69 kg/ha (Cuadro No. 2 y Figura No. 14). El promedio más bajo se evaluó en B1 con 151.31 kg/ha. Es importante inferir también que este suelo, tuvo



un contenido medio alto de MO, lo que incide en contenidos altos de N en el suelo. De esto se desprende que para el manejo de nutrientes por sitio específico, es vital realizar el análisis físico – químico del suelo, conocer la demanda de la variedad y las condiciones ambientales.

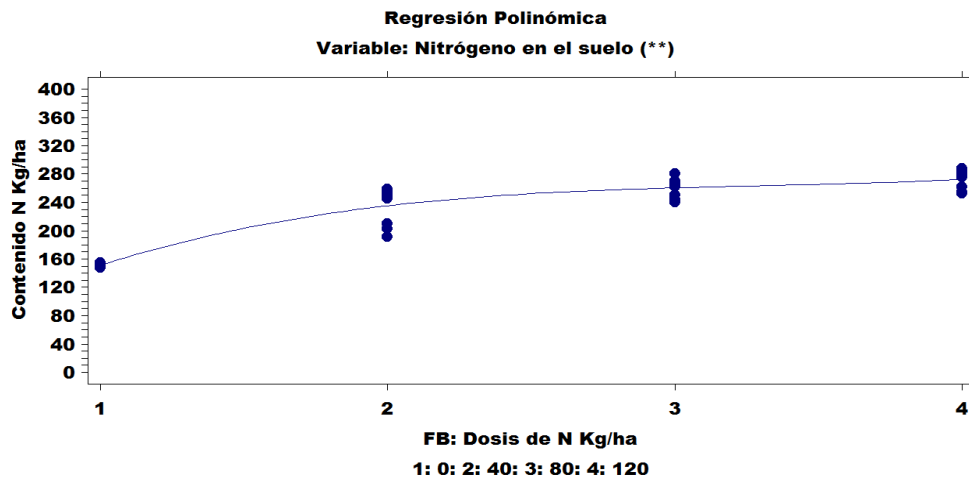


Figura No. 14. Promedios del contenido de nitrógeno en el suelo al final del ensayo como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018.

La respuesta de las dosis de N aplicados al suelo, en relación al **contenido de P, K y S** fueron muy diferentes y presentaron respuestas lineal, cuadrática y cúbica para el P y el K; lineal y cuadrática para el S (Cuadro No. 2 y Figuras No. 15 y 16).

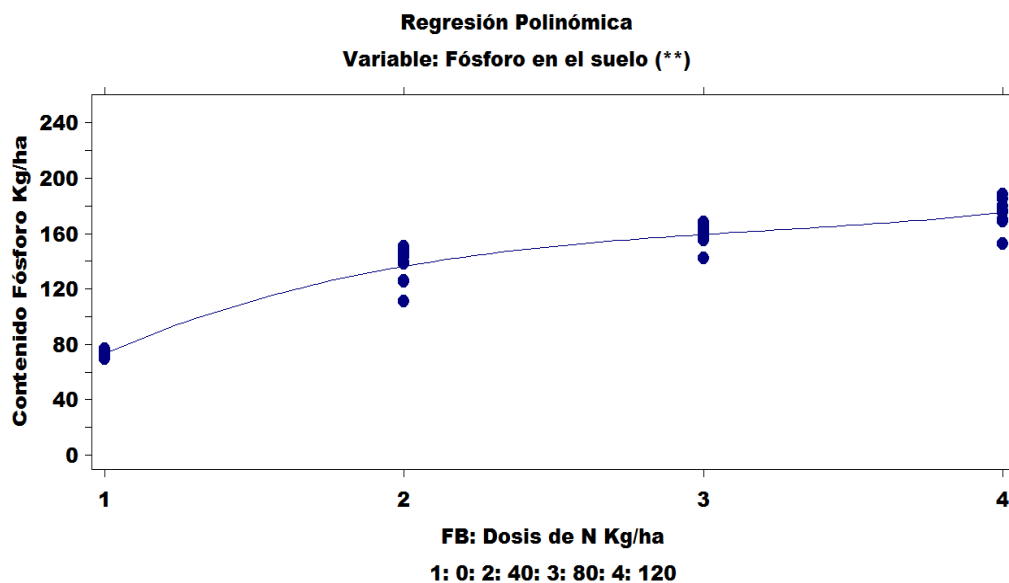
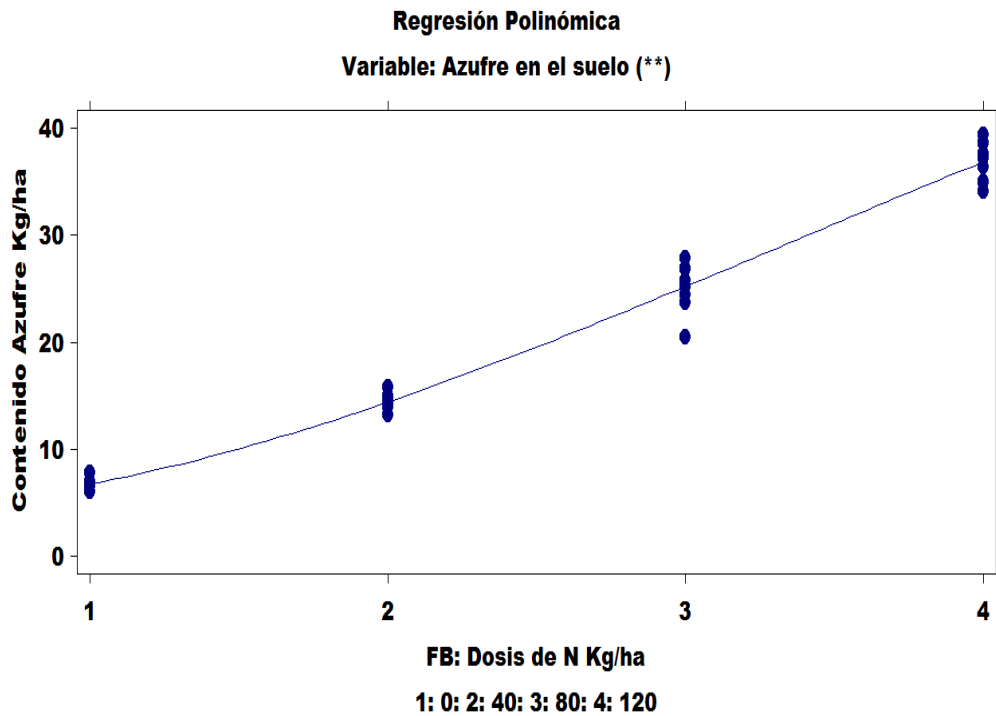


Figura No. 15. Promedios del contenido de fósforo en el suelo al final del ensayo como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018.



**Figura No. 16.** Promedios del contenido de azufre en el suelo al final del ensayo como efecto de la aplicación de cuatro dosis de N. Chalongoto. 2018.

De acuerdo a la ciencia conocemos que hay un sinergismo positivo entre el contenido de N, P, K y el S. Esto explica los contenidos altos de P y K en el suelo (Cuadro No. 2).

Para el S el contenido en los suelo Andisoles es bajo, sin embargo a mayor dosis de N aplicado al suelo, mayor fue el contenido de este elemento.

En síntesis podemos inferir que a mayor dosis de N aplicado al suelo, mayores fueron los contenidos de N, P, K y S al final del ensayo.

**Cuadro No. 3.** Resultados de la Prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios en la interacción de factores AxB (tipos de labranza por dosis de nitrógeno), que presentaron significancia estadística en las variables: porcentaje de emergencia (PE); altura de inserción de la mazorca (AIM); número de granos por hilera (NGH); número de granos por mazorca (NGM); rendimiento en kg/ha al 13% de humedad (RH); número de semillas por kilogramo (NSPK); contenido de nitrógeno (CN) y contenido de fósforo (CP). Chalongoto. 2018.

Variable	Tratamientos											
	T1: A1B1	T2: A1B2	T3: A1B3	T4: A1B4	T5: A2B1	T6: A2B2	T7: A2B3	T8: A2B4	T9: A3B1	T10: A3B2	T11: A3B3	T12: A3B4
(AIM)**	0.92E	1.12CD	1.15C	1.24BC	1.15C	1.38AB	1.46A	1.50A	0.98DE	1.37AB	1.50 <sup>a</sup>	1.36AB
(NGH) **	20BC	20BC	24 <sup>a</sup>	24 <sup>a</sup>	17D	22AB	24A	24A	17D	19CD	21BC	20BC
(NGM) **)	184E	209CD	216BC	233AB	176E	240AB	250A	253A	188DE	228ABC	237AB	232ABC
(RH) **	2588.7H	3500.3EFG	4232.3CDE	3727.3DEFG	3383.7FGH	4294.7CDE	4444.3BCD	5171.0A	3215.7GH	4088.7DEF	4867.3ABC	5099.3AB
NSPK **	1807H	1915F	1930DE	1940ABC	1822G	1923EF	1936CD	1943AB	1817GH	1926E	1937BCD	1948A
(CN)**	150.7F	201.4E	244.7D	256.2C	153.2F	253.9C	271.5B	280.7A	150.1F	250.3CD	265.4B	281.1A
(CP)**	73.0F	120.7E	153.7CD	166.2ABC	74.6F	143.9D	164.0BC	175.0AB	72.2F	144.5D	159.4BCD	184.5A

**\*\* Altamente Significativo al 1%. Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.**

### **Interacción de factores AxB (tipos de labranza por dosis de nitrógeno).**

En esta investigación, no existió dependencia de factores (Tipos de labranza por dosis de nitrógeno) en las variables: porcentaje de emergencia (PE); altura de planta (AP); días a floración masculina (DFM); días a la floración femenina (DFF); días a la cosecha en choclo (DCCH); acame de raíz (AR); acame de tallo (AT); número total de plantas por parcela (NTPP); número de plantas con mazorca (NPCM); número de plantas sin mazorca (NPSM); número de plantas con dos mazorcas (NPCDM); longitud de la mazorca (LM); diámetro de la mazorca (DM); número de hileras por mazorca (NHM); días a la cosecha en seco (DCS); desgrane (D); sanidad de la mazorca (SM); peso de cien granos secos (PCGS); contenido de potasio (CK) y el contenido de azufre (CS); es decir fueron factores independientes y quizá están relacionados a las características varietales.

Existió una interacción altamente significativa, es decir fueron factores dependientes en las variables: altura de inserción de la mazorca (AIM); número de granos por hilera (NGH); número de granos por mazorca (NGM); rendimiento de maíz en kg/ha (RH); número de semillas por kilogramo (NSPK); contenido de nitrógeno en el suelo (CN) y el contenido de fósforo en el suelo al final del ensayo (CP) (Cuadro No. 3).

Con la prueba de Tukey al 5%, los promedios más altos de la variable **AIM**, se presentó en los tratamientos T8: (A2B4: labranza reducida con 120 kg/ha de N) y el T11: (A3B3: labranza cero con 80 kg/ha de N) con 1.50 m respectivamente; y el promedio inferior se registró en el tratamiento T1 (A1B1: labranza convencional con 0 kg/ha de N) con 0.92 m (Cuadro No. 3 y Figura No. 17).

La AIM, dependió del tipo de labranza y de las dosis de N. A mayor dosis de N en las labranzas reducida y cero, se tuvieron promedios más elevados (Cuadro No. 3 y Figura No. 17). Estos resultados, son similares a los reportados por Rivadeneira, M. J. 2006; Changoluisa, G. 2008; INIAP. 2010 y Monar, C. 2015). Además la AIM, es un atributo varietal y depende de su interacción genotipo ambiente, como

son principalmente la altitud, temperatura, calor, vientos, humedad y las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

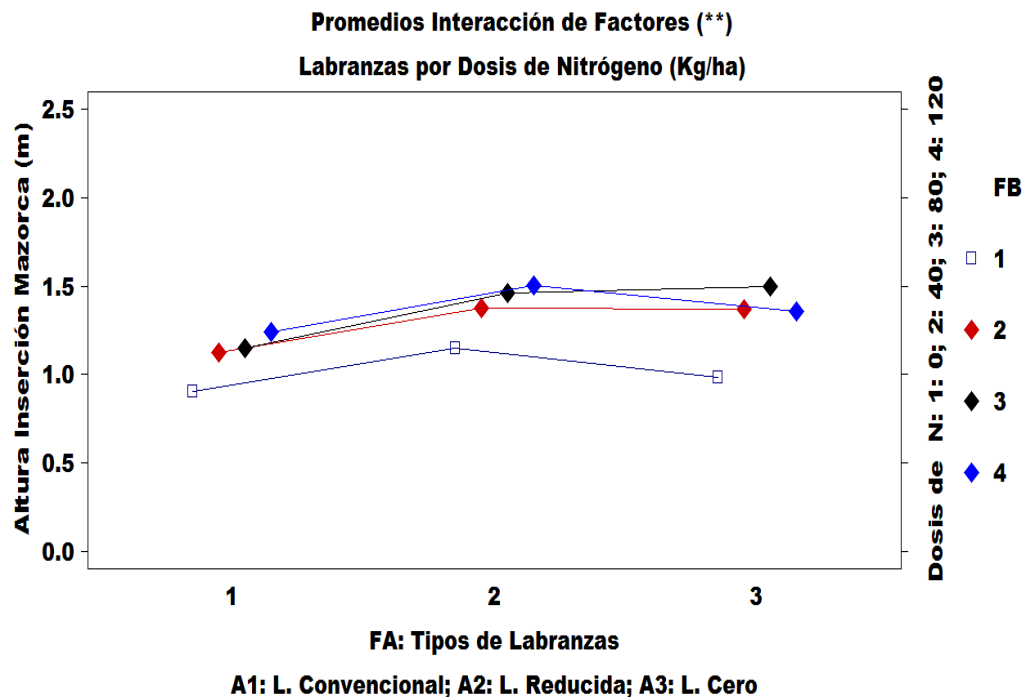
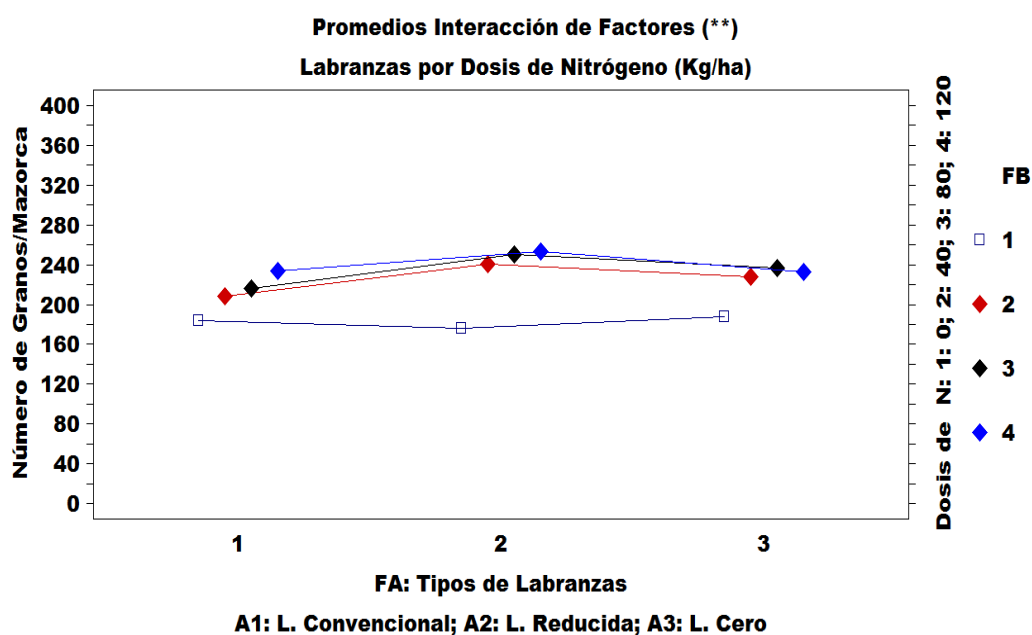


Figura No. 17. Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable altura de inserción de la mazorca. Chalongoto. 2018.

Con la prueba de Tukey al 5%, los promedios superiores del **número de granos por hilera de mazorca**, se presentaron en los tratamientos: T3 (A1B3: labranza convencional con 80 kg/ha de N); T4 (A1B4: labranza convencional con 120 kg/ha de N); T7 (A2B3: labranza reducida con 80 kg/ha de N) y T8 (A2B4: labranza reducida con 120 kg/ha de N) con 24 granos por hilera (Cuadro No. 3). Los promedios menores correspondieron a 17 granos por hilera y se presentaron en los tratamientos T5 (A2B1: labranza reducida con 0 kg/ha de N) y T9 (A3B1: labranza cero con 0 g/ha de N) con 17 granos (Cuadro No. 3). El número de granos por hilera de mazorca, respondió al tipo de labranza y al nitrógeno. A mayores dosis de nitrógeno, más granos por hilera. También esta variable, es un atributo varietal y el rango del número de granos por hilera en la variedad INIAP 111 Guagal Mejorado, está entre 15 y 28 granos por hilera (INIAP. 1997 y 2002).

La variable número de granos por mazorca está directamente relacionada con el número de hileras y granos por fila; es decir a mayor número de filas y granos por hilera, mayor número de granos por mazorca. Por esta razón los promedios más altos se presentaron en los tratamientos T7 (A2B3: labranza reducida con 80 kg/ha de N) y T8 (A2B4: labranza reducida con 120 kg/ha de N) con 250 y 253 granos por mazorca respectivamente. Los promedios inferiores se registraron en los tratamientos T1 (A1B1: labranza convencional con 0 kg/ha de N) y T5 (A2B1: labranza reducida con 0 kg/ha de N) con 184 y 176 granos por mazorca (Cuadro No. 3 y Figura No. 18). Estos resultados son similares a los reportados por INIAP. 2002 y Monar, C. 2016). A mayor número de granos por hilera, valores más altos de granos por mazorca.



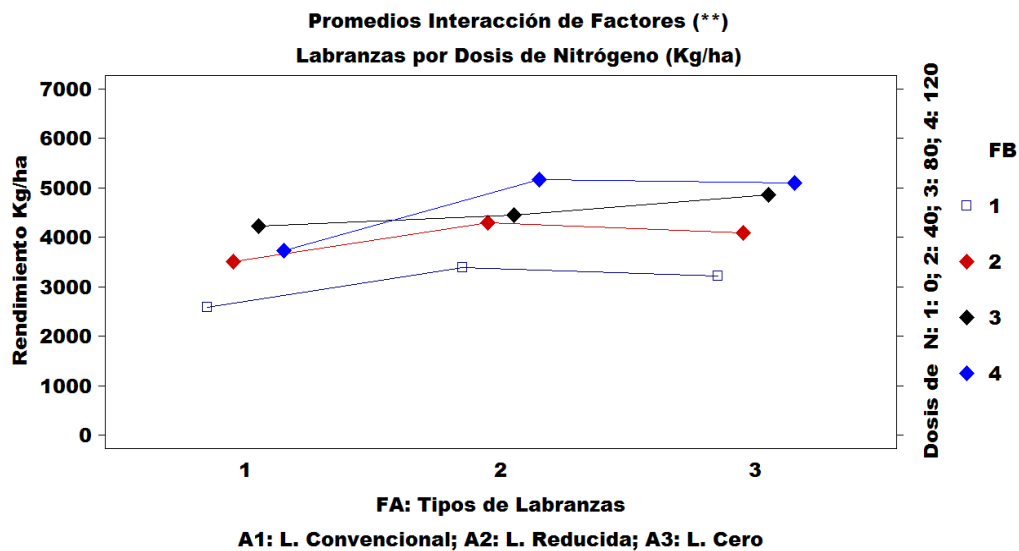
**Figura No. 18.** Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable número de granos por mazorca. Chalongoto. 2018.

La respuesta del tipo de labranza en relación de la variable **rendimiento de maíz**, dependieron de las dosis de nitrógeno. Con la prueba de Tukey al 5%, los promedios superiores se cuantificaron en los tratamientos T8 (A2B4: Labranza reducida con 120 kg/ha de N) y T12 (A3B4: labranza cero con 120 kg/ha de N) con 5171 y 5099 kg/ha. El menor promedio se evaluó en el tratamiento T1 (A1B1: labranza convencional con 0 kg/ha de N) con 2588 kg/ha (Cuadro No. 3 y

Figura No. 19). En esta investigación los componentes del rendimiento, tuvieron una dependencia del tipo de labranza y las dosis de nitrógeno. Las labranzas reducida y cero labranza con las dosis más altas de N: 80 y 120 kg/ha, fueron más eficientes, principalmente por la conservación de la humedad en el suelo y por ende una mayor eficiencia química y agronómica del nitrógeno. En la labranza convencional debido al cambio climático y al estar el suelo descubierto sin mulch, hay un mayor estrés de sequía, por lo tanto pérdida de la humedad y un grado de escorrentía más acelerado. La agricultura de conservación, se basa en tres principios fundamentales: Remoción mínima del suelo, conservación de los restos vegetales y la rotación de cultivos.

Observado los rendimientos de los tratamientos que no se aplicaron nitrógeno como el T1 (A1B1: labranza convencional con 0 kg/ha de N); T5 (A2B1: labranza reducida con 0 kg/ha de N) y T9 (A3B1: labranza cero con 0 kg/ha de N) los rendimientos promedios fueron de 2588; 3384 y 3216 kg/ha respectivamente (Cuadro No. 3). Esto se explica porque el cultivo anterior estuvo con una mezcla forrajera de pastos y alfalfa con promedios altos del contenido medio alto de N en el suelo (145 kg/ha) antes del establecimiento del ensayo (Cuadro No. 4).

De acuerdo a estudios realizados por INIAP 2000 y Valverde, F. et al. 2008, la variedad de maíz INIAP 111, responde linealmente a la aplicación de dosis altas de nitrógeno. Bajo condiciones normales del clima principalmente en cuanto a la disponibilidad de humedad, a mayores dosis de nitrógeno mayor rendimiento de maíz en seco. Por su puesto que el rendimiento también es una característica varietal y depende de su interacción genotipo ambiente. Son determinantes para la eficiencia química y agronómica del nitrógeno el tipo de labranzas, la humedad, temperatura, calor, sanidad vegetal y las características físicas, químicas y biológicas del suelo.



**Figura No. 19.** Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable rendimiento de maíz suave al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

La variable **número de semillas por kilogramo**, dependió de las labranzas y las dosis de (N). La variedad INIAP 111 presentó un rango de 1822 a 1948 granos por kilogramo (Cuadro No. 3). Este componente es una característica varietal y depende de la interacción genotipo ambiente, principalmente la sanidad, temperatura, calor y la presencia de los vientos en el procesos de llenado del grano hasta la madurez fisiológica.

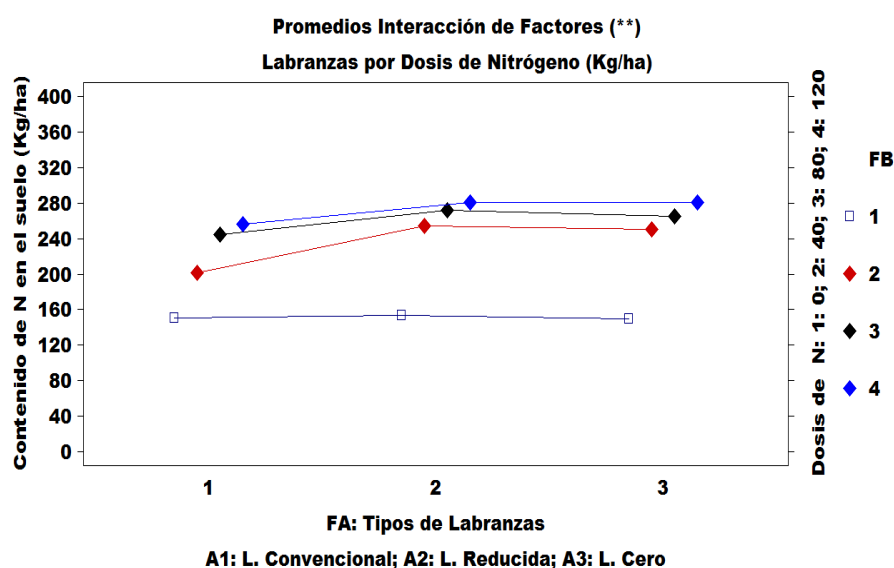
La respuesta de los tipos de labranza en relación al **(CN) al final del ensayo en el suelo**, dependió de las dosis de (N) aplicado al suelo; es decir fueron factores dependientes. Los promedios más altos del (CN) en el suelo al final del ensayo se cuantificaron en los tratamientos T8 (A2B4: Labranza reducida con 120 kg/ha de N) y T12 (A3B4: Labranza cero con 120 kg/ha de N) con 281 kg/ha respectivamente (Cuadro No. 3 y Figura No. 20). Estos promedios más elevados, estuvieron relacionados a las labranzas de conservación y dosis más altas de aplicación de nitrógeno al suelo. Las labranzas de conservación, reducen la pérdida del nitrógeno por efectos de lixiviación y volatilización. Los promedios inferiores del contenido del nitrógeno en el suelo se cuantificaron en los tratamientos T1 (A1B1: Labranza convencional con 0 kg/ha de N); T5 (A2B1:



Labranza reducida con 0 kg/ha de N) y T9 (A3B1: Labranza cero con 0 kg/ha de N) con un promedio general de 150 kg/ha (Cuadro No. 3 y Figura No. 20).

Podemos inferir entonces que en labranzas de conservación y mayores dosis de (N) aplicado, mayor es el contenido de (N) en el suelo. Estos resultados son similares a los reportados por varios autores como INIAP. 20002; 2008; 2010; Monar, C. y Delgado, J. 2013.

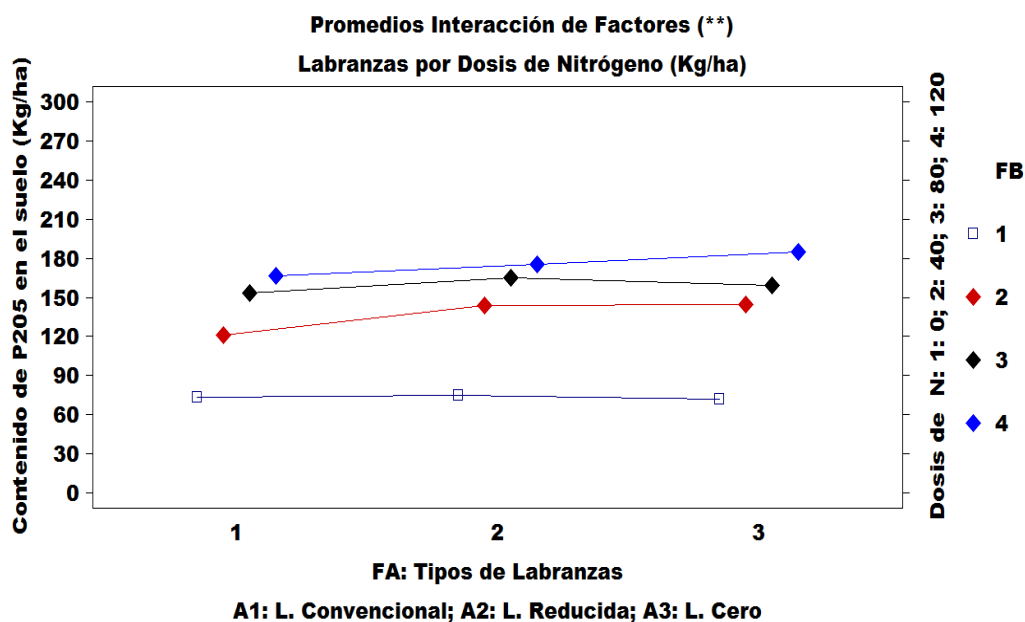
Otros factores que inciden en el (CN) en el suelo, son la cantidad de precipitación, calor, materia orgánica, conservación de los restos vegetales, pH, acidez, rotación de cultivos, fuente de nitrógeno, características físicas, químicas y biológicas del suelo.



**Figura No. 20.** Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable contenido de nitrógeno en el suelo al final del ensayo. Chalongo. 2018.

Existió un efecto altamente significativo en la interacción de factores labranzas por dosis de (N) para el (CP) en el suelo; es decir fueron factores dependientes (Cuadro No. 3). Con la prueba de Tukey al 5% los promedios más altos del (CP) en el suelo, se presentaron en los tratamientos T8 (A2B4: labranza reducida con 120 kg/ha de N) y T12 (A3B4: labranza cero con 120 kg/ha de N) con 175 y 185 kg/ha respectivamente (Cuadro No. 3 y Figura No. 21). Inferimos entonces que a mayor dosis de (N) aplicado al suelo y en las labranzas de conservación, hay un

mayor (CP). Los promedios inferiores del (CP) en el suelo se determinaron en los tratamientos T1 (A1B1: labranza convencional con 0 kg/ha de N); T5 (A2B1: labranza reducida con 0 kg/ha de N) y T9 (A3B1: labranza cero con 0 kg/ha de N) con 73; 75 y 72 kg/ha respectivamente (Cuadro No. 3 y Figura No. 21). A través de la literatura científica es conocido que hay un efecto de sinergismo positivo entre (N) y el (P).



**Figura No. 21.** Promedios de la interacción de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno en la variable contenido de fósforo en el suelo al final del ensayo. Chalongoto. 2018.

## 5.2. Contenido de nitrógeno.

**Cuadro No. 4.** Contenido de nitrógeno inicial y al final del ensayo en el suelo por tipos de labranzas. Chalongoto. 2018.

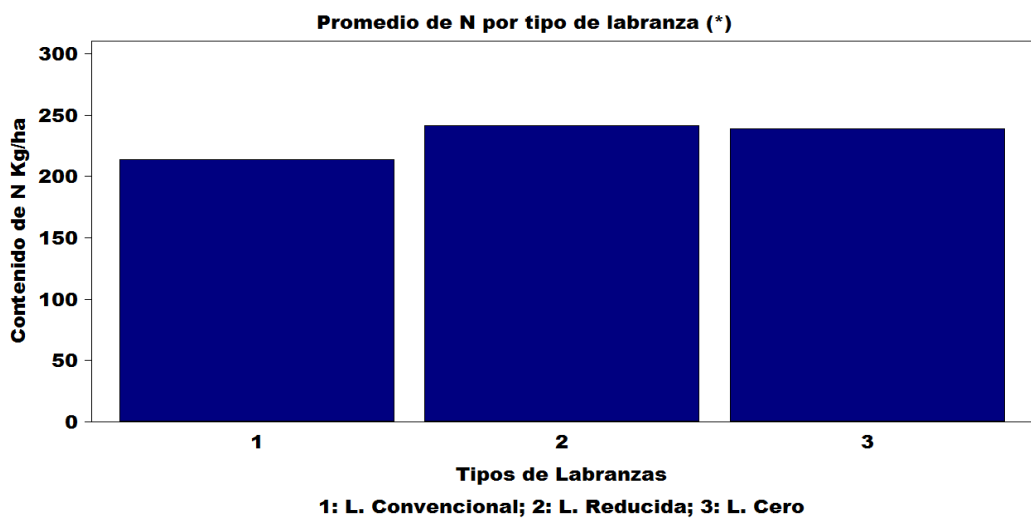
Tipos de labranza	N inicial Kg/ha	N final Kg/ha	Incremento de N Kg/ha
A1: Labranza convencional	140.30 A	214.00 B	73.70 B
A2: Labranza reducida	140.27 A	241.13 A	100.86 A
A3: Labranza cero	140.47 A	239.14 A	98.67 A
<b>Media general kg/ha</b>	<b>140.35</b>	<b>231.42</b>	<b>91.08</b>
<b>CV (%)</b>	<b>0.12</b>	<b>0.35</b>	<b>0.34</b>

**Fuente:** INIAP. 2009.

Antes del establecimiento del ensayo (CN) de acuerdo al análisis químico del suelo realizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas del INAP Santa Catalina fue medio alto con una media general de 140.35 kg/ha (Cuadro N. 4). Esto explica por qué el rendimiento del maíz aún en el testigo B1: 0 kg/ha, presentó un rendimiento superior a las 3 tm/ha (Cuadro No. 4).

Al final del ensayo y debido al proceso de descomposición de la biomasa de las mezclas forrajeras y los tipos de labranzas, se incrementó (CN) en el suelo (Cuadro N. 4 y Figura No. 22). El promedio más elevado de (N) en el suelo se cuantificó en A2: labranza reducida con 241.13 kg/ha con un incremento en comparación al contenido inicial de (N) en el suelo de 100.86 kg/ha (Cuadro No. 4). El promedio menor se determinó en A1: labranza convencional con 214.00 kg/ha (Cuadro No. 4). Estos resultados confirman lo que reportan varios autores en procesos de investigación en (AC), por la remoción mínima del suelo la conservación de los restos vegetales y la rotación de cultivos con leguminosas se incrementa el contenido de (MO) y por ende del (N, P, K y S).

En la labranza convencional hay procesos más severos de erosión, limitada retención de humedad, pérdida paulatina del contenido de (MO) y son más dependientes de (N) sintético, lo que hace a los sistemas convencionales menos sostenibles en el tiempo y en el espacio.



**Figura No. 22.** Contenido promedio de N en kg/ha al final del ensayo como efecto de las labranzas. Chalongoto. 2018.

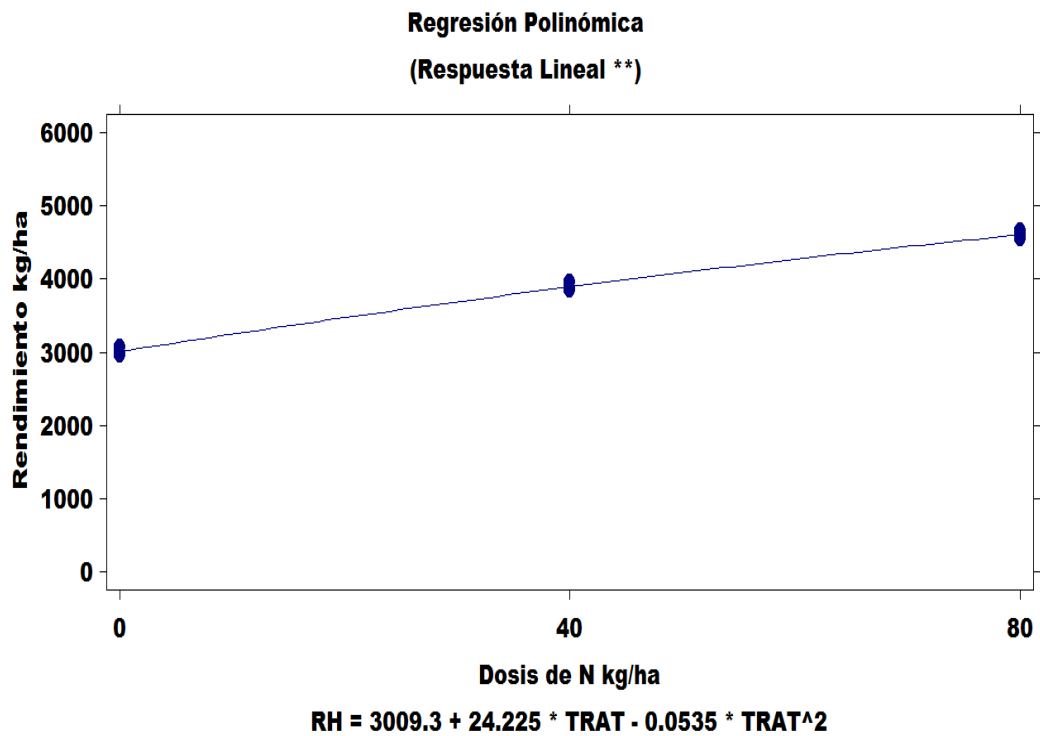
**Cuadro No. 5.** El (CN) final en porcentaje (%) en el grano, restos vegetales y en la tusa, y rendimiento en kg/ha de maíz como efecto de la aplicación de tres dosis de (N) en kg/ha. Chalongoto. 2018.

<b>Tratamiento No.</b>	<b>N grano (**)</b>	<b>N restos vegetales (**)</b>	<b>N tusa (**)</b>	<b>Rendimiento kg/ha</b>
T1: 0	0.60	0.43	0.55	3009.30
T2: 40	1.14	0.66	0.82	3892.70
T3: 80	1.30	0.74	0.83	4604.70
<b>M. General (%)</b>	<b>1.02</b>	<b>0.61</b>	<b>0.73</b>	<b>3835.60</b>
<b>CV (%)</b>	<b>1.11</b>	<b>3.17</b>	<b>3.32</b>	<b>0.47</b>
<b>Respuesta Lineal</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>
<b>Respuesta Cuadrática</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>	<b>**</b>

**\*\* Altamente significativo al 1%.**

La respuesta de las dosis de (N) aplicadas al suelo, fue muy diferente para las variables: N en el grano, N en la planta (restos vegetales), N en la tusa y el rendimiento de maíz en kg/ha (Cuadro No. 5 y Figura No. 23). Para todas estas variables, se presentó una respuesta lineal y cuadrática altamente significativa (Cuadro No. 5). Esto quiere decir que a mayor dosis de N aplicado al suelo, mayor fue el (CN) en el grano, planta y en la tusa y así mismo el rendimiento de maíz seco (Cuadro No. 5 y Figura No. 23).

Los promedios más elevados del (CN) en el grano, planta, tusa y el rendimiento se cuantificaron con la aplicación de 80 kg/ha de N (Cuadro No. 5 y Figura No. 23). Hay una estrechez positiva significativa entre los componentes (CN) en el grano, planta y la tusa versus el rendimiento de maíz.



**Figura No. 23.** Rendimiento promedio de maíz suave INIAP 111 como efecto de la aplicación de tres dosis de N. Chalongo. 2018.

### 5.3. Coeficiente de variación (CV).

El CV, es un estadístico de dispersión y mide la variabilidad de los resultados y se expresa en porcentaje. De acuerdo a varios estadísticos como J. Beaver y L. Beaver. 2000, mencionan que en variables que están bajo el control y medición del investigador el valor del CV, debe ser inferior al 20%; y en variables que dependen de la interacción genotipo ambiente como incidencia y severidad de plagas, acame de tallo, acame de raíz, etc. el valor del CV, puede ser mucho mayor que el 20%.

En esta investigación, en las variables que estuvieron bajo el control y medición del investigador, se calcularon CV inferiores al 20%, por tanto las inferencias y conclusiones, son válidas para esta zona agroecológica.

### 5.3. Análisis de correlación y regresión lineal.

**Cuadro No. 6.** Correlación y regresión lineal de las variables independientes (Xs) que presentaron una significancia estadística con el rendimiento (Y). Chalongoto. 2018.

<b>Variables independientes (componentes del rendimiento)</b>	<b>Coefficiente de correlación (r)</b>	<b>Coefficiente de regresión (b)</b>	<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>) (%)</b>
Número de granos por mazorca (NGM) (**)	0.8077	24.5933	65
Peso de cien granos secos (PCGS) (**)	0.9365	0.14901	88
Número de semillas por kilogramo (NSPK) (**)	0.8073	12.1454	66
Contenido de nitrógeno en el suelo (CN) (**)	0.8732	13.7588	77
Contenido de fósforo en el suelo (CP) (**)	0.8387	16.5237	70
Contenido de nitrógeno en el grano (CNG) (**)	0.9652	2100.06	93
Contenido de nitrógeno en la planta (CNP) (**)	0.9739	4839.77	95
Contenido de nitrógeno en la tusa (CNT) (**)	0.9071	4577.69	82

**\*\* Altamente significativo al 1%.**

### Correlación

Correlación es la estrechez positiva o negativa entre dos variables. Su valor máximo es +/-1 y no tiene unidades. En esta investigación se presentaron valores de correlación altamente significativos entre los componentes: Número de granos por mazorca; peso de cien granos secos; número de semillas por kilogramo; contenido de nitrógeno en el suelo; contenido de fósforo en el suelo; contenido de

nitrógeno en el grano; contenido de nitrógeno en la planta y el contenido de nitrógeno en la tusa versus el rendimiento de maíz (Cuadro No. 6).

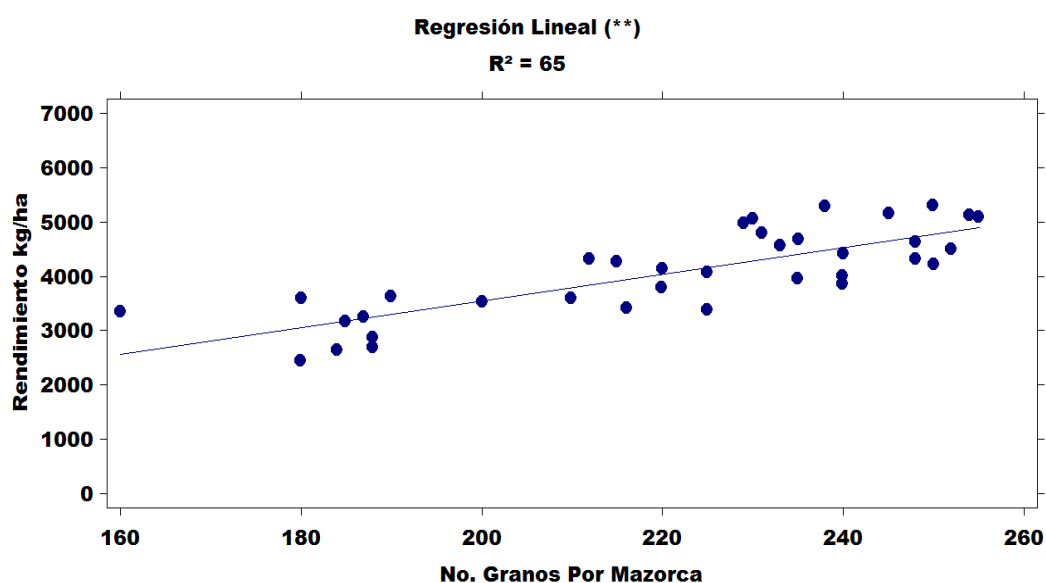
## Regresión

Regresión, es el incremento o disminución de la variable dependiente (Y), por cada cambio único de la variable (s) independiente (s) (Xs).

En esta investigación, los componentes que incrementaron el rendimiento de maíz evaluado en kg/ha fueron: Número de granos por mazorca; peso de cien granos secos; número de semillas por kilogramo; contenido de nitrógeno en el suelo; contenido de fósforo en el suelo; contenido de nitrógeno en el grano; contenido de nitrógeno en la planta y el contenido de nitrógeno en la tusa (Cuadro No. 6).

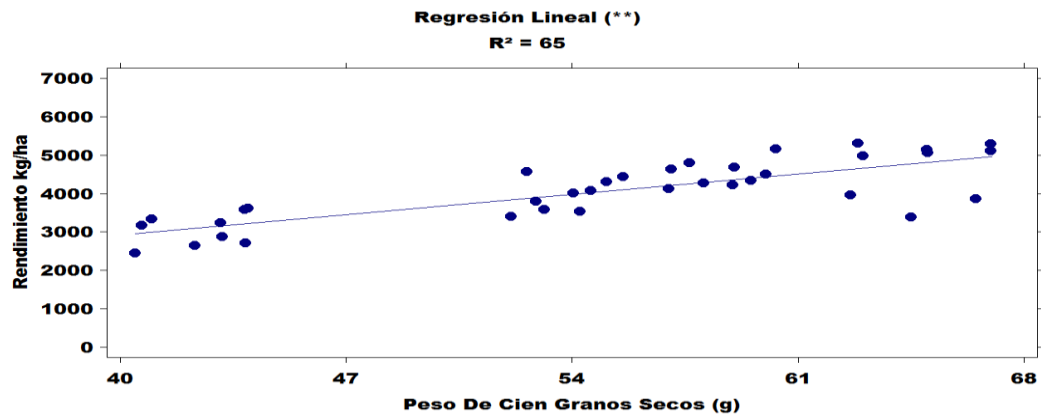
## Coefficiente de determinación ( $R^2$ )

El coeficiente de determinación, se mide en porcentaje y nos explica en qué porcentaje se incrementó o disminuyó la variable dependiente por cada cambio único de la variable independiente.



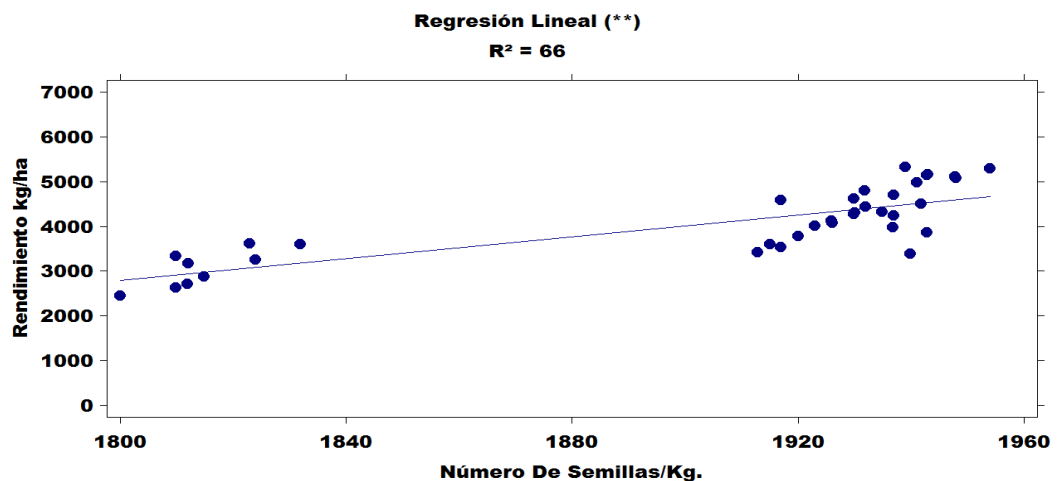
**Figura No. 24.** Regresión lineal número de granos por mazorca versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

El 65% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más elevados del número de granos por mazorca. Es decir a mayor número de granos por mazorca mayor fue el rendimiento (Figura No. 24).



**Figura No. 25.** Regresión lineal peso de cien granos secos (g) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

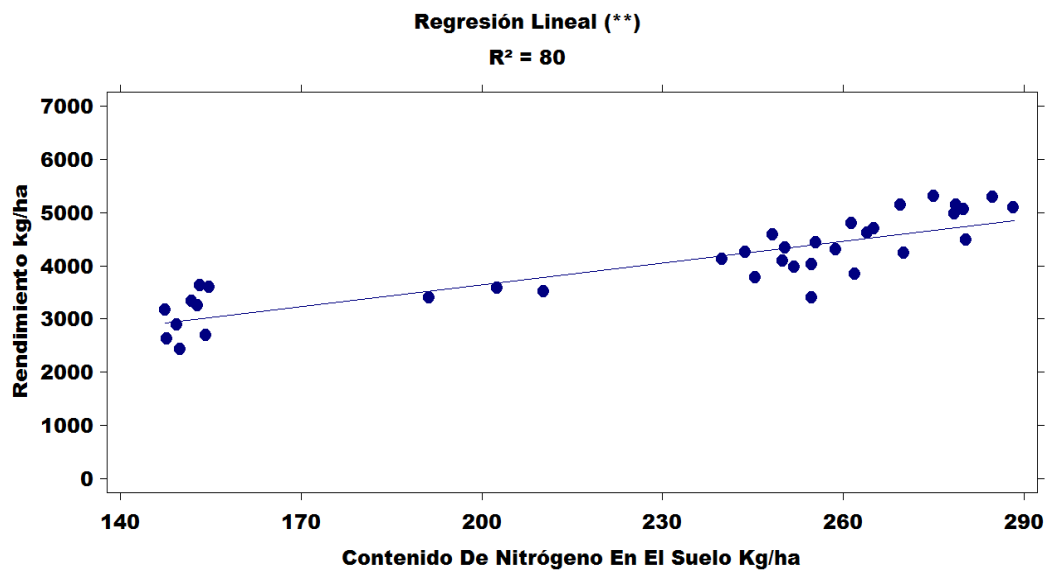
El 65% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más elevados del peso de cien granos secos; es decir a mayor peso de cien granos secos, mayor fue el rendimiento (Figura No. 25).



**Figura No. 26.** Regresión lineal número de semillas por kilogramo versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

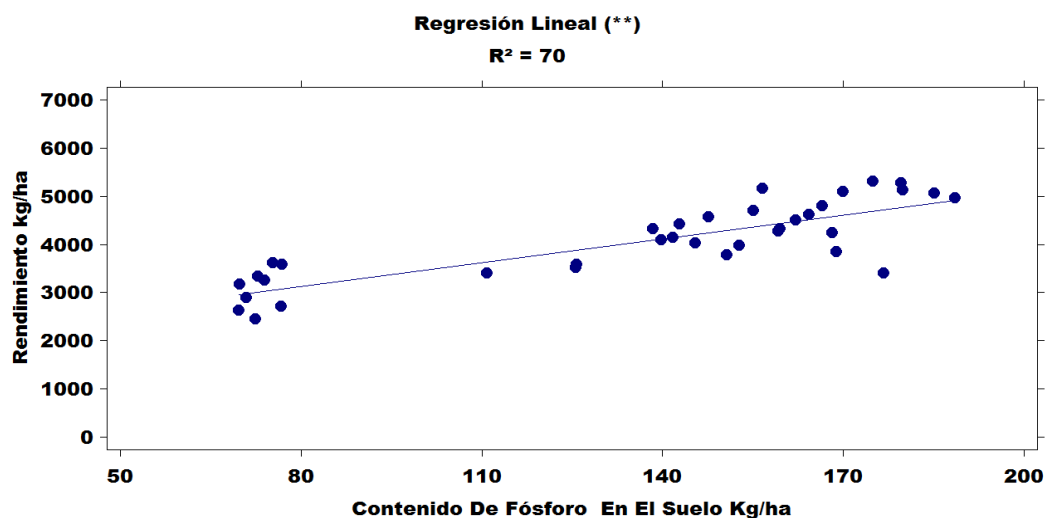
El 66% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más elevados del número de semillas por kilogramo; es decir promedios más altos de este componente, mayor fue el rendimiento (Figura No. 26).





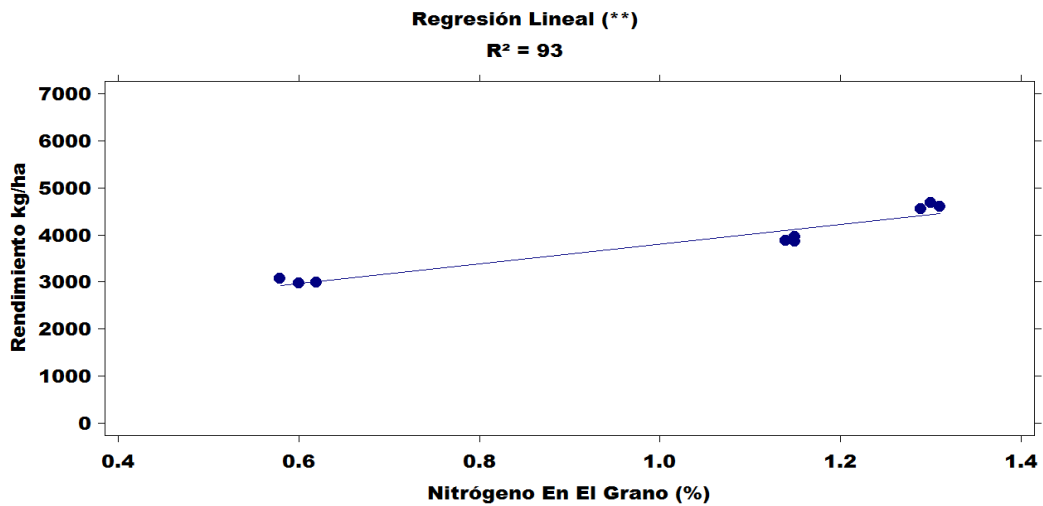
**Figura No. 27.** Regresión lineal contenido de nitrógeno en el suelo (kg/ha) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

El 80% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más altos del (CN) en el suelo; es decir promedios más altos del (N) en el suelo, mayor fue el rendimiento (Figura No. 27).



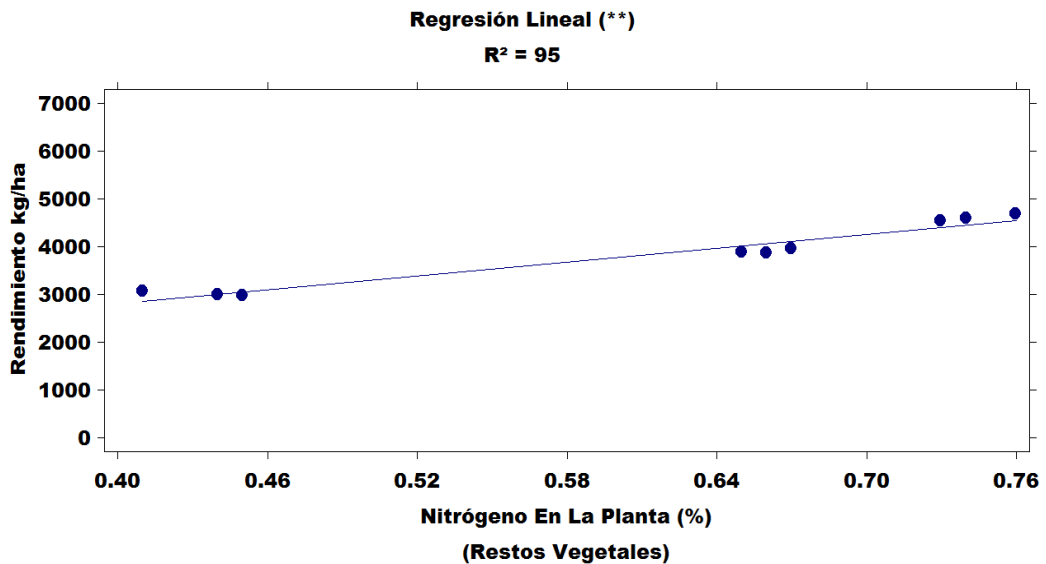
**Figura No. 28.** Regresión lineal contenido de fósforo en el suelo (kg/ha) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

El 70% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más altos del contenido de P en el suelo; es decir promedios más altos del P en el suelo, mayor fue el rendimiento (Figura No. 28).



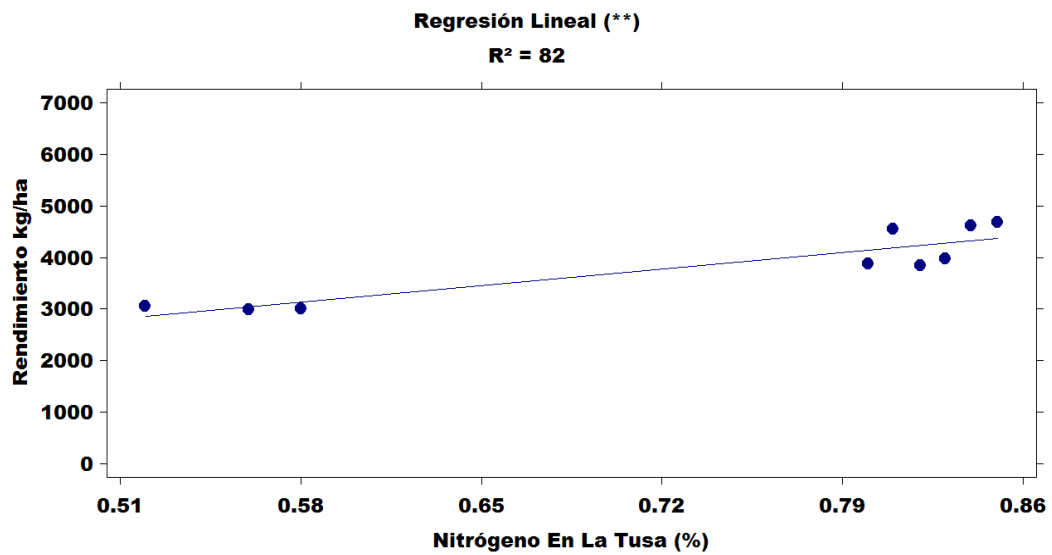
**Figura No. 29.** Regresión lineal contenido de nitrógeno en el grano versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

El 93% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más altos del (CN) en el grano de maíz; es decir promedios más altos del (N) en el grano, mayor fue el rendimiento (Figura No. 29).



**Figura No. 30.** Regresión lineal contenido de nitrógeno en la planta (restos vegetales) versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

El 95% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más altos del (CN) en la planta de maíz; es decir promedios más altos del (N) en la planta (restos vegetales), mayor fue el rendimiento (Figura No. 30).



**Figura No. 31.** Regresión lineal número contenido de nitrógeno en la tusa versus el rendimiento de maíz en kg/ha al 13% de humedad. Chalongoto. 2018.

El 82% de incremento del rendimiento de maíz fue debido a valores promedios más altos (CN) en la tusa de la mazorca; es decir promedios más altos del (N) en la tusa, mayor fue el rendimiento (Figura No. 31).

#### 5.4. Análisis económico

**Cuadro No. 7.** Análisis económico de presupuesto parcial (AEPP). Cultivo: maíz suave en seco variedad INIAP 111. Chalongoto. 2018.

Variable	Tratamientos											
	T1: A1B1	T2: A1B2	T3: A1B3	T4: A1B4	T5: A2B1	T6: A2B2	T7: A2B3	T8: A2B4	T9: A3B1	T10: A3B2	T11: A3B3	T12: A3B4
Rendimiento de maíz en kg/ha	2589	3500	4232	3727	3384	4295	4444	5171	3216	4089	4867	5099
Rendimiento ajustado 10% maíz en kg/ha	2330	3150	3809	3354	3046	3865	4000	4654	2894	3680	4380	4589
<b>TOTAL INGRESO BRUTO \$/HA</b>	<b>1444.6</b>	<b>1953.0</b>	<b>2361.6</b>	<b>2079.5</b>	<b>1888.5</b>	<b>2396.3</b>	<b>2480.0</b>	<b>2885.5</b>	<b>1794.3</b>	<b>2281.6</b>	<b>2715.6</b>	<b>2845.2</b>
<b>COSTOS QUE VARÍAN POR TRATAMIENTO \$/HA</b>												
Preparación suelo: Aplicación glifosato 3 l/ha. \$/ha	0	0	0	0	15	15	15	15	15	15	15	15
8 Horas tractor: Arado y rastra. \$/ha	160	160	160	160	0	0	0	0	0	0	0	0
Mano obra aplicación glifosato 2 Jornales. \$/ha	0	0	0	0	30	30	30	30	30	30	30	30
Surcado: 2 horas tractor. \$/ha	40	40	40	40	40	40	40	40	0	0	0	0
Mano de obra hoyado: 5 jornales. \$/ha	0	0	0	0	0	0	0	0	75	75	75	75
Urea. \$/Ha	0	38.28	76.56	114.84	0	38.28	76.56	114.84	0	38.28	76.56	114.84
Mano de obra aplicación urea. \$/ha	0	30.00	60.00	90.00	0	30.00	60.00	90.00	0	30.00	60.00	90.00
Rascadillo y aporque. 30 jornales. \$/ha.	450	450	450	450	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL COSTOS QUE VARÍAN \$/HA.</b>	<b>650.00</b>	<b>718.28</b>	<b>786.56</b>	<b>854.84</b>	<b>85.00</b>	<b>153.28</b>	<b>221.56</b>	<b>289.84</b>	<b>120.00</b>	<b>188.28</b>	<b>256.56</b>	<b>324.84</b>
<b>TOTAL BENEFICIOS NETOS \$/HA.</b>	<b>794.6</b>	<b>1234.7</b>	<b>1575.0</b>	<b>1224.7</b>	<b>1803.5</b>	<b>2243.0</b>	<b>2258.44</b>	<b>2595.7</b>	<b>1674.3</b>	<b>2093.3</b>	<b>2459.0</b>	<b>2520.4</b>

**Cuadro No. 8.** Análisis de dominancia.

Tratamiento No.	Total de costos que varían/tratamiento \$/ha.	Total de beneficios netos/tratamiento \$/ha.
T5: A2B1	85.00	1803.50 /
T9: A3B1	120.00	1674.30 D
T6: A2B2	153.28	2243.00 /
T10: A3B2	188.28	2093.30 D
T7: A2B3	221.56	2258.44 /
T11: A3B3	256.56	2459.00 /
T8: A2B4	289.84	2595.70 /
T12: A3B4	324.84	2520.40 D
T1: A1B1	650.00	794.60 D
T2: A1B2	718.28	1234.70 D
T3: A1B3	786.56	1575.00 D
T4: A1B4	854.84	1224.70 D

**D = Tratamientos dominados.**

**Cuadro No. 9.** Cálculo de la tasa marginal de retorno (TMR %).

Tratamiento No.	Total de costos que varían/tratamiento \$/ha.	Total de beneficios netos/tratamiento \$/ha.	TMR (%)
T5: A2B1	85.00	1803.50 /	
			644
T6: A2B2	153.28	2243.00 /	
			23
T7: A2B3	221.56	2258.44 /	
			573
T11: A3B3	256.56	2459.00 /	
			404
T8: A2B4	289.84	2595.70 /	

El análisis económico de presupuesto parcial (AEPP), se realizó aplicando la metodología de Perrint, et al. 2002, en que toma en cuenta únicamente los costos que varían en cada tratamiento. En esta investigación los costos que variaron en cada tratamiento fueron básicamente el tipo de labranzas: convencional, reducida y cero; las dosis de (N) en kg/ha, herbicida glifosato y la mano de obra para las diferentes actividades agrícolas.

El costo de un jornal/día se determinó en \$15,00. El precio de venta del maíz INIAP 111 en seco, fue de \$0.62/kg. El valor económico de la urea como fuente

de (N), estuvo en \$ 0.44/kg. El alquiler de maquinaria agrícola se cuantificó en \$20/hora tractor. El costo del herbicida glifosato fue de \$ 5/litro.

Una vez realizado el AEPP, los tratamientos con los beneficios netos más altos fueron el T11: A3B3 (labranza cero con 80 kg/ha de N) y el T8: A2B4 (labranza reducida con 120 kg/ha de N) con \$2459.00 y \$ 2595.70/ha respectivamente (Cuadro No. 7). Esto estuvo relacionado a los promedios más elevados del rendimiento y un menor costo por efecto de la labranza reducida y la labranza cero, en comparación a la labranza convencional, que se incrementó significativamente el costo por los componentes mano de obra y horas tractor.

Al realizar el análisis de dominancia, los tratamientos que fueron dominados por el mayor incremento de los costos que variaron en cada tratamiento fueron: T9; T10; T12; T1; T2; T3 y el T4 (Cuadro N. 8).

Al realizar el cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR), los tratamientos o alternativas tecnológicas con los valores promedios más altos fueron el T6 (A2B2: Labranza reducida con 40 kg/ha de N); T8 (A2B4: Labranza reducida con 120 kg/ha de N) y el T11 (A3B3: Labranza cero con 80 kg/ha de N) con valores de la TMR de: 644; 573 y 404% respectivamente. Esto quiere decir que por cada dólar invertido y en función únicamente de los costos que variaron por cada tratamiento los productores ganarían entre 4 y 6 dólares por cada unidad de inversión (Cuadro No. 9).

Esta investigación, nos permite determinar recomendaciones o alternativas tecnológicas en función de dominios de recomendación. Para pequeños productores que tienen limitado acceso al crédito o disponibilidad de capital de inversión, la mejor alternativa es la labranza reducida con 40 kg/ha de N. Sin embargo para medianos productores con acceso a crédito y capital de inversión la mejor alternativa tecnológica es la siembra del maíz INIAP 111 en labranza reducida con 80 y 120 kg/ha de N. (Cuadro No. 9).

## **VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

De acuerdo a los resultados estadísticos, agronómicos, de laboratorio de suelos y aguas del INIAP Santa Catalina y económicos obtenidos en esta investigación, inferimos que existió un efecto muy diferente del tipo de labranzas y las dosis de nitrógeno aplicado al suelo y que además fue evidente la interacción genotipo ambiente y la dependencia de factores en la mayoría de variables evaluadas.

Por lo tanto hay suficiente evidencia científica con el 99% de confianza que los resultados de las diferentes variables agronómicas, de suelo y económicas evaluadas fueron diferentes y dependieron significativamente del tipo de labranza, de las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo, de la dependencia de factores y la interacción genotipo ambiente, por lo tanto aceptamos la hipótesis alterna e inferimos que las mejores alternativas tecnológicas para el cultivo de maíz suave fueron la labranza reducida con 80 y 120 kg/ha de N aplicado al suelo.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

Una vez realizado los diferentes análisis estadísticos, agronómicos y económicos se sintetizan las siguientes conclusiones:

- El efecto de los tres tipos de labranza fue muy diferente para la mayoría de las variables agronómicas y de química de suelo. El rendimiento promedio más elevado de maíz, se determinó en A2: Labranza reducida con 4323.40 kg/ha al 13% de humedad.
- La respuesta de las dosis de nitrógeno fue muy diferente para la mayoría de variables evaluadas. Existió una respuesta lineal para el rendimiento; es decir mayor dosis de nitrógeno, más rendimiento. El rendimiento promedio más alto se calculó en B4: 120 kg/ha de N con 4665.90 kg/ha con 13% de humedad.
- Se presentó una dependencia significativa de factores: tipos de labranza por dosis de nitrógeno. El rendimiento promedio superior se registró en el tratamiento: T8 (A2B4: Labranza reducida con 120 kg/ha de N) con 5171.00 kg/ha al 13% de humedad.
- Mayores dosis de nitrógeno aplicado al suelo y en labranza reducida, mayor fue la cantidad de macronutrientes como N, P, K y S al final del ensayo.
- Los componentes agronómicos que contribuyeron a incrementar el rendimiento de maíz fueron: número de granos por mazorca, peso de cien granos secos, número de semillas por kilogramo, contenido de nitrógeno y fósforo en el suelo, contenido de nitrógeno en el grano, restos vegetales y en la tusa.



- Económicamente las mejores alternativas tecnológicas fueron los tratamientos: T6 (A2B2: Labranza reducida con 40 kg/ha de N) y el T8 (A2B4: Labranza reducida con 120 kg/ha de N) con valores de la Tasa Marginal de Retorno de 644 y 404% respectivamente.
- Finalmente esta investigación permitió validar alternativas tecnológicas sostenibles para mitigar el cambio climático para los productores maiceros y por dominios de recomendación como son la agricultura de conservación a través de labranzas reducidas, remoción mínima de los restos vegetales y la rotación de cultivos con niveles de fertilización de 40, 80 y 120 kg/ha de nitrógeno.

## 7.2. Recomendaciones

De acuerdo a la sistematización de las principales conclusiones se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para dar respuestas apropiadas en los ámbitos de validación de alternativas tecnológicas e innovación, para la siembra del maíz suave en la provincia Bolívar se recomiendan los siguientes componentes tecnológicos: labranza reducida, conservación de los restos vegetales, rotación de leguminosas - maíz y dependiendo del contenido de nitrógeno en el suelo y tipo de productores (pequeños, medianos y grandes), aplicar 40; 80 o 120 kg/ha fraccionado en tres momentos: 30; 60 y 90 días después de la siembra.
- La variedad de maíz INIAP 111 Guagal Mejorado, respondió favorablemente en esta zona agroecológica, siendo necesario producir semilla de calidad en territorio y realizar la transferencia de tecnología a los productores/as a través de parcelas demostrativas.
- Debido al cambio climático, validar épocas de siembra con variedades de ciclo intermedio (precocidad media), para escapar la sequía y evaluar la producción en choclo y en seco.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, S., & Leng, M. (2004). *Producción moderna de maíz traducido al español por Martínez O. y Leguisamon P.* Buenos Aires - Argentina: Editorial Hemisferio Sur.
- Calero, J. (2009). *El cultivo de maíz en el Ecuador.* Guayaquil - Ecuador: Ediciones Salvat.
- Caraballo, L. (2013). *Regla para la calificación de semillas.* México: SNICS.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. (2013). *Informe anual programa global de agricultura de conservación.* México: CIMTM.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. (2017). *Informe anual del programa global de agricultura de conservación de maíz y trigo - 2016.* CIMMYT.
- Chimbo, C., & Malatay, F. (2001). *Control de gusano de la mazorca Heliothis zea y Euxesta eluta con aceite vegetal basados en la investigación del campo.* Guaranda - Ecuador: s/e.
- Earth, G. (2014). *Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente.* Guaranda - Bolívar: UEB.
- Espinoza, A. (2010). *Cultivo de maíz. Guía tecnológica para la producción de maíz.* Managua - Nicaragua: INTA.
- Fundación HJC. (2000). *Manual Agropeuario.* Quito - Ecuador: Fundación Hogares Juveniles Campesinos.
- Gear, J. (2006). *Maíz y nutrición.* Argentina: ILSI.
- Guastay, L., & Pérez, D. (2015). *Respuesta Agrónomica del maíz (Zea mays L. INIAP - III Guagal Mejorado a diferentes arreglos de siembra y fertilización nitrogenada.* Guaranda - Bolívar: UEB.
- Herrera, J. (2001). *Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería.* España: Océano.

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP 2009. (2009). *Nueva variedad de maíz blanco harinoso para consumo humano*. Cuenca - Ecuador: Plegable.
- Lahuathe, B. (2001). *Determinación de la dinámica poblacional de insectos y malezas en la rotación arroz, maíz soya, bajo los sistemas de labranza cero y convencional*. Portoviejo- Manabí: UTM.
- Lescano, D., & Claudio, H. (2012). *Estudio de la deficiencia de nitrógeno en dos sistemas de rotación, en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Guaranda - Bolívar: UEB.
- Maroto, J. (1998). *Horticultura herbácea*. Madrid - España: Mundi prensa.
- Mendieta, M. (2009). *Cultivo de producción de maíz*. Lima - Perú: Ripalme.
- Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca - MAGAP. (2013). *Maíz suave choclo*. Quito - Ecuador: s/e.
- Monar, C. (2002). *Unidad de validación y transferencia de tecnología*. Guaranda - Ecuador: UEB.
- Monar, C. (2015). *Informe anual de actividades - 2013*. Guaranda - Ecuador: Producción de semillas.
- Monar, C. (2017). *El cambio climático*. Guaranda - Ecuador: UEB.
- Morales, F. (2009). *Rotación de cultivos*. Texcoco - México: SEGARPA.
- Olivares, J. (2008). *Fijación biológica del nitrógeno*. Granada - España: CSIC.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2017). *El maíz en la nutrición humana*. Roma: ONUAA.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2000). *Manual de sistemas de labranza para América Latina*. Roma: Boletín de suelos.
- Orta, L. (2008). *El cultivo del maíz*. México: SA.
- Parquer, R. (2000). *Evaluación de 17 accesiones de maíz (Zea mays L.)*. Guaranda - Ecuador: UEB.
- Parson, D. (1990). *Manual para la educación agropecuaria*. Quito - Ecuador: Trillas.

- Quispe, B. (2010). *Evaluación de la producción de dos variedades experimentales en etapa fenológica (choclo y seco del maíz (Zea mays L.) de grano blanco harinoso y un híbrido simple frente al testigo local*. Loja - Ecuador: UEB.
- Rivadeneira, M. (2012). *Evaluación del biofertilizante a base de cepas de (Azospirillum spp) en el cultivo de maíz (Zea mays L.) INIAP 111 guagal mejordo, en completo con tres tipos de fertilización y dos métodos de inoculación*. Guaranda - Ecuador: UEB.
- Rojas, M. (2014). *Módulo de cultivos de clima templado y frío II*. Guaranda - Ecuador: s/e.
- Ruiz, R. (2009). *Características de algunos fertilizantes nitrogenados para uso en goteo*. Chile: INIAP.
- Serratos, J. (2012). *El origen y la diversificación del maíz en le continente americano*. México: Greenpe.
- Silva, D. (2004). *Trillas*. Buenos Aires - Argentina: Editorial.
- Trujillo, J. (2002). *Manual internacional de fertilidad de suelos*. Norcross: Phostate Institute. Editorial Inpofos.
- Uhart, S., & Echeverría, H. (2000). *El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción del maíz*. Buenos Aires - Argentina: INTA-FCA.
- Urquiaga, S. (2002). *Importancia del nitrógeno en la acumulación de materia orgánica del suelo en sistemas agrícolas bajo siembra directa y labranza convencional200*. México: Boletín informativo.
- Verhulst, N., & Bram, F. (2015). *Agricultura de conservación, ¿mejora la calidad de producción sustentables?* México: Mas Agro Editorial. CIMMYT.
- Yáñez, B. (2007). *Manejo de nutrientes por sitio específico con labranza de conservación en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. Guaranda - Ecuador: UEB.
- Yáñez, C. (2003). *Cátalago de recursos genéticos de maíces de altura*. Quito - Ecuador: EESC.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/zea-mays>. (1 de Enero de 2000). Obtenido de A, DatumCorporation: <http://www.wikipedia.com>
- <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilización%20 Nitrogenada%20del 20 Cultivo%20 de %20Maiz.asp>. (2001). Obtenido de A.

<http://m.monografias.com/trabajos82/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenados/nitrogeno-fertilizantes-nitrogenos.shtml>. (s.f.).

<http://AGRONOTAS.ES/A55CA3/Agronotas...html>. (s.f.).

<http://conservacion.cimmyt.org/es/i que-es-ac>. (s.f.).

<http://monografias.com/trabajos82/nitrogeno...html>. (s.f.).

<http://roble.pntic.mec.es/-mbdmar/iesao/...html>. (s.f.).

<http://roble.pntic.mec.es/-mbed.mar/iesao/quimica/nitrogen.htm>. (s.f.).

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:sU3Wndzs1YJ:www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%2520Nitrogenada%2520del%2520Cultivo%2520de%2520Maiz.asp+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>. (s.f.).

<http://www.agroes./agricultura/abonos...html>. (s.f.).

<http://www.agroes.es/agricultura/abono/195-formas-nitrogeno-suelo-agricultura>. (s.f.).

<http://www.agroes.es7agricultura/abonos/195-formas-nitrogeno-suelo-agricultura>. (s.f.).

[http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas.nsf/titulo/perdidas\\_nitrogeno\\_en\\_el\\_suelo](http://www.agronotas.es/A55CA3/Agronotas.nsf/titulo/perdidas_nitrogeno_en_el_suelo). (s.f.).

<http://www.arcuma.com/dr.cannabis/547-sinergismos-y-antagonismo-de-nutrientes.html>. (s.f.).

<http://www.bioagrolat.com/Paginas/interacciondeminerales.html>. (s.f.).

<http://www.fertilizando.com/articulos/...html>. (s.f.).

<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>. (s.f.).

<http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20maiz.asp>. (s.f.).

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>. (s.f.).

[http://www.kaligmbh.com/eses/fertiliser/advisory\\_service/deficiency\\_symptoms/maize-n.html](http://www.kaligmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/deficiency_symptoms/maize-n.html). (s.f.).

<http://www.smart-fertilizer.com/articulos/deficiencias-nutricionales>. (s.f.).

<http://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion2o%20mineral/macro/nitrogeno.htm>. (s.f.).

<https://www.produccionmundialmaiz.com/>. (s.f.).

*<https://2.eez.csic.es/olivares/ciencia/...html>. (s.f.).*

*<https://boletinagrario.com/f783,requerimientos-nutricionales-maiz.html>. (s.f.).*

*<https://ww.2ez.csin.es/olivares/ciencia/fijacion/>. (s.f.).*

**ANEXOS**



## Anexo No. 1. Ubicación del ensayo



## Anexo No. 2: Base de datos

### Código de variables de la base de datos:

V1: Repeticiones

V2: Factor A: Labranzas

V3: Factor B: Dosis de N

V4: Porcentaje de emergencia (PE)

V5: Días a floración masculina (DFM)

V6: Días a floración femenina (DFF)

V7: Días a choclo (DCH)

V8: Días a la cosecha (DC)

V9: Altura de planta (AP)

V10: Altura inserción de la mazorca (AIM)

V11: Acame de tallo (AT)

V12: Acame de raíz (AR)

V13: Número total de plantas por parcela (NTPP)

V14: Número de plantas con mazorca (NPCM)

V15: Número de plantas con dos mazorcas (NPCDM)

V16: Número de plantas sin mazorca (NPSM)

V17: Número de hileras por mazorca (NHMP)

V18: Número de granos por hilera (NGH)

V19: Número de granos por mazorca (NGPM)

V20: Peso de mazorca (PMz)

V21: Peso del grano por mazorca (PGPM)

V22: Desgrane (D)

V23: Humedad (H)

v24: Peso de mazorcas podridas (PMP)

V25: Peso por parcela (PPP)

V26: Sanidad de mazorca (SM)

V27: Longitud de mazorca (LM)

V28: Diámetro de mazorca (DM)

V29: Número total de mazorcas (NTM)

V30: Rendimiento kg/ha (RH)

V31: Contenido de N final (NH4)

V32: Contenido de fósforo final (P205 )

V33: Contenido de S final (S)

V34: Contenido de K final (K)

V35: Contenido de Ca (Ca)

V36: Contenido de Mg (Mg)

V37: Contenido de Zn (Zn)

V38: Contenido de cobre (Cu)

V39: Contenido de hierro (Fe)

V40: Contenido de manganeso (Mn)

V41: Contenido de boro (B)

V42: Peso de cien granos secos (PCGS)

V43: Número de semillas por kilogramo (NSPK)

**Ensayo: Respuesta agronómica del maíz (*Zea mays L.*) INIAP 111 a la fertilización nitrogenada y tres tipos de labranza en Chalongo, cantón Guaranda, provincia Bolívar**

**Tesista:** Jimena Rumiguano

**Director de Tesis:** Ing. Carlos Monar Benavides

Labranzas (FA)	N kg/ha (FB)
A1: L. Convencional	B1: 0
A2: L. Reducida	B2: 40
A3: L. Cero	B3: 80

**Base de datos general uno**

V1 REP	V2 FA	V3 FB	V4 PE	V5 DFM	V6 DFE	V7 DCH	V8 DC	V9 AP	V10 AIM	V11 AT	V12 AR	V13 NTPP	V14 NPCM	V15 NPCDM	V16 NPSM	V17 NHPM	V18 NGH	V19 NGPM	V20 PMz	V21 PGPM	V22 D
1	1	1	100	181	190	225	310	2,32	0,9	7,57	0	66	60	3	6	10	20	180	0,29	0,39	0,85
1	1	2	100	181	190	225	310	2,16	1,07	6,25	0	64	56	1	8	12	20	216	0,37	0,33	0,89
1	1	3	94	181	190	225	310	1,76	1,15	4,48	0	67	65	0	2	10	25	220	0,42	0,35	0,84
1	1	4	94	206	211	240	303	2,13	1,28	1,54	0	65	60	0	5	10	24	235	0,4	0,27	0,82
1	2	1	94	206	211	240	303	1,84	1,1	3,12	0	64	54	1	10	10	16	160	0,31	0,27	0,87
1	2	2	94	206	211	240	303	2,81	1,35	11,11	1,58	63	61	0	2	8	21	233	0,4	0,37	0,92
1	2	3	88	206	211	240	303	2,35	1,45	9,23	6,15	65	60	1	5	9	23	248	0,53	0,45	0,87
1	2	4	88	206	211	240	303	1,67	1,48	5,97	0	67	61	0	6	11	24	250	0,42	0,37	0,88
1	3	1	88	178	190	225	311	2	1,02	4,62	1,53	65	60	1	5	8	15	185	0,3	0,21	0,81
1	3	2	88	178	190	225	311	1,86	1,3	7,35	1,47	68	62	0	6	10	18	220	0,39	0,35	0,85
1	3	3	88	178	190	225	311	2,08	1,45	10,61	0	66	59	0	7	9	20	231	0,45	0,32	0,86
1	3	4	88	178	190	225	311	2,44	1,33	9,23	1,53	65	64	1	1	10	19	229	0,41	0,34	0,83
2	1	1	98	178	190	225	313	2,33	0,92	5,88	1,47	68	61	0	7	10	20	184	0,3	0,32	0,82
2	1	2	98	178	190	225	313	2,65	1,05	20,89	0	67	58	0	9	10	21	210	0,37	0,23	0,82
2	1	3	98	178	190	225	313	2,04	1,2	8,69	4,34	69	60	4	9	9	23	215	0,41	0,3	0,83
2	1	4	94	205	215	241	313	2,33	1,25	10,6	0	66	61	1	5	10	23	225	0,41	0,32	0,78
2	2	1	94	205	215	241	313	2,64	1,22	10,14	5,79	69	39	0	30	11	17	187	0,33	0,2	0,87
2	2	2	94	205	215	241	302	2,53	1,38	3,17	1,58	63	52	0	11	9	23	240	0,39	0,32	0,86
2	2	3	94	205	215	241	302	2,49	1,48	20	3,33	60	53	0	7	8	24	250	0,5	0,29	0,74

2	2	4	90	205	215	241	302	3,07	1,5	4,54	1,51	66	59	2	7	8	25	254	0,45	0,31	0,84
2	3	1	90	205	215	241	302	2	1,02	10,76	0	65	54	0	12	8	18	188	0,32	0,3	0,83
2	3	2	90	205	215	241	312	1,86	1,38	10,76	1,53	65	58	3	7	9	19	225	0,39	0,3	0,83
2	3	3	90	176	185	238	312	2,08	1,5	13,84	0	65	64	0	1	10	21	235	0,44	0,28	0,85
2	3	4	90	176	185	238	300	2,44	1,35	12,3	0	65	54	0	12	9	20	230	0,4	0,3	0,86
3	1	1	100	176	185	238	300	1,93	0,89	4,47	1,49	67	61	2	6	10	21	188	0,33	0,28	0,85
3	1	2	100	176	185	238	30	2,76	1,25	20,31	3,12	64	59	2	5	10	20	200	0,38	0,33	0,83
3	1	3	100	176	185	238	315	2,24	1,1	12,3	0	65	62	2	3	10	24	212	0,43	0,35	0,87
3	1	4	100	176	185	238	315	2,5	1,2	5,97	0	67	64	2	3	12	24	240	0,39	0,34	0,87
3	2	1	96	176	185	238	315	2,65	1,12	9,09	3,03	66	58	1	8	12	17	180	0,34	0,3	0,86
3	2	2	96	203	211	242	315	2,61	1,4	7,69	1,53	65	58	1	9	12	22	248	0,39	0,35	0,89
3	2	3	96	203	211	242	315	2,57	1,45	4,61	1,53	65	58	2	7	10	25	252	0,53	0,44	0,83
3	2	4	96	203	211	242	312	1,69	1,53	35,71	3,57	62	45	0	6	12	23	255	0,46	0,35	0,83
3	3	1	96	203	211	242	312	2,32	0,91	4,54	0	66	60	0	6	10	18	190	0,34	0,31	0,88
3	3	2	96	203	211	242	312	2,38	1,42	18,75	156	64	52	0	12	10	20	240	0,38	0,32	0,86
3	3	3	90	175	189	238	312	2,44	1,55	10,6	0	66	54	3	12	10	22	245	0,45	0,31	0,84
3	3	4	90	175	189	238	312	2,5	1,4	14,92	0	67	54	2	13	12	20	238	0,42	0,33	0,83

V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32	V33	V34	V35	V36	V37	V38	V39	V40	V41	V42	V43
H	PMP	PPP	SM	LM	DM	NTM	RH	NH4F	P205	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	PCGS	NSPK
29,2	0,37	5,1	5,3	15	5,6	52	2440,00	150	72,6	6,9	610,6	651,5	875,9	10,5	25,9	1000,9	10,1	1,1	40,45	1800
29,1	0,87	6,8	11,7	17	4,5	47	3407,00	191,4	110,9	14,5	720,7	686,4	910,8	17,1	38,2	1112,1	21,1	3,9	52,1	1913
27,6	0,83	8,5	8,6	16	5,1	64	4119,00	240	141,9	25,8	749,4	690	950,4	23,4	40,1	1142,4	32,2	5,7	56,99	1926
22,5	0,36	7,8	4,6	15,7	4,8	53	3956,00	252	152,7	38,6	772,2	710,8	972	35,7	52,6	1155	45,9	7	62,65	1937
25,8	0,58	6,5	8,8	14,5	4,9	53	3341,00	151,8	73	7	611	650,3	870,9	10,3	24,8	1000	10	1,2	40,98	1810
25,6	0,2	8,3	2,2	14	5,2	56	4564,00	248,2	147,8	13,2	708,6	680,6	915,4	17,8	38,9	1111,9	21	3,96	52,6	1917
32	0,67	9,8	6,7	16,6	5,6	48	4622,00	264	164,4	26,9	728,9	679,8	956,9	22,9	40,5	1032,9	31,9	5,6	57,1	1930
25,9	0,95	10,2	9,5	17,5	4,9	69	5303,00	275	175,00	37,6	768,9	699,9	968,7	34,6	50,6	1155,1	45	7,1	62,89	1939
25,7	0,46	6,6	7,8	12,5	5	53	3158,00	147,5	69,9	6,5	608,9	650	877,8	10	25,1	1002,5	10,5	1,2	40,67	1812
29,9	0,65	7,9	7,9	15,3	5,2	57	3780,00	245,5	150,8	14,1	724,8	685	915,7	17,8	38	1112,9	21,8	3,96	52,89	1920

26,1	0,86	9,4	10	15	5,1	44	4776,00	261,4	166,5	20,46	730,1	692,7	949,2	23,3	39,9	1135,2	32	5,6	57,67	1932
24,5	0,53	9,9	6,7	17	5	61	4968,00	278,5	188,6	36,4	769,4	705,5	969,9	35	51,8	1155,9	45,1	7,2	63,01	1941
26,7	52	5,5	6,7	14,8	4,8	55	2633,00	147,8	69,7	7,8	610	649,2	872,6	10,1	25,3	1001,8	10,1	1,1	42,34	1810
26	0,25	7,4	5	15,8	4,2	45	3585,00	202,5	125,7	13,9	719,8	684,8	911,5	18,1	38,6	1112,7	21,7	3,8	53,14	1915
27,7	0,33	8,9	4,2	14,9	5	55	4261,00	243,7	159,4	23,7	733,3	695,4	949,3	23,9	40,7	1134,9	32,8	5,7	58,1	1930
29	0,28	7,6	3,3	18,1	4,8	60	3378,00	254,8	176,9	35	770	712,6	971,7	35,6	50	1155,6	45,2	7	64,5	1940
29,9	0,54	6,6	24,5	15,5	3,7	39	3233,00	152,9	74	6,5	612,9	652,3	875	9,9	52,6	1000,6	10,3	1	43,1	1824
29,8	0,38	8,9	5,7	15,4	4,7	46	4009,00	254,7	145,4	14,9	718,9	687,6	908,9	17,1	38	1112,3	21,7	3,3	54,04	1923
28,4	0,78	10	12,6	15,8	4,8	54	4217,00	270,1	168,3	27,8	740,7	688,9	952,6	23	40,4	1135,1	32,1	5,5	58,99	1937
28,9	0,65	10,7	8,8	17,2	5	57	5122,00	278,9	180	39,4	771,2	708,2	970,8	34,1	51,8	1155	45,3	7,4	64,98	1943
31,5	0,45	6,3	6,6	14,1	5,1	50	2871,00	149,5	71,1	6	609	654,5	873,5	10	24,9	1001,4	10,2	1,5	43,2	1815
25,6	0,37	8,2	4,9	15,5	4,7	60	4068,00	249,9	139,9	15,8	719,3	680,9	912,7	17,5	38,9	1112	21,8	3,2	54,58	1926
29,3	0,51	9,8	6,7	14,1	4,6	62	4689,00	265,2	155,2	25,8	735,5	688,7	955,7	23,1	40,6	1135,8	32,1	5,4	59,04	1937
27,8	0,86	10,2	14,1	14,4	4,9	51	5060,00	280,1	185,1	37,2	769,1	711,4	963,4	34	52,4	1155,7	45,5	7,2	65,02	1948
25,6	1,38	5,3	20,3	12,9	5,4	59	2693,00	154,2	76,8	6,5	615,4	651,8	870,6	10,9	25,2	1002,2	10,4	1,4	43,87	1812
31,4	0,6	7,7	9,2	15,5	5,1	56	3509,00	210,2	125,6	13,9	689,3	685,8	910,8	18	38,5	1112,8	21,5	3,1	54,24	1917
26,2	0,49	8,4	6,4	15,4	5,2	55	4317,00	250,3	159,7	26,8	740,8	691,7	854,7	23,2	40,1	1135,7	32,4	5,3	59,56	1935
25	0,52	7,4	6	13,6	5,5	67	3848,00	261,9	168,9	34,9	768,9	705,9	962,5	35,1	52,8	1155,3	45,3	7,2	66,5	1943
23,3	0,27	6,8	3,3	16,4	5,2	58	3577,00	154,8	76,9	6,8	613,9	653,8	872,1	10,2	25,1	1001,6	10,6	1,2	43,89	1832
28,3	0,33	8,5	3,5	15	5	60	4311,00	258,7	138,5	15	690,8	690,8	915,6	17	38,3	1112,1	21,7	3,7	55,1	1930
28,8	0,91	9,5	10,1	16,5	5,4	56	4494,00	280,4	162,2	24,4	728,5	683,9	953,8	23,6	40,2	1135,6	32,2	5,2	60,01	1942
26,7	0,13	10,5	2,1	16,3	5,1	44	5088,00	288,3	170	38,5	775,4	700	960,7	36,1	52,5	1155,1	45	7,1	66,97	1948
24,1	0,4	6,8	6,1	15,3	5,3	59	3618,00	153,3	75,5	6,7	612,3	651,9	873,3	10,1	25,7	1002,1	10,5	1	43,99	1823
27,1	0,1	8,8	1,4	16,1	5,3	52	4418,00	255,5	142,8	14,2	702,5	80,8	911,7	18,5	38,9	1112,6	21	3,8	55,6	1932
23,6	0,16	10	2,1	16,2	4,9	58	5137,00	269,5	156,6	25,1	730,2	682,2	850,7	23,5	40	1134,9	32,7	5,5	60,34	1943
24	0,4	10,5	4,7	15,4	5,2	57	5270,00	284,7	179,8	34,1	772,7	710,8	961,5	35,1	52,1	1155	45,8	7	66,99	1954

**Base de datos de macro y micronutrientes en kg/ha de suelo**

**Código de variables:**

A1: L Convencional

A2: L. Reducida

A3: L. Cero

NH4I: Contenido de N inicial

NH4F: Contenido de N final

**Nitrógeno inicial y final kg/ha: DBCA sencillo.**

V1	V2	V3	V4										
Rep.	Labranzas	NH4Inicial	NH4Final	P205I	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
1	1	138,9	213,25	58,9	5,2	597,2	895,1	896	3,5	25,7	690	6,7	1,1
1	2	138,5	239,83	58,7	5,1	597,3	895,2	896,2	3,6	25,6	690,1	6,5	1,3
1	3	138,8	236,73	58,6	5,4	597,5	895,3	896,5	3,3	25,8	690,2	6,8	1,6
2	1	140,5	218,25	61,6	6,1	600,6	897,6	899,1	3,8	27,7	693,2	8,1	2,4
2	2	140,6	245,85	61,5	6,3	600,5	897,5	899,6	3,9	27,5	693,6	8,5	2,8
2	3	140,8	244,9	61,4	6,4	600,4	897,9	899,5	3,4	27,1	693,8	8,3	2,7
3	1	141,5	210,5	62,3	8,5	603,5	900,1	902	4,2	29,1	695,5	9,6	3,1
3	2	141,7	237,7	62,7	8	603,6	900,7	902,1	4,6	29,2	695,2	9,7	3,2
3	3	141,8	235,8	622,8	8,1	623,8	900,2	902,3	4,4	29,1	695,7	9,9	3,5

## Base de datos análisis foliar del nitrógeno en: grano, tusa y planta - DBCA sencillo

### Código de variables:

V1: Repeticiones

V2: Tratamientos: B1: 0 kg/ha

B2: 40 kg/ha

B3: 80 kg/ha.

V3: NG: Nitrógeno grano (%)

V4: NP: Nitrógeno en la planta (%)

V5: NT: Nitrógeno en la tusa (%)

V6: RH: Rendimiento en seco en kg/ha

V1	V2	V3	V4	V5	V6
REP	TRAT	NG	NT	NP	RH
1	0	0,6	0,56	0,45	2967
1	40	1,14	0,8	0,65	3867
1	80	1,29	0,81	0,73	4550
2	0	0,62	0,58	0,44	2998
2	40	1,15	0,82	0,66	3850
2	80	1,31	0,84	0,74	4598
3	0	0,58	0,52	0,41	3063
3	40	1,15	0,83	0,67	3961
3	80	1,3	0,85	0,76	4666

### Anexo No. 3 Resultados de los análisis de suelos y foliares

 <b>INIAP</b> <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS</small>	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

#### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Piedad Quilligana-Ximena Rumiguano Dirección : Guaranda Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Recinto Chalongo Provincia : Bolívar Cantón : Guaranda Parroquia : Guanujo Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 08/02/2018 Fecha de Ingreso : 09/02/2018 Fecha de Salida : 07/05/2018
--	---	--

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm					
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
109031	T6-A2-B2	6,15LAc	64,00 A	30,00 A	4,00 B	0,65 A	10,10 A	2,40 A	3,6 M	11,9 A	318,0 A	5,2 M	1,20 M	
109032	T7-A2-B3	6,03LAc	64,00 A	33,00 A	4,20 B	0,75 A	9,00 A	2,10 A	3,5 M	11,3 A	313,0 A	5,2 M	1,10 M	
109033	T2-A1-B2	6,10LAc	58,00 M	43,00 A	4,40 B	0,56 A	10,40 A	2,30 A	5,2 M	11,6 A	337,0 A	6,4 M	1,20 M	
109034	T3-A1-B3	6,18LAc	58,00 M	43,00 A	3,50 B	0,46 A	12,00 A	2,40 A	7,1 A	11,8 A	300,0 A	6,0 M	1,10 M	
109035	T10-A3-B2	6,23LAc	63,00 A	40,00 A	4,30 B	0,90 A	10,00 A	2,50 A	3,8 M	10,4 A	319,0 A	5,4 M	1,20 M	
109036	T11-A3-B3	6,06LAc	66,00 A	31,00 A	6,20 B	0,52 A	10,50 A	2,20 A	3,9 M	11,4 A	344,0 A	6,0 M	1,10 M	

INTERPRETACION		
pH		Elementos
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA					
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado				
S, B = Fosfato de Calcio	Ca Fe Mn Zn = Olsen Modificado				
	B = Curcumins				

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORISTA

 <b>INIAP</b> <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS</small>	<b>ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

#### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Piedad Quilligana-Ximena Rumiguano Dirección : Guaranda Ciudad : Teléfono : Fax :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Recinto Chalongo Provincia : Bolívar Cantón : Guaranda Parroquia : Guanujo Ubicación :	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 08/02/2018 Fecha de Ingreso : 09/02/2018 Fecha de Salida : 07/05/2018
--	---	--

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
109031					4,70 M	4,21	3,69	19,23	13,15	0,32					
109032					4,70 M	4,29	2,80	14,80	11,85	0,69					
109033					5,10 A	4,52	4,11	22,68	13,26	0,32					
109034					4,80 M	5,00	5,22	31,30	14,86	0,57					
109035					5,00 M	4,00	2,78	13,89	13,40	0,37					
109036					5,10 A	4,77	4,23	24,42	13,22	0,57					

INTERPRETACION					
Al+H, Al y Na		C.E.		M.O. y Cl	
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo		
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio		
T = Tóxico			A = Alto		

ABREVIATURAS		
C.E.	=	Conductividad Eléctrica
M.O.	=	Materia Orgánica
RAS	=	Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA		
C.E.	=	Pasta Saturada
M.O.	=	Dicromato de Potasio
Al+H	=	Titulación NaOH

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORISTA





ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	Jimena Rumiguano	Nombre :	Chalongoto	Cultivo :	MAIZ
Dirección :	Guaranda	Provincia :	Bolivar	Fecha de Muestreo :	11/01/2018
Ciudad :		Cantón :	Guaranda	Fecha de Ingreso :	15/01/2018
Teléfono :		Parroquia :	Guanujo	Fecha de Salida :	07/05/2018
Fax :		Ubicación :			

N° Muestr. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
29914	T6: A2B2 Grano	1,14 B	0,19 B	0,22 B	0,24 B	0,11 B	0,22 S		23,0 S	26,4 S	2,3 B	10,6 B	6,8 B		
29915	T6: A2B2 Tusa	0,80 B	0,11 B	0,31 B	0,26 B	0,10 B	0,13 B		11,7 S	38,8 S	1,8 B	35,0 B	8,5 B		
29916	T6: A2B2 Plantas	0,65 B	0,13 B	0,66 B	0,45 B	0,12 B	0,20 B		14,3 S	30,0 S	1,9 B	80,4 S	15,9 B		
29917	T7: A2B3 Grano	1,29 B	0,20 B	0,21 B	0,18 B	0,11 B	0,20 B		9,0 S	26,8 S	1,7 B	12,9 B	7,6 B		
29918	T7: A2B3 Tusa	0,81 B	0,10 B	0,23 B	0,40 B	0,11 B	0,12 B		11,7 S	35,1 S	1,5 B	31,7 B	4,6 B		
29919	T7: A2B3 Plantas	0,73 B	0,12 B	0,69 B	0,45 B	0,11 B	0,19 B		16,3 S	23,9 S	2,2 B	95,0 S	13,4 B		

INTERPRETACION  
B = Bajo  
S = Suficiente  
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA



ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"  
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS  
Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340  
Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693



REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	Jimena Rumiguano	Nombre :	Chalongoto	Cultivo :	MAIZ
Dirección :	Guaranda	Provincia :	Bolivar	Fecha de Muestreo :	11/01/2018
Ciudad :		Cantón :	Guaranda	Fecha de Ingreso :	15/01/2018
Teléfono :		Parroquia :	Guanujo	Fecha de Salida :	07/05/2018
Fax :		Ubicación :			

N° Muestr. Laborat.	Identificación del Lote	(%)							(ppm)						
		N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	B	Zn	Cu	Fe	Mn	Mo	Na
29914	T6: A2B2 Grano	1,14 B	0,19 B	0,22 B	0,24 B	0,11 B	0,22 S		23,0 S	26,4 S	2,3 B	10,6 B	6,8 B		
29915	T6: A2B2 Tusa	0,80 B	0,11 B	0,31 B	0,26 B	0,10 B	0,13 B		11,7 S	38,8 S	1,8 B	35,0 B	8,5 B		
29916	T6: A2B2 Plantas	0,65 B	0,13 B	0,66 B	0,45 B	0,12 B	0,20 B		14,3 S	30,0 S	1,9 B	80,4 S	15,9 B		
29917	T7: A2B3 Grano	1,29 B	0,20 B	0,21 B	0,18 B	0,11 B	0,20 B		9,0 S	26,8 S	1,7 B	12,9 B	7,6 B		
29918	T7: A2B3 Tusa	0,81 B	0,10 B	0,23 B	0,40 B	0,11 B	0,12 B		11,7 S	35,1 S	1,5 B	31,7 B	4,6 B		
29919	T7: A2B3 Plantas	0,73 B	0,12 B	0,69 B	0,45 B	0,11 B	0,19 B		16,3 S	23,9 S	2,2 B	95,0 S	13,4 B		

INTERPRETACION  
B = Bajo  
S = Suficiente  
A = Alto

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

## Anexo No. 4. Fotografías del seguimiento y evaluación del ensayo

**Toma de muestra del suelo**



**Surcado**



**Días a la emergencia**



**Control de malezas**



**Días a la floración**



**Acame de raíz**



**Días a la cosecha en choclo**



**Sanidad de la mazorca**



**Días a la cosecha en seco**



**Número de plantas con mazorca**



**Peso por parcela**



**Desgrane**





**Longitud de mazorca**



**Diámetro de la mazorca**



**Peso de las mazorcas**



**Peso de cien granos secos**



**Visita del Tribunal del Proyecto de Investigación**



## **Anexo No. 5. Glosario de términos técnicos**

**Adenosin trifosfato (ATP).**- Está constituido por un nucleótido adenosina al que están unidos tres moléculas de ácido fosfórico. La energía acumulada en los enlaces fosfato se libera al hidrolizarse.

**Adenosin difosfato (ADP).**- Es un nucleótido difosfato, es decir, un compuesto químico formado por un nucleósido y dos radicales fosfato unidos entre sí. En este caso el nucleósido lo componen una base púrica, la adenina, y un azúcar del tipo pentosa que es la ribosa.

**Almidón.**- Es el compuesto de almacenamiento de alimento más frecuente de las plantas. Es el carbohidrato complejo e insoluble, compuesto de muchas unidades de glucosa. A través de la actividad enzimática es rápidamente degradado en unidades de glucosa.

**Amoníaco.**- Es un gas incoloro con un olor característico. El olor es reconocido por mucha gente ya que el amoníaco se usa en sales aromáticas, en muchos productos de limpieza domésticos e industriales, y en productos para limpiar vidrios. El amoníaco gaseoso puede disolverse en agua. Este tipo de amoníaco se llama amoníaco líquido o solución de amoníaco. Una vez que se expone al aire, el amoníaco líquido se transforma rápidamente a gas. El amoníaco se aplica directamente al suelo en terrenos agrícolas, y se usa para fabricar abonos para cosechas agrícolas, prados y plantas. Muchos productos de limpieza domésticos e industriales contienen amoníaco

**Amonio.**- Es un catión poliatómico cargado positivamente, de fórmula química ( $NO_4^+$ ). Tiene un peso molecular de 18,04 y se forma mediante la protonación del amoníaco ( $NH_3$ ). Los iones amonio son un producto tóxico de desecho del metabolismo en los animales. En los peces e invertebrados acuáticos, se excreta directamente en el agua. En mamíferos, tiburones, y anfibios, se convierte en el ciclo de la urea en urea, debido a que es menos tóxica y puede ser almacenada

más eficientemente. En aves, reptiles y serpientes terrestres, el amonio metabólico es convertido en ácido úrico, que es sólido, y puede ser excretado con mínimas pérdidas de agua. El amonio es tóxico para los humanos en altas concentraciones, y puede causar daños en la mucosa que recubre los pulmones, o quemaduras alcalinas.

**Agricultura de conservación.-** (AC) Es una práctica agrícola sostenible y rentable que busca la protección del medio ambiente, como también brindar un soporte a los agricultores en la reducción de costos de producción y mano de obra.

**Contaminación.-** Impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. Sobre la contaminación de la atmósfera por emisiones industriales, incineradoras, motores de combustión interna y otras fuentes como la contaminación atmosférica, del agua, los ríos, los lagos y los mares por residuos domésticos, urbanos, nucleares e industriales.

**C0.-** El monóxido de carbono es refractorio al proceso de reutilización de fotosíntesis por las plantas (al contrario que el dióxido) y se difunde en el aire con relativa facilidad debido a su reducido peso específico, es un gas incoloro, inodoro, con una densidad ligeramente superior a la del aire y con una toxicidad muy alta para los organismos vivientes.

**C0<sub>2</sub>-** Dióxido de carbono atmosférico es la principal fuente de carbón para la vida en la Tierra y su concentración pre-industrial desde el Precámbrico tardío era regulada por los organismos fotosintéticos y fenómenos geológicos. Como parte del ciclo del carbono, las plantas, algas y cyanobacterias usan la energía solar para fotosintetizar carbohidratos a partir de (C0<sub>2</sub>) y agua, mientras que el (O<sub>2</sub>) es liberado como desecho. Las plantas producen (C0<sub>2</sub>) durante la respiración, es un producto de la respiración de todos los organismos aeróbicos.

**Desnitrificación.-** La desnitrificación es la transformación biológica del nitrato en gas nitrógeno, óxido nítrico y óxido nitroso. Éstos son compuestos gaseosos y no son fácilmente accesibles para el crecimiento microbiano; por ello, se liberan normalmente en la atmósfera. El gas nitrógeno supone alrededor del 70% de los gases atmosféricos y su liberación en la atmósfera es un hecho benigno. La desnitrificación biológica es una reacción de respiración anaeróbica, en la que se elimina el nitrato ( $NO_3^-$ ) convirtiéndolo en los compuestos anteriores. Las bacterias desnitrificadoras son bacterias autótrofas aeróbicas o heterótrofas que pueden transformarse para tener un crecimiento anaeróbico cuando se usa el nitrato como aceptador de electrones.

**Diatómico.-** Moléculas o compuestos diatómicos son aquellos que están formados por dos átomos del mismo elemento químico. Este arreglo se debe a la existencia de un mínimo en el potencial al cual se encuentran sometidos los átomos. Aunque el prefijo di sólo significa dos, normalmente se sobrentiende que la molécula tiene dos átomos del mismo elemento. Los gases nobles no forman moléculas diatómicas: esto puede ser explicado usando la teoría orbital molecular.

**Endospermo.-** Es el tejido nutricional formado en el saco embrionario de las plantas con semilla. Está conformado por células muy apretadas y gránulos de almidón incrustados en una matriz, gran parte de éste es proteína. El endospermo es un depósito de alimentos para el embrión de las semillas de diversas plantas angiospermas.

**Eficiencia química.-** “Eficiencia de una reacción química”. Es la comparación porcentual entre la cantidad real o práctica y la cantidad teórica obtenida de un producto determinado.

**Eficiencia agronómica.-** Kilogramo de aumento en la producción por kilogramo de N aplicado.

**Erosión.-** La erosión es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la alteración y disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización y es uno de los principales factores del ciclo geográfico. Entre los agentes erosivos están la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas, y puede ser incrementada por la actividad humana.

**Fertilización.-** Tipo se sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal.

**Labranza convencional.-** Involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos.

**Labranza cero.-** La labranza cero es una forma de cultivar sin arar. No se perturba el suelo y los campos retienen una buena cobertura de materia vegetal viva o en descomposición durante todo el año. Esto protege de la erosión y favorece un suelo sano y bien estructurado para el cultivo. El sistema también se conoce como siembra directa y es una de las prácticas de producción de cultivos que se incluyen en el concepto general de labranza de conservación.

**Labranza mínima.-** Práctica de manejo de suelo que consiste en arar lo menos posible.

**Lixiviación.-** Se llama así al fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus) causado por el movimiento de agua en el suelo, y es, por lo tanto, característico de climas húmedos. Esto provoca que algunas capas del suelo pierdan sus compuestos nutritivos, se vuelvan más ácidas y a veces, también se origine toxicidad. Por lixiviación pueden perderse grandes cantidades de fertilizantes porque descienden a los horizontes inferiores del suelo,



adonde no llegan las raíces de los cultivos. En climas muy húmedos la vegetación natural, sobre todo la forestal, sirve de protección contra lixiviación. Cuando el hombre la destruye, este proceso se acelera considerablemente y la retención de nutrientes en la zona radical se interrumpe.

**Metabolismo.-** Proceso por el cual las células o los organismos utilizan compuestos nutritivos para sintetizar materia viva y componentes estructurales, o para degradar el material celular hasta sustancias simples y así llevar a cabo funciones especiales.

**Nitrato.-** El nitrato es un compuesto inorgánico compuesto por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O); el símbolo químico del nitrato es ( $\text{NO}_3$ ). El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito ( $\text{NO}_2$ ).

**Nitrito.-** Es un anión angular con una configuración electrónica y una disposición angular similar a la del Ozono. Los nitritos pueden formar sales o ésteres a partir del ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ). En la naturaleza los nitritos aparecen por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas).

**Mineralizar.-** Comunicar a una sustancia las condiciones de mineral o mena. Dicho del agua: Cargarse de sustancias minerales.

**$\text{NO}_2$ .-** Es un término genérico que hace referencia a un grupo de gases muy reactivos tales como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones, muchos de los óxidos de nitrógeno son incoloros e inodoros.

**Monoico.-** Que tiene separadas las flores de cada sexo, pero en un mismo pie.

**Materia orgánica.-** (M.O.) Es materia elaborada de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas y animales y sus productos de residuo en el ambiente natural. Las estructuras básicas están formadas de celulosa, tanino, cutina, y lignina, junto con varias otras proteínas, lípidos, y azúcares. Es muy importante en el movimiento de nutrientes en el medio ambiente y juega un rol en la retención del agua en la superficie del planeta Tierra.

**Nitroso.-** En química orgánica, nitroso se refiere a un grupo funcional que tiene la fórmula general (RNO). Los compuestos nitrosos pueden ser preparados por reducción de nitroderivados, o por la oxidación de las hidroxilaminas.

**Nitrificación.-** La nitrificación es el proceso a través del cual las bacterias nitrificantes transforman el amonio en nitrato.

**Nitrobacter.-** Microorganismo aeróbico que convierte los nitritos en nitratos. Son bacterias benéficas en los acuarios.

**Nitrosomonas.-** Es un género que comprende bacterias quimio autotróficas en forma de varilla, estas oxidan amoníaco en nitrito como un proceso metabólico. Son útiles en el tratamiento de los residuos industriales, aguas residuales y en el proceso de biorremediación. Son importantes en el ciclo del nitrógeno mediante el aumento de la disponibilidad de nitrógeno a las plantas al tiempo que limita la fijación del dióxido de carbono. El género se encuentra en el suelo, las aguas residuales, de agua dulce, y en las superficies de construcción, especialmente en las zonas contaminadas que contiene altos niveles de compuestos de nitrógeno

**Suelo.-** Es un recurso natural renovable de importancia básica para la vida sobrenla tierra. Es la fuente de vida de las plantas, animales y la especie humana.

**Zeína.-** Proteína sencilla perteneciente a la clase de las prolaminas y que se encuentra en abundante concentración en el maíz.