

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“UTILIZACIÓN DEL INSTRUMENTO GREENSEEKER PARA
DOSIFICAR LA SEGUNDA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN
MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÓNOMA**

JOSSELYN DANIELA QUIÑONES VÁSQUEZ











LIMA - PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	Tesis- Josselyn Quiñones..docx (D150339648)
Submitted	2022-11-21 03:56:00
Submitted by	Edgardo Arturo Vilcara Cárdenas
Submitter email	eavilcara@lamolina.edu.pe
Similarity	3%
Analysis address	eavilcara.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Velasquez - Proyecto de investigacion 27.10.2016.docx Document Velasquez - Proyecto de investigacion 27.10.2016.docx (D22773569)		2
SA	tesis narrada 2014.docx Document tesis narrada 2014.docx (D10474172)		3
SA	Tesis Delgado Díaz.pdf Document Tesis Delgado Díaz.pdf (D110454523)		1
W	URL: https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-10.pdf Fetched: 2022-11-21 03:59:00		6
SA	PROYECTO FINAL DE EMPASTADO (3).docx Document PROYECTO FINAL DE EMPASTADO (3).docx (D34995394)		1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / Tesis - Clever Vallejos.docx Document Tesis - Clever Vallejos.docx (D145896148) Submitted by: eh.h.coca@lamolina.edu.pe Receiver: eh.h.coca.unalm@analysis.arkund.com		3
W	URL: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=yPinedo , Fetched: 2022-11-21 03:58:00		2
W	URL: https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/657/90966.pdf?sequence=1&isAllowed=yDe Fetched: 2022-11-21 03:57:00		1
SA	024_SANTAMARIA_QUINATOA_2021.docx Document 024_SANTAMARIA_QUINATOA_2021.docx (D111398165)		1
SA	Tesis Nervo word.docx Document Tesis Nervo word.docx (D37549302)		1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
"UTILIZACIÓN DEL INSTRUMENTO GREENSEEKER PARA DOSIFICAR LA SEGUNDA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ AMARILLO DURO (Zea mays L.) LA MOLINA"
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
DE: INGENIERA AGRÓNOMA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“UTILIZACIÓN DEL INSTRUMENTO GREENSEEKER PARA
DOSIFICAR LA SEGUNDA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN
MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) LA MOLINA”**

JOSSELYN DANIELA QUIÑONES VÁSQUEZ

Tesis para optar el Título de:
INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Julio César Nazario Ríos
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Edgardo Vilcara Cárdenas
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Elías Hugo Huanuqueño Coca
MIEMBRO

Dr. Percy Ernesto Zorogastúa Cruz
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios que ha sido mi guía durante esta etapa de mi vida permitiéndome cumplir mi anhelada meta.

A mis abuelos paternos Maura Eusebio y Alberto Quiñones, a mis abuelos maternos Francisca Pillco y Aurelio Vásquez.

En especial a mis padres, Ademar Quiñones y Bertha Vásquez por ser mi ejemplo, mi guía y soporte a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Franco y Gian Marco por ser mi motivación y acompañamiento en esta vida.

A mis primos hermanos Itamar, Ricardo, Camila, Daniela, Mayte y Sofía, a mi sobrina María José, a mis queridos tíos, tías en especial a mi tío Francisco Quiñones.

A mi querido Leonardo y mi querida Yaku.

Personas que han compartido conmigo la dicha de finalizar con éxito mi etapa universitaria.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis agradecimientos a las personas que han sido mi apoyo para la culminación de este proyecto en especial:

- A mi asesor, el Ing. Mg. Sc Edgardo Vilcará Cárdenas, por sus consejos, su disponibilidad y sus contribuciones a la mejora de este trabajo.
- A mi profesor Ing. Mg. Sc Elías Hugo Huanuqueño Coca, por contribuir a mi formación profesional y sus consejos brindados a lo largo de mi etapa universitaria.
- A mi profesor Ing. Mg. Sc Hugo Ramos IncaRoca, por sus aportaciones y disponibilidad para la realización de esta investigación.
- Al Dr. Bill Raun, por su disponibilidad y gran contribución a la mejora de este proyecto.
- A mi padre el Ing. Ademar Quiñones, y mi compañero el Ing. Marcos Sánchez por el tiempo brindado y el apoyo constante para la culminación de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	GENERALIDADES.....	3
2.1.1.	Fenología	3
2.2.	IMPORTANCIA DEL MAÍZ AMARILLO DURO (MAD) EN EL PERÚ	4
2.2.1.	Superficie cultivada	5
2.2.2.	Rendimiento del maíz amarillo duro	6
2.3.	HÍBRIDO- DK 7088	9
2.3.1.	Rendimiento del híbrido DK 7088	10
2.4.	NITRÓGENO EN EL MAÍZ	11
2.4.1.	Fertilización nitrogenada con Urea en el maíz	14
2.5.	GREENSEEKER.....	15
III.	METODOLOGÍA	18
3.1.	MATERIALES.....	18
3.1.1.	Ubicación.....	18
3.1.2.	Material genético	18
3.1.3.	Equipos e instrumentos.....	19
3.2.	ANÁLISIS DE SUELO.....	19
3.3.	OBTENCIÓN DE LA FORMULA GREENSEEKER	20
3.3.1.	Algoritmo generado para la fertilización con nitrógeno basado en el protocolo de la universidad Oklahoma	20
3.4.	METODOLOGÍA	25
3.4.1.	Características evaluadas	25
3.4.2.	Procesamiento de datos.....	27
3.4.3.	Diseño experimental	28
3.4.4.	Campo experimental.....	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
V.	CONCLUSIONES	43
VI.	RECOMENDACIONES	44
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	45
VIII.	ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de suelo Fundo Agrícola de la UNALM	20
Tabla 2: Esquema análisis estadístico	29
Tabla 3: Cantidad (kg ha^{-1}) de nitrógeno para la fertilización.....	30
Tabla 4: Cantidad (kg ha^{-1}) de urea para la fertilización	30
Tabla 5: Variable Rendimiento en grano (t ha^{-1}).....	33
Tabla 6: Variable del ahorro total (t ha^{-1}).....	40
Tabla 7: Prueba Tukey para variable ahorro total (t ha^{-1}).....	40
Tabla 8: Rentabilidad con/sin utilizar el aparato GreenSeeker	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área del experimento	18
Figura 2: Cultivar DK-7088	18
Figura 3: Medidor de humedad de grano AGRATRONIX	19
Figura 4: Fórmula basada en protocolo de la Universidad de Oklahoma	23
Figura 5: Metodología medición NDVI	24
Figura 6: Evaluación Pre-Cosecha	25
Figura 7: Evaluación en Gabinete	27
Figura 8: Croquis del área experimental.....	29
Figura 9: Riego por gravedad en el campo experimental	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Maíz amarillo duro: Producción, Superficie cosechada y Rendimiento en Perú.....	50
Anexo 2: Rendimiento a nivel Nacional 2016-2017	51
Anexo 3: Rendimiento (t ha ⁻¹) región Lima	51
Anexo 4: Análisis de suelo: Caracterización.....	52
Anexo 5: Requerimiento de unidades de nitrógeno.....	53
Anexo 6: Rendimiento en grano (t ha ⁻¹) por bloque.....	54
Anexo 7: Promedio por tratamiento de las variables evaluadas.....	54
Anexo 8: Análisis de varianza (ANOVA) variable número de mazorcas.....	55
Anexo 9: Análisis de varianza (ANOVA) variable número de plantas.....	55
Anexo 10: Análisis de varianza (ANOVA) variable diámetro de corona.....	56
Anexo 11: Análisis de varianza (ANOVA) variable granos por hilera.....	56
Anexo 12: Análisis de varianza (ANOVA) variable peso de mazorca.	57
Anexo 13: Análisis de varianza (ANOVA) variable longitud de mazorca.	57
Anexo 14: Análisis de varianza (ANOVA) variable diámetro de mazorca.	57
Anexo 15: Análisis de varianza (ANOVA) variable hileras por mazorca.	58
Anexo 16: Análisis de varianza (ANOVA) variable peso de coronta.....	58
Anexo 17: Análisis de varianza (ANOVA) variable peso de cien semillas	58
Anexo 18: Análisis de varianza (ANOVA) variable altura de planta	59
Anexo 19: Análisis de varianza (ANOVA) variable inserción de la mazorca	59
Anexo 20: Temperaturas (°C) mínimas y máximas	60
Anexo 21: Costos de producción Maíz DK 7088-La Molina.....	62
Anexo 22: Ahorro total en los tratamientos.....	63
Anexo 23: Rentabilidad sin uso de GreenSeeker en zonas de Lima	64
Anexo 24: Rentabilidad con el uso del GreenSeeker en zonas de Lima	65

RESUMEN

La investigación se basó en el uso del aparato GreenSeeker para dosificar la segunda fertilización en el cultivo de maíz amarillo duro DK-7088, basado en el protocolo de la Universidad de Oklahoma. Se insertó, en la fórmula obtenida para costa central específicamente un campo del Fundo Agrícola de la Universidad Agraria la Molina, el índice INSEY, generando dosis de nitrógeno para cada tratamiento. Las cantidades oscilaron desde aplicar 0 kg ha⁻¹ hasta los 25 kg ha⁻¹ de fertilizante urea. Como resultado del análisis estadístico se aceptó la hipótesis nula (H0) donde los rendimientos no presentaban una diferencia entre ellas. Con esto se probó que el uso del GreenSeeker optimiza el uso de fertilizante nitrogenado (Urea), logrando homogenizar los rendimientos de los tratamientos aplicados, los cuales iban desde los 5.8 a 6.9 t ha⁻¹. Así mismo se construyó una tabla de costos de producción con el que fue posible obtener el ahorro a partir de las variables mano de obra y costo del fertilizante. Este ahorro se utilizó para obtener la rentabilidad con el uso del aparato GreenSeeker para el agricultor desde el año 2017 al 2020 en zonas de Lima provincia, generando un mayor porcentaje de rentabilidad al utilizar el GreenSeeker que era entre 20 a 30 por ciento mayor que al no utilizar el aparato.

Palabras claves: Maíz, GreenSeeker, fertilización nitrogenada, Rendimiento, DK-7088.

ABSTRACT

The research was based on the use of GreenSeeker device to dose the second fertilization in the hard yellow corn crop DK-7088, according to the protocol of the Oklahoma's University. The INSEY index was inserted in the formula obtained for the central coast, specifically in a field of the Agricultural Farm of the University Agraria la Molina, generating nitrogen doses for each treatment. The amounts ranged from 0 kg ha⁻¹ to 25 kg ha⁻¹ of urea fertilizer as a result of the statistical analysis, the null hypothesis (H0) was accepted, where the yields did not show a difference between them. This proved that the use of GreenSeeker optimizes the use of nitrogen fertilizer (Urea), homogenizing the yields of the applied treatments, ranging from 5.8 to 6.9 t ha⁻¹. Likewise, a production cost table was built with which it was possible to obtain the savings of the labor and fertilizer cost variables. This savings was used to obtain profitability with the use of the GreenSeeker device for the farmer from 2017 to 2020 in areas of Lima's province, generating a higher percentage of profitability when using the GreenSeeker that was between 20 to 30 percent higher than when not to use the device.

Key words: Corn, GreenSeeker, nitrogen fertilization, yield, DK-7088.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos básicos más importantes y extendidos en todo el mundo. Se trata de una de las primeras especies que se domesticaron por todo el mundo. (Sánchez, 2014). En el caso de Perú, el maíz amarillo duro (MAD), se utiliza como principal insumo para la industria avícola y porcina nacional llegando a importarse del 60 al 65 por ciento del requerimiento total. Se siembra casi todo el año, especialmente en la costa peruana. Es un cultivo transitorio cuyo periodo vegetativo es de 4.5 a 5.5 meses dependiendo de la variedad y de la fecha de siembra. Su cosecha es durante todo el año, siendo sus picos de siembra en los meses de setiembre y febrero y de sus cosechas en junio y diciembre (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2012).

El maíz *Zea mays* L. es un cultivo que tiene altas demandas nutricionales, siendo el nitrógeno uno de los elementos del suelo que utiliza en mayores cantidades, seguido del potasio y del fósforo. La disponibilidad entre otros nutrientes determinará el mejor rendimiento, logrando un estado fisiológico óptimo (García, 2005). Se estima que entre el 50 y el 80 por ciento de nitrógeno aplicado es aprovechado por el cultivo, es decir, de un 20 a 50 por ciento del nitrógeno se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. En el caso del nitrógeno, el maíz necesita absorber 20 a 25kg ha⁻¹ de nitrógeno por cada tonelada de grano producida (Quintero y Boschetti, 2010). La eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN), entendida como la cantidad de grano producida por unidad de nitrógeno aportado, según Dale *et al* (como se citó en Raun,1999) su baja eficiencia es consecuencia de la desnitrificación del N₂ en el suelo, la volatilización, los escurrimientos superficiales y la lixiviación, entre otras posibles causas. Así mismo existe un valor estimado que se denomina criterio o modelo de balance, donde la diferencia entre las cantidades de nitrógeno en el suelo y las absorbidas por el cultivo está en función de la eficiencia de absorción, la cual varía en función al nitrógeno presente en el suelo al momento de la siembra, al nitrógeno mineralizado durante el cultivo y al nitrógeno aportado con el fertilizante. (Quintero y Boschetti, 2010). La aplicación de nitrógeno en estadios vegetativos intermedios entre

siembra y floración es una técnica de manejo agronómico que mejora la eficiencia de uso del nutriente (Ciampitti, 2010). Por tal motivo se debe maximizar la eficiencia de uso de insumos y recursos en el cultivo de maíz debido a la cantidad, el costo y la rentabilidad que implican. (Madoery, *et al*, 2011). Durante los últimos 50 años, la aplicación de fertilizantes nitrogenados se ha incrementado 20 veces y se prevé que su aplicación se incremente a 180 millones de toneladas para 2030. Asimismo, los precios de los fertilizantes nitrogenados han subido más de 2.5 veces en los últimos 50 años, (Verhulst, *et al*, 2015). Por tal motivo muchas tecnologías nos permiten optimizar la cantidad a utilizar de los fertilizantes, minimizando el costo a través del uso de aquellas más eficientes para reducir la variabilidad de un proceso específico, en forma ambientalmente limpia. (Best y Zamora, 2008).

Para contribuir al adecuado uso del nitrógeno en el cultivo del maíz, mejorando su eficiencia y racionalización del fertilizante sin bajar su producción, se está utilizando el GreenSeeker un equipo que mide el índice de verdor, Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, por sus siglas en inglés NDVI (Santillano, 2013) Actualmente se cuenta con esta metodología en otras zonas productoras tanto de maíz como de otros cultivos. En México por ejemplo los productores de trigo en el estado de Sonora ahorran 79 unidades de nitrógeno con la utilización de este aparato. (Gutierrez, *et al*, 2011).

El objetivo de esta tesis fue verificar la fórmula estimada para la dosificación del fertilizante nitrogenado (urea) a aplicar en el cultivo de maíz. Con el protocolo de la Universidad de Oklahoma se obtuvo la fórmula que generó las dosis de nitrógeno en el campo de maíz de la Universidad Agraria la Molina que se requerían. Los objetivos específicos fueron:

- Optimizar la dosificación de nitrógeno en su segunda enmienda en el cultivo de maíz.
- Demostrar la rentabilidad económica para el agricultor de la utilización del aparato GreenSeeker.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Fenología

“La escala fenológica más utilizada para la descripción del ciclo del cultivo de maíz es la propuesta por Ritchie & Hanway (1982)”, citado por Fassio, *et al.* (1998).

a. Estados vegetativos

VE Emergencia, etapa desde que emerge la radícula hasta la aparición del coleóptilo sobre el suelo.

V1 Primera hoja desarrollada, cuando un cuello es visible, la hoja se considera completamente emergida, el cuello es la línea de demarcación entre el cuerpo y la vaina, normalmente con una curva definida, la punta de la hoja es la primera parte visible; luego le sigue el cuerpo de la hoja, y finalmente el cuello y la vaina (Endicott, *et al.*, 2015).

V2 Segunda hoja desarrollada.

V3 Tercera hoja desarrollada, el maíz en promedio a los doce días presenta tres hojas, el ápice del tallo, punto de crecimiento, se encuentra por debajo de la superficie del suelo. En ese momento se inician todas las hojas y espigas que la planta podría producir eventualmente, por ello una helada, viento o granizo que dañe las hojas en V3 presenta un efecto pequeño o nulo sobre el punto de crecimiento o el rendimiento final del grano.

V5 La formación de hojas y espigas se completa y aparece en el extremo superior del tallo una panoja de tamaño microscópico. Una baja temperatura puede incrementar el tiempo de los estadios vegetativos, pues el punto de crecimiento es subterráneo durante las etapas vegetativas tempranas.

VN Enésima hoja desarrollada.

VT Panojamiento, comienza unos 2 o 3 días antes de la emergencia de barbas esta etapa se completa con la aparición de las anteras de las flores de la panoja.

b. Estados reproductivos

R1 Emergencia de barbas, aproximadamente a los 66 días después de la siembra, se necesitarán 3 días para que todos los pistilos (barba) de una espiga sean polinizadas.

R2 Ampolla (blíster), aproximadamente después de 10 a 14 días de la emergencia de barbas. El embrión va desarrollándose lentamente con radícula, coleóptilo y la primera hoja embrionaria ya está formada. Después de la floración las barbas se secan y los granos llegan a 85% de humedad, la cual desciende hasta la cosecha.

R3 Grano lechoso, después de 18- 22 días después de la emergencia de barbas, se tiene un grano de color amarillo. El rendimiento dependerá de esta etapa (menos severo que R1) por el desarrollo y tamaño de los granos.

R4 Grano pastoso, acumulación de almidón en el endospermo, el embrión tiene mayor tamaño que en el R3 con 4 hojas embrionarias.

R5 Grano dentado, los granos se secan desde la parte exterior apareciendo una capa dura de almidón de color blanco, pues es donde se recomienda hacer los ensilados.

R6 Madurez fisiológica, donde los granos han alcanzado su máximo peso seco, formándose una abscisión en la zona de inserción del grano a la mazorca, llega a 30 a 35% de humedad en los granos.

2.2. IMPORTANCIA DEL MAÍZ AMARILLO DURO (MAD) EN EL PERÚ

El maíz se cultiva desde el nivel del mar hasta 3,900 metros de altitud. El MAD se siembra en la costa, valles interandinos y selva (Ministerio Agricultura y Riego, s. f.). Según Sevilla y Valdéz (como se citó en Pinedo, 2015) el maíz puede sembrarse durante todo el año, las épocas son de abril a agosto, denominadas siembras de invierno, y de noviembre a febrero, denominadas siembras de verano. En el caso del MAD hubo una creciente expansión de la superficie cosechada en la selva baja del Perú debido al crecimiento de la industria avícola en las principales ciudades amazónicas de Pucallpa y Loreto por el año 2013. Cabe resaltar que el MAD es de uso agroindustrial destinado a elaboración de alimento balanceado para consumo animal.

El maíz amarillo duro producido en Perú posee alto valor proteico y una concentración de caroteno comparado con el maíz amarillo duro importado por esto es apreciado por empresas dedicadas a la industria avícola. (Dirección General de Competitividad Agraria [DGCA], 2012). Es el tercer cultivo de importancia a nivel nacional y con una producción de una tasa

de 1.8 por ciento de promedio anual, teniendo una importante participación en alimento para aves y cerdos. De acuerdo al IV CENAGRO 2012, el 63.7 por ciento de las unidades agropecuarias que conducen maíz amarillo duro está constituida por la agricultura familiar, que se caracterizan por manejar 158 extensiones menores a cinco hectáreas. En tanto, la agricultura comercial intensiva es la menos representativa, con 12.1 por ciento de las unidades productivas (Mostajo, 2017).

La importancia económica del MAD en la cadena de valor maíz- avícola se debe a que representa el 53 por ciento de la cartera de insumos para elaboración de alimento balanceado y dentro de la estructura de costos en la industria avícola es de un 65 a un 70 por ciento. Además, el crecimiento de su producción nacional en los últimos años significa un ahorro de las divisas, por el año 2012 significó un ahorro de 416 millones de dólares, lo cual evidencia lo importante de promover el desarrollo de este cultivo a fin de disminuir la dependencia alimentaria que se tiene (Huamanchumo, 2013).

2.2.1. Superficie cultivada

La superficie cosechada ha venido mostrando una reducción en su tasa de crecimiento promedio anual, desde el año 2015, aquel año la producción de este cereal alcanzó un fuerte crecimiento de 10 por ciento, para volver a caer el año siguiente 2016 en menos 10 por ciento debido a la presencia del fenómeno de El Niño Costero. Las mayores cosechas en el año 2015 ocasionaron un incremento en la producción para dicho año, pero a partir de ese año la producción empezó a disminuir en forma significativa por una reducción significativa de las siembras y como tal de las cosechas respectivamente, llegando a su nivel más bajo en el año 2018 (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

Hay dos regiones productoras, la primera región, la costa la cual está dividida en tres zonas: Zona Norte con los departamentos Piura, Tumbes, Lambayeque, La Libertad; Zona Centro con los departamentos Áncash, Lima, Ica, Huancavelica y la Zona Sur con los departamentos Arequipa, Moquegua, Tacna. La segunda región la Selva dividida en dos zonas: Zona Alta con los departamentos Amazonas, San Martín, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, Pasco, Apurímac, Ayacucho y Puno; y la Zona Baja con los departamentos Loreto, Madre de Dios y Ucayali. Las principales zonas productoras son, en orden de importancia: Costa Norte con un 34 por ciento, la Costa Central con un 33 por ciento, Selva Alta con un 25 por ciento y la

selva Baja con un ocho por ciento. Aunque la Selva Alta ocupa el tercer lugar la superficie dedicada al cultivo es equivalente a toda la superficie cosechada en la Costa de las zonas Norte y Centro (Huamanchumo, 2013).

2.2.2. Rendimiento del maíz amarillo duro

Hasta el 2011 el rendimiento nacional fue de 4.15 t ha⁻¹ con un 3.7 por ciento superior que el año anterior, siendo Lima, La Libertad e Ica los departamentos de mayores rendimientos. Por su parte MINAGRI buscó mejorar el rendimiento nacional ya que las importaciones que se daban se debían sobre todo a la baja producción de la selva con 2.0 t ha⁻¹, para mejorar las articulaciones que les dieran mayor ganancia económica a los agricultores. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012). Del año 2010 al 2018, el rendimiento por hectárea de maíz a nivel nacional ha mostrado una mejora promedio anual de 1.6 por ciento, llegando a pasar de 4.3 t ha⁻¹ en el año 2010 a 4.9 t ha⁻¹ en el año 2018, como se puede observar en el Anexo 1. Los departamentos productores de este cereal en la costa vienen superando este promedio llegando a superar las 10 toneladas por hectárea mientras que en la selva el departamento de San Martín uno de los más importantes departamentos que producen maíz amarillo duro en esta región, en promedio no supera las 3 toneladas, como se observa en el Anexo 2. En el 2018, la producción nacional de maíz amarillo duro fue un 1.0 por ciento mayor que el año anterior, alcanzando las 1'262.279 toneladas. Las importaciones también se incrementaron alcanzando las 3'528.425 toneladas lo que representa un 5.1 por ciento más que en el 2017 y un 73.7 por ciento del consumo aparente a nivel nacional, de esa cantidad un 93.7 por ciento provino de Estados Unidos, un 5.8 por ciento de Argentina y un 0.3 por ciento de Brasil (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

Las importaciones de maíz amarillo duro en los últimos años (2011-2017) han presentado una tasa de crecimiento acumulada de 7.9 por ciento en volumen esto impulsado por el crecimiento de la demanda de este grano por la industria avícola y porcícola, principalmente para la producción de pollo; la cual es la proteína más barata de consumo masivo de la población; sumado al escaso crecimiento de la producción nacional de este cereal. Los principales importadores de maíz amarillo duro en esos años, en términos de volumen, han sido Japón, México, Corea del Sur, Egipto y España con importaciones que superan los 6 millones de toneladas anualmente y que concentran más del 37 por ciento de las importaciones mundiales (Mostajo, 2017).

En el Perú se cultiva el maíz bajo diversas condiciones físicas y económicas, sin embargo, las diferencias tecnológicas aplicadas por los agricultores entre las diferentes zonas de producción, evidencian diferentes rendimientos en una misma zona. En las regiones de Costa y Selva predominan tres tipos de tecnologías alta, media y baja. Por ejemplo, para el caso de la costa norte se obtiene un rendimiento máximo de 10.80 t ha⁻¹ y un rendimiento mínimo de 8.82 t ha⁻¹ para una tecnología alta, mientras que para la misma zona utilizando una tecnología media el rendimiento máximo de 7.94 t ha⁻¹ y el rendimiento mínimo de 7.40 t ha⁻¹. Así mismo sucede en el caso de la Selva con una tecnología media el rendimiento oscila con un máximo de 6.63 t ha⁻¹ y un mínimo de 5.00 t ha⁻¹, mientras para una tecnología baja el rendimiento máximo es de 2.60 t ha⁻¹ y un rendimiento mínimo de 1.50 t ha⁻¹. (Huamanchumo, 2013).

Para Chávez (como se citó en León, 2016), la época de siembra grande de maíz en costa es de otoño-invierno (abril-agosto) ya que el desarrollo vegetativo del maíz se dará en un clima frío y húmedo, el cual se caracteriza por presentar plantas tardías, vigorosas, bajas y prolíficas obteniendo un amplio rendimiento. Mientras que la época de siembra de primavera- verano (setiembre- marzo), se realiza en los valles donde se aprovecha las aguas de los ríos de temporada para el riego, aunque las plantas son más precoces, delgadas y son menos prolíficas. Por ejemplo según IMAR-Costa Norte (como se citó en Alarcón y Hurtado, 2018) se evaluó el rendimiento de híbridos de maíz amarillo duro en tres zonas de Lambayeque, Chongoyape, Ferreñafe y Mórrope donde se encontraron lo mejores rendimientos en la época de invierno del 2002 y 2003 con 6.473 t ha⁻¹ y 6.132 t ha⁻¹ superando estadísticamente a los obtenidos en verano, atribuyendo un mayor rendimiento en invierno a las bajas temperaturas que alargan el periodo vegetativo, provocando un mayor tiempo para el llenado de granos además no tienen problemas con las plagas ni las enfermedades y una baja evapotranspiración. Así mismo entre las tres localidades se le atribuye un mayor rendimiento a la localidad Chongoyape, lo cual lo atribuyen a la capacidad tecnológica de los agricultores y los riegos oportunos. Para Ojeda (como se citó en Ramírez, *et al.* 2010) durante épocas de invierno una siembra temprana debido a bajas temperaturas causaría retrasos en el crecimiento y desarrollo en las primeras etapas de crecimiento en el maíz. En cambio, si la siembra es tardía las plantas de maíz son expuestas a temperaturas diurnas y nocturnas altas durante la etapa de llenado de grano aumentando su tasa respiratoria y reduciendo el rendimiento en grano.

Otro factor importante en el desarrollo del rendimiento que se debe resaltar es la densidad, la cual juega un papel importante en el rendimiento según Noriega (como se citó en Vásquez, 2019), una densidad de siembra óptima maximiza el aprovechamiento del sol por parte de las hojas de la planta, la absorción de los nutrientes del suelo por las raíces. La clave para el manejo de maíz es el número de plantas que necesiten llegar a la cosecha para asegurar el rendimiento esperado. La cantidad de plantas por hectárea depende de algunas características que presentan los híbridos o variedades de maíz. Por ejemplo, híbridos precoces, son de porte más bajo por lo que se recomienda que se siembren en densidades más altas. Para Cirilo (como se citó en Vásquez, 2019), el rendimiento del cultivo de maíz es muy sensible a las variaciones en las densidades de siembra. En el caso que el riego y la fertilización se realicen de manera adecuada, una reducción en 25 por ciento de la densidad de siembra óptima puede disminuir a la mitad el rendimiento del cultivo, mientras que, si se duplica la densidad de siembra, puede haber una pérdida de hasta el 20 por ciento.

Además, encontramos el factor temperatura, existe una relación entre la temperatura y el desarrollo de las etapas fenológicas del cultivo, la temperatura es la principal causa de la variación anual en sus periodos de crecimiento y desarrollo. Según Warrington y Kanemasu (como se citó en Yzarra, *et al.* 2010), la respuesta de la velocidad del desarrollo es aproximadamente lineal entre el rango térmico de una temperatura base o temperatura mínima donde la velocidad de desarrollo es nula y una temperatura óptima donde se alcanza la velocidad máxima, por encima de esta temperatura óptima el desarrollo se reduce progresivamente hasta detenerse al alcanzar un límite máximo de temperatura.

Según Norman, Pearson y Searle (como se citó en Yzarra, *et al.* 2009), las temperaturas que no se encuentra en el rango de adaptación del cultivo influyen negativamente en la fotosíntesis, la translocación, la fertilidad de las florecillas, el éxito de la polinización, así como otros aspectos del metabolismo. Sin embargo, la temperatura es una limitante escondida para el potencial de rendimiento en áreas tropicales, lo que se explica por la duración del cultivo. Por ejemplo, en áreas templadas con días largos y noches relativamente frescas el potencial de rendimiento se considera mayor que en áreas tropicales, mientras en tierras bajas de los trópicos, sus altas temperaturas nocturnas y sus días cortos donde prevalece la época lluviosa limita la cantidad de radiación absorbida por el cultivo. Además, para un cereal C4 como el maíz se estima que el rendimiento máximo será obtenido a una

temperatura media de 20° C a 22°C. A temperaturas más altas, la radiación es usada en forma apenas más significativa y eficiente en la fotosíntesis y la duración de las hojas, es decir el tiempo disponible para absorber radiaciones, es reducida.

2.3. HÍBRIDO- DK 7088

Técnicamente, un híbrido exitoso es la primera generación F1 de un cruzamiento entre dos genotipos claramente diferentes. Normalmente se producen numerosos tipos de híbrido en todos los programas de mejoramiento para combinar diferentes caracteres de los distintos genotipos. En el caso del mejoramiento del maíz, el término híbrido implica un requerimiento específico y diferente, o sea que el híbrido F1 es usado para la producción comercial. El híbrido debe mostrar un razonable alto grado de heterosis para que el cultivo y su producción sean económicamente viables. (Paliwal, 2001). Según Poehlman y Sleeper (como se citó en Torres, 2017) la definición de maíz híbrido es aquella progenie de la primera generación de un cruzamiento entre líneas endogámicas o híbridos entre ellos. Las líneas endogámicas son el producto de cruzar endogámicamente plantas heterocigotas provenientes de poblaciones de polinización libre hasta que se alcanza la homocigosidad, o el producto de cruzar endogámicamente poblaciones segregantes después de un cruzamiento entre dos líneas endogámicas. En Perú, los híbridos nacionales e importados son demandados principalmente en la Costa; aunque el mecanismo de control de calidad es deficiente, mientras en la Sierra y la Selva predomina el uso de variedades mejoradas, aunque en la Selva se está introduciendo híbridos por parte de la empresa privada vinculada a la industria avícola y de elaboración de alimentos balanceados. (Huamanchumo, 2013).

Para Bolaños (como se citó en Torres, 2017), el rendimiento es inferior en variedades de polinización libre (VPLs) comparados con híbridos, eso depende de una menor eficiencia de llenado de grano y no solamente de la duración del llenado, además concluye que existe una relación negativa entre la madurez y la duración del llenado del grano, sugiriendo que a medida que el genotipo se hace más precoz pasa menos tiempo produciendo hoja y más tiempo llenando el grano.

2.3.1. Rendimiento del híbrido DK 7088

Este híbrido de maíz amarillo es de excelente estabilidad en diversos ambientes tropicales y gran sanidad. Entre sus ventajas se describe su tolerancia a enfermedades foliares y de grano, así como la adaptabilidad que le permite tener mayores rendimientos a cosecha en diferentes ambientes. Este híbrido simple fue desarrollado por Monsanto (Molina, 2010).

Entre sus características agronómicas descritas por San Camilo (2019) empresa dedicada a la comercialización de granos en Ecuador, este híbrido de altos rendimientos de hasta 28 t ha⁻¹, pasa 54 días hasta la floración; 135 días hasta la cosecha, alcanzando 2,32 m, altura y de inserción a mazorca de 1.45. Mientras para Edifarm (s.f.) empresa brasilera el rendimiento de este híbrido llega de los 10 t ha⁻¹ hasta los 11 t ha⁻¹.

En el caso de Perú contamos con diversos microclimas, incluso dentro de una misma región esta situación hace que un híbrido difiera de un lugar a otro, por ejemplo, un productor de Costa con tecnología media utiliza híbridos nacionales por la mayor cantidad de semillas/bolsas en promedio 75,000 y menor precio de unos 135 dólares/ bolsa frente a 215 dólares /bolsa de semilla importada. (Huamanchumo, 2013).

Por ejemplo, según Pérez y Vásquez (2017), encontramos estudios realizados respecto al comportamiento de 06 genotipos de maíz híbrido amarillo duro en la zona de Cutervo, Cajamarca con dos tipos de riego, los genotipos dentro del ambiente de riego (R1), que obtuvieron los mejores rendimientos fueron: DK-7088, INIA-605, INIA-619 y MARGINAL-28T (Testigo) con 7897.0, 8114.0, 7976.0 y 7381.0 kg ha⁻¹ respectivamente mientras el híbrido INIA 617 registró el menor rendimiento de grano con 4246.0 kg ha⁻¹. En el ambiente de temporal (R0), el híbrido DK-7088, registra el mayor rendimiento, mientras que el genotipo MARGINAL-28T (Testigo) registro el menor rendimiento de grano con 2579.0 kg ha⁻¹, además los genotipos INIA-619 y MARGINAL-28T redujeron el rendimiento de grano en 60.20 y 65.06 por ciento, por efecto de las lluvias de temporal; el genotipo híbrido DK-7088 toleró a la deficiencia hídrica, reduciendo su rendimiento de grano en tan solo 2.02 por ciento.

Según Baltazar (2014), en un experimento realizado en la localidad de Tulumayo se observó

que el híbrido de maíz DK 7088, alcanzó el mejor rendimiento con 9.70 t ha^{-1} , un peso de 100 semillas de 38.60 g, un diámetro y longitud de mazorca de 5.50 cm y 16.75 cm respectivamente, mayor número de hileras/mazorca (18.50) y 37.8 granos en promedio por hilera, siendo además el más precoz con 63.5 y 68.80 días a la floración masculina y femenina respectivamente. En ese mismo experimento el híbrido de maíz XB 8010, alcanzó un rendimiento de 6.70 t ha^{-1} , un peso de 100 semillas de 35.90 g, un diámetro y longitud de mazorca de 5.00 cm y 18.80 cm respectivamente, así mismo alcanzó 13.50 hileras en promedio por mazorca y 41 granos por hilera, y por último también se menciona 69.80 y 65 días a la floración femenina y masculina. Según Molina (2010), un ensayo realizado en Ecuador sobre la evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro en la Provincia de Loja, se concluye que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos respecto al rendimiento en grano del híbrido de maíz DK 7088, presentando el mayor rendimiento con 7.69 t ha^{-1} .

2.4. NITRÓGENO EN EL MAÍZ

Barker y Bryson (como se citó en Chura, *et al.* 2019), mencionan que existe dificultad en recomendar dosis apropiadas de nitrógeno por las diversas transformaciones que sufre en el suelo (mineralización, nitrificación, desnitrificación, inmovilización, volatilización y lixiviación) debido a factores climáticos y bióticos, que afectan, de forma significativa, la eficiencia de utilización de ese nutriente por la planta. Y Según Hawkesford, *et al.* (como se citó en Chura, *et al.* 2019), para diversos autores, esa eficiencia es inferior al 50 por ciento.

La demanda de nutrientes por parte de la planta para completar su desarrollo es tomada del suelo destacando el nitrógeno, el fósforo, y el potasio ya que se requieren en grandes cantidades. En promedio en seis toneladas de maíz se extrae del suelo 160 kg de nitrógeno, 75 kg de fósforo y 130 kg de potasio lo cual hace considerar al maíz como un cultivo agotante para el suelo. Instituto Nacional de Innovación Agraria (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2011)

La asimilación de nitrógeno en maíz se da durante todo el periodo de crecimiento del cultivo. Disminuye su requerimiento recién en la época de la madurez. Hasta el momento de la floración la planta ha asimilado aproximadamente un 25 por ciento de su necesidad de nitrógeno. Con la floración inicia un periodo de intensa producción de materia, lo que trae

consigo una mayor necesidad de este elemento, siendo asimilado hasta la formación de mazorcas dos tercios del nitrógeno requerido (Salcedo, 2016).

Para el caso del maíz amarillo duro la aplicación de nitrógeno se realiza de forma fraccionada, la mitad de la dosis al momento que han emergido las plantas, y la otra mitad inmediatamente antes del aporque. Además, la aplicación de fósforo y potasio, los cuales se deben aplicar de forma temprana, se recomienda aplicarlos s con la primera dosis del nitrógeno. El nitrógeno es absorbido de forma lenta por la planta al inicio de su ciclo fenológico y a partir del aporque hasta la floración se acelera la velocidad de absorción. En el caso del fósforo se absorbe a un ritmo lento y se acelera en la misma etapa que lo hace el nitrógeno, pero a un ritmo constante. Mientras el potasio se absorbe en forma acelerada y culmina su absorción para la etapa de floración. (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2001).

Las plantas obtienen el nitrógeno principalmente del suelo, donde se encuentra bajo la forma orgánica, la que no es disponible inmediatamente para la planta sino después de un proceso de mineralización catalizada por los microorganismos del suelo. El nitrógeno procede en la dirección siguiente: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. La cantidad de nitrato producida finalmente depende de la disponibilidad de material carbonáceo descomponible. Si la relación carbono: nitrógeno (C/N) es alta aparece muy poco o casi nada de nitrógeno como nitrato. Generalmente el nitrógeno es absorbido por las plantas como iones nitrato (NO_3^-) o como iones amonio (NH_4^+), aunque el nitrato es rápidamente reducido, probablemente a amonio por medio de una enzima que contiene molibdeno. La mayor parte del amonio tiene que ser incorporado a compuestos orgánicos en la raíz. Mientras que el nitrato tiene una buena movilidad a través del xilema y puede ser almacenado en las vacuolas de células de la raíz, tallos y en órganos de almacenamiento. (Pérez, 2017)

El nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+) son las dos formas disponibles para la absorción de las plantas. Aunque la mayoría de las especies vegetales pueden usar cualquiera de estas formas, el grado de efectividad en el crecimiento depende de la especie vegetal y de la proporción de nitrato y amonio. El amonio como única fuente de nitrógeno, es dañino al crecimiento en varias especies, debido al efecto de competitividad iónica, restringiendo la absorción de cationes e incrementando la absorción de aniones (Rodrigues y Garcia. 2018).

En el suelo, el amonio sirve de substrato o alimento para diversos microorganismos, dentro de los cuales un grupo de bacterias, las del género *Nitrosomonas*, tienen notoria importancia. Estas bacterias toman el amonio y lo oxidan a nitrito, el que puede ser absorbido por las plantas, pero es tóxico para ellas. Hay otro grupo de bacterias, las *Nitrobacter*, que oxidan los nitritos a nitratos, los cuales, a su vez, son liberados a la solución suelo, de este modo se impide la concentración de nitritos en el suelo. El proceso biológico de oxidación del amonio hasta nitrato, se denomina "nitrificación". Los nitratos generados pueden ser absorbidos por las plantas o lixiviados, es decir, arrastrados con el agua en profundidad, ya que, a diferencia del amonio, no son retenidos por las partículas del suelo (Fernández, 1984).

El nitrógeno forma parte de un gran número de compuestos orgánicos necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas como aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos de las reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas (Sprague, 1965). Según Sosa (como se citó en Rodrigues y Garcia, 2018), el nitrógeno circula por todo el sistema vascular de la planta y la mayor actividad es durante la etapa de floración y llenado de grano, al que muchos autores denominan efecto de dilución de los nutrientes, cumpliendo así las funciones metabólicas y supliendo a la planta en los diversos puntos de crecimiento.

Jacob (como se citó en De la Cruz, 2016), refirió que un exceso en las cantidades de nitrógeno genera un crecimiento desmesurado de la parte vegetativa de la planta ya que se estimula la síntesis de proteínas de tal forma que los carbohidratos son insuficientes para el desarrollo de los tejidos de soporte mecánico y se predispone a la planta al tumbado y más susceptible a condiciones adversas y enfermedades. Castillo (2015) refiere que un crecimiento inicial retardado, un color verde amarillento en las hojas y la prematura senescencia de las hojas más bajas son los principales síntomas de la deficiencia de nitrógeno en maíz. La decoloración usualmente se inicia en las puntas de las hojas y luego progresa a lo largo de ellas.

Shalhevet y Zwerman (1962), estudiaron la importancia de la deficiencia de nitrógeno en el crecimiento del maíz en los suelos pobremente drenados, y encontraron que la adición de nitratos en el suelo incrementa el rendimiento en grano de forma significativa, sin embargo, el rendimiento fue mayor con el maíz sembrado en suelos bien drenados donde se adiciono nitratos. Los autores explican que el crecimiento de las plantas en suelos deficientemente

drenados está influenciado por dos factores, el primer factor, el suministro de oxígeno a la raíz y el segundo factor, la concentración de nutrientes en el ambiente de la raíz. Según Arnon (como se citó en De la Cruz, 2016), si la deficiencia de nitrógeno se mantiene durante todo el ciclo vegetativo en la planta de maíz, las mazorcas tenderían a salir puntiagudas por falta de formación o llenado de granos. Cuando el nitrógeno se encuentra en cantidades insuficientes para la planta, se presentan achaparradas, de escaso crecimiento con tallos débiles que se mantienen de forma erecta. Además de estos síntomas encontramos follaje pequeño y delgadas tornándose de color verde claro a amarillento

Grunemberg (como se citó en Salcedo, 2016) menciona que, en el cultivo de maíz, las plantas nutridas deficientemente con nitrógeno presentan un desarrollo raquítrico y un aspecto fusiforme con hojas cloróticas. Cuando la deficiencia de nitrógeno ha alcanzado un estado avanzado se amarillan primero las hojas adultas a partir del ápice y a lo largo de la nervadura central. Posteriormente se extiende la clorosis a toda la hoja, se produce el secamiento de sus tejidos, tornándose necróticos. Los síntomas de la deficiencia de nitrógeno se presentan con un alto grado de agudeza bajo la acción de sequías.

2.4.1. Fertilización nitrogenada con Urea en el maíz

La fertilización nitrogenada es una práctica de manejo necesaria para la realización de una agricultura sustentable. Dado el costo de los fertilizantes nitrogenados y el impacto ambiental resultante de la aplicación de los mismos, se hace necesario el desarrollo de estrategias de manejo tendientes a mejorar la eficiencia de uso de dicho nutriente. Se han desarrollado prácticas de manejo tendientes a disminuir los procesos de pérdida del nitrógeno en el sistema suelo planta entre ellas el ajuste de la dosis de fertilizante, la elección de la fuente de nitrógeno, el momento y método de aplicación y la utilización de fertilizantes de liberación lenta. (Barberi, *et al.* 2009).

En el caso de la urea a pesar de ser soluble no puede ser absorbida directamente por los vegetales, pero una vez en el suelo es solubilizado por el agua, es descompuesto a través de una reacción química que es controlada por una enzima llamada ureasa. De la reacción se obtiene una sal químicamente inestable llamada carbonato de amonio que se descompone rápidamente en agua, anhídrido carbónico y amoníaco. La urea hidrolizada genera iones amonio (NH_4^+), que pueden ser absorbidos por las plantas y los microorganismos o bien ser

adsorbidos o retenidos por algunas partículas coloidales del suelo como las arcillas y la materia orgánica. Para la aplicación de urea se puede realizar sin mayores riesgos en suelos alcalinos y neutros, controlando el pH por lo menos cada tres años para detectar su evolución. En suelos de reacción ácida se aconseja contrarrestar su efecto acidificante mediante un empleo alternado con fertilizantes nítricos, o bien agregando carbonato de calcio en proporción a la dosis de urea a colocar. Mientras más bajo sea el pH del suelo mayor importancia tendrá prevenir el efecto acidificador de la urea. (Fernández, 1984).

2.5. GREENSEEKER

El GreenSeeker (green= verde y seek= buscar) provee un índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) la cual permite realizar un diagnóstico dirigido a las condiciones nutricionales en especial del nitrógeno. Este índice se denomina normalizado ya que produce valores en el rango de 1 y -1, este nos permite integrar y analizar las mediciones de luz del rojo y rojo lejano la cual se realiza con sensores remotos o próximos a las plantas. Identifica la presencia de vegetación verde y viva basándose en su reflexión en los ámbitos de frecuencia de la luz correspondientes al rojo y rojo lejano (Gutierrez *et al*, 2011). El aparato GreenSeeker producido por NTech Industries, corresponde a un sistema de detección y aplicación, óptico integrado, que mide el estado nutricional nitrogenado en los cultivos. Capaz de aplicar en tiempo real y en tasa variable los fertilizantes según las necesidades de nitrógeno del cultivo. Los sensores utilizan LED para generar luz de color rojo y el infrarrojo cercano, siendo posicionados en el frente de la maquinaria y perpendiculares al cultivo, la luz generada se refleja en el cultivo y se mide para el cálculo del índice NDVI, utilizando las bandas rojo (Red) y NIR. El denominado índice de vegetación de diferencia normalizada, NDVI es el resultado de la división entre la resta y la suma del NIR y el Red. Así mismo el método utilizado requiere la preparación de franjas de suficiencia de N (Ferrari, 2011).

Aguilera (2014), menciona que NIR se refiere a la reflectancia del cultivo en el infrarrojo cercano (725- 1020 nm) y Red es reflectancia del cultivo en el rojo (570-680 nm). Las plantas sanas y vigorosas absorben la luz roja y reflejan la luz del infrarrojo cercano, y el valor de NDVI se acercará a 1. En condiciones de campo el rango real observado se encuentra típicamente entre 0.7 y 0.8 para un cultivo sano y con suficiente nitrógeno. Y en el rango entre 0.25 y 0.3 para un cultivo que presenta una deficiencia extrema de N. Cuantificar la cantidad de nutrientes se logra a partir del contenido de clorofila, el cual tiene una relación

directa con las lecturas de reflectancia en el infrarrojo cercano y de la radiación electromagnética que incide en el área foliar de la planta. El aumento de la concentración de clorofila, debido a un mejor nivel de N, incrementa la actividad fotosintética y así el área foliar; por lo que la correlación entre el resultado del índice espectral y la acumulación de biomasa de los cultivos permite predecir el estado nutricional y consecuentemente la recomendación de fertilización a aplicar.

Mientras Gutiérrez *et al* (2011) refiere que RED es la radiación roja incidente sobre la superficie vegetal y NIR es la radiación infrarroja cercana reflejada por ella.

Según Martin, *et al.* (como se citó en Gutiérrez, 2011) al comparar plantas en óptimas condiciones nutricionales y sanitarias con plantas estresadas, el GreenSeeker permite establecer diferencias a través de un índice numérico, NDVI, las plantas sanas y vigorosas absorben más luz roja y reflejan más luz infrarroja que aquellas con problemas fisiológicos, para ello el uso efectivo del GreenSeeker requieren de mantener siempre una sección de la plantación bajo condiciones nutricionales y sanitarias óptimas que pueda ser utilizada como referencia para calibrar las mediciones del NDVI en el resto del área de cultivo.

El GreenSeeker, utiliza diodos de emisores de luz LED, emite luz roja (570-680 nm) la cual es dirigida hacia las superficies cultivadas y simultáneamente mide la luz que reflejan las hojas, la infrarroja cercana (725-1020 nm), generando un índice numérico, NDVI, el cual se relaciona con la salud y vigor de las plantas “en tiempo real”.

El empleo de índice para identificar una masa vegetal se basa en el comportamiento radiométrico de la vegetación, pues en buen estado una masa vegetal presenta un contraste marcado entre la bandas visibles, en especial las bandas del rojo y del infrarrojo cercano, ya que la mayor parte de la radiación solar recibida por la planta en la banda del rojo es absorbida por los pigmentos de las hojas y son apenas afectados por la radiación recibida en la banda del infrarrojo cercano, por ello hay un contraste entre la baja reflectividad en el rojo y alta reflectividad en el infrarrojo cercano, esto permite separar la vegetación sana de otra cubierta con facilidad.(Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT], s.f.).

La Universidad de Oklahoma en colaboración con el CIMMYT realizó la evaluación de prototipos del sensor GreenSeeker, durante diez años, en ese periodo calibraron su uso para el cultivo de trigo, en el sur de Sonora. En esa zona se aplicaba 250 kg N/ha con un 75 por ciento en pre- siembra y el resto antes del primer riego de auxilio. Con esta tecnología se mostraba que solo el 23 por ciento de los lotes evaluados requería nitrógeno adicional al aplicado en la siembra. Con la cosecha de grano se concluyó que utilizando la tecnología de sensores GreenSeeker, se obtuvo un ahorro de nitrógeno de unos 1300 pesos/ha, que convirtiéndolo a moneda local es 210 soles /ha. Durante el ciclo 2005- 2006 se transfirió la tecnología a 140 hectáreas generando un ahorro de 78 kg N/ha. Para el ciclo 2006-2007 se adoptó en 3,500 hectáreas y en el ciclo 2008-2009 se incrementaron a 6,484 hectáreas, para el ciclo 2009-2010 se alcanzó 7363 hectáreas a las que se les transfirió la tecnología GreenSeeker logrando que los productores ahorren en ese año de 70 a 80 kg N/ha. Así mismo se está realizando la calibración del GreenSeeker en cebada y en maíz (Ortiz y Cárdenas, 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1. MATERIALES

3.1.1. Ubicación

El ensayo se realizó durante el ciclo verano del 2019. Se instaló en el Fundo Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado geográficamente a $12^{\circ} 04' 59.12''$ S, $76^{\circ} 57' 17.83''$ O a 238 m s.n.m; en el valle de Ate en el distrito de La Molina, provincia de Lima, región Lima de clima subtropical, en la costa peruana.



Figura 1: Área del experimento

3.1.2. Material genético

Hibrido de maíz amarillo DK-7088



Figura 2: Cultivar DK-7088

3.1.3. Equipos e instrumentos

- GreenSeeker Handheld Crop Sensor (Timble)
- Medidor de humedad de grano AGRATRONIX
- Balanza electrónica
- Balanza tipo reloj de 20 Kg
- Vernier
- Libreta de nota
- Bolsas de plásticos, costalillos, rafia.
- Útiles de escritorio.



Figura 3: Medidor de humedad de grano AGRATRONIX

3.2. ANÁLISIS DE SUELO

En el análisis de suelo del campo experimental (tabla 1), se puede observar que el pH es de 7.84, ligeramente alcalino. Con una conductividad eléctrica de 1.64 clasificado como muy ligeramente salino. Materia orgánica de 1.72 por ciento, valor considerado como bajo. Contenido de fósforo disponible de 25.1 ppm, se considera alto. Un contenido de potasio disponible de 359 ppm, considerado alto.

Presenta una relación catiónica de K/Mg de 0.88, clasificándose con deficiencia en magnesio. Una relación Ca/ Mg de 6.7 lo que se clasifica como normal. Como se observa

en el Anexo 4.

Tabla 1: Análisis de suelo Fundo Agrícola de la UNALM

Descripción	Valor
pH (1:1)	7.84
C.E. (1:1) dS/m	0.82
Clase Textural	Franco arcilloso arenoso
Arena (%)	48
Limo (%)	26
Arcilla (%)	26
M.O (%)	1.72
CaCO ₃ (%)	3.60
P (ppm)	25.1
K (ppm)	359
CIC	13.12
Ca ⁺²	9.96
Mg ⁺²	1.48
K ⁺	1.30
Na ⁺	0.38

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM.

3.3. OBTENCIÓN DE LA FORMULA GREENSEEKER

3.3.1. Algoritmo generado para la fertilización con nitrógeno basado en el protocolo de la universidad Oklahoma

a. Predicción del potencial del rendimiento a mitad de temporada (YP₀)

- Lectura del NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada), con el sensor de mano GreenSeeker, en áreas (3x3 m) donde el problema es la respuesta de N aplicado.

- Estimación del potencial de rendimiento, INSEY

INSEY: NDVI/ Días desde la siembra hasta la detección

Este índice denominado INSEY permite obtener la biomasa producida por día. Esta estimación del rendimiento o potencial de rendimiento será el probable resultado sin añadiduras de Nitrógeno., es decir el objetivo de rendimiento sin fertilizante N añadido.

- Generación de la ecuación de predicción del rendimiento.

Una vez recopilados los datos de cosecha, se colocan junto a sus NDVI respectivos, fecha de siembra, fecha de detección e INSEY, generando una gráfica XY de rendimiento frente a INSEY como se observa el Anexo 5, que se realizó para el experimento de la tesis.

- Registro del Índice de respuesta (IR)

IR: NDVI de parcela de N alto/ NDVI de la parcela de control (0- N antes de la plantación).

Esta información se utiliza para documentar la “capacidad de respuesta” al fertilizante de N por sitio.

- Determinación del % N en el grano.

El porcentaje de N eliminado en cada grano, se puede determinar mediante combustión seca o digestión húmeda con ácido, pero es un dato conocido en diversos cultivos. Tomado como dato en la metodología de OKLAHOMA, el porcentaje de nitrógeno en grano de maíz se considera 1.25 por ciento.

b. Predecir la respuesta potencial al N aplicado

- Para predecir la respuesta al fertilizante de nitrógeno, se requiere colocar franjas ricas en nitrógeno, así como las franjas controles (del agricultor), a media temporada para el caso del maíz (entre 8 y 12 hojas) se recopilan lecturas de NDVI de todos los tratamientos.

- Se calcula el RI, o la capacidad de respuesta.

c. Rendimiento potencial alcanzable con fertilización N añadida (YP_n):

$$YP_n: YP_0 * RI$$

Donde:

YP₀ : Potencial de rendimiento alcanzable sin fertilización de N añadida.

RI: Índice de respuesta esperado

d. Generar una dosis de nitrógeno

- Calcular la absorción de N de grano en YP₀ y YP_n:

GNUP_YP_n: YP_n * % Nitrógeno esperado en el grano.

GNUP_YP₀: YP₀ * % Nitrógeno esperado en el grano.

Donde:

YP_n: Rendimiento de grano YP_n

YP₀: Rendimiento de grano YP₀

Porcentaje de Nitrógeno esperado en el grano: 1.25 por ciento.

- Fertilización requerida de nitrógeno:

$$(GNUP_{YP_n} - GNUP_{YP_0}) / \text{Factor de eficiencia de uso esperado}$$

Donde:

GNUP_Yp_n: Cantidad prevista de Nitrógeno que se eliminará en el grano Yp_n

GNUP_Yp₀: Cantidad prevista de Nitrógeno que se eliminará en el grano Yp₀

Factor de eficiencia: 70%

Para la predicción del potencial del rendimiento a mitad de temporada (YP_0), se hizo una lectura del NDVI, y la estimación del potencial de rendimiento, INSEY, para generar la ecuación de predicción del rendimiento, La data se recopiló de la siembra en la Molina-INIA, día de siembra (26/09/2013), día de cosecha (10/02/2014), día de detección, es decir medición del NDVI, (15/11/ 2013). La obtención de la fórmula fue la siguiente.

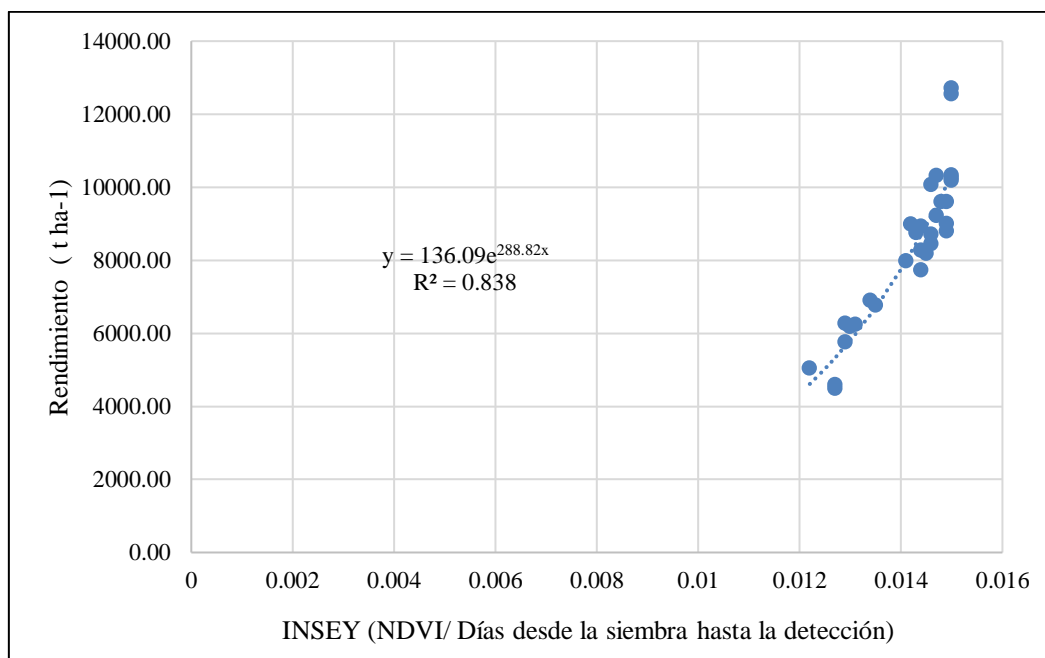


Figura 4: Fórmula basada en protocolo de la Universidad de Oklahoma

Para el caso de la tesis, se colocó la primera mitad de las dosis en los siete tratamientos: T1 con 0 kg ha⁻¹ de nitrógeno, T2 con 0 kg ha⁻¹ de nitrógeno con aplicación en el aporque, T3 con 40 kg ha⁻¹ de nitrógeno, T4 con 60 kg ha⁻¹ de nitrógeno, T5 con 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno, T6 con 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno y T7 con 120 kg ha⁻¹ considerado como la franja rica de nitrógeno. A media temporada para el caso del maíz entre V8 y V12, es decir entre 8 a 12 hojas se recopilaron las lecturas de NDVI de todos los tratamientos denominado detección. Esta data se utilizó para predecir la respuesta potencial al N aplicado. La fecha de siembra fue el 24/11/2018, la fecha de cosecha fue el 30/03/2019 y la fecha de detección fue 12/01/2019, contaba con 9 hojas las plantas. Se calculó el RI, o la capacidad de respuesta, dividiendo el NDVI máximo entre cada uno de los NDVI, de los tratamientos por bloque.

Para obtener el rendimiento potencial alcanzable con fertilización N añadida (YP_n) se utilizó como base la fórmula obtenida, en la primera etapa, por ello YP_0 , se obtuvo al reemplazar

en la fórmula el respectivo INSEY obtenido y permitiendo obtener el YP_n , al multiplicarlo el YP_0 por el RI previamente calculado.

Por último, se generó una dosis de nitrógeno; para ello se hizo una diferencia de dos productos previamente calculados. El primer factor se obtuvo al multiplicar el porcentaje de nitrógeno esperado para el caso del experimento se tomó como base el 1.25 por ciento en base a la metodología dada por la Universidad de Oklahoma, con YP_n ; restado con la multiplicación de YP_0 con el 1.25 de nitrógeno eliminado en el grano. La diferencia dará la dosis de nitrógeno requerida por la planta. Finalmente, esa diferencia fue dividida por el factor de eficiencia, para nuestro caso, tomamos el valor de 70 por ciento, factor que el doctor Bill Raun debido a su trabajo con el GreenSeeker ha determinado ya que es un factor común para aplicaciones de nitrógeno; dando como resultado la fertilización requerida de nitrógeno.



Figura 5: Metodología medición NDVI

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Características evaluadas

a. Pre cosecha

Altura de planta: se midió 10 plantas por parcela, desde la base del tallo hasta la base de la inserción de la panoja.

Altura de mazorca: se midió 10 plantas por parcela, desde la base del tallo hasta la inserción de la mazorca superior.

Número de plantas por parcela: un día antes de la cosecha, se contó el total de plantas de cada parcela.



Figura 6: Evaluación Pre-Cosecha

b. Cosecha

Número de mazorcas: apenas terminada la cosecha, se contó el total de mazorcas por parcela.

Peso de cosecha (Pc): se pesó todas las mazorcas cosechadas por parcela, que vendría a ser

el peso de campo por parcela.

Peso de grano (Pg): se desgranaron todas las mazorcas de cada parcela y luego se pesaron los granos haciendo uso de una balanza electrónica.

Humedad del grano a la cosecha (Hg): sobre 10 mazorcas escogidas al azar se desgranaron tres hileras para formar una mezcla de aproximadamente 100 g y se determinó el porcentaje utilizando un medidor de humedad de grano AGRATRONIX.

Número de fallas: Relacionado al número de golpes fallados, considerando 2 plantas/golpe (0 fallas), 1 planta/golpe (0.5 fallas) y 0 plantas/golpe (1 falla). Con el número de fallas totales por parcela se halló el factor de corrección (f), magnitud que multiplicado por el peso registrado en el campo da como resultado el peso corregido por fallas.

c. En gabinete

Se tomó 10 mazorcas al azar de cada tratamiento y en ellas se evaluó:

Longitud de mazorca (LM): con una regla milimetrada se midió el largo de la mazorca de extremo a extremo.

Diámetro de la mazorca (DM): con una regla milimetrada se midió el ancho de la mazorca, en el tercio medio.

Número de hileras por mazorca (HM): se contó en cada mazorca el número de hileras en la parte media de la misma.

Número de granos por hilera (GH): en cada una de las 10 mazorcas, se eligió dos hileras al azar y en ellas se contó el número de granos por hilera, para luego obtener el promedio.

Número de granos por mazorca (GM): se contabilizó manualmente.

Peso de 100 semillas: después de desgranar las 10 mazorcas, se tomó al azar 100 semillas y se pesó.



Figura 7: Evaluación en Gabinete

3.4.2. Procesamiento de datos

Una vez que se registrados en el libro de campo los datos de cada parcela se procedió con la digitación en hojas de cálculo de los datos de todos los caracteres para cálculos posteriores y los análisis estadísticos mediante el software R studio.

Rendimiento de grano (RG) por hectárea: Determinado por el peso seco al 14 por ciento de humedad de las mazorcas por hectárea. Con el fin de expresar el rendimiento en kilos de grano por hectárea, se multiplicará el rendimiento promedio de cada parcela por el porcentaje de desgrane y por 0.971 considerado como coeficiente de contorno. Según la siguiente fórmula:

$$RG = Pc * 0.971 * \%D * Fh * Ff * \frac{10000}{A}$$

Donde:

- RG = Rendimiento de grano (kg ha⁻¹)
- Pc = Peso total de mazorca cosechada en la parcela
- 0.971 = Factor de contorno
- % D = Porcentaje de desgrane (peso de grano Pg /Pc)
- A = área de la parcela (m²)

Fh = Factor de corrección por humedad

$$Fh = \frac{100 - \% \text{ humedad (H)}}{100 - 14}$$

Ff = Factor de corrección por falla

$$Ff = \frac{22 - 0,3 * F}{22 - F}$$

3.4.3. Diseño experimental

El experimento instalado bajo el diseño de bloques completos al azar (DBCA), consistió en 7 tratamientos (dosis de nitrógeno) y 4 repeticiones (bloques). En cada bloque hubo 7 parcelas o unidades experimentales, distribuidas aleatoriamente.

El modelo aditivo lineal para el análisis de variancia es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + V_j + \epsilon_{ij}$$

Para:

i = 1, ... , 7 tratamiento

j = 1, ... , 4 bloque

Donde:

Y_{ijk} = observación correspondiente a la i-ésimo tratamiento, en el j-ésimo bloque.

μ = media general del experimento

R_i = efecto asociado del i-ésimo tratamiento.

V_j = efecto asociado al j-ésimo bloque

ϵ_{ij} = efecto aleatorio o error asociado a la observación Y_{ij}

Análisis de variancia:

El esquema de análisis de variancia se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2: Esquema análisis estadístico

F. de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Bloques	r-1	Sc de bloques	CM de bloques
Tratamientos	t-1	Sc de tratamientos	CM de tratamientos
Error	(r-1) (t-1)	Sc de error	CM de error
Total	rt-1		

a. Características del área experimental

Área total del experimento: 361.4 m²

Área de bloque: 89.6 m²

Área por tratamiento: 12.8 m²

Área de evaluación por tratamiento (2 surcos): 6.4 m²

Surcos por tratamiento: 4

Número de golpes por surco: 13

Plantas por golpe después del desahijé: 2

Distancia entre golpes: 0.30 m

Distancia entre surcos: 0.80 m

Longitud de surco por parcela: 4 m

Distancia de calle: 1 m.

b. Aleatorización de los tratamientos en el campo experimental

C A M I N O	Bloque 1	T5	T2	T4	T1	T7	T3	T6
	Bloque 2	T1	T6	T3	T2	T7	T4	T5
	Bloque 3	T2	T7	T4	T6	T1	T5	T3
	Bloque 4	T4	T5	T2	T7	T6	T3	T1
MURO								

Figura 8: Croquis del área experimental

Dosis de nitrógeno:

Tratamiento 1: Testigo 1 con 0 kg ha⁻¹ de nitrógeno

Tratamiento 2: Testigo 2 con 0 kg ha⁻¹ de nitrógeno; con aplicación en el aporque por recomendación del GreenSeeker

Tratamiento 3: 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno

Tratamiento 4: 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno

Tratamiento 5: 160 kg ha⁻¹ de nitrógeno

Tratamiento 6: 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno

Tratamiento 7: 240 kg ha⁻¹ de nitrógeno. (Franja rica de nitrógeno)

Tabla 3: Cantidad (kg ha⁻¹) de nitrógeno para la fertilización

Tratamiento N (kg ha ⁻¹)	Primera aplicación	Segunda aplicación			
		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
T1	0	0.000	0.000	0.000	0.000
T2	0	4.933	4.933	11.625	7.078
T3	40	3.783	0.000	6.031	4.933
T4	60	2.579	4.933	2.579	1.318
T5	80	0.000	0.000	0.000	7.078
T6	100	3.783	3.783	0.000	0.000
T7	120	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabla 4: Cantidad (kg ha⁻¹) de urea para la fertilización

Tratamiento Urea (kg ha ⁻¹)	Primera aplicación	Segunda aplicación			
		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
T1	0	0.000	0.000	0.000	0.000
T2	0	10.724	10.724	25.271	15.388
T3	86.957	8.224	0.000	13.110	10.724
T4	130.435	5.606	10.724	5.606	2.866
T5	173.913	0.000	0.000	0.000	15.388
T6	217.391	8.224	8.224	0.000	0.000
T7	260.870	0.000	0.000	0.000	0.000

3.4.4. Campo experimental

La etapa de campo se realizó en la estación de verano, duró 126 días antes de la cosecha. El área del experimento fue de 361.4 m², dividido en 4 bloques con 7 parcelas cada bloque, cada unidad experimental contaba con 4 surcos con un área de 12.8 m² en cada surco hubo 13 golpes con 3 semillas cada uno, luego del desahijé se dejó 2 plantas por golpe, para la investigación se evaluaron solo los surcos centrales lo que equivale a un área de 6.4 m².

a. Preparación del terreno experimental

Se realizó el riego de machaco para proporcionar al suelo humedad, así como controlar las larvas de gusanos de tierra y poder facilitar el arado, pasado los siete días, el suelo tenía la suficiente humedad para la preparación del suelo, se realizó la pasada de arado de discos, luego se pasó la rastra de puntas para eliminar el residuo de la cosecha anterior, el gradeo para desterronar el suelo, el surcado y finalmente se realizó el tomo para el paso del agua al campo.

El marcado del campo experimental se realizó a los tres días de la preparación del suelo; consistió en delimitar las parcelas, las calles y bloques utilizando cal, y cordel de siembra, luego se midió las distancias correspondientes. Solo se utilizó un solo tipo de semilla híbrida en todo el ensayo DK-7088.

b. Siembra

Realizada el 24 de noviembre del 2018, con ayuda del cordel de siembra marcada cada 30 cm la cual era la distancia entre plantas, se sembró tres semillas por golpe al fondo de surco.

c. Fertilización

La primera fertilización se realizó el día 09 de diciembre del 2018, quince días después de la siembra, la fertilización de fósforo y potasio, que se empleo fue superfosfato triple y cloruro de potasio; 180 kg ha⁻¹ de potasio, equivalente a 300 kg ha⁻¹ de KCl y 129 kg ha⁻¹ fósforo, equivalente a 280 kg ha⁻¹ de SFT. Para el caso del nitrógeno se empleó urea y se aplicaron los 7 tratamientos que se observa en la tabla 3 y 4. La segunda fertilización se realizó a los 45 días después, el día 12 de enero del 2019, para el caso de este último se utilizó una vara de madera para realizar un orificio en el surco entre planta y planta, colocando las dosis que recomendaba el GreenSeeker de nitrógeno observadas en la tabla 3 y 4.

d. Desahijé

Realizado cuando las plantas tuvieron 40 cm de altura, se dejó por golpe solo 2 plantas.

e. Riego

Se realizaron ocho riegos por gravedad. Para las más importantes etapas de establecimiento,

floración y maduración de grano le corresponden 3 riegos. El rango de riego fue dejando 2 semanas.



Figura 9: Riego por gravedad en el campo experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLE RENDIMIENTO EN GRANO (t ha⁻¹)

Se presenta la tabla obtenida a partir de la data mostrada en el Anexo 6 de la variable estudiada, el rendimiento en grano, el cual, cumpliendo los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza y de auto correlación, se procedió a realizar la prueba de análisis de variancia. De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) tabla 5, no se encontró significancia estadística para los tratamientos (dosis de nitrógeno) y para los bloques, lo que indica que presentaron el mismo efecto para la variable rendimiento en grano.

Tabla 5: Variable Rendimiento en grano (t ha⁻¹)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
b	3	3.038	1.0126	1.024	0.405
t	6	4.032	0.6720	0.680	0.668
Residuals	18	17.793	0.9885		

C.V: 15.928%

Los rendimientos obtenidos en el ensayo estadísticamente no presentaron ninguna diferencia significativa, es decir los rendimientos fueron similares evidenciando que utilizando el aparato GreenSeeker se pudo homogenizar los rendimientos y predecir la necesidad del nutriente nitrógeno en la planta; el índice de vegetación de diferencia normalizada insertada en la fórmula propuesta por el Ing. Hugo Ramos IncaRoca genero las cantidades requeridas de nitrógeno para el segundo abono en cada tratamiento. Los rendimientos obtenidos en promedio por tratamiento (dosis de nitrógeno) son T1: 6.831 t ha⁻¹, T2: 5.804 t ha⁻¹, T3: 6.541 t ha⁻¹, T4: 5.758 t ha⁻¹, T5: 6.520 t ha⁻¹, T6: 6.268 t ha⁻¹, T7: 6.584 t ha⁻¹, aunque numéricamente se presenta al promedio de rendimiento del Tratamiento 1 (d: 0 t ha⁻¹) con el mayor rendimiento, la prueba estadística demuestra que con las dosis aplicadas el rendimiento es similar en todos los tratamientos.

Para obtener los rendimientos de grano se utilizó la fórmula descrita en la metodología, para su ejecución se hizo uso de la data del peso de mazorca esta variable evaluada estadísticamente no presentó significancia entre los tratamientos como se observa en el Anexo 12, así como las variables longitud de mazorca, peso de 100 semillas, diámetro de coronta, número de hileras, granos por hilera, las cuales según el análisis estadístico resultaron no significativo por tratamiento como se puede observar en Anexo 8 al Anexo 11. A continuación, como breve descripción tenemos el promedio de cada una de las variables analizadas por tratamiento, que también se observa en una tabla resumen en el Anexo 7.

El tratamiento T1, presenta un rendimiento promedio de 6.83 t ha^{-1} , un peso mazorca de 0.167 kg , un peso de cien semillas de 0.024 kg , un diámetro y longitud de mazorca de 4.763 cm y 14.653 cm respectivamente, número de hileras y granos por hilera de 18 y 68 respectivamente, altura de planta y altura de inserción de la mazorca de 2.01 m y 1.17 m respectivamente.

El tratamiento T2 presenta un rendimiento con 5.80 t ha^{-1} , un peso mazorca de 0.159 kg , un peso de cien semillas de 0.023 kg , un diámetro y longitud de mazorca de 4.663 cm y 14.520 cm respectivamente, número de hileras y granos por hilera de 18 y 67 respectivamente, Altura de planta y altura de inserción de la mazorca de 2.02 m y 1.22 m respectivamente.

El tratamiento T3 presenta un rendimiento con 6.54 t ha^{-1} , un peso mazorca de 0.167 kg , un peso de cien semillas de 0.023 kg , un diámetro y longitud de mazorca de 4.640 cm y 14.748 cm respectivamente, número de hileras y granos por hilera de 18 y 69 respectivamente, Altura de planta y altura de inserción de la mazorca de 1.99 m y 1.15 m respectivamente.

El tratamiento T4 presenta un rendimiento con 5.76 t ha^{-1} , un peso mazorca de 0.158 kg , un peso de 100 semillas de 0.023 kg , un diámetro y longitud de mazorca de 4.653 cm y 14.160 cm respectivamente, número de hileras y granos por hilera de 18 y 67 respectivamente, Altura de planta y altura de inserción de la mazorca de 1.92 m y 1.15 m respectivamente.

El tratamiento T5 presenta un rendimiento con 6.52 t ha^{-1} , un peso mazorca de 0.168 kg , un peso de 100 semillas de 0.024 kg , un diámetro y longitud de mazorca de 4.725 cm y 14.525

cm respectivamente, número de hileras y granos por hilera de 18 y 68 respectivamente, Altura de planta y altura de inserción de la mazorca de 1.91 m y 1.09 m respectivamente.

El tratamiento T6 presenta un rendimiento con 6.27 t ha⁻¹, un peso mazorca de 0.160 kg, un peso de 100 semillas de 0.023 kg, un diámetro y longitud de mazorca de 4.713 cm y 14.458 cm respectivamente, número de hileras y granos por hilera de 18 y 67 respectivamente, altura de planta y altura de inserción de la mazorca de 1.96 m y 1.12 m respectivamente.

Por último, el tratamiento T7 presenta un rendimiento con 6.58 t ha⁻¹, un peso mazorca de 0.159 kg, un peso de 100 semillas de 0.023 kg, un diámetro y longitud de mazorca de 5.700 cm y 14.445 cm respectivamente, número de hileras y granos por hilera de 18 y 66 respectivamente, Altura de planta y altura de inserción de la mazorca de 1.99 m y 1.13 m respectivamente.

Para la obtención de la cantidad de nitrógeno a aplicar se siguió el procedimiento propuesto por la universidad de Oklahoma, iniciando el procedimiento con las lecturas de detección para registrar el NDVI de cada tratamiento. Para Aguilera (2014), las plantas sanas y vigorosas absorben la luz roja y reflejan la luz del infrarrojo cercano, y el valor NDVI leído por el aparato GreenSeeker se acercará a 1, además en un campo el rango observado será entre 0.7 y 0.8 si es un cultivo sano y con suficiente nitrógeno, mientras en un rango de 0.25 a 0.3 el cultivo presentará deficiencias, para el CIMMYT, (s.f), el índice numérico generado NDVI relaciona la salud y vigor de la planta en tiempo real. Las lecturas de NDVI realizadas en la tesis se tomaron cuando la planta de maíz se encuentre entre un V9 y V10, momento en el cual según la metodología del GreenSeeker, se recomienda realizar la detección, los valores dictados por el aparato oscilan entre los 0.740 a 0.785 como se observa en el Anexo 5, el cual indica que las plantas presentan suficiente nitrógeno. Cabe mencionar que la campaña anterior el cultivo fue papa, el cual es un cultivo que demanda gran cantidad de fertilizante. Además, el análisis de suelo realizado del fundo agrícola de la UNALM en sus resultados demuestra dosis altas de potasio y fosforo los cuales hacen suponer que las cantidades aplicadas de los macronutrientes nitrógeno, fosforo y potasio se acumularon en el suelo. Según Fernández (1984) la forma de nitrógeno asimilable, el amonio es retenido fácilmente por las partículas coloidales del suelo por estos motivos mencionados podemos entender las dosis de nitrógeno (kg ha⁻¹) recomendadas por la fórmula generada a partir de

las mediciones del aparato GreenSeeker para la segunda fertilización son desde no aplicar nitrógeno hasta los 11.63 kg ha⁻¹ como se observa en el Anexo 5.

Según INIA (2011), la aplicación de nitrógeno para el caso del maíz se realiza de forma fraccionada, aplicado junto a la emergencia de las plantas junto a ella la aplicación de fósforo y potasio las cuales se requiere de forma temprana, y la otra aplicación de nitrógeno junto al aporque. De igual manera se aplicó la fertilización en la tesis ya que de esta misma manera aplican los agricultores productores de maíz.

Para Salcedo (2016), la asimilación del nitrógeno se da durante todo el periodo de crecimiento del cultivo de maíz, disminuyendo en la época de madurez. Hasta la época de floración la planta asimila el 25 por ciento de su necesidad de nitrógeno, a partir de floración se intensifica la producción de materia donde la planta expresa una mayor necesidad del nitrógeno y hasta la formación de mazorcas los dos tercios del nitrógeno requerido son asimilados. Para INIA (2011) la asimilación se da de forma lenta al inicio de su ciclo fenológico y se acelera la velocidad de absorción a partir del aporque hasta la floración. Además, refiere que en promedio para producir 6 toneladas de maíz se extrae 160 kg de nitrógeno, 75 kg de fósforo y 130 kg de potasio, por lo cual se considera al maíz como un cultivo agotante para el suelo. Para nuestro caso la fórmula utilizada de aplicación fue de N-130-180, donde N son las diversas dosis propuestas para nitrógeno en la primera fertilización más lo propuesto por la formula generada para la segunda fertilización, obteniendo rendimientos entre los 5.8 a 6.9 t ha⁻¹.

Con esto resalta la implicación de una buena aplicación de nitrógeno en el rendimiento y como una dosis adecuada repercute en esta, sosteniendo que la formula brindo las cantidades adecuadas que permitieron al maíz híbrido DK-7088 obtener rendimientos promedios por encima del rendimiento nacional que según el MINAGRI es de 4.9 t ha⁻¹.

En el caso de existir deficiencia del nitrógeno en el maíz durante todo su ciclo vegetativo, según Arnon (como se citó en De la Cruz, 2016), las mazorcas tenderían a salir puntiagudas por falta de formación o llenado de granos, las plantas serian achaparradas, de tallos débiles, de follaje pequeño y delgada que se tornan de color verde claro a amarillento.

Para Pérez (2017), la forma disponible del nitrógeno para la planta es iones nitrato o iones amonio. Sin embargo, los iones nitrato son reducidos por una enzima que contiene molibdeno probablemente a amonio. En su mayoría el amonio es incorporado a compuestos orgánicos en la raíz, mientras el nitrato que presenta buena movilidad a través del xilema se almacena en las vacuolas de las células de raíz, tallos y órganos de almacenamiento. Según Baker y Mills (1980) va a depender de la especie vegetal el grado de efectividad de ambas formas asimilables, amonio o nitrato. Sin embargo, el amonio como única fuente de nitrógeno debido al efecto de competitividad iónica restringe la absorción de cationes e incrementa la absorción de aniones. Además, para Fernández (1984), los nitratos son fácilmente absorbidos o lixiviados es decir arrastrados con el agua en profundidad, mientras que el amonio es retenido en partículas de suelo. En el caso de la tesis se utilizó como fuente de nitrógeno al fertilizante urea. El cual según Fernández (1984) hidrolizado genera iones amonio que son absorbidos por las plantas, microorganismos o bien son retenidos por partículas coloidales del mismo suelo como las arcillas, y la materia orgánica, en suelos alcalinos y neutros no presenta riesgo, según el análisis nuestro suelo presentaba un pH de 7.8, lo que en el rango de pH se considera suelo alcalino, sin embargo, en suelos de pH bajo es aconsejable controlar el efecto acidificante de la urea alternando con fertilizantes nítricos.

Según Pinedo (2015) el maíz se siembra durante todo el año, las épocas de abril a agosto, se denominan siembras de invierno, y desde noviembre a febrero, se denominan siembras de verano, esta última coincide con la época de siembra del experimento, lo que se debe considerar para evaluar los promedios de rendimientos obtenidos. Según Chávez (como se citó en León, 2016) la época de siembra grande en costa es de otoño-invierno es decir de abril a agosto, debido a que en climas fríos y húmedos el desarrollo vegetativo del maíz presentara plantas tardías, vigorosas y prolíficas obteniendo un amplio rendimiento. Mientras que en la época de siembra primavera-verano de setiembre a marzo las plantas serán más precoces, delgadas y menos prolíficas. Además, según Huamanchumo (2013), aunque el maíz amarillo duro es posible sembrarlo todo el año por la disponibilidad de riego y la elevada demanda del cultivo, el hacerlo propicia el incremento de plagas debido a la existencia simultánea de campos de maíz en todos los estados de desarrollo del cultivo, lo que impide interrumpir el ciclo de la plaga y, por ende, su multiplicación y resistencia. En el caso del experimento se tuvo que controlar el ataque de la plaga *Spodoptera frugiperda* a las 5 semanas de sembrado, lo cual se pudo controlar con la aplicación de insecticidas, lo ideal,

es evitar sembrarlo en el verano por la mayor presencia de plagas; sin embargo, dada la demanda permanente, siempre se encuentran campos cultivados con maíz; de lo expuesto por estos autores se extrapola que existe diferencia entre los rendimientos de una misma variedad en diferentes épocas de siembra, por lo cual durante la época que se realizó la siembra de la tesis que fue de noviembre hasta marzo, época de verano, la cual es una época no recomendada por estos autores. Además, las plantas se encuentran expuestas a temperaturas diurnas y nocturnas altas durante la etapa de llenado de granos aumentando sus tasas respiratorias y reduciendo el rendimiento en grano como lo indica Ojeda (como se citó en Ramírez, *et al*, 2010).

Para Bolaños (como se citó en Torres, 2017) hay una relación negativa entre la madurez y la duración del llenado del grano, que sugiere que a medida que el genotipo se hace más precoz pasa menos tiempos produciendo hoja y más tiempo llenando el grano. Cabe mencionar que el ciclo de producción del maíz Dk-7088 fue de corta duración en el experimento desde noviembre hasta marzo, de siembra a cosecha duró 4 meses y 6 días, según (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012), el maíz es un cultivo transitorio cuyo periodo vegetativo es de 4.5 a 5.5 meses y sus picos de siembra son los meses de setiembre y febrero con cosechas en junio y diciembre. En el caso de la tesis la siembra fue en noviembre y la cosecha en marzo, por lo que el efecto de la época de siembra se refleja en el rendimiento del maíz DK-7088.

Para Norman, Pearson y Searle (como se citó en Yzarra, *et al*. 2009) el maíz, un cereal C4, se estima que un rendimiento máximo se obtiene entre temperaturas de 20 °C a 22°C, a temperaturas más altas la radiación es usada en forma apenas significativa y eficiente en la fotosíntesis, por lo que el llenado de grano se ve afectado por ende el rendimiento es menor en época de verano que en época de invierno. Esto se sostiene en la data obtenida del SENAMHI, de la base meteorológica VON HUMBOLT, observadas en el Anexo 20, donde se observan las temperaturas diarias máximas, mínimas y promedios de los meses de noviembre 2018 a marzo del 2019 que duró el experimento. En los meses que se ve comprometido el llenado de granos se excede las temperaturas recomendadas ya que las temperaturas altas acortaron el ciclo productivo del maíz, acelerando su crecimiento vegetativo acortando su ciclo productivo que sumado a la transpiración de las plantas generó un llenado de grano en menor tiempo produciendo granos de un menor tamaño, este efecto negativo

repercutió directamente en el rendimiento en grano que se obtuvo.

Cabe resaltar que las características del híbrido DK-7088, describen un buen rendimiento en condiciones adversas como la sequía. Los siguientes ensayos demuestran que obtiene el mejor rendimiento entre otros híbridos, por ejemplo, Pérez y Vásquez (2017) realizaron un estudio de 6 genotipos de maíz amarillo híbrido duro en la zona de Cutervo, donde el rendimiento del DK-7088 fue el mayor obteniendo 7897.0 t ha⁻¹ en dos tipos de riego y que toleró la deficiencia hídrica reduciendo su rendimiento en grano en un 2.02 por ciento. Baltazar (2014), realizó un ensayo donde el híbrido DK-7088 alcanzó un rendimiento de 9.70 t ha⁻¹ respecto a otros híbridos. Así mismo Molina (2010), realizó en la provincia de Loja, Ecuador la evaluación de seis híbridos de maíz duro donde el rendimiento del DK-7088 fue el mayor con 7.69 t ha⁻¹. Por lo expuesto se evidencia el efecto de la temperatura y la época de siembra en los rendimientos obtenidos en la tesis que oscilaron entre los 5.8 t ha⁻¹ a los 6.83 t ha⁻¹, a pesar de las características del híbrido DK-7088, que explica es capaz de alcanzar altos rendimientos como lo muestran los experimentos mencionados.

El manejo agronómico realizado en esta tesis, se realizó de forma comercial, es decir, se realizó actividades establecidas como desmalezado, aporque, aplicación para la plaga principal *Spodoptera frugiperda*, pero con una tecnología media a baja. Según IV CENAGRO (como se citó en Mostajo, 2017), la conducción del maíz amarillo duro es realizado por un porcentaje de 63.7 por ciento de agricultura familiar, donde se manejan extensiones menores a 5 hectáreas. Según Huamanchuco (2013) en el Perú son diversas las condiciones físicas y económicas en las que se siembra el maíz, sin embargo, la tecnología aplicada influye en el rendimiento en una misma zona, por ejemplo, en costa norte se obtienen para una misma área y con diferentes tecnologías, diferentes rendimientos; encontramos en producción de alta tecnología 10.80 t ha⁻¹, mientras para una tecnología media 8.82 t ha⁻¹, si comparamos la tecnología utilizada en esta tesis se clasifica como tecnología baja utilizada por agricultor promedio que maneja menos de 5 hectáreas.

En el caso de la tesis solo se utilizó este único híbrido DK-7088, y por los factores expuestos, la siembra de verano, la temperatura durante su ciclo productivo y el tipo de tecnología aplicada media a baja se obtuvieron rendimientos promedio de 5.8 a 6.9 t ha⁻¹, la cual se encuentra por encima del promedio nacional, además utilizando la tecnología GreenSeeker

se logró demostrar que los rendimientos obtenidos se homogenizaron, con las cantidades recomendadas de nitrógeno que oscilaron desde los 0 hasta 11.63 kg ha⁻¹ en cantidades de fertilizante urea oscilaron entre no aplicar hasta los 25 kg ha⁻¹.

Así mismo se presenta un análisis económico del ensayo efectuado, el cual tuvo un manejo del cultivo similar al trabajado por el productor de maíz de media a baja tecnología. Con este análisis se busca encontrar la rentabilidad del aparato GreenSeeker, para lo cual se consideró el rendimiento, el costo del fertilizante nitrogenado y la mano de obra. Variables en las que hay un efecto directo al utilizar el aparato GreenSeeker comparado con el manejo que realiza el agricultor sin utilizar el aparato. Se elaboró una tabla del costo de producción en base a la información obtenida de la Dirección General de Competitividad Agraria que se puede observar en el anexo 21 con el cual se calculó el ahorro total para los tratamientos T3, T4, T5, T6 del aparato GreenSeeker del Anexo 22.

Cumpliendo los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza y de auto correlación, se procedió a realizar la prueba de análisis de variancia. De acuerdo al análisis de variancia (ANOVA) Tabla 6, encontrándose significancia estadística para los tratamientos. Por ello se procedió a realizar la prueba Tukey que se observa en la Tabla 7.

Tabla 6: Variable del ahorro total (t ha⁻¹)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	3	820	273	0.222	0.878417
Tratamiento	6	82561	27520	22.397	0.000165 ***
Residuals	9	11059	1229		

Tabla 7: Prueba Tukey para variable ahorro total (t ha⁻¹)

	Ahorro total	Std	r	Min	Max	Q25	Q50	Q 75
T3	333.5350	38.11020	4	298.95	366.52	301.350	334.335	366.5200
T4	366.4725	34.39638	4	360.41	370.94	365.555	367.270	368.1875
T5	465.3850	35.31000	4	412.42	483.04	465.385	483.040	483.0400
T6	510.7900	35.22991	4	480.28	541.30	480.280	510.790	541.3000
Tratamientos	Suma de rangos			Grupos				
T6	510.7900			a				
T5	465.3850			a				
T4	366.4725			b				
T3	333.5350			b				

En base a esta tabla se determinó como promedio del ahorro total 510.79 soles, el de máximo valor, con este dato y los rendimientos observados en el anexo 3 se obtuvo la rentabilidad que se generan al utilizar el GreenSeeker versus el no utilizarlo, en las zonas de lima desde el año 2017 al 2020. La rentabilidad se obtuvo al sacar un porcentaje del beneficio neto entre el costo de producir una tonelada de maíz amarillo duro como se observa en el Anexo 23 y Anexo 24.

Tabla 8: Rentabilidad con/sin utilizar el aparato GreenSeeker

ZONA	2017			2018		
	Rendimien to (t ha ⁻¹)	Rentabilidad sin Green Seeker	Rentabilidad con Green Seeker	Rendimien to (t ha ⁻¹)	Rentabilidad sin Green Geeker	Rentabilidad con Green Seeker
LIMA	8.4	108.408	129.315	8.87	129.568	152.598
BARRANCA	10.25	154.307	179.819	10.27	165.802	192.467
HUARAL	8.91	121.061	143.238	9.04	133.968	157.439
HUAURA	7.73	91.785	111.024	7.81	102.134	122.411
CANTA	7.81	93.770	113.208	7.87	103.687	124.120
CAÑETE	9.13	126.519	149.243	9.35	141.991	166.267
ZONA	2019			2020		
	Rendimien to (t ha ⁻¹)	Rentabilidad sin Green Seeker	Rentabilidad con Green Seeker	Rendimien to (t ha ⁻¹)	Rentabilidad sin Green Seeker	Rentabilidad con Green Seeker
LIMA	8.01	81.575	99.790	8.09	113.712	135.152
BARRANCA	10.94	147.994	172.872	10.36	173.679	201.134
HUARAL	8.88	101.297	121.490	8.73	130.619	153.755
HUAURA	8.17	85.202	103.781	8.3	119.260	141.256
CANTA	7.71	74.774	92.307	7.65	102.089	122.362
CAÑETE	9.33	111.497	132.714	9.39	148.054	172.939

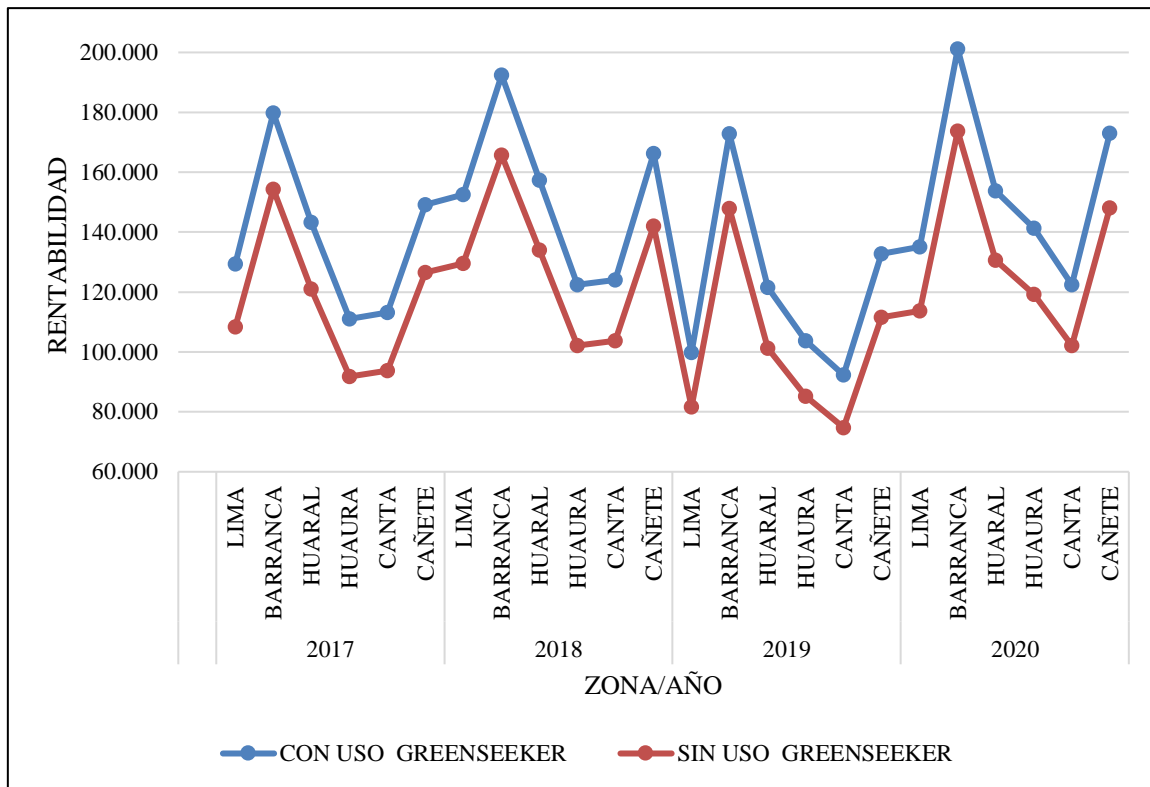


Figura 10: Rentabilidad con uso/sin uso del GreenSeeker

Como se observa en la Figura 10 la rentabilidad con uso del GreenSeeker es superior a la rentabilidad sin el uso del mismo para cada zona y en cada año. Obteniéndose un porcentaje de entre 20 a 30 por ciento superior utilizando el GreenSeeker, ya que logramos reducir costos en la mano de obra y la cantidad del fertilizante urea a utilizar para el cultivo maíz amarillo duro en la segunda fertilización.

V. CONCLUSIONES

1. En la tesis realizada en el fundo en el cultivo de maíz amarillo duro DK-7088 de la Universidad Agraria La Molina, se utilizó la fórmula obtenida mediante protocolo de la Universidad de OKLAHOMA, al insertar el índice de vegetación de diferencia normalizada se generó las cantidades requeridas de nitrógeno para abonar en la segunda fertilización en cada tratamiento y se logró homogenizar el rendimiento en todos los tratamientos, logrando optimizar la aplicación del fertilizante nitrogenado.
2. Las cantidades requeridas de nitrógeno en el campo de maíz recomendadas por el aparato GreenSeeker fueron menores a las cantidades que se aplicaron como parte de los tratamientos, las cantidades recomendadas oscilaron entre los 0 kg ha⁻¹ hasta los 25 kg ha⁻¹ de urea mientras las cantidades de los tratamientos fueron 0 kg ha⁻¹, 87 kg ha⁻¹, 130 kg ha⁻¹, 173 kg ha⁻¹, 217 kg ha⁻¹ y 261 kg ha⁻¹ de urea.
3. La recomendación de cantidades menores de fertilizante nitrogenado, implica una menor demanda de mano de obra y cantidad de fertilizante, reduciendo costos de producción en el cultivo.
4. Con la utilización del GreenSeeker se ahorró en nitrógeno en promedio 213 soles ha⁻¹ en los tratamientos.
5. Se obtiene un mayor margen de rentabilidad con la utilización del aparato GreenSeeker versus la rentabilidad sin utilizar el aparato entre un 20 a 30 por ciento para el agricultor desde el año 2017 al 2020 en zonas de Lima provincia.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar el ensayo, en época de invierno para comparar los rendimientos y evidenciar las diferencias que genera la época de siembra.
- Realizar el ensayo en campos que siembren cultivos poco exigentes de nitrógeno versus un campo con alta demanda de fertilizantes, para demostrar como las dosis recomendadas por el aparato GreenSeeker difieren generando un beneficio económico al utilizarlo.
- Reducir los costos de aplicación sobre todo en insecticidas, mediante un plan de manejo integrado, para obtener un menor costo total y un mayor ahorro generando así mayor rentabilidad de la aplicación del nitrógeno en el cultivo de maíz.
- Realizar un plan piloto utilizando el aparato GreenSeeker, con agricultores con bajos rendimientos, según la última data del MIDAGRI se encuentran en zonas de Canta y Huaura con rendimientos de 7 a 8 t ha⁻¹. Para evidenciar la rentabilidad del GreenSeeker en beneficio del agricultor.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, H.; Best, S.; León, G.; Méndez, A.; Flores, F. (2014). Adopción y Desarrollo de Tecnología en Agricultura de Precisión. Recuperado de <http://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Tecnologia-Agricultura Precision.pdf>.
- Alarcón, T.; Hurtado, M. (2018). Evaluación de nueve híbridos experimentales de maíz amarillo duro (*Zea mays* L) en rendimiento de grano, bajo condiciones de Guadalupe-La Libertad 2013. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
- Baltazar, H. (2014). Evaluación de la habilidad combinatoria específica de 22 líneas experimentales de maíz (*Zea mays* L), en la Estación Experimental de Tulumayo. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Barberi, P.; Echeverría, H.; Sainz H. (2009). Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. (Tesis de grado). Universidad Nacional Mar de Plata. Balcarce, Argentina.
- Best, S.; Zamora, I. (2008). Tecnologías Aplicables en Agricultura de Precisión. Uso de Tecnología de Precisión en Evaluación, Diagnóstico y Solución de Problemas. Recuperado de http://wapp.corfo.cl/ticrural/descargas/I+D+I_3_TECNOLOGIAS_AGRICULTURA_PRECISION.pdf
- Castillo, H. (2015) Fertilización nitrogenada en maíz. Boletín electrónico Año 1 No 1. (2) 1. Boletín electrónico V.1, No.1.pdf (inifapcirne.gob.mx)
- Chura, J.; Mendoza-Cortez, J.; De la Cruz, J. (2019) Dosis y Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro. Revista Scientia Agropecuaria, 10(2). Recuperado de [Dosis y fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra del maíz amarillo duro \(scielo.org.pe\)](https://doi.org/10.17927/scientia.100201)

- Ciampitti, I. (2010) Nutrición de maíz: Requerimientos y absorción de nutrientes. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/284230123_Nutricion_de_Maiz_requerimientos_y_Absorcion_de_nutrientes_Informaciones_Agronomicas_del_Cono_Sur
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (s.f). México y el CIMMYT. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/657/90966.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De la Cruz, J. (2016). Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L) en la localidad de La Molina. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina, Perú.
- Dirección General de información Agraria (2008). Costos de producción y rentabilidad del maíz amarillo duro. Recuperado de https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/costo_de_produccion_de_maiz_amarillo.pdf
- Dirección General de Competitividad Agraria. (2012). Maíz amarillo duro: Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva. Recuperado de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia_amarillo2.pdf
- Edifarm. (s.f). Maíz híbrido DKALB 7088. Vademecum Agrícola 2016: Ecuaquímica Recuperado de <https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/productos/MAIZ%20HIBRIDO%20DEKALB%207088-20160830-114742.pdf>
- Endicott, S; Brueland, B; Farnham D. (2015). Maíz Crecimiento y Desarrollo. Recuperado de https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf
- Fassio, A.; Carriquiry, A.; Tojo, C.; Romero, R. (1998). MAÍZ: Aspectos Sobre Fenología. Recuperado de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2844/1/111219240807135855.pdf>
- Fernández, M. (1984). La urea, fertilizante nitrogenado. *Revista IPA la PLATINA* Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/28476>
- Ferrari, F. (2011). Métodos de Diagnóstico de Fertilidad Nitrogenada en Trigo y Maíz. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Recuperado de [Diapositiva 1](#)

(ipni.net)

- García, F. (2005). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. INPOFOS: Jornada “Maíz 2005” Recuperado de <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/nutricion-en-el-cultivo-de-maiz-ipni-f-garcia-2005.pdf>
- Gutierrez, M.; Cadet, E.; Rodriguez, W.; Araya, J. (2011). El GreenSeeker y el diagnóstico del estado de los cultivos. *Agronomía Mesoamericana* 22(2). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/262653342_El_GreenSeeker_TM_y_el_d](https://www.researchgate.net/publication/262653342_El_GreenSeeker_TM_y_el_diagnostico_del_estado_de_salud_de_los_cultivos)
[iagnostico del estado de salud de los cultivos](https://www.researchgate.net/publication/262653342_El_GreenSeeker_TM_y_el_diagnostico_del_estado_de_salud_de_los_cultivos)
- Huamanchumo, C. (2013). La cadena de valor de maíz en el Perú: Diagnostico del estado actual, tendencias y perspectivas. Recuperado de [https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2654/BVE17038732e.pdf;jsessio](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2654/BVE17038732e.pdf;jsessionid=A7BEA3FA1990A9FA0B1302EF39B1B504?sequence=1)
[nid=A7BEA3FA1990A9FA0B1302EF39B1B504?sequence=1](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2654/BVE17038732e.pdf;jsessionid=A7BEA3FA1990A9FA0B1302EF39B1B504?sequence=1)
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2011). Siembra y abonamiento del maíz amarillo duro. Recuperado de [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/900/1/Noriega-](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/900/1/Noriega-Siembra_Abonamiento_Maiz.pdf)
[Siembra Abonamiento Maiz.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/900/1/Noriega-Siembra_Abonamiento_Maiz.pdf)
- León, W. (2016). Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L) en el valle de Santa Catalina. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- Madoery, O.; Masino, A.; Conde, B.; Montechiari, B. (2011). Respuesta del Cultivo de Maíz a dosis crecientes de Nitrógeno. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-respuesta_del_cultivo_de_maz_a_dosis_crecientes_de_ni.pdf)
[respuesta_del_cultivo_de_maz_a_dosis_crecientes_de_ni.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-respuesta_del_cultivo_de_maz_a_dosis_crecientes_de_ni.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2012). Boletín de maíz amarillo duro. Lima, Perú. Recuperado de [https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-de-maiz-](https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-de-maiz-amarillo-duro/maiz-2018/category/39-boletin-de-maiz-amarillo-duro)
[amarillo-duro/maiz-2018/category/39-boletin-de-maiz-amarillo-duro](https://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-de-maiz-amarillo-duro/maiz-2018/category/39-boletin-de-maiz-amarillo-duro)
- Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. (2018). Informe de monitoreo mensual del plan nacional de cultivos 2018-2019. Lima, Perú. Recuperado de <http://sissic.minagri.gob.pe/sissic/Content/pdf/info/003.pdf?var=93>
- Molina, R. (2010). Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro, INIAP H-601, INIAP H 553, HZCA 315, HZCA 317, HZCA 318, AUSTRO 1, frente a dos testigos, AGRI 104 y DEKALB DK-7088, sembrados por el agricultor local, en San Juan- Cantón Pindal – Provincia de Loja. (Tesis. De pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Azuay-Ecuador.
- Mostajo, G. (2017). Plan Nacional De Cultivos. Campaña 2018-2019. Lima, Perú.

- Recuperado de https://agromoquegua.gob.pe/doc/PLAN_NACIONAL_DE_CULTIVOS_2018-2019.pdf
- Ortiz, I.; Cárdenas, E. (2015). El sensor Green Seeker una herramienta en la fertilización nitrogenada. México. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/sensor-greenseeker-fertilizaci%C3%B3n-nitrogenada>
- Paliwal, R. (2001). El Maíz en los trópicos: Mejoramiento y Producción. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x7650s00.htm>
- Pérez, A.; Vásquez, D. (2017). Evaluación del comportamiento de 06 genotipos de maíz amarillo (*Zea mays* L.) bajo condiciones de temporal y riego, en el centro poblado de Yatún, Cutervo, Cajamarca. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque, Perú.
- Pérez, F. (2017). Nutrición mineral. Recuperado de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Pinedo, R. (2015). Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán- Ayacucho. (Tesis de maestría.) Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Quintero, C. y Boschetti, G. (2010). Eficiencia de Uso Del Nitrógeno En Trigo y Maíz En La Región Pampeana Argentina. Argentina: *Agrolluvia*, Recuperado de <http://docplayer.es/76048571-Eficiencia-de-uso-del-nitrogeno-en-trigo-y-maiz-en-la-region-pampeana-argentina.html>
- Ramírez, J.; Wong, J.; Ruiz, J. y Chuela. M. (2010). Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. *Fitotecnia Mexicana*, 33(1). Recuperado de [Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México \(scielo.org.mx\)](http://scielo.org.mx)
- Raun, W.; Johnson, G. (1999). Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. *Agronomy Journal* 91, 357-363. Recuperado de [Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production \(okstate.edu\)](http://okstate.edu).
- Rodrigues, A.; Garcia, S. (2018). Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana*.29(1),3. doi: <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27127>
- Salcedo, S. (2016). Comparativo de fuentes nitrogenadas en un suelo arenoso utilizando como cultivo indicador al maíz (*Zea mays* L.), a nivel de invernadero. (Tesis de

- pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- San Camilo. (2019). Ventajas del híbrido DKALB 7088 maíz híbrido su excelencia. Ecuador. Recuperado de <http://www.sancamilo.com.ec/maiz.html>
- Sánchez, I. (2014) Maíz I (*Zea mays* L.).7(2). Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>
- Santillano, J. (2013). Use of Optical Sensor Technology for the Fertilization of Wheat (*Triticum aestivum* L.). Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n2/2395-8030-tl-31-02-00095.pdf>
- Shalhevet, J.; Zwerman, J. (1962). Nitrogen response of corn under variable condition of drainage. Cornell University. Recuperado de https://journals.lww.com/soilsci/Citation/1962/03000/NITROGEN_RESPONSE_OF_CORN_UNDER_VARIABLE.4.aspx.
- Sprague, G.F. (1965). Corn and Corn improvement. Academia Press. New York. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ange.19570691621>
- Torres, G. (2017). Respuesta agroeconómica de las F1 y F2 de dos híbridos de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en la Costa central. (Tesis de maestría) Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina. Perú.
- Vásquez, J. (2019). Adaptación de tres variedades de maíz amarillo (*Zea mays* L.) para forraje en condiciones de la localidad de La Molina. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina. Perú.
- Verhulst, N.; Grahmann, K.; Cox, R.; Govaerts, B. (2015). Eficiencia Del Uso de Nitrógeno y Optimización de La Fertilización Nitrogenada En La Agricultura de Conservación. Recuperado de http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1502-eficiencia-del-uso-de-nitrogeno.
- Yzarra, W.; Trebejo, I.; Noriega, V. (2009). Evaluación de unidades térmicas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays*, L.) en la costa central del Perú. Revista Peruana GEO-ATMOSFÉRICA RPGA(1), 1-10. Recuperado de https://web2.senamhi.gob.pe/rpga/pdf/2009_vol01/art1.pdf
- Yzarra, W.; Trebejo, I.; Noriega, V. (2010). Evaluación del efecto del clima en la producción y productividad del maíz amarillo duro en la costa central del Perú. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-10.pdf>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Maíz amarillo duro: Producción, Superficie cosechada y Rendimiento en Perú

Año	Producción (miles de t)	Superficie cosechada (Miles de ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
2007	1.123	282,8	4,0
2008	1.232	297,6	4,1
2009	1.274	301,2	4,2
2010	1.284	295,8	4,3
2011	1.260	277,4	4,5
2012	1.393	294,8	4,7
2013	1.365	293,3	4,7
2014	1.228	271,1	4,5
2015	1.439	297,6	4,8
2016	1.232	267,6	4,6
2017	1.250	265,1	4,7

FUENTE: MINAGRI

Elaboración: Propia

Anexo 2: Rendimiento a nivel Nacional 2016-2017

Departamento	2016	2017
Lima	9,528.0	9,324.0
Ica	9,436.0	9,391.7
La Libertad	8,673.0	8,544.4
Ancash	6,545.0	7,424.8
Lambayeque	6,158.0	6,699.4
Cajamarca	3,330.0	3,502.5
Huánuco	3,967.0	3,870.6
Piura	3,713.0	3,677.3
Loreto	2,930	2,932.0
Ucayali	2,257.0	2,441.4
San Martín	2,193.0	2,131.1
PROMEDIO	4,621	4,712

FUENTE: MINAGRI

Elaboración: Propia

Anexo 3: Rendimiento (t ha⁻¹) región Lima

ZONA	AÑO			
	2017	2018	2019	2020
LIMA	8.4	8.87	8.01	8.09
BARRANCA	10.25	10.27	10.94	10.36
HUARAL	8.91	9.04	8.88	8.73
HUAURA	7.73	7.81	8.17	8.3
CANTA	7.81	7.87	7.71	7.65
CAÑETE	9.13	9.35	9.33	9.39

FUENTE: MINAGRI

Elaboración: Propia

Anexo 4: Análisis de suelo: Caracterización



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : JOSSELYN DANIELA QUIÑONES VASQUEZ

Departamento : LIMA
 Distrito : LA MOLINA
 Referencia : H.R. 66668-002C-19

Bolt.: 2437

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 14/01/19

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺² meq/100g	Mg ⁺² meq/100g	K ⁺ meq/100g	Na ⁺ meq/100g	Al ⁺³ + H ⁺ meq/100g			
075		7.84	0.82	3.60	1.72	25.1	359	48	26	26	Fr.Ar.A.	13.12	9.96	1.48	1.30	0.38	0.00	13.12	13.12	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Anexo 5: Requerimiento de unidades de nitrógeno

Tratamiento	NDVI	INSEY	Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Urea (kg ha ⁻¹)
B1T1	0.770	0.015	0.000	0.000
B1T2	0.750	0.015	4.933	10.724
B1T3	0.755	0.015	3.783	8.224
B1T4	0.760	0.015	2.579	5.606
B1T5	0.770	0.015	0.000	0.000
B1T6	0.755	0.015	3.783	8.224
B1T7	0.770	0.015	0.000	0.000
B2T1	0.745	0.015	0.000	0.000
B2T2	0.750	0.015	4.933	10.724
B2T3	0.780	0.016	0.000	0.000
B2T4	0.750	0.015	4.933	10.724
B2T5	0.785	0.016	0.000	0.000
B2T6	0.755	0.015	3.783	8.224
B2T7	0.770	0.015	0.000	0.000
B3T1	0.775	0.016	0.000	0.000
B3T2	0.715	0.014	11.625	25.271
B3T3	0.745	0.015	6.031	13.110
B3T4	0.760	0.015	2.579	5.606
B3T5	0.775	0.016	0.000	0.000
B3T6	0.775	0.016	0.000	0.000
B3T7	0.770	0.015	0.000	0.000
B4T1	0.755	0.015	0.000	0.000
B4T2	0.740	0.015	7.078	15.388
B4T3	0.750	0.015	4.933	10.724
B4T4	0.765	0.015	1.318	2.866
B4T5	0.740	0.015	7.078	15.388
B4T6	0.770	0.015	0.000	0.000
B4T7	0.770	0.015	0.000	0.000

Elaboración Propia

Anexo 6: Rendimiento en grano (t ha⁻¹) por bloque

Bloque	Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Bloque	Tratamiento	Rendimiento (t ha ⁻¹)
B1	T1	5.92	B3	T1	7.38
	T2	4.40		T2	5.14
	T3	6.13		T3	8.46
	T4	6.28		T4	5.88
	T5	5.79		T5	6.40
	T6	7.49		T6	6.67
	T7	7.03		T7	5.54
B2	T1	6.78	B4	T1	7.25
	T2	7.05		T2	6.63
	T3	5.60		T3	5.98
	T4	4.70		T4	6.16
	T5	6.20		T5	7.68
	T6	4.72		T6	6.19
	T7	6.28		T7	7.49

Elaboración Propia

Anexo 7: Promedio por tratamiento de las variables evaluadas.

Tra	Rendimient	Peso	Longitud	Diáme	Hilera	Grano	Peso	Diáme	Inserci	Peso	
ta	o promedio	de	de	tro	s por	s por	de	tro de	ón a la	de	
mi	(t ha ⁻¹)	mazor	mazorca	promedi	mazor	hilera	coront	coront	altura	100	
ent		ca	promedi	o (cm)	ca	promedi	promedi	promedi	de	semil	
o		promedi	o (cm)	(cm)	promedi	o	o (gr)	o (cm)	mazor	las	
		o (kg)							ca	(kg)	
T1	6.83	0.167	14.653	4.763	18	68	21.750	2.78	2.01	1.17	0.024
T2	5.80	0.159	14.520	4.663	18	67	23.050	2.77	2.02	1.22	0.023
T3	6.54	0.167	14.748	4.640	18	69	21.700	2.73	1.99	1.15	0.023
T4	5.76	0.158	14.160	4.653	18	67	22.725	2.77	1.92	1.15	0.023
T5	6.52	0.168	14.525	4.725	18	68	23.525	2.73	1.91	1.09	0.024
T6	6.27	0.160	14.458	4.713	18	67	22.600	2.71	1.96	1.12	0.023
T7	6.58	0.159	14.445	5.700	18	66	22.313	2.75	1.99	1.13	0.023

Elaboración Propia

Anexo 8: Análisis de varianza (ANOVA) variable número de mazorcas

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
b	3	21.25	7.0833	0.2385	0.8683
t	6	40.93	6.8214	0.2297	0.9615
Residuals	18	534.5	29.6944		

C.V:13.096%

Variable: Número de mazorcas

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) anexo 8, no se obtuvo una diferencia significativa para los tratamientos (dosis de nitrógeno) y los bloques, lo que indica que presentaron el mismo efecto para la variable número de mazorcas. En promedio por tratamiento se obtuvieron entre 40 a 43 mazorcas.

Anexo 9: Análisis de varianza (ANOVA) variable número de plantas

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
b	3	263	87.667	3.4758	0.03774 *
t	6	110.86	18.476	0.7325	0.62983
Residuals	18	454	25.222		

C.V: 10.264%

Variable: Número de plantas

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) anexo 9, no se obtuvo una diferencia significativa para los tratamientos (dosis de nitrógeno) lo que indica que presentaron el mismo efecto para la variable número de plantas por tratamiento. Sin embargo, presenta una significancia respecto al bloque lo que indica un efecto sobre la variable plantas. En el caso del promedio por tratamientos oscila entre 47 y 52 plantas. Para el caso del promedio por bloques B3: 52, B4: 49, B1: 49, B2: 44 plantas.

Anexo 10: Análisis de varianza (ANOVA) variable diámetro de corona

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
bl	3	0.155	0.051655	2.882	0.04 *
tr	6	0.164	0.027333	1.525	0.17
Residuals	270	4.8393	0.017923		

C.V: 4.873%

Variable. Diámetro de corona

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) anexo 10, no se obtuvo una diferencia significativa para los tratamientos (dosis de nitrógeno) lo que indica que presentaron el mismo efecto para la variable diámetro de corona. Sin embargo, presenta una significancia respecto al bloque lo que indica un efecto sobre la variable diámetro de corona.

Anexo 11: Análisis de varianza (ANOVA) variable granos por hilera

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bl	3	268.4	89.467	2.657	0.049 *
Tr	6	267.9	44.657	1.3262	0.246
Residuals	270	9091.6	33.673		

C.V:8.599%

Variable: Granos por dos hileras

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) anexo 11, no se obtuvo una diferencia significativa para los tratamientos (dosis de nitrógeno) lo que indica que presentaron el mismo efecto para la variable granos por dos hileras. Sin embargo, presenta una significancia respecto al bloque lo que indica un efecto sobre la variable granos por dos hileras.

Las variables Peso de mazorca (PM), Longitud de mazorca (LM), Diámetro de mazorca (DMZ), Hileras por mazorca (HM), Peso de coronta (PC), Peso de cien semillas (PCS), Altura de planta (AL), Inserción de mazorca (IAM), se comprobó que no cumplieron los supuestos del análisis de varianza, y se determinó como análisis de cálculo a la prueba de Friedman.

Anexo 12: Análisis de varianza (ANOVA) variable peso de mazorca.

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
3.964286	6	0.6815097	0.5935829	18	0.7353355	2.100922	13.5433

C.V: 17.055%

Variable: Peso de mazorca (PM)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 12, no existe diferencia significativa ($p.F > 0.05$), por lo que se explica que no existe efecto alguno de los tratamientos para la variable peso de mazorca.

Anexo 13: Análisis de varianza (ANOVA) variable longitud de mazorca.

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
6.642857	6	0.3551412	1.148148	18	0.3352137	2.100922	12.60553

C.V: 73.159%

Variable: Longitud de mazorca (LM)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 13, no existe diferencia significativa ($p.F > 0.05$), por lo que se explica que no existe efecto alguno de los tratamientos para la variable longitud de mazorca.

Anexo 14: Análisis de varianza (ANOVA) variable diámetro de mazorca.

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
4.06278	6	0.6681807	0.611336	18	0.7211585	2.100922	13.47978

CV: 47.570%

Variable: Diámetro de mazorca (DMZ)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 14, no existe diferencia significativa ($p.F > 0.05$), por lo que se explica que no existe efecto alguno de los tratamientos para la variable diámetro de mazorca.

Anexo 15: Análisis de varianza (ANOVA) variable hileras por mazorca.

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
5.146919	6	0.5251126	0.8190045	18	0.5561167	2.100922	12.75059

C.V: 8.566%

Variable: Hileras por mazorca (HM)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 15, no existe diferencia significativa ($p.F > 0.05$), por lo que se explica que no existe efecto alguno de los tratamientos para la variable hileras por mazorca.

Anexo 16: Análisis de varianza (ANOVA) variable peso de coronta

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
6.40724	6	0.3791488	1.092593	18	0.3674836	2.100922	12.60553

C.V: 13.008%

Variable: Peso de coronta (PC)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 16, no existe diferencia significativa ($p.F > 0.05$), por lo que se explica que no existe efecto alguno de los tratamientos para la variable peso de coronta.

Anexo 17: Análisis de varianza (ANOVA) variable peso de cien semillas

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
5.142857	6	0.5256257	0.8181818	18	0.556748	2.100922	13.13893

C.V: 16.965%

Variable: Peso de cien semillas (PCS)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 17, no existe diferencia significativa ($p.F > 0.05$), por lo que se explica que no existe efecto alguno de los tratamientos para la variable peso de cien semillas.

Anexo 18: Análisis de varianza (ANOVA) variable altura de planta

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
12.85714	6	0.04536146	3.461538	18	0.0026943	2.100922	10.09998

C.V: 9.057%

Variable: Altura de planta (AL)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 18, presenta una diferencia significativa ($p.F < 0.05$), por ello se realizó una prueba Tukey de los tratamientos.

	datosm.al	rankSum	std	r	Min	Max	Q25	Q50	Q75
T1	2.006	22	0.1381341	40	1.64	2.3	1.9225	2.04	2.0925
T2	2.01625	22	0.202936	40	1.29	2.39	1.905	2.045	2.135
T3	1.9935	21	0.1655225	40	1.63	2.35	1.8825	2	2.1
T4	1.924	9	0.1947885	40	1.11	2.32	1.8425	1.93	2.05
T5	1.9115	7	0.2171913	40	1.25	2.8	1.8275	1.925	1.9925
T6	1.95725	13	0.1461293	40	1.45	2.19	1.8675	1.99	2.07
T7	1.99125	18	0.1779684	40	1.62	2.32	1.825	2.01	2.105

	Suma de rangos	Grupo
T1	22	a
T2	22	a
T3	21	a
T7	18	ab
T6	13	abc
T4	9	bc
T5	7	c

Anexo 19: Análisis de varianza (ANOVA) variable inserción de la mazorca

Chisq	Df	p.chisq	F	DFerror	p.F	t.value	LSD
9.336323	6	0.1555282	1.910092	18	0.07999369	2.100922	11.56038

C.V: 12.222%

Variable: Inserción de la mazorca (IAM)

De acuerdo a la prueba de Friedman, anexo 19, no existe diferencia significativa ($p.F > 0.05$), por lo que se explica que no existe efecto alguno de los tratamientos para la variable inserción de la mazorca.

Anexo 20: Temperaturas (°C) mínimas y máximas

FECHA	MIN (°C)	MAX (°C)	PROMEDIO	FECHA	MIN (°C)	MAX (°C)	PROMEDIO
24/11/2018	13.9	23.7	18.8	27/01/2019	21.1	28.6	24.9
25/11/2018	16.7	23.5	20.1	28/01/2019	22.3	30.6	26.5
26/11/2018	16.6	24.6	20.6	29/01/2019	22.9	30.0	26.5
27/11/2018	16.0	25.8	20.9	30/01/2019	21.8	31.7	26.8
28/11/2018	14.6	24.5	19.6	31/01/2019	20.8	29.6	25.2
29/11/2018	13.2	23.7	18.5	1/02/2019	21.6	30.9	26.3
30/11/2018	16.1	24.2	20.2	2/02/2019	20.7	29.5	25.1
1/12/2018	17.2	25.3	21.3	3/02/2019	22.0	30.4	26.2
2/12/2018	13.6	24.3	19.0	4/02/2019	22.6	29.1	25.9
3/12/2018	17.6	23.8	20.7	5/02/2019	21.5	30.5	26.0
4/12/2018	15.2	25.2	20.2	6/02/2019	22.0	29.5	25.8
5/12/2018	15.3	24.7	20.0	7/02/2019	22.4	30.7	26.6
6/12/2018	13.3	26.4	19.9	8/02/2019	22.1	26.9	24.5
7/12/2018	15.1	24.9	20.0	9/02/2019	21.7	29.8	25.8
8/12/2018	14.8	24.1	19.5	10/02/2019	22.1	31.2	26.7
9/12/2018	16.1	25.4	20.8	11/02/2019	22.0	28.0	25.0
10/12/2018	14.6	25.8	20.2	12/02/2019	21.5	29.8	25.7
11/12/2018	15.9	24.8	20.4	13/02/2019	22.4	30.5	26.5
12/12/2018	16.2	26.9	21.6	14/02/2019	22.1	29.6	25.9
13/12/2018	15.9	26.5	21.2	15/02/2019	21.9	31.0	26.5
14/12/2018	17.0	28.0	22.5	16/02/2019	20.1	30.1	25.1
15/12/2018	17.9	28.3	23.1	17/02/2019	20.1	29.6	24.9
16/12/2018	17.1	27.7	22.4	18/02/2019	21.3	30.1	25.7
17/12/2018	17.1	26.9	22.0	19/02/2019	21.0	29.9	25.5
18/12/2018	19.1	25.5	22.3	20/02/2019	22.8	31.8	27.3
19/12/2018	17.8	27.6	22.7	21/02/2019	20.9	33.1	27.0
20/12/2018	19.2	26.7	23.0	22/02/2019	20.0	29.7	24.9
21/12/2018	19.2	26.0	22.6	23/02/2019	20.9	28.7	24.8
22/12/2018	19.1	26.8	23.0	24/02/2019	20.6	29.0	24.8
23/12/2018	18.8	25.4	22.1	25/02/2019	21.8	30.5	26.2
24/12/2018	18.7	21.1	19.9	26/02/2019	21.9	30.4	26.2
25/12/2018	18.8	27.4	23.1	27/02/2019	19.9	31.4	25.7
26/12/2018	17.7	27.4	22.6	28/02/2019	19.7	31.7	25.7
27/12/2018	17.3	26.4	21.9	1/03/2019	20.3	31.2	25.8
28/12/2018	18.1	26.5	22.3	2/03/2019	21.4	31.4	26.4
29/12/2018	19.2	26.6	22.9	3/03/2019	19.9	30.2	25.1
30/12/2018	19.8	25.7	22.8	4/03/2019	19.6	29.8	24.7
31/12/2018	18.5	23.8	21.2	5/03/2019	21.2	30.8	26.0
1/01/2019	19.8	26.1	23.0	6/03/2019	20.6	29.3	25.0
2/01/2019	18.8	26.5	22.7	7/03/2019	20.4	29.8	25.1
3/01/2019	19.9	26.1	23.0	8/03/2019	20.9	30.9	25.9
4/01/2019	18.9	27.5	23.2	9/03/2019	20.8	31.2	26.0
5/01/2019	19.7	28.1	23.9	10/03/2019	22.0	31.0	26.5
6/01/2019	20.2	24.6	22.4	11/03/2019	20.9	30.5	25.7
7/01/2019	20.7	29.3	25.0	12/03/2019	20.4	30.0	25.2

8/01/2019	18.0	28.3	23.2	13/03/2019	20.3	31.2	25.8
9/01/2019	19.6	29.1	24.4	14/03/2019	20.5	30.8	25.7
10/01/2019	21.2	25.7	23.5	15/03/2019	19.8	29.1	24.5
11/01/2019	21.1	29.5	25.3	16/03/2019	19.5	29.3	24.4
12/01/2019	20.6	28.6	24.6	17/03/2019	19.2	30.0	24.6
13/01/2019	19.5	27.0	23.3	18/03/2019	19.7	29.3	24.5
14/01/2019	18.6	27.0	22.8	19/03/2019	18.7	28.9	23.8
15/01/2019	20.1	27.5	23.8	20/03/2019	19.0	28.7	23.9
16/01/2019	18.4	25.9	22.2	21/03/2019	18.1	28.5	23.3
17/01/2019	18.8	25.6	22.2	22/03/2019	19.1	28.0	23.6
18/01/2019	19.5	26.1	22.8	23/03/2019	17.8	28.2	23.0
19/01/2019	18.3	27.6	23.0	24/03/2019	19.1	29.0	24.1
20/01/2019	17.6	27.0	22.3	25/03/2019	18.6	28.1	23.4
21/01/2019	19.5	27.4	23.5	26/03/2019	17.0	27.5	22.3
22/01/2019	20.1	28.8	24.5	27/03/2019	16.8	28.1	22.5
23/01/2019	19.4	29.1	24.3	28/03/2019	19.1	27.5	23.3
24/01/2019	20.3	28.1	24.2	29/03/2019	18.0	27.2	22.6
25/01/2019	20.5	28.9	24.7	30/03/2019	18.2	28.5	23.4
26/01/2019	21.1	29.7	25.4				

FUENTE: SENAMHI
Elaboración propia

Anexo 21: Costos de producción Maíz DK 7088-La Molina

COSTOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO S/.	SUB TOTAL S/.	TOTAL S/.
A. COSTOS DIRECTOS					5387
MANO DE OBRA					2100
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					100
Riego (Machaco)	Jornal	2	50	100	
2. SIEMBRA					300
Siembra y abonamiento	Jornal	6	50	300	
3. LABORES AGRÍCOLAS					1000
Aplicación de plaguicidas	Jornal	6	50	300	
Abonamiento (Aporque)	Jornal	5	50	250	
Tomeo	Jornal	1	50	50	
Riego	Jornal	6	50	300	
Deshierbo	Jornal	2	50	100	
4. COSECHA					700
Corte	Jornal	4	50	200	
Despanque y desgrane	Kg	10000	0.05	500	
MAQUINARIA E INSTRUMENTO AGRICOLA					480
Aradura	Hora	4	80	320	
Gradeo	Hora	1	80	80	
Surcado	Hora	1	80	80	
INSUMOS					2457
1.SEMILLA	Kilo	25	24	600	
2.FERTILIZANTE (bolsa 50 kg)					
Urea	Bolsas	11	67	737	
Cloruro de potasio	Bolsas	6	70	420	
Super fosfato triple	Bolsas	6	100	600	
3.AGROQUÍMICOS					
Insecticidas					
Tamarón	Kg	0.25	18	4.5	
Belmark	Litro	2	47.75	95.5	
4. AGUA					350
Agua	m ³	7000	0.05	350	
B. COSTOS INDIRECTOS	%				215.48
Gastos Administrativos	2	Costos directos		107.74	
Asistencia técnica (%)	2	Costos directos		107.74	
				TOTAL	5602.48

FUENTE: DGIA (Dirección general de información agraria)

Elaboración: Propia

Anexo 22: Ahorro total en los tratamientos

Bloques	Tratamientos	Segunda fertilización		Ahorro en la aplicación de úrea	COSTO de la Úrea	Ahorro en MANO DE OBRA	AHORRO TOTAL
		Según tratamiento dosis úrea kg ha ⁻¹	Dosis según GreenSeeker úrea kg ha ⁻¹				
B1	T3	86.957	0.000	86.957	116.522	250	366.52
B1	T4	130.435	5.606	124.829	167.271	200	367.27
B1	T5	173.913	0.000	173.913	233.043	250	483.04
B1	T6	217.391	8.224	209.168	280.285	200	480.28
B1	T7	260.870	0.000	260.870	349.566	250	599.57
B2	T3	86.957	0.000	86.957	116.522	250	366.52
B2	T4	130.435	10.724	119.711	160.413	200	360.41
B2	T5	173.913	0.000	173.913	233.043	250	483.04
B2	T6	217.391	8.224	209.168	280.285	200	480.28
B2	T7	260.870	0.000	260.870	349.566	250	599.57
B3	T3	86.957	13.110	73.846	98.954	200	298.95
B3	T4	130.435	5.606	124.829	167.271	200	367.27
B3	T5	173.913	0.000	173.913	233.043	250	483.04
B3	T6	217.391	0.000	217.391	291.304	250	541.30
B3	T7	260.870	0.000	260.870	349.566	250	599.57
B4	T3	86.957	10.724	76.233	102.152	200	302.15
B4	T4	130.435	2.866	127.569	170.942	200	370.94
B4	T5	173.913	15.388	158.525	212.424	200	412.42
B4	T6	217.391	0.000	217.391	291.304	250	541.30
B4	T7	260.870	0.000	260.870	349.566	250	599.57

Elaboración: Propia

Anexo 23: Rentabilidad sin uso de GreenSeeker en zonas de Lima

AÑO	ZONA	RENDIMIENTO	COSTO	BENEFICIO	COSTO	AHORRO	COSTO	BENEFICIO	%RENTABILIDAD
		(kg ha ⁻¹)	(S/ x Kg)	BRUTO	TOTAL		FINAL	NETO	
2017	LIMA	8400.000	1.39	11676.0000	5602.48	0.00	5,602.48	6073.52	108.408
	BARRANCA	10250.000	1.39	14247.5000	5602.48	0.00	5,602.48	8645.02	154.307
	HUARAL	8910.000	1.39	12384.9000	5602.48	0.00	5,602.48	6782.42	121.061
	HUAURA	7730.000	1.39	10744.7000	5602.48	0.00	5,602.48	5142.22	91.785
	CANTA	7810.000	1.39	10855.9000	5602.48	0.00	5,602.48	5253.42	93.770
2018	CAÑETE	9130.000	1.39	12690.7000	5602.48	0.00	5,602.48	7088.22	126.519
	LIMA	8870.000	1.45	12861.5000	5602.48	0.00	5,602.48	7259.02	129.568
	BARRANCA	10270.000	1.45	14891.5000	5602.48	0.00	5,602.48	9289.02	165.802
	HUARAL	9040.000	1.45	13108.0000	5602.48	0.00	5,602.48	7505.52	133.968
	HUAURA	7810.000	1.45	11324.5000	5602.48	0.00	5,602.48	5722.02	102.134
2019	CANTA	7870.000	1.45	11411.5000	5602.48	0.00	5,602.48	5809.02	103.687
	CAÑETE	9350.000	1.45	13557.5000	5602.48	0.00	5,602.48	7955.02	141.991
	LIMA	8010.000	1.27	10172.7000	5602.48	0.00	5,602.48	4570.22	81.575
	BARRANCA	10940.000	1.27	13893.8000	5602.48	0.00	5,602.48	8291.32	147.994
	HUARAL	8880.000	1.27	11277.6000	5602.48	0.00	5,602.48	5675.12	101.297
2020	HUAURA	8170.000	1.27	10375.9000	5602.48	0.00	5,602.48	4773.42	85.202
	CANTA	7710.000	1.27	9791.7000	5602.48	0.00	5,602.48	4189.22	74.774
	CAÑETE	9330	1.27	11849.1000	5602.48	0.00	5,602.48	6246.62	111.497
	LIMA	8090	1.48	11973.2000	5602.48	0.00	5,602.48	6370.72	113.712
	BARRANCA	10360	1.48	15332.8000	5602.48	0.00	5,602.48	9730.32	173.679
2020	HUARAL	8730	1.48	12920.4000	5602.48	0.00	5,602.48	7317.92	130.619
	HUAURA	8300	1.48	12284.0000	5602.48	0.00	5,602.48	6681.52	119.260
	CANTA	7650	1.48	11322.0000	5602.48	0.00	5,602.48	5719.52	102.089
	CAÑETE	9390	1.48	13897.2000	5602.48	0.00	5,602.48	8294.72	148.054

FUENTE: MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego)

Elaboración: Propia

Anexo 24: Rentabilidad con el uso del GreenSeeker en zonas de Lima

AÑO	ZONA	RENDIMIENTO (kg ha ⁻¹)	COSTO (S/ x Kg)	BENEFICIO BRUTO	COSTO TOTAL	AHORRO	COSTO FINAL	BENEFICIO NETO	%RENTABILIDAD
2017	LIMA	8400.00	1.39	11676.0000	5602.48	510.79	5,091.69	6584.31	129.315
	BARRANCA	10250.00	1.39	14247.5000	5602.48	510.79	5,091.69	9155.81	179.819
	HUARAL	8910.00	1.39	12384.9000	5602.48	510.79	5,091.69	7293.21	143.238
	HUAURA	7730.00	1.39	10744.7000	5602.48	510.79	5,091.69	5653.01	111.024
	CANTA	7810.00	1.39	10855.9000	5602.48	510.79	5,091.69	5764.21	113.208
	CAÑETE	9130.00	1.39	12690.7000	5602.48	510.79	5,091.69	7599.01	149.243
2018	LIMA	8870.00	1.45	12861.5000	5602.48	510.79	5,091.69	7769.81	152.598
	BARRANCA	10270.00	1.45	14891.5000	5602.48	510.79	5,091.69	9799.81	192.467
	HUARAL	9040.00	1.45	13108.0000	5602.48	510.79	5,091.69	8016.31	157.439
	HUAURA	7810.00	1.45	11324.5000	5602.48	510.79	5,091.69	6232.81	122.411
	CANTA	7870.00	1.45	11411.5000	5602.48	510.79	5,091.69	6319.81	124.120
	CAÑETE	9350.00	1.45	13557.5000	5602.48	510.79	5,091.69	8465.81	166.267
2019	LIMA	8010.00	1.27	10172.7000	5602.48	510.79	5,091.69	5081.01	99.790
	BARRANCA	10940.00	1.27	13893.8000	5602.48	510.79	5,091.69	8802.11	172.872
	HUARAL	8880.00	1.27	11277.6000	5602.48	510.79	5,091.69	6185.91	121.490
	HUAURA	8170.00	1.27	10375.9000	5602.48	510.79	5,091.69	5284.21	103.781
	CANTA	7710.00	1.27	9791.7000	5602.48	510.79	5,091.69	4700.01	92.307
	CAÑETE	9330.00	1.27	11849.1000	5602.48	510.79	5,091.69	6757.41	132.714
2020	LIMA	8090.00	1.48	11973.2000	5602.48	510.79	5,091.69	6881.51	135.152
	BARRANCA	10360.00	1.48	15332.8000	5602.48	510.79	5,091.69	10241.11	201.134
	HUARAL	8730.00	1.48	12920.4000	5602.48	510.79	5,091.69	7828.71	153.755
	HUAURA	8300.00	1.48	12284.0000	5602.48	510.79	5,091.69	7192.31	141.256
	CANTA	7650.00	1.48	11322.0000	5602.48	510.79	5,091.69	6230.31	122.362
	CAÑETE	9390.00	1.48	13897.2000	5602.48	510.79	5,091.69	8805.51	172.939

FUENTE: MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego)

Elaboración: Propia