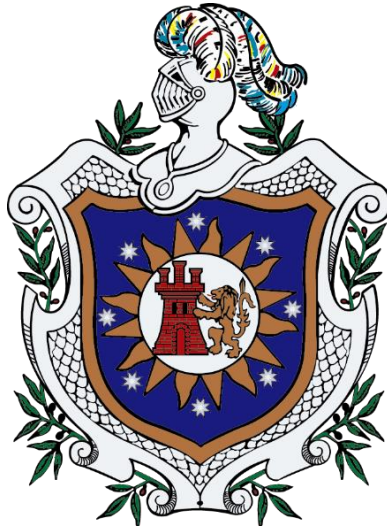


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN

ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIA

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

CARRERA DE AGROECOLOGÍA TROPICAL



Trabajo previo para optar al título de "Ingeniería en Agroecología Tropical"

Evaluación del plan de fertilización a través del Software Smart Fertilizer versus manejo Referencial en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de El Jicaral departamento de León, periodo de postera agosto-diciembre 2019.

Elaborado por:

Br. Mario José Altamirano Silva.

Br. Norman Yobani Barrera Carmona.

Tutor (a)

PhD. Xiomara Castillo.

MSc. Karla Mendoza Bolaños.

León 2019

"A la libertad por la universidad"

Contenido

AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	vi
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS.....	4
General	4
Específicos	4
III HIPÓTESIS.....	5
IV MARCO TEÓRICO.....	6
4.1 Origen del maíz.....	6
4.2 Taxonomía.....	6
4.3 Descripción botánica.....	6
4.4 Importancia nutricional y económica.....	7
4.5 Semillas criollas.....	7
4.6 Manejo Agronómico.....	7
4.6.1. Sistema de siembra.....	7
4.6.2. Riego.....	8
4.6.3. Manejo de malezas.....	8
4.6.4. Enfermedades.....	8
4.6.5. Insectos plagas.....	9
4.7 Condiciones Agroclimáticas.....	9
4.8 Fertilización.....	10
4.8.1 Fertilidad del suelo.....	10
4.8.2. Nutrición del cultivo.....	10
4.8.3. Tipos de fertilizantes químicos utilizados.....	11
4.9 Programa Smart Fertilizer.....	12
4.9.1. Características del software Smart Fertilizer.....	12
4.10 Investigación participativa.....	13
V DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
5.1 Descripción de la zona, lugar o área de estudio.....	15
5.1.1. Ubicación geográfica.....	15

5.1.2.	Descripción de la zona de estudio	16
5.2	Descripción de los materiales utilizados.....	17
5.3	Tipo de investigación.....	18
5.4	Diseño experimental.....	19
5.5	Descripción de los tratamientos	19
5.6	Definición y medición de las variables a evaluar	21
5.6.1.	Variables de fertilidad del suelo.	21
5.6.2.	Variables de desarrollo del cultivo	22
5.6.3.	Variables de rendimiento	23
5.6.4.	Investigación participativa / variables cualitativas	26
5.6.5.	Variables económicas.....	26
5.7	Definición de la toma de muestra.	29
5.7.1.	Metodología de muestreo y análisis de suelo por finca.	29
5.7.2.	Muestreo para variables de desarrollo.....	30
5.7.3.	Muestreo para variables de rendimiento.....	30
5.8	Establecimiento y manejo de las parcelas.....	31
5.8.1.	Manejo de la parcela.....	31
5.9	Análisis estadístico.....	31
VI	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
6.1	Efecto de la fertilización edáfica sobre rendimiento	32
6.1.1.	Fertilidad de los suelos en las parcelas de estudio.....	32
6.1.2.	Gráficos de interpretación de los análisis de suelo desarrollados por el SMART Fertilizer.	40
6.2	Variables de desarrollo del cultivo:	44
6.2.1.	Altura cm.....	44
6.2.2.	Diámetro o grosor del tallo	46
6.2.3.	Producción de biomasa vegetal:	48
6.3	Variables de rendimiento.....	49
6.4	Resultados de la encuesta realizada a los productores (Investigación participativa).	51
6.5	Análisis económico sobre la rentabilidad de la producción de maíz bajo los tratamientos evaluados.	53
6.5.1.	Análisis parcial.....	53

6.5.2. Análisis de dominancia..... 54

6.5.3. Análisis de retorno marginal..... 54

7. CONCLUSIÓN..... 56

8. RECOMENDACIONES..... 57

9. BIBLIOGRAFÍA..... 58

10. ANEXO 62

AGRADECIMIENTO

A Dios

Por darnos la vida, sabiduría, fe y perseverancia en conquistar nuevos sueños e iluminar nuestro caminar todos los días.

A nuestros padres y hermanos

Gracias por su apoyo en la culminación de este trabajo y el inicio de una nueva etapa para nuestro desarrollo personal y compromiso con la sociedad como futuro profesional.

A nuestros tutores

PhD. Xiomara Castillo (Docente de Agroecología) en la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinaria (UNAN-León) y MSc. Karla Mendoza, investigadora del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), por brindarnos tiempo, dedicación y paciencia durante la realización de este trabajo investigativo.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y productores que participaron en nuestro trabajo por el apoyo logístico y financiero que nos brindó para llevar a cabo la fase experimental de nuestra investigación. A todas las demás personas que en su momento colaboraron incondicionalmente para finalizar este estudio.

Br. Mario José Altamirano Silva.

Br. Norman Yobani Barrera Carmona.

DEDICATORIA

Dedicamos esta investigación...

A Dios

Que nos ha regalado la vida, por darnos el conocimiento, la sabiduría y el entendimiento para alcanzar nuestra meta de ser profesionales al culminar esta etapa universitaria.

A nuestros padres Y hermanos

Para ellos con mucho amor, que con mucho esfuerzo y dedicación nos han apoyado moral y económicamente en los momentos más difíciles de nuestro trabajo de investigación.

A nuestros Maestros del Campus Agropecuario UNAN-León

Por habernos transmitidos sus experiencias y conocimientos durante estos 5 años de estudios y tutoría de nuestra tesis.

Para nuestras familias en general con mucho amor y cariño por ser parte fundamental de nuestras vidas y apoyo en los momentos más difíciles.

Br. Mario José Altamirano Silva.

Br. Norman Yobani Barrera Carmona.

RESUMEN

Este estudio se realizó en el municipio de El Jicaral, departamento de León, en cuatro comunidades. Se evaluó el plan de fertilización generado por el programa Smart fertilizer, en el periodo de postrera agosto-diciembre 2019. El tipo de investigación fue cuasi experimental de corte transversal, se utilizó un diseño experimental de parcelas apareadas con dos tratamientos (tratamiento en estudio: Smart y el tratamiento testigo: referencial), cada parcela era de un área de 1000 m². La variedad de maíz (*zea mays L.*) utilizada fue la criolla olotillo. Las variables evaluadas fueron: Variables de fertilidad de suelo, variables del desarrollo del cultivo, variables de rendimiento y variables económicas. Para el análisis estadístico se utilizaron los programas Excel y SPSS, realizando la prueba t student para muestras independientes. Obteniendo los siguientes resultados: En la variable de fertilidad de suelo, el pH obtuvo un promedio de 6.74 (suelos ligeramente ácidos); la Densidad Aparente con valores óptimos para la producción agrícola de 1.22 g/cm³, la Materia orgánica y el nitrógeno en valores medios; el potasio en niveles altos, el resto van de bajos a medios. En la variable de desarrollo, la altura a los 25 dds tienen diferencia significativa, el tratamiento referencial el de mayor tamaño; a los 60 dds no existe diferencia significativa (NS). El diámetro del tallo en la primera medición, el tratamiento referencial superó levemente al Smart, principalmente en la comunidad El Tagüe, en la segunda medición el tratamiento Smart superó al referencial, aunque es NS (25 dds: 0.499; 60 dds: 0.032). En biomasa el tratamiento Smart superó al referencial en todo. Estadísticamente es NS entre los tratamientos. En base a las variables de rendimiento se encontró diferencia significativa para cada variable exceptuando No de hileras/ mazorca. En el tratamiento Smart el N° de granos/hileras (23.2) y el N° de granos/ mazorcas (237.9), son mayores al igual que la variable peso en gramos/100 granos (29.9 g/100 granos). El rendimiento obtenido en el tratamiento Smart fue de 2,118.30 kg/ha⁻¹ y el referencial de 1,527.85 Kg/ha⁻¹. La tasa de retorno marginal indica que el productor puede recuperar por Córdoba invertido, obtener C\$ 3.8 córdobas adicionales usando Smart Que equivale a un 380%.

I INTRODUCCIÓN

El maíz representa uno de los principales cultivos en la dieta de la población nicaragüense, el 79% de la producción se encuentra en manos de pequeños y medianos productores. En Nicaragua se siembran aproximadamente 512,700 manzanas con este rubro (Ministerio de Educación, 2017). La producción está destinada principalmente para el autoconsumo debido a que obtienen rendimientos muy bajos en las cosechas, esto se debe a la influencia de factores como: inadecuado manejo agronómico, densidades de siembra no adecuadas, ataque de plagas y la baja fertilidad del suelo (INTA, 2004).

En las últimas décadas, la fertilización en el cultivo de maíz se ha apoyado principalmente en tres diferentes minerales: nitrógeno, potasio y fósforo, conocido como NPK., siendo el fertilizante más usado el de la fórmula 12-30-10 y la aplicación de Urea 46% (INTA, 2009). Sin realizar un análisis previo de los nutrientes presentes en el suelo ni el requerimiento del cultivo.

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones sobre la fertilización del cultivo de maíz (Moraga Quezada & Meza Rodriguez, 2005), (Baez Espinoza & Marin Lopez, 2009), (Peña Quiroz, 2009), (Arauz Chavarría & Arteta Blandón, 2014). Lo que conlleva a obtener diferentes recomendaciones del uso de los fertilizantes para este cultivo, esto implica que los productores en sus diversas zonas implementan estas recomendaciones, las cuales en el transcurso del tiempo no brindan la productividad esperada. Es por ello que los productores se ven obligados a aumentar las dosis, para tratar de obtener sus ganancias.

Todos los planes de fertilización que han surgido en investigaciones anteriores se basan en recomendaciones muy generales, sin tomar en cuenta y sin especificar condiciones edafoclimáticas, condiciones propias de los suelos (topografía, pedregosidad, textura, actividad biológica, presencia de erosiones etc.), limitantes que existen en los suelos como por ejemplo deficiencia nutricional y otros factores indispensables propios de las zonas de producción que deben considerarse al momento de la elaboración de una recomendación de fertilización que den respuestas a las necesidades nutricionales del cultivo in situ.

Uno de los cultivos más importantes en la alimentación del nicaragüense y uno de los rubros más rentables en nuestro país, debido a que las condiciones edafoclimáticas favorecen su siembra, es el maíz (*Zea mays*). En los últimos años se ha visto afectado por bajos rendimientos, ya sea por la variabilidad climática, manejo agronómico y no menos importante la forma de fertilización, la cual ha sido una rutina desde tiempos remotos con respecto a las dosis aplicadas. Cuando los rendimientos son bajos la respuesta y solución para el productor es aumentar la dosis de fertilización nitrogenada, pasan de 1-2 qq/mz a 3-4 qq/mz de fertilizantes.

Para brindar respuesta a la necesidad del manejo sostenible de la fertilización de los cultivos que surgen en el ámbito agropecuario, se deben realizar diversas investigaciones para poder brindar una respuesta a dichas interrogantes. Actualmente la tecnología ha avanzado y se han creado un sin número de herramientas aplicables a la agricultura, sin embargo, se necesita validarlas en el contexto nacional y propiamente en las zonas de mayor producción de maíz, que no solamente se basen en el requerimiento nutricional del cultivo, el estado actual del suelo y la calidad del agua, sino que estos influyen directamente en el rendimiento y que además aumenta la inversión.

Existe actualmente una plataforma de nombre Smart-Fertilizer, ofrecido por la empresa con el mismo nombre Smart-Fertilizer Software (SFS) la cual comenzó a prestar sus servicios en el año 2014 y ha hecho considerables progresos en la producción. Smart-Fertilizer proporciona herramientas de gestión de fertilizantes que pueden ser utilizadas por agricultores y agrónomos para obtener altos rendimientos en los cultivos. La plataforma de software SMART ha sido validada y utilizada profesionalmente. También se ha demostrado su eficacia para producir mejores rendimientos de los cultivos, reducir los costes y ayudar a minimizar la contaminación del medio ambiente (SFS, 2014).

La plataforma proporciona planes de fertilización a medida, a través del avanzado software basados en los análisis de las pruebas de suelo, agua y tejidos. El software puede crear planes de fertilización para 271 cultivos diferentes y métodos de cultivo alternativos (SFS, 2014).

Es por ello que esta investigación se basó en evaluar las recomendaciones de fertilización emitidas por el programa Smart-Fertilizer en comparación con la fertilización

referencial de los productores, ya que el Instituto Nicaragüense de Tecnología agropecuaria, sede León (INTA-LEÓN) pretende crear un nuevo plan de fertilización en el cultivo de maíz. Antes de promover el uso de este programa es necesario realizar diversas investigaciones donde se evalúe la recomendación emitida por dicho programa. El INTA-LEÓN realiza diversas investigaciones en el rubro del maíz con la implementación del programa Smart, con el objetivo de validar las recomendaciones basadas en las condiciones edafoclimáticas en el sector de El Jicaral.

II OBJETIVOS

General

- Evaluar el plan de fertilización para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), generadas por el programa Smart fertilizer bajo condiciones edafoclimáticas del municipio El Jicaral, periodo de postera agosto-diciembre 2019.

Específicos

- Determinar el grado de fertilidad de los suelos en las parcelas de estudio.
- Comparar el efecto de la fertilización edáfica recomendada por el programa Smart Fertilizer y las utilizadas tradicionalmente (referencial) por los productores sobre rendimiento.
- Realizar análisis económico para estimar la relación beneficio-costos en el cultivo de maíz bajo los tratamientos evaluados.

III HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación:

- **Hi:** La aplicación de dosis de fertilización procesada por Smart-Fertilizer tiene un efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

Hipótesis nula:

- **Ho:** Los planes de fertilización evaluados no intervienen sobre las variables en estudio.

Hipótesis alternativa:

- **Ha:** Los planes de fertilización evaluados influyen en al menos una variable o indicador de producción.

IV MARCO TEÓRICO

4.1 Origen del maíz

El maíz (*Zea mays*), es una gramínea que fue conocida desde hace aproximadamente unos 7000 años, AC. Apareció en México y América central, antes de la llegada de los españoles, según el Padre Juan de Velasco, en la “Crónicas de las indias” manifiesta que los nativos ya conocían y comercializaban esta gramínea con países asiáticos, africanos y vecinos de este mismo territorio. No hay un acuerdo sobre cuando se empezó a domesticar el maíz, pero los indígenas mexicanos dicen que esta planta representa, para ellos diez mil años de cultura (Riveiros, 2004).

4.2 Taxonomía

De acuerdo con la clasificación efectuada por OECD (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), en la clasificación para el maíz del hemisferio occidental, los géneros *Zea* y *Tripsacum* son incluidos en la Tribu *Maydeae*.

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las *Poáceas* (Gramíneas), tribu *Maydeas*, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas *teocintle* y las del género *Tripsacum*, conocidas como arrocillo o maicillo, son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del Nuevo Mundo, porque su centro de origen está en América (OECD, 2003).

4.3 Descripción botánica

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta anual de 1,5-3 m de altura. Tallos gruesos (>15 mm), macizos. Hojas anchas (2-10 cm), con nervio central marcado. Planta monoica, con las flores masculinas en panícula terminal (penacho), flores masculinas formadas por lema, palea, 2 lodículas y 3 estambres, dos en cada espiguilla, también emparejadas, una casi sésil y la otra cortamente pedicelada. Flores femeninas en inflorescencias axilares (panoja o mazorca), dos por espiguilla (una de ellas estéril), lema y palea muy reducidas; espiguillas sentadas sobre el eje grueso de la mazorca, glumas reducidas.

Estilos de gran longitud, exertos por la parte apical de la mazorca, formado la cabellera. Fruto en cariósipide, dura, generalmente amarilla (UNAVARRA, 2005).

4.4 Importancia nutricional y económica

El maíz es uno de los cultivos más importantes en el mundo desde el punto de vista de la alimentación humana y animal, ocupa el tercer lugar entre los cereales cultivados; su contenido de proteína es de 10-12%, del cual solo el 50% es metabolizable, debido a los altos contenidos de aminoácidos Leucina, que reduce la calidad de la proteína; 70% son carbohidratos, de 2-4% aceites, y 2% fibra. Además, el maíz fortalece la producción animal, al utilizarse como base para elaborar concentrados, o la planta para forraje y/o ensilaje (MAGFOR, 2008).

4.5 Semillas criollas

Son variedades que han venido siendo utilizadas por los agricultores a través de generación, además son la base de nuestra vida, cultura e identidad; nos permiten producir alimentos sanos y diversificados por lo tanto son el fundamento de la agricultura ecológica y garantizan la sustentabilidad de los ecosistemas y la soberanía alimentaria (ASTURIAS, 1986).

4.6 Manejo Agronómico

4.6.1. Sistema de siembra

El maíz es un cultivo que se puede sembrar todo el año, conociéndose en Nicaragua cinco épocas de siembra: primera (mayo-junio), postreron (julio), postrera (agosto-septiembre), apante (diciembre), siembra de riego (febrero). Existe una gran gama de variedades entre las que se encuentran: Variedades locales o criollas, son las más utilizadas por los pequeños agricultores pues estas se adaptan bien a condiciones climáticas adversas. Las más conocidas son: Tuza morada, Cuarenteño, Olotillo, Viejano o Maicillo (INTA, 2002). La siembra se puede realizar en varias modalidades: En monocultivo, que es la más utilizada en grandes extensiones; en asociación con otros cultivos para lograr un equilibrio entre la producción de alimento y la conservación de las condiciones agroecológicas.

4.6.2. Riego

La evapotranspiración total del maíz varía desde los 500 a 550 mm para el ciclo del cultivo. La necesidad de agua en el cultivo del maíz varía desde 2 mm/día durante etapas iniciales hasta 6.5 mm/día en los días antes de maduración. Luego baja hasta 3 mm/día en los días antes de maduración completa (INTA, 2010).

4.6.3. Manejo de malezas

En el maíz como en otros cultivos las malezas son el principal competidor en la captación de nutriente, luz y agua, principalmente en los primeros 40 días, la competencia de malezas con el maíz, trae como consecuencia plantas débiles, cloróticas y susceptibles al ataque de plagas insectiles y enfermedades, ocasionando disminución del rendimiento. Las malezas más comunes son: coyolillo (*Cyperus rotundus*), batatilla (*Ipomoea pes-capre*), el zacate Johnson (*Shorgum halapensis*) (CATIE, 1990).

Otros menos difíciles son chompipe (*Ixophorus unisetus*) y otras gramíneas en macolla, que se secan lentamente después del aporque.

Cuando se deciden eliminar las malezas a través del manejo convencional se recomienda usar los siguientes herbicidas:

- Herbicida pre-emergente o post-emergente temprano (Atrazina).
- Glifosato o Round up en aplicaciones post-emergentes para controlar malezas perennes antes de la siembra de maíz (CATIE, 1990).

4.6.4. Enfermedades

- **Bacteriosis** (*Xanthomonas sterwaitit*): ataca al maíz dulce, sus síntomas se manifiestan en las hojas que van desde el verde claro al amarillo pálido, el tallo de las plantas jóvenes aparece en aspectos de manera que ocasiona gran deformación en su centro y decoloración. Si se intensifica la enfermedad puede producir bajos crecimientos de las plantas (Rodríguez, 1995).
- **Pseudomonas** (*Alboprecipitaus*): se manifiesta con manchas en las hojas de color blanco con tono rojizo originado en la podredumbre del tallo (Rodríguez, 1995).

- ***Helminthosporium turcicum***: afectan hojas inferiores del maíz, las manchas son grandes de 3-15 cm y la hoja va tornándose de verde a parda, sus ataques son más intensos en temperaturas de 18-25 C, las hojas caen si el ataque es muy marcado (Rodríguez, 1995).
- **Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*)**: son manchas color marrón rojizo en las hojas producen arrugamiento del limbo y se localizan en las hojas. Producen arrugamiento del 14 limbo y destrucción de la hoja, con método de control se emplea la rotación de cultivos y la siembra de variedad resistentes (Rodríguez, 1995).

4.6.5. Insectos plagas

El cultivo de maíz presenta diversas plagas insectiles descritas a continuación (Segura & Andrade, 2011).

- **Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)**, causa mayor problema en las fases iniciales del cultivo.
- **Gusano de la mazorca (*Heliothis sp.*)**, ataca los granos en la mazorca.
- **Tierreros (*Agrotis sp.*)** afectan a los primeros estadios de la planta.
- **Afidos (*Rhopalosiphum maidis*)**, atacan las hojas y transmiten virus.
- **Gorgojos (*Sitophilus zeamais*)**, ataca los granos en almacenaje.

4.7 Condiciones Agroclimáticas

El maíz es un cultivo que tiene una amplia variabilidad genética y adaptabilidad, con una altitud de 0 a 3800 msnm; con una latitud de 40° S – 55° N. Se desarrolla de forma óptima en regiones de clima cálido; es un cultivo de crecimiento rápido, con temperaturas de 25 a 33 °C. El maíz requiere temperaturas acumuladas diarias biológicamente activas de 1800 a 3000 °C. Requiere suelos profundos (mayores de 100 centímetros de profundidad) ricos en materia orgánica, planos, con buen drenaje, con textura franca o franco arcilloso y pH de 6.0 a 7.0.

En relación a la demanda hídrica, el maíz es sensible a la escasez y al exceso de agua. El cultivo exige el máximo de humedad alrededor de la floración (2 semanas antes y 2 semanas después de la brotación de los estigmas), el efecto de la sequía durante el

llenado del grano reduce el tamaño de éste, los requerimientos de humedad oscilan entre 600 y 900 mm de agua bien distribuidos durante el crecimiento de la planta (Delgado, 2004).

4.8 Fertilización

4.8.1 Fertilidad del suelo

Es la capacidad de proveer a las plantas los nutrientes en condiciones óptimas y balanceadas en el momento requerido. El concepto incluye la integración de características físicas, químicas y biológicas. La fertilidad influye en la productividad de los suelos. Los principales factores determinantes de la fertilidad del suelo son: la materia orgánica, biomasa microbiana, la textura, la estructura, la profundidad, el contenido de los nutrientes, capacidad de adsorción, la reacción del suelo y la ausencia de los elementos tóxicos (IFA, 2002).

4.8.2. Nutrición del cultivo

El maíz es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos, por lo que en un plan de fertilización se debe tomar en cuenta los resultados del análisis químico del suelo y su recomendación, esto le garantiza suplir de los elementos nutritivos necesarios a la planta y evitar gastos innecesarios (IICA, 2014).

- **Nitrógeno en Maíz**

La demanda de Nitrógeno aumenta conforme la planta se desarrolla; cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de este elemento crece rápidamente, en tal forma que, al aparecer las flores femeninas, la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo. Los híbridos de alto rendimiento en grano necesitan unos 30 kilogramos de Nitrógeno por cada tonelada de grano producida (IICA, 2014).

- **Fósforo en Maíz**

Aunque la cantidad de Fósforo en la planta de maíz es baja en comparación con el Nitrógeno y el Potasio, este es un elemento importante para la nutrición del maíz y las mayores concentraciones se presentan en los tejidos jóvenes. También este elemento es

muy importante para el desarrollo radicular. La cantidad de Fósforo extraída por las plantas en condiciones normales de cultivos es aproximadamente 10 kilogramos por tonelada de grano cosechado (IICA, 2014).

- **Potasio en Maíz**

El potasio se requiere en cantidades grandes, o sea niveles equivalentes a los de nitrógeno. La absorción total rodea los 200kg/ha. La mayoría de ese potasio se usa para las hojas y el tallo, y la demanda pico es durante la elongación del tallo cuando la absorción de potasio es más grande que cualquier otro nutriente (Yara, 2011).

- **Requerimiento nutricional del cultivo de maíz**

Tabla 1 Requerimiento Nutricional del Maíz.

Elemento	KG/ HA
Nitrógeno	187
Fósforo	38
Potasio	192
Calcio	38
Magnesio	44
Azufre	22
Boro	0.2
Manganeso	0.3

(IICA, 2014)

4.8.3. Tipos de fertilizantes químicos utilizados

Existen fertilizantes simples y compuestos. Los simples contienen únicamente, uno de los tres elementos. Los nitrogenados: Urea: 46-0-0 y sulfato de amonio: 21.5-0-0. Los fosfatados: superfosfato de calcio simple: 0-22-0 y superfosfato de calcio triple: 0-46-0 y los potásicos: cloruro de potasio: 0-0-60 y sulfato de potasio: 0-0-50.

Los fertilizantes compuestos, más usados son: Fosfato di amónico (DAP): 18-46-0, Triple 15: 15-15-15, nitrato de amonio: 33-03-00, fosfato monoamónico (MAP): 11-52-00, Normalmente los métodos de fertilización se basan en “mezclas” de diferentes fertilizantes (IICA, 2014).

Para suelos de textura fina

Francos y franco-arcilloso se recomienda aplicar 325 kg/ha de fórmula 16-20-0 (5 qq/mz) a la siembra, u ocho días después de siembra, como primera fertilización; La segunda, hacerla con 253 kg/ha (4 qq/mz) de Sulfato de Amonio o 116 kg/ha (180 lb/mz) de Urea, a los 30 días después de siembra.

Para suelos de textura gruesa

Arenosos se recomienda aplicar como primera fertilización, 325 kg/ha de fórmula 16-20-0 (5 qq/mz) a la siembra, o hasta ocho días después de la siembra. Una segunda fertilización a los 30 días después de siembra con 130 kg/ha (2 qq/mz) de Sulfato de Amonio. En una tercera fertilización, 45 días después de la siembra, se deben aplicar 65 kg/ha (1 qq/mz) de Urea (IICA, 2014).

4.9 Programa Smart Fertilizer

El programa Smart Fertilizer (Fertilización inteligente) es una aplicación informática (Software), que permite a cualquier agricultor dominar el manejo de la fertilización a un nivel profesional, es decir una herramienta para la elaboración de planes de fertilización adecuados a las condiciones propias de cada terreno, cultivo y estimados de producción. Dichos planes tienen como objetivos aumentar los rendimientos de los cultivos y ahorrar dinero.



Ilustración 1 logo de Smart Fertilizer
<https://app.smart-fertilizer.com/#/>

El programa proporciona recomendaciones para óptima fertilización – tipos de fertilizantes, dosis y aplicación – basándose en los datos específicos de su campo, como los análisis de suelos/ agua/ foliar y los requerimientos nutricionales del cultivo (Smart Fertilizer, 2020). El software también permite un análisis del coste de la fertilización, para el control del presupuesto y una mejor planificación a largo plazo.

4.9.1. Características del software Smart Fertilizer

- Encuentra la combinación ideal de fertilizantes y sus tasas de aplicación. Todos los métodos de cultivo: campo abierto, fertirrigación, invernaderos, hidroponía.

- Proporciona calendarios completos de fertilizantes, de acuerdo con las etapas de crecimiento de los cultivos.
- Integra las características de los cultivos, los datos de campo y los objetivos de rendimiento.
- Equilibra nutrientes en el suelo, así como en soluciones nutritivas hidropónicas.
- Los algoritmos únicos aseguran que siempre se alcance un equilibrio preciso de nutrientes (SFS, 2014).

4.10 Investigación participativa

La investigación participativa se define como un método de investigación y aprendizaje colectivo de la realidad, basado en un análisis crítico con la participación activa de los grupos implicados, que se orienta a estimular la práctica transformadora y el cambio social (Guzmán & Alonso, 1994), dado su mayor profesionalismo y involucramiento metódico de la gente en el proceso de investigación.

Los enfoques participativos para el desarrollo y la investigación e innovación en el sector agrario han buscado respuestas adaptadas a las necesidades de los productores utilizando diferentes metodologías, entre las que se encuentra la investigación participativa (IP). Entre 2006 y 2009 en Uruguay un proceso denominado Desarrollo Participativo de Innovaciones (DPI), llevado adelante por investigadores del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y productores orgánicos hortícolas, focalizado en tecnología de abonos verdes; siendo el primer caso de IP iniciado y finalizado en el sector agrario uruguayo (Albicette, 2010).

Estas investigaciones se llevan a cabo a partir de entrevistas en profundidad a productores y técnicos participantes. Se analizan fortalezas y debilidades, aprendizajes y resultados del ensayo, aportando sugerencias para un próximo ciclo o para su aplicación en otros procesos participativos y progresar en su implementación, compartir saberes entre investigadores y productores y lograr innovación con la tecnología, permitiendo aprendizaje y apropiación social del conocimiento. (Albicette, 2010).

Características generales

- Tiene como punto de partida problemas que exigen cambios a resolverse con acciones prácticas.
- Se basa en el principio de comprender para resolver
- La información y la reflexión constituyen dos actividades básicas
- La investigación transita de los fenómenos a la ciencia (observación–comprensión profunda).
- La investigación participativa es una actividad permanente.
- Apunta a conclusiones prácticas, a la acción.

V DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 Descripción de la zona, lugar o área de estudio

5.1.1. Ubicación geográfica

El estudio se realizó durante la época de postrera del año 2019, en el municipio de El Jicaral del departamento de León. El Jicaral pertenece a la región de occidente, lugar donde predomina el clima tropical de sabana, caracterizado por una marcada estación seca de 4-6 meses de duración, confinada principalmente de los meses de noviembre a abril. La topografía de El Jicaral es muy irregular, el terreno es pedregoso, quebrado y árido.

El municipio se encuentra a una altura promedio de 115.72 msnm con temperaturas que oscilan entre 27 °C a 38 °C y una precipitación promedio anual de hasta 1.200 mm (INIDE/MAGFOR, 2013).

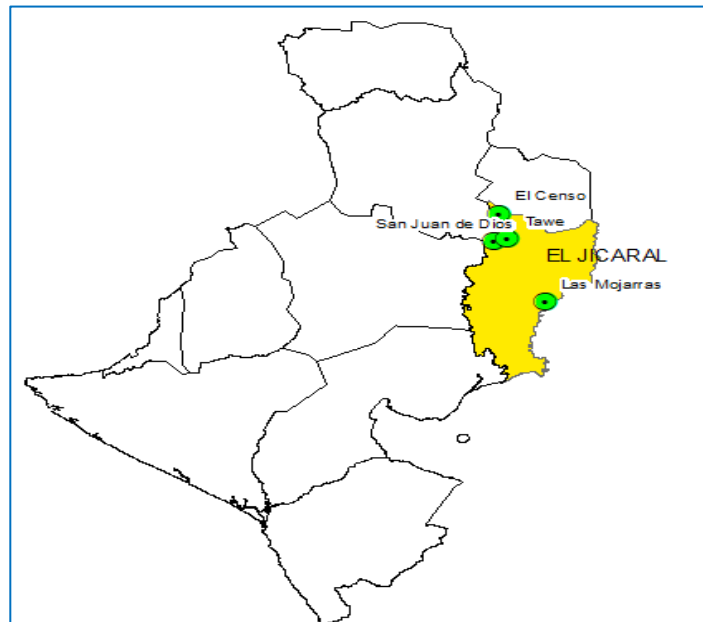


Ilustración 2. Ubicación de las comunidades donde se establecieron las parcelas en estudio, municipio de El Jicaral, León.

5.1.2. Descripción de la zona de estudio

Tabla 2 Ubicación de las fincas seleccionadas para la investigación

Municipio	Comunidad	Productor	Coordenadas X	Coordenadas Y
El Jicaral	San Juan de Dios	Raúl Laguna Aguirre	562321	1405961
El Jicaral	Arrinconada- El Censo	Santiago Vega Benavides	563102	1411660
El Jicaral	Las Mojarras- San Pedro	Margarito Orozco Ruiz	570461	1393485
El Jicaral	El Tagüe	Francisco Silva García	564417	1406533

Fuente Propia

Tabla 3 Descripción edafológica y uso actual de los suelos de las comunidades en estudio.

Comunidad	Clase de suelo	Topografía	Uso actual del suelo
San Juan de Dios	Arcilloso	Llano	Agricultura
Arrinconada- El Censo	Franco-Areno- Arcilloso	Ondulado	Agricultura y ganadería
Las Mojarras- San Pedro	Franco-Areno- Arcilloso	Llano	Agricultura y ganadería
El Tagüe	Franco Arcilloso	Laderas	Agricultura

(INIDE/MAGFOR, 2013)

5.1.2.1. Historial del manejo de las parcelas en estudio

El historial de manejo de las parcelas se obtuvo en base a encuestas realizadas (anexo 3) a los productores que participaron en este proceso de investigación.

Según los productores con los cuales se realizó este trabajo, las áreas en donde fue establecido el cultivo se han utilizado en más de cuatro décadas siendo utilizadas para la siembra de maíz, en ocasiones en asocio o rotación con otros cultivos tales como Sorgo (*Sorghum Bicolor*) y Ajonjolí (*Sesamum Indicum*).

Cada uno de estos productores aprovechan todos los años el periodo de primera y postrera para establecer sus cultivos; dos de ellos en el caso del productor de la comunidad de San Juan de Dios y El Censo no realizan rotaciones de cultivos en sus áreas, a diferencia de los productores de la comunidad del Tagüe y Las Mojarras.

Para la preparación de suelo en estos lugares debido a la topografía accidentada de los terrenos es común la utilización de la tracción animal y el uso del espeque en las zonas de mayor pendiente. La limpieza del terreno se realiza a través de la chapoda manual, seguido la aplicación de herbicida. Aunque cabe señalar que en ocasiones no se aplica herbicida, ya que los rastrojos son utilizados para la alimentación del ganado o para la incorporación en el terreno.

Los productores tienen muy arraigado en sus labores el uso de químico ya sea para la fertilización, manejo de maleza y plagas; utilizando desde hace mucho tiempo los mismos productos como Gramoxone y Glifosato en el caso de herbicidas; urea y 12-30-10 en la fertilización y Cypermetrina en el control de plagas.

El rendimiento promedio a través de los años de siembra ha sido de 18 qq/mz ($1164.50 \text{ kg/ha}^{-1}$) con distancias de siembra de 0.70 m entre surco y 0.20 m entre planta invirtiendo aproximadamente C\$ 8,000 córdobas en cada siembra en donde se costea el gasto en mano de obra de algunas labores y la compra de insumos.

5.2 Descripción de los materiales utilizados

En esta investigación se utilizó como material genético de estudio la variedad de maíz criollo Olotillo. Esta variedad es de origen criollo, una de las variedades más común en los productores de maíz, es de ciclo intermedio con un periodo vegetativo de 90 días (INTA, FAO, & AMEXCID, 2018). A continuación, se presenta las características agronómicas de la variedad de maíz antes mencionada:



Ilustración 3 Maíz Olotillo, INTA 2014.

Tabla 4 Características agronómicas de la variedad de maíz Olotillo.

Características	Estado
Tipo de variedad	Criollo
Días a flor femenina	66
Días a flor masculina	60
Altura de la planta (cm)	230-240
Color de la espiga	Rojizo
Altura de la mazorca (cm)	140
Forma de la mazorca	Recta
Numero de mazorca por planta	1 – 2
Color del tallo	verde con pigmentación rojiza
Color del grano	Blanco
Tipo de grano	Semidentado
Días a cosecha	90 aprox.
Longitud de mazorca(cm)	19-22
Cobertura de la mazorca	Buena
Número de hileras	12
Disposición de hileras	Recta
Rendimiento	20 qq/mz (1.300 Kg ha ⁻¹)
Épocas de siembra	Primera y postrera

Fuente: (INTA, FAO, & AMEXCID, 2018)

5.3 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se llevó a cabo fue cuasi experimental de corte transversal. Según Sampieri (2006) los diseños cuasi experimentales se aplican a situaciones reales en los que no se pueden formar grupos aleatorizados, pero pueden manipular la variable experimental.

La investigación presente es cuasi experimental debido a que las parcelas en estudio no fueron tomadas aleatoriamente, la selección fue realizada en base a ciertos parámetros (anexo 6) que el INTA tenía para tomar las parcelas y desarrollar el experimento. De corte transversal debido a que el tiempo de estudio fue determinado a un solo ciclo del cultivo de maíz.

5.4 Diseño experimental

El diseño experimental es de parcelas apareadas, la cual se utiliza cuando solo existen dos tratamientos a comparar y cuando las parcelas o suelo son muy heterogéneos, pero hay similitud entre parcelas contiguas o las unidades experimentales están correlacionadas (UNIAG, 2016).

Se estableció dos tratamientos en cada una de las fincas. Cada parcela era de un área de 1,000 m² (30 metros de ancho por 33.5 metros de largo) para un total de 2,000 metros (0.28 mz) como unidad experimental, delimitada por 1 metro entre cada parcela. La parcela experimental estaba constituida por los 39 surcos centrales dejando dos surcos de borde, y la parcela útil de muestreo eran los 10 surcos centrales.

5.5 Descripción de los tratamientos

T1: Tratamiento Smart (Fertilización de precisión, en base a programa Smart Fertilizer):

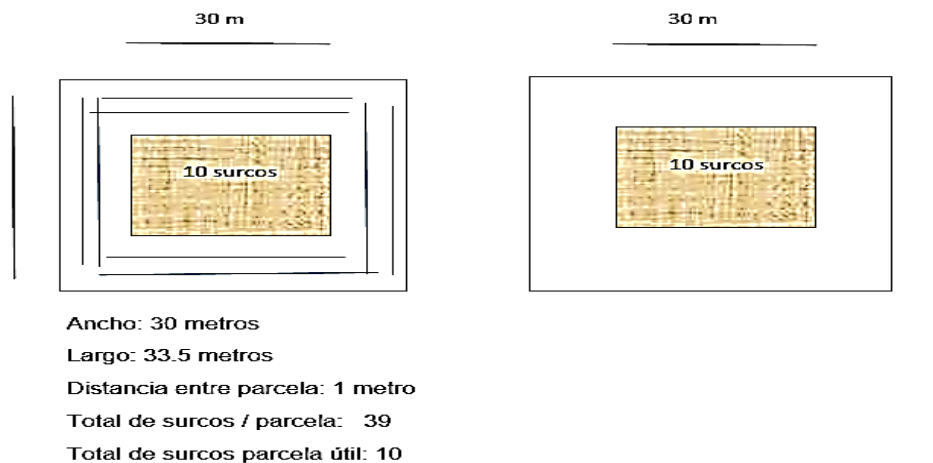


Ilustración 4. Diseño experimental, dimensiones de las áreas de estudio, El Jicaral 2019.

Tratamiento principal, donde se incluye los planes de fertilización dados por el programa en estudio (Smart Fertilizer). Las recomendaciones de fertilización del programa necesita los resultados de un análisis de suelo, los cuales deben ser procesados para la realización de los cálculos y obtener la dosis requerida para el cultivo y densidad poblacional deseada, así como las condiciones químicas del suelo en estudio.

Las recomendaciones obtenidas una vez analizados los datos por el programa, el plan de fertilización se basan en los tipos de fertilizantes y sus dosis, así como los momentos de aplicación.

Tabla 5. Momentos, Producto y Dosis utilizadas en la parcela de validación bajo tratamiento Smart Fertilizer. Área 1000 m²

Etapa del cultivo	DDS*	KNO ₃	DAP	Urea	MgSO ₄
		0-0-60 (Kg)	18-46-0 (Kg)	46% (Kg)	25-20 (Kg)
Emergencia – V9	15	19	14	5	9
V9 – R1	25-30	4	1	7	9
R1 – R2	45-50	1	2	9	9
R2 – R4	60-70	2	10	5	8
Total		26	27	26	36

DDS: Días después de la siembra

T2: Tratamiento Referencial:

Tratamiento basado en recomendaciones descritas a continuación

Tradicionalmente los productores del occidente del país utilizan las siguientes dosis de fertilizantes sintéticos para una manzana: (2 quintales (qq) completa fórmula 12-30-10 + 2 qq urea (46%).

Estas dosis y tipos de fertilizantes están basado en los planes de fertilización dados por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), quien recomienda la aplicación de 2 qq de 12-30-10 al momento de la siembra y 1 qq de urea (46%) entre los 25-40 días DDS para un excelente desarrollo del tallo, raíces y hojas durante el desarrollo vegetativo para brindar condiciones óptimas para el desarrollo reproductivo, donde se aplica 1 qq de urea (46%) antes de la floración masculina. (INTA, 2015).

Tabla 6 Momentos, Producto y Dosis utilizadas en la parcela de validación bajo tratamiento Referencial. Área 1000 m2.

Etapa del cultivo	DDS*	Fertilizantes	
		12-30-10 (Kg)	Urea 46% (Kg)
Siembra	0	13.18	----
V9 – R1	25-30	-----	6.36 Kg
R1 – R2	45-50	-----	6.36 Kg
Total		13.18	12.72

*) DDS: Días después de la siembra

5.6 Definición y medición de las variables a evaluar

5.6.1. Variables de fertilidad del suelo.

Las variables químicas y físicas del suelo fueron determinadas en muestras tomadas previamente de las parcelas de estudio y enviadas al laboratorio de la Universidad Agraria, UNA- (LABSA).

1. **Textura del suelo:** indica el contenido relativo de partículas de diferentes tamaños, como arena, el limo y arcilla, en el suelo.
2. **Materia orgánica (MO):** la materia orgánica, considerada como una mezcla compleja y variada de sustancias orgánicas, desempeña un importante papel en los suelos agrícolas. A pesar de que la misma constituye solo una pequeña fracción de la mayoría de los suelos, es un componente dinámico que ejerce una influencia dominante en muchas propiedades y procesos del suelo. Frecuentemente un efecto lleva a otro, de modo que, de la adición de materia orgánica a los suelos, resulta una cadena compleja de múltiples beneficios.
3. **Capacidad de intercambio Catiónico (CIC):** la capacidad de intercambio catiónico (CIC) estima los sitios de carga de las arcillas, tanto las cargas permanentes, como las cargas dependientes de pH. Estos sitios de intercambio retienen por fuerzas electrostáticas a los cationes. La CIC es un indicador indirecto de la capacidad amortiguadora de los suelos y que es función de la cantidad y tipo de arcilla.

4. **Potencial de Hidrogeno (pH):** el pH del suelo es una medida de la acidez o de la alcalinidad de un suelo. En la escala de pH, 7,0 es neutro. Menor a 7,0 es ácido, y por encima de 7.0 es básico o alcalino. El intervalo de pH de 6,8 a 7,2 se considera neutro. Aquellas zonas del mundo con escasas precipitaciones pluviales suelen tener suelos alcalinos mientras que las áreas con mayores precipitaciones suelen tener suelos ácidos.
5. **Densidad aparente:** la densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g cm^{-3} o t m^{-3}). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos.
6. **Macroelementos:** son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en mayores cantidades. En este grupo se incluye el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Según su frecuencia de aplicación en los cultivos, se dividen en macroelementos primarios (N, P y K) y secundarios (S, Ca y Mg) (INFOAGRO, 2017).
7. **Microelementos:** son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en cantidades menores, incluyéndose en este grupo el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), y boro (B). (INFOAGRO, 2017).

5.6.2. Variables de desarrollo del cultivo

Para la medición de las variables evaluadas se tomaron 5 puntos al azar de 10 plantas cada punto, dentro de la parcela útil, según la técnica de muestreo de (PROMIPAC; ZAMORANO, 2003) y la metodología propuesta por (CIMMYT/IBPGR, 1991) Donde se debe suponer:

1. **Altura:** La altura de la planta es la dimensión vertical que esta contiene desde abajo hasta donde finaliza su presencia en el espacio. La altura se establece desde la base del tallo hasta el ápice de la espiga. se medirá con cinta métrica en

centímetros desde la base del tallo o cuello de la raíz hasta el ápice de la espiga en dos momentos: 1) 25-30 días en la etapa V9 y 2) a los 60 días en la etapa R4.

2. **Diámetro o grosor del tallo:** Diámetro es la anchura horizontal de la planta. Se medirá con Vernier en centímetros medido en plantas maduras a la altura del primer entrenudo basal en dos momentos: 1) 25-30 días en la etapa V9 y 2) a los 60 días en la etapa R4.
3. **Producción de biomasa vegetal:** Se tomaron 10 plantas cosechadas dentro de la parcela útil al azar. Se tomaron en 5 puntos al azar conformado por 10 plantas cada uno dentro de la parcela útil, se cortaron y pesaron los diferentes órganos de la planta por separado (Tallos, tuzas, olote, raíz) en estado fresco, posteriormente se tomó una submuestras de cada uno y se secaron en un horno a 75 grados por 48 horas, se pesó y anoto el dato como biomasa seca, posteriormente se calculó el porcentaje de Biomasa seca con la metodología (Catholic Relief Services , 2019) con la siguiente ecuación:

Ecuación 1

$$gr.m = (TMF) - T$$
$$\%H = \frac{(T + MF) - (T + MD)}{gr.m} * 100$$
$$\%MS = 100 - \%H$$

Donde:

T: Tara.

MF: Materia Fresca.

MD: Materia Desecada.

Gr.m: Gramos de muestra.

%H: Porcentaje de Humedad

%MS: Porcentaje de Materia Seca

5.6.3. Variables de rendimiento

Para las variables de rendimiento se utilizó la metodología de (Gómez Gutiérrez & Minelli, 1990) , donde, se debe de considerar:

1. **Número de plantas cosechadas:** Número de plantas seleccionadas para dichas evaluaciones. Contabilización de las plantas cosechadas en cada parcela útil. Se realizó al momento de la cosecha.
2. **Número de mazorca / planta:** Se tomaron 10 plantas al azar dentro de la parcela útil, se contaron el número de mazorcas de cada una y se calculó un promedio por planta.
3. **Número de granos por mazorca:** Se contabilizaron el número de filas en 10 mazorcas diferentes, tomadas al azar dentro de la parcela útil y el número de granos en cada fila. El número final de granos por mazorca se calcula multiplicando el nº de filas por el nº de granos dentro de cada fila, al final se calculó un promedio de todo esto al momento de la cosecha.
4. **Peso de granos por mazorca con 14 % de humedad. (Secado).** El 14% de humedad se debe al porcentaje comercial del maíz, al momento de la cosecha se calcula pesando primeramente los granos, seguidamente se da el proceso de secado (secado natural), luego se pesa la muestra y se realiza el cálculo del porcentaje de humedad con la igualdad:

Ecuación 2

$$H^o(\%) = Pi - \frac{Pf}{Pi} * 100$$

Donde:

Pi: peso inicial,

Pf: peso final y 100. (Gómez Gutiérrez & Minelli, 1990)

5. **Peso de 100 granos:** Se determinó el peso de 100 granos corregido al 14% de humedad, esta variable se tomó al momento de cosechar la parcela, se realizó 5 veces el peso de 100 granos tomados al azar y se obtiene un promedio de peso.
6. **Rendimiento de grano (kg ha⁻¹):** Esta variable se calcula a nivel de parcela. El rendimiento se determina ajustando el peso del grano cosechado a un 14% de contenido de humedad, por medio de la siguiente ecuación (Gómez y Minelli, 1990).

Ecuación 3

$$Pf = Pi(100 - Hi)/(100 - Hf)$$

Donde:

Pf: Peso final del grano seco (kg ha⁻¹).

Pi: Peso inicial a la cosecha (kg ha⁻¹).

Hi: Contenido de humedad del grano.

Hf: Contenido de humedad del grano a la que se desea ajustar el rendimiento (14%).

El rendimiento se expresa en kilogramos por hectárea.

La cosecha se realizó de manera manual y la metodología para obtener los datos de cosecha fue:

Se tomaron el total de plantas que estaban dentro de la parcela útil (los 10 surcos centrales con 134 plantas cada uno), en total fueron 1340 plantas a cosechar.

Contar el número mazorcas en 3 plantas diferentes y de 5 puntos distintos tomados al azar. Obtener promedio por planta.

En cada mazorca se cuenta el número de hileras y el número de granos por hilera (contar solo una hilera/mazorca) realizarlo en 3 mazorcas de 5 puntos diferentes tomados al azar.

Realizar el siguiente cálculo (por cada mazorca):

Ecuación 4

- $\frac{G}{M} = nhil * nG / hil$

Dónde: G/M=Granos/mazorca

nhil= número de hileras

nG= número de granos

- Obtener promedios de granos por mazorca.
- Pesar la cantidad de granos por mazorca (en gramos).
- Multiplicar la cantidad de granos obtenidos por número de mazorcas por planta.
- Calcular la equivalencia de gramos a kilos.

5.6.4. Investigación participativa / variables cualitativas

Método de investigación y aprendizaje colectivo de la realidad, basado en un análisis crítico con la participación activa de los grupos implicados, que se orienta a estimular la práctica transformadora y el cambio social. El método de la investigación-acción participación (IAP) combina dos procesos, el de conocer y el de actuar, implicando en ambos a la población cuya realidad se aborda (Universidad del País Vasco, 2006).

Para incluir a los productores en la investigación se permitió la participación activa de cada uno de ellos en todo el proceso investigativo desde la toma de muestra para análisis de suelo hasta la preparación de suelo, siembra, cosecha y post cosecha.

Se aplicó una encuesta (anexos 4 y 5) a cada productor durante la cosecha para conocer sus opiniones acerca de las metodologías aplicadas y que conocimientos nuevos obtuvo.

5.6.5. Variables económicas

Se llevó un registro de los costos fijos y costos variables para su comparación entre los tratamientos a valorar en base a la metodología del manual metodológico de evaluación económica del CIMMYT, (1988). Para realizar un análisis económico de ensayos en campo se debe calcular los costos que varían, análisis de dominancia y el análisis marginal para cada uno de los tratamientos. Los rendimientos obtenidos se ajustan en un 5% a fin de reflejar las diferencias entre el rendimiento experimental y el rendimiento que el productor podría obtener utilizando la misma tecnología.

La metodología calcula lo siguiente:

Análisis Parcial

Costos que varían: El paso inicial para efectuar un análisis económico de los ensayos es calcular los costos que varían con cada tratamiento. Los costos que varían son los costos (por hectárea) relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria, que varían de un tratamiento a otro (CIMMYT, 1988). Para la recolección de esta información a cada productor se le entregó un formato que debían llenar con los

insumos y mano de obra utilizada para el manejo de la parcela e igualmente el costo de cada uno.

Rendimiento medio:

Rendimiento ajustado: El rendimiento ajustado de cada tratamiento es el rendimiento medio reducido en un cierto porcentaje con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento (CIMMYT, 1988). Se calcula multiplicando el rendimiento medio por el ajuste que en este caso es del 5%.

Ecuación 5

$$Ra \frac{Kg}{ha} = Rm * Ajuste (5\%)$$

Donde:

Ra: Rendimiento ajustado

Rm: Rendimiento medio

Beneficio bruto de campo: El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el rendimiento ajustado por el precio de venta.

Ecuación 6

$$Bbc = Ra \frac{kg}{ha} * Pv C\$/kg$$

Donde:

Bbc: Beneficios Brutos de Campo

Ra: Rendimiento ajustado

Pv: Precio de venta

Beneficio neto de campo: El beneficio neto de campo de cada tratamiento se calcula restando el total de costos de los beneficios brutos de campo.

Ecuación 7

$$Bn C\$/ha = Bbc - Ct$$

Donde:

Bn: Beneficio neto

Bbc: Beneficios Brutos de Campo

Ct: Costos Totales

a) **Análisis de Dominancia:** Análisis de dominancia se efectúa, primero, ordenando los tratamientos de menores a mayores totales de costos que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. (CIMMYT, 1988).

b) **Análisis Marginal:** Es el procedimiento por el cual se calculan las tasas de retorno marginal (demuestra el retorno de inversión económica realizada más los ingresos adicionales) entre los tratamientos no dominados (comenzando con el tratamiento de menor costo y procediendo paso a paso al que le sigue en escala ascendente) y se comparan esas tasas del retorno mínima aceptable para el agricultor. Este tipo de análisis es útil tanto para realizar recomendaciones para el agricultor cuando existe suficiente evidencia experimental, como para seleccionar los tratamientos de ensayos posteriores (CIMMYT, 1988).

Para realizar este análisis se deben realizar los siguientes cálculos:

Ecuación 8

$$\text{Costo marginal} = \text{CostTrA} - \text{CostTr B}$$

Donde:

Cmg: Costo Marginal

CostTrA: Costo total tratamiento A

CostTrB: Costo total tratamiento B

Ecuación 9

$$\text{Beneficio neto marginal} = \text{BnTrA} - \text{BnTrB}$$

Donde:

BnTrA: Beneficio neto Tratamiento A

BnTrB: Beneficio neto Tratamiento B

Ecuación 10

$$TRM = \frac{BnM}{Costm}$$

Donde:

TRM: Tasa de retorno marginal

BnM: Beneficio neto marginal

Costm: Costo Marginal

5.7 Definición de la toma de muestra.

5.7.1. Metodología de muestreo y análisis de suelo por finca.

Para ejecutar el programa Smart Fertilizer primeramente se realizó un muestreo y análisis de suelo.

El muestreo de suelos se realizó en cada finca realizando 2 calicatas (excavaciones) en la parte de arriba de la parcela y la otra en la parte de abajo con dimensiones de 50 cm de ancho x 50 cm de largo x 50 cm de profundidad. En cada calicata se efectuó muestreo de suelos a dos profundidades: 0-10 cm y 10-30 cm. En las calicatas no se tomaron muestras compuestas.

En la parte media se tomaron 15 submuestras con el método del zig-zag a dos profundidades (0-10 y 10-30 cm) y se mezclaron para obtener una muestra compuesta en cada profundidad. En total se tomaron 6 muestras de suelos en cada finca. Posteriormente dichas muestras se remitieron al laboratorio de suelo para su respectivo análisis (Mendoza, y otros, 2013).

Los resultados del análisis fueron ingresados al programa Smart Fertilizer.

Para la toma de muestra del análisis de suelo se utilizaron dos tipos de muestreo:

- Muestreo sistemático, realización de calicatas en la parte alta y baja de la parcela, toma de muestra a dos profundidades, 0-10 cm y 10-30 cm.
- Muestreo simple al azar, en la parte media de la parcela con la técnica del zig-zag, a dos profundidades, 0-10 cm y 10-30 cm.

Las muestras fueron enviadas al Laboratorio LABSA para su respectivo análisis.


5.7.2. Muestreo para variables de desarrollo

Muestreo simple al azar con el método de muestreo por racimo: dentro de la parcela útil de muestreo (10 surcos centrales) se tomaron datos en 5 sitios diferentes con la técnica del metro lineal, se muestrearon las plantas que estaban dentro de los 2.50 m (Equivalente a 10 plantas) que se tomaron en cada sitio de muestreo, para así poder muestrear el número de muestras (50 en total por tratamiento), calculadas de la siguiente manera:

Ecuación 11

$$n' = \frac{S^2}{V^2} = \frac{p(1-p)}{(0.015)^2} = \text{error estándar} = \frac{0.5(1-0.5) = 0.25}{0.000225} \quad n' = 1111.11$$

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$



$$n = \frac{1111.11}{1 + \frac{1111.11}{10}}$$

Número de surcos en parcela útil de muestreo.

= 10 plantas por sitio de muestreo (50 en total por tratamiento)

Donde:

n' : tamaño de la muestra sin ajustar

v^2 : Varianza de la población al cuadrado

S^2 : varianza de la muestra expresada como probabilidad de ocurrencia

N : tamaño de la población, en este caso es el número de surcos.

Metodología de (PROMIPAC;ZAMORANO, 2003) y (Sampieri, 2006)

5.7.3. Muestreo para variables de rendimiento

Para el análisis de rendimiento el tipo de muestreo a utilizar es el muestreo no probalístico debido a que se utilizaron todas las plantas que se encuentran dentro de la parcela útil de muestreo (los 10 surcos centrales) que equivale a 1340 plantas en total. (PROMIPAC;ZAMORANO, 2003) (CIMMYT, 1988).

5.8 Establecimiento y manejo de las parcelas

5.8.1. Manejo de la parcela

La preparación y limpieza del sitio donde se establecieron las parcelas fue a criterio del productor. La variedad de maíz sembrada fue Olotillo y se utilizó 18 kg/ha de semillas con una distancia entre surco de 80 cm y 25 cm entre golpe, 4 plantas por metro o golpe donde se obtuvo una densidad de 60,000 plantas por hectárea.

El control de malezas se realizó con el aporque y la limpieza manual de la parcela, uno a los 15 -20 días y el otro a los 35-40 días después de la siembra.

La fertilización al cultivo fue en base a cada tratamiento en 4 momentos:

- 1) Siembra al fondo del surco
- 2) Cuando la planta alcanzó entre 8-9 hojas, generalmente a los 20- 25 días después de la siembra (etapa V9) y durante el aporque.
- 3) Al inicio de espiga 40-45 días después de la siembra.
- 4) Etapa R4 60 días después de la siembra.

Durante el ciclo de cultivo se realizó monitoreo de plagas y enfermedades. Su manejo se realizó en base a un recuento de plagas que se justificó mediante la aplicación de prácticas de Manejo Integrado de plagas.

5.9 Análisis estadístico

Los datos se registraron en hojas de muestreo y se digitalizaron en el programa gestor de datos EXCEL.

Se realizó un análisis de los datos a través del análisis de pruebas t para muestras independientes el cual se utiliza para comparar medias de dos grupos de casos, con el programa estadístico SPSS 23 (Paquete Estadístico para Ciencias Sociales) con nivel de confianza del 95%.

Los resultados obtenidos son presentados a través de tablas y gráficos para su análisis e interpretación.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Efecto de la fertilización edáfica sobre rendimiento

6.1.1. Fertilidad de los suelos en las parcelas de estudio

Tabla 7. Clase de textura de suelo predominante en las parcelas de estudio ubicadas en el municipio El Jicaral 2019.

Comunidad	Arcilla	Limo %	Arena	Clase de textura
San Juan de Dios	55	25	20	Arcilloso
El Censo	21	28	51	Franco-Areno-Arcilloso
Las Mojarras	27	20	53	Franco-Areno-Arcilloso
El Tagüe	40	28	32	Franco-Arcilloso

n= 24

La distribución de las partículas del suelo es la base para la clasificación de las clases de texturas que un terreno determinado posee. En las parcelas de estudio las clases de texturas predominantes son: Arcilloso, Franco-Areno-Arcilloso y Franco-Arcilloso (Tabla 7). Estas texturas otorgan al suelo características propias tanto químicas como físicas (Mediatrader, 2005).

En las siguientes tablas se presenta un afianzado de los análisis químicos realizados a las muestras de suelo obtenidas de cada parcela en estudio, se exponen valores promedios de cada Variable. Las categorías de cada variable se determinan en base a la tabla de interpretación del laboratorio LAQUISA (Anexo 2).

Tabla 8 Resultados del contenido de pH, densidad aparente, materia orgánica y macroelementos de las parcelas en estudio ubicadas en el municipio El Jicaral 2019.

Clase de Textura	pH	DA g/cm ³	MO %	N	P ppm
Arcilloso	6.91	1.2	1.45	0.07	2.79
Franco-Areno-Arcilloso	6.62	1.2	1.17	0.06	2.23
Franco-Areno-Arcilloso	6.62	1.2	2.12	0.11	15.13
Franco-Arcilloso	6.82	1.2	3.49	0.18	7.81

Clase de Textura	pH	DA g/cm³	MO %	N	P ppm
Media	6.74	1.20	2.06	0.11	6.99
Categoría	Ligeramente ácido	Medio	Medio	Medio	Bajo
	(5.65-6.8)	(1.0-1.4)	1.9-4.2	(0.096- .158)	11- 20

n = 24

En la variable pH se obtuvo una media de 6.74 que se caracteriza como suelos ligeramente ácidos, según la referencia del laboratorio LAQUISA. Bajo estas condiciones de pH se considera que habrá mayor disponibilidad de los nutrientes para el cultivo. Toledo (2016) Indica que existe más asimilación de los nutrientes en los cultivos con pH entre 6.0 a 7.0.

Densidad Aparente (DA) La determinación de la DA tiene un valor extraordinario para conocer el estado físico del suelo, refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad debido a que varía por la acción de agentes externos e internos como por ejemplo la compactación y la dispersión de las partículas respectivamente (H.D.Foth, 1987).

La DA presenta valores óptimos para la producción agrícola (1.22 g/cm³) e indican que son suelos no compactados. Se consideran suelos compactados cuando superan los valores de 1.8 g/cm³ (Mendoza, y otros, 2013).

La materia orgánica (MO) presenta resultados que van de bajos a medio según la tabla de interpretación de LAQUISA, (Anexo 2), siendo la concentración de MO de la textura Franco-Arcillosa de la comunidad El Tagüe que presenta el único valor mayor de 3.49% de materia orgánica. Esto se debe a las prácticas agrícolas del productor en estudio, ya que en la encuesta realizada (Anexo 3, tabla 3d) se expone que realiza reciclaje de rastrojo, y para la limpieza del terreno utiliza herbicidas solamente cuando la maleza ha alcanzado una altura mayor a los 50 cm, de lo contrario solamente práctica chapea o arrancado con la mano y para la siembra utiliza el espeque sin remoción del

suelo. Todas estas actividades de manejo del suelo ayudan a la conservación de la materia orgánica (Walle, 2003), lo que explica el alto contenido de esta en comparación a las otras parcelas.

A diferencia de los demás productores que, realizan remoción de suelo y aplicaciones constantes de herbicidas, la incorporación de MO es algo no indispensable para ellos. Es por ello que el contenido de la MO es bajo en estas parcelas, a pesar que la clase de texturas como la arcillosa, debería de presentar valores más altos a los obtenidos en el análisis de laboratorio, debido a que la arcilla forma agregados, junto con el humus muy importantes para la fertilidad del suelo, al retener sales minerales (Fassbender, 1982).

El nitrógeno (N) es uno de los principales macroelementos para la nutrición de los cultivos y dependen directamente del contenido de materia orgánica presente en el suelo (Mendoza, y otros, 2013). En 1982 un estudio realizado por Fassbender demuestra que en suelos tropicales el porcentaje de Nitrógeno oscila entre 0.5 % a 0.4 %.

Al comparar estos resultados de Fassbender con los resultados obtenidos en esta investigación las concentraciones de N son sumamente bajas, el más alto presenta un valor medio mínimo de 0.18 % en el caso de la textura Franco Arcillosa (comunidad El Tagüe), en donde se realiza la incorporación de los residuos de cosechas (Anexo 3, tabla 3d). Según (Berry, R, L., D.J., & S P., 2002) los residuos de cosechas de las especies gramíneas tienden a tener baja concentración de N y tasas de mineralización muy bajas, determinando así que se debe realizar además de la incorporación de rastrojos otras prácticas que ayuden al aumento del contenido de N en el suelo, un ejemplo el asocio con cultivos de la familia leguminosa.

El Fósforo (P) desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces (Munera Velez & Meza Sepulveda, 2013) .El contenido promedio de fósforo de los suelos en estudio se encuentra en categoría “bajo” con valores de 7 ppm, dado que la LAQUISA considera como suelos con promedio bajo en fósforo entre los rangos de 0–10 ppm.

La parcela ubicada en Las Mojarras con textura Franco-Areno-Arcillosa es la que presenta el contenido más alto en fósforo (15.13 ppm) en comparación a las otras parcelas. Sin embargo, esta concentración de fósforo es limitada en su disponibilidad por la fijación de la arcilla, contenido de MO y los cambios de pH que sufre el suelo con las aplicaciones constantes de fertilizantes químicos (Anexos 3). Según (Fassbender, 1982) el 82% de los suelos agrícolas de la región presentan deficiencia de P por lo antes mencionado.

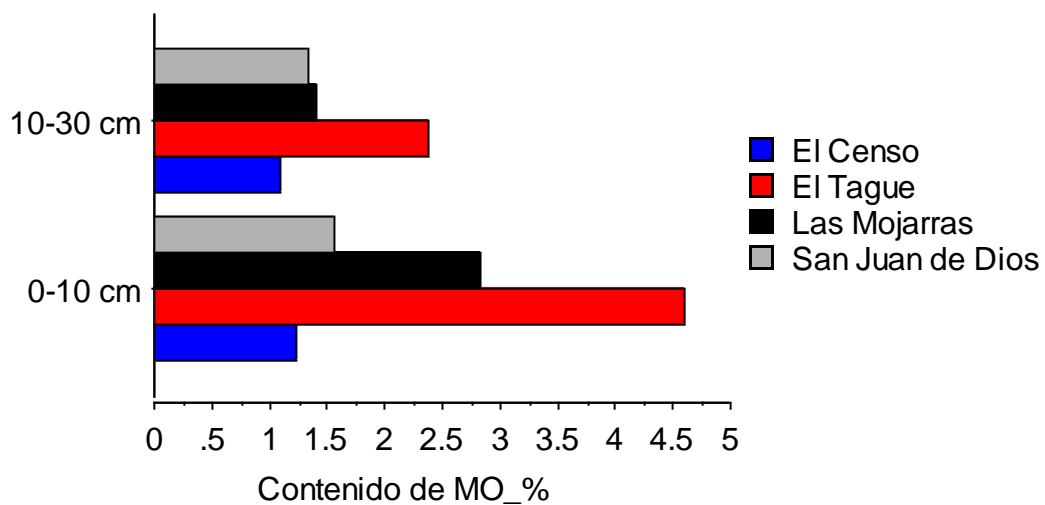


Gráfico 1 Distribución del contenido de materia orgánica por profundidad y comunidad. Municipio El Jicaral 2019.

En el gráfico podemos observar el contenido de MO en las distintas profundidades muestreadas, donde la profundidad de 0-10 cm en las diferentes comunidades muestra mayor porcentaje de MO, en comparación con la profundidad de 10-30 cm en donde podemos verificar lo que menciona (Fassbender, 1982) que el contenido de materia orgánica de los suelos es muy variable y decrece con la profundidad en el perfil del suelo.

Tabla 9 Resultados del contenido de cationes y la capacidad de intercambio de los suelos en estudio. Municipio El Jicaral 2019.

Clase de Textura	Ca	Mg	K	CIC
	meq/100 g			
Arcilloso	22.26	4.97	0.15	37.76
Franco-Areno-Arcilloso	14.36	4.51	1.22	23.65
Franco-Areno-Arcilloso	21.76	4.36	1.49	26.64
Franco-Arcilloso	12.25	3.01	0.73	35.84
Media	17.66	4.21	0.90	30.97
Categoría	Medio	Medio	Alto	Medio

n:24

Tabla 10 Resultados de los análisis de suelo de las relaciones entre cationes, laboratorio LABSA de la Universidad Agraria de Nicaragua.

Textura	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg) /K
Meq/100 g				
Arcilloso	4.98	148.4	33.13	181.53
Franco-Areno-Arcilloso	3.18	11.77	3.7	15.47
Franco-Areno-Arcilloso	5	14.6	2.93	17.53
Franco-Arcilloso	4.07	16.78	4.12	20.9
Media	4.31	47.89	10.97	58.86
Categoría	Ideal	Def K	Aceptable	Def K

n=24

El Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) son otros de los macroelementos importantes para el desarrollo de las plantas. El Calcio es esencial para la floración y formación de frutos y el Magnesio contribuye a la formación de clorofila.

El contenido de Calcio se encuentra en un nivel medio de 17.66 meq/100 g en donde la comunidad de mayor concentración es San Juan de Dios con valores de 22.26 meq/100 g. debido a esto, dicha comunidad es la que presenta el contenido de Potasio (K) más bajo (tabla 9) ya que altos valores de este elemento inhiben la absorción de K (Mendoza, y otros, 2013).

El magnesio (Mg) se presenta con un promedio de 4.21 meq/100 g reflejando así niveles óptimos para el desarrollo de las plantas. Bajo las condiciones de suelo con textura Arcillosa (San Juan de Dios) el contenido de Mg es 4.97 meq/100 g, siendo el más alto de los valores obtenidos, debido a la alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) (37.76 Meq/100 g) ya que según (FAO, s.f.), el nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes en este caso el Mg, además como antes se mencionaba, este suelo es de textura arcillosa motivo por el cual tiene una alta CIC ya que la arcilla es uno de los componentes orgánicos del suelo con alta capacidad de intercambio catiónico (FAO, s.f.)

El Potasio (K) es un macroelemento esencial en las plantas, contribuye en el proceso osmótico de las células. Es el encargado del alargamiento celular y la turgencia de las plantas, además es el responsable de la apertura y cierre de las estomas en las hojas (Coronel, 2003).

En este estudio obtuvimos resultados muy altos en Potasio presente en el suelo, siendo la comunidad de San Juan de Dios con una textura de suelo Arcillosa, el único con resultados bajos 0.15 meq/100 g. Esto indica que las condiciones de este suelo, bajo el sistema de producción actual (Anexo 3, tabla 3a) han ocasionado una disminución de este elemento, ya que los suelos con textura arcillosa contienen por lo general mayor contenido de nutrientes debido a la alta capacidad de intercambio catiónico (FAO, s.f.).

El Potasio es el elemento de intercambio más bajo, influenciado por el alto contenido de Calcio y Magnesio (Arias Jiménez, 2001), alto valor de Ca y Mg inhibe la absorción del K. Otra manera de explicar esta analogía es a partir de la tabla 10 donde se presentan las relaciones entre los cationes y que nos indica la deficiencia de K por los resultados de Ca/K de 148.4 Meq/100 g, Mg/K de 33.13 Meq/100 g, (Ca+Mg)/K de 181.53 Meq/100 g; valores que Rey (2019) los coloca en las categorías de deficiencia de Potasio según su tabla de interpretación (Anexo 2) que también concuerda con la tabla de interpretación de LAQUISA (Anexo 2).

Las comunidades de las Mojarras, El censo y El Tagüe presentan concentraciones de 1.49 meq/ 100 g, 1.22 meq/ 100 g y 0.73 meq/ 100 g respectivamente.

Un estudio realizado por (Fassbender, 1982) en América central indica que la concentración de K en el suelo oscila entre 0.2 a 0.5 meq/ 100 g, aunque en algunos casos puede llegar hasta 8 meq/ 100 g. Las altas concentraciones de este elemento se reflejan en los valores bajos de nitrógenos, debido al desplazamiento del mismo en los cuerpos de intercambios provocados por el K.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es la cantidad total de cargas negativas que están disponibles en la superficie de las partículas del suelo principalmente en las arcillas y Materia orgánica. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores (Mendoza, y otros, 2013). Los valores presentes en los suelos de estudio presentan en promedio valores de 30.97 meq/100 g, que según la tabla de interpretación de LAQUISA (anexo 2) está entre los rangos medios.

Tabla 11 Resultados de los análisis de suelo en el laboratorio LABSA de la Universidad Agraria de Nicaragua.

Clase de Textura	Zn	B	SO4	Fe	Cu	Mn
	Ppm					
Arcilloso	0.52	0.03	12.47	3.93	2.58	53.27
Franco-Areno-Arcilloso	0.38	0.15	4.22	9.37	1.80	26.82
Franco-Areno-Arcilloso	1.18	0.03	36.40	14.50	0.68	47.93
Franco-Arcilloso	0.95	0.03	29.11	3.83	2.78	35.35
Media	0.76	0.06	20.55	7.91	1.96	40.84
Categoría	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio

n:24

El Zinc (Zn) y Boro (B) son microelementos presentes en el suelo que tienen mucha importancia para el desarrollo de las plantas.

La cantidad de Zn presente en el suelo en estudio es muy baja, con concentraciones promedio de 0.76 ppm según la tabla de interpretación de LAQUISA (anexo 2). Los factores del suelo que afectan la disponibilidad de Zn son diversos entre ellos está, alto nivel de carbonatos (CaCO₃), pH elevado, suelos arcillosos, bajo

contenido de materia orgánica, baja humedad del suelo y altos niveles de óxidos de Fe y Al (INTRAGRI, 2014).

El microelemento B está en un valor promedio bajo de 0.06 ppm en los suelos analizados.

Según (Alarcón Vera) las fertilizaciones nitrogenadas en grandes cantidades inhiben la disponibilidad de boro en el suelo. Si observamos las respuestas de los productores a la encuesta realizada (Anexos 3) todos realizan aplicaciones de urea año con año de manera irracional. La baja concentración de B puede estar influenciado por lo antes mencionado.

El Azufre (S) es uno de los elementos esenciales en plantas superiores, quienes lo obtienen principalmente del suelo en forma de sulfato (SO_4), aunque también son capaces de captarlo de la atmósfera, como dióxido de azufre (SO_2) (Maldonado, 2014).

La presencia de SO_4 en los suelos estudiados se muestran en bajos niveles con un promedio de 20.55 meq/100 g. Las deficiencias de azufre son más probables en los suelos con bajo nivel de materia orgánica (menos del 2%) y condiciones de alta precipitación.

Sin embargo, incluso en suelos con alto contenido de materia orgánica, a menudo, la descomposición de la materia orgánica y el proceso de mineralización no son lo suficientemente rápidos para cumplir con el requerimiento de azufre del cultivo (Smart Fertilizer, 2020).

Los microelementos Hierro (Fe), Cobre (Cu) y Manganeso (Mn) son tan importantes como los macroelementos, a pesar de que las plantas los requiere en cantidades más pequeñas (Cerveñansky, Barbazán, & Mori, 2016). Estos elementos presentan concentraciones bajas siendo el Mn el único con valores medios de 40.84 ppm según la tabla de interpretación de LAQUISA (anexo 2).

6.1.2. Gráficos de interpretación de los análisis de suelo desarrollados por el SMART Fertilizer.

El Software en estudio Smart Fertilizer crea el gráfico de interpretación de las concentraciones de los elementos disponibles en el suelo con los resultados de los análisis de suelo ingresados al mismo, en base al requerimiento nutricional del maíz. Donde el software se encarga de procesar dicha información tomando en cuenta las bases de datos y los rangos de referencias de diversos laboratorios los cuales están afiliados al programa.

En el gráfico de clasificación de las concentraciones de nutrientes emitida por el Smart, muestra la igualdad en cuanto a la tabla de referencia de contenidos de nutrientes del suelo del laboratorio LAQUISA. Ambos coinciden con los niveles para otorgar las categorías a cada uno de los parámetros analizados.

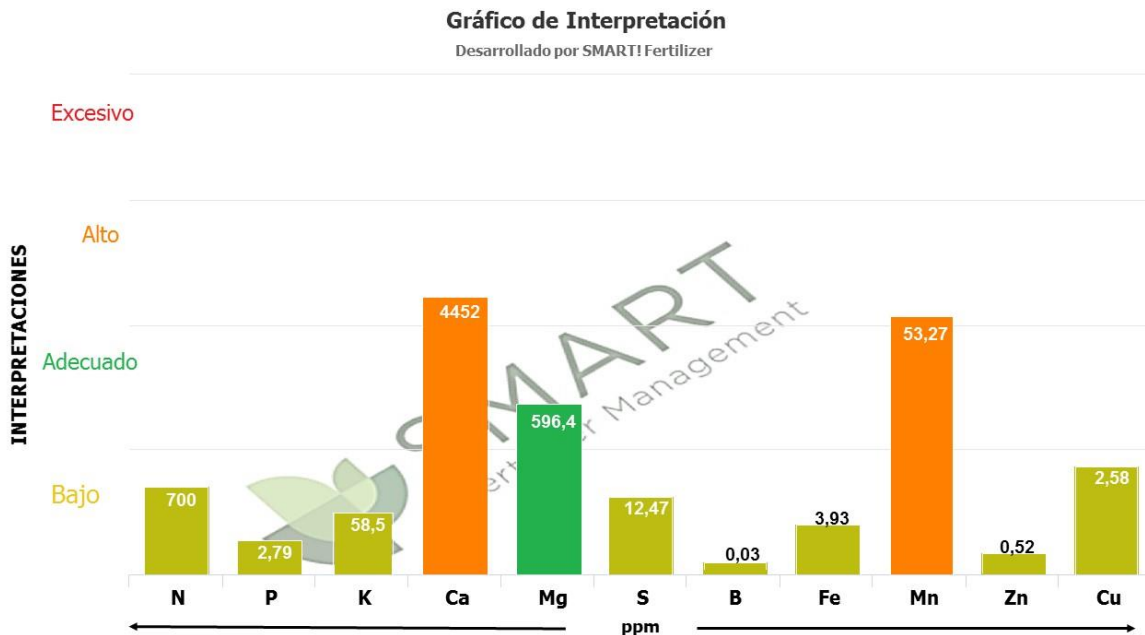


Gráfico 2 Interpretación de los análisis de suelo desarrollada por el SMART Fertilizer en base a la necesidad de nutrientes en el cultivo de maíz de la comunidad San Juan de Dios ubicada en el municipio de El Jicaral 2019.

La comunidad de San Juan de Dios a pesar de tener un suelo de textura arcillosa y con una CIC alta presenta uno de los niveles más críticos de nutrientes para el cultivo

de maíz, esto se refiere al contenido de MO afectado por las labores agrícolas realizadas año con año en la parcela (anexo 3, tabla 3a).

En el grafico 2 se puede observar que los elementos están en niveles bajos. Ca y Mn son los elementos que tienen altos contenidos y el Mg es el único nutriente que aparece en el rango adecuado para el cultivo en estudio.

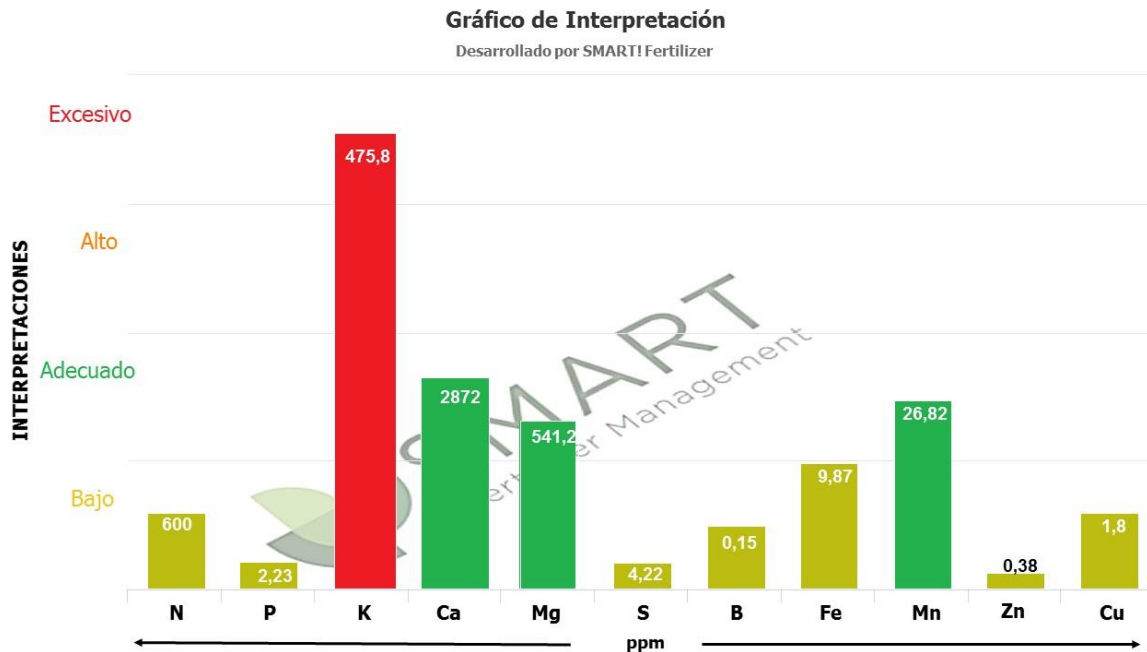


Gráfico 3 Interpretación de los análisis de suelo desarrollada por el SMART Fertilizer en base a la necesidad de nutrientes en el cultivo de maíz de la comunidad El Censo ubicada en el municipio de El Jicaral 2019.

En la parcela en estudio con textura de suelo franco Arenoso-arcilloso (comunidad El Censo) presenta una excesiva concentración de K (475. 8 ppm) lo que indica el enriquecimiento de este elemento en el suelo, sin embargo, induce al mismo tiempo un desplazamiento del nitrógeno en los cuerpos de intercambio, lo que explica en alguna medida la poca concentración en este suelo.

(Camak, 2015) menciona que entre el nitrógeno (en forma de NH_4^+) y el Potasio(K) existe un efecto antagónico, donde una alta concentración de K provoca menor absorción de Nitrógeno.

Los cationes Ca y Mg están en el rango adecuado debido a esto existe una buena relación catiónica entre ambos con el K a como se presenta en la tabla 10.

De los microelementos presentes en el suelo el único ubicado en el rango adecuado es el Mn, los otros elementos (B, Fe, Zn, Cu) se encuentran en niveles bajos. El cultivo de maíz requiere de estos elementos en pequeñas cantidades por lo cual estas concentraciones no generan un problema de deficiencia en dicho cultivo.

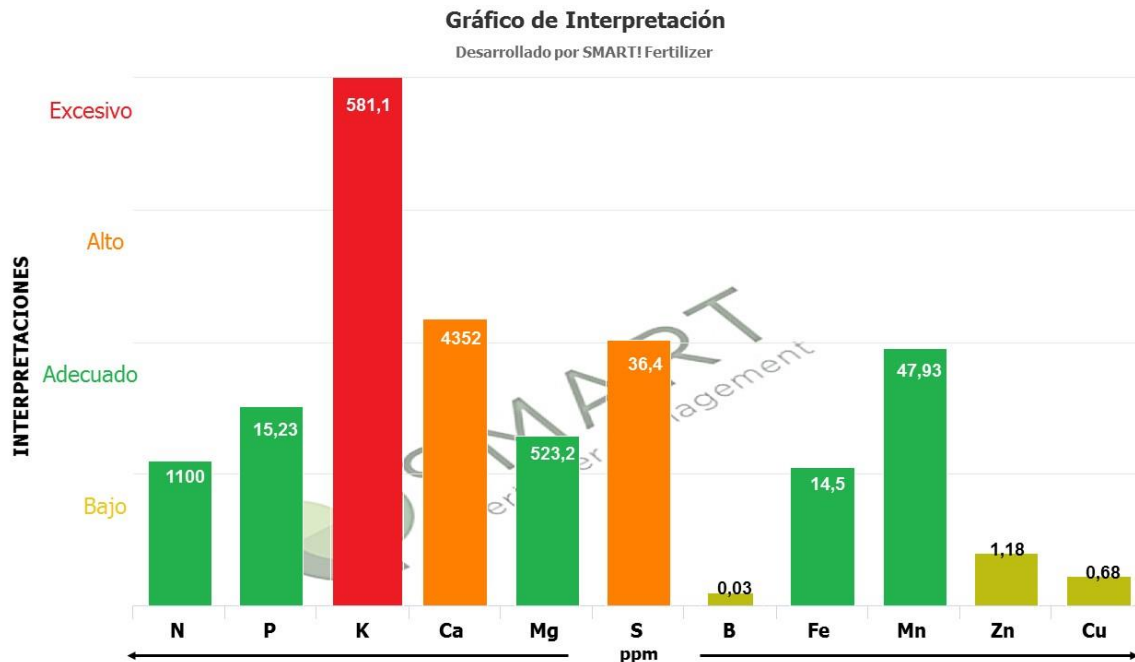


Gráfico 4 Interpretación de los análisis de suelo desarrollada por el SMART Fertilizer en base a la necesidad de nutrientes en el cultivo de maíz de la comunidad Las Mojarras ubicada en el municipio de El Jicaral 2019.

La parcela ubicada en la comunidad de las Mojarras es una de las dos parcelas que presentan mejores concentraciones de nutrientes para el cultivo de maíz, esto se debe al % de MO existente en estos suelos, que está en niveles óptimos (2.12).

En el grafico se observa que K es el elemento en exceso, es por eso que el SMART en el plan de fertilización generado indica una baja aplicación de este elemento.

El nutriente que tuvo la concentración más baja fue el Boro (B), en los suelos agrícolas están calificados como bajos (INTAGRI, 2019). El B es uno de los 8 microelementos esenciales para el desarrollo de los cultivos y desempeña un papel fundamental en el desarrollo normal del tejido reproductivo (INTAGRI, 2019).

El cultivo de maíz necesita absorber 0.2 Kg/ha de Boro en todo su ciclo de vida, por ende los niveles que presenta este suelo es adecuado para el correcto funcionamiento fisiológico del cultivo en estudio.

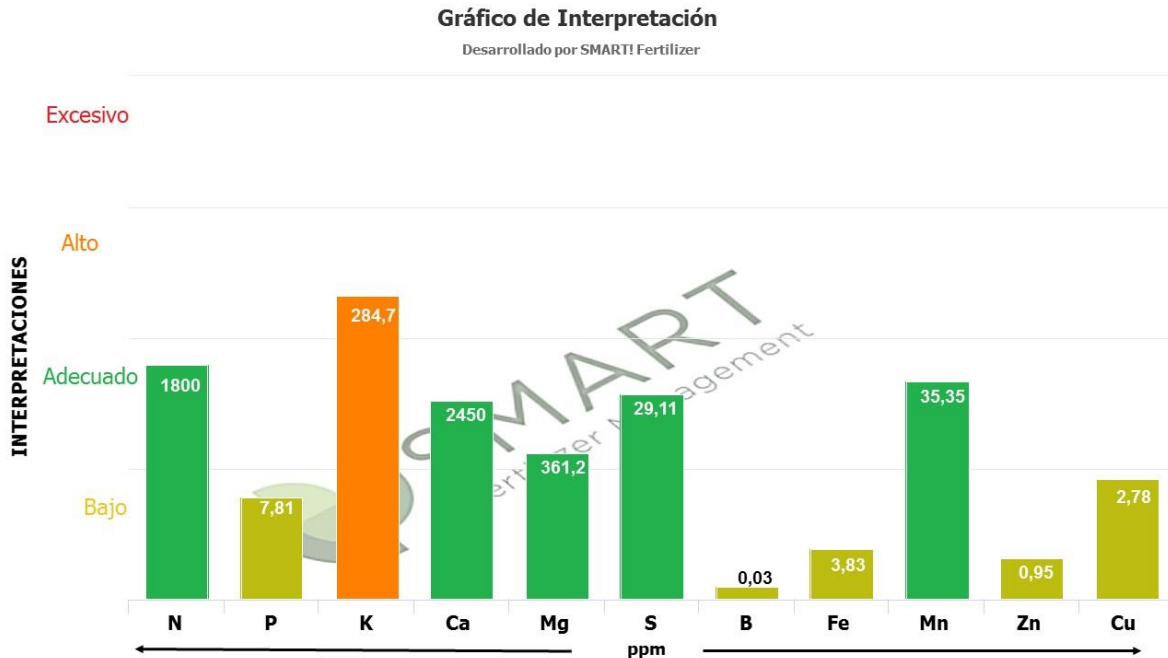


Gráfico 5 Interpretación de los análisis de suelo desarrollada por el SMART Fertilizer en base a la necesidad de nutrientes en el cultivo de maíz de la comunidad El Tagüe ubicada en el municipio de El Jicaral 2019.

La textura franco-Arcillosa (comunidad El Tagüe) contiene mayor % de MO (3.49) y una de las dos mejores CIC (35.84) obtenidas entre las demás texturas de las parcelas en estudio, de modo que las concentraciones de los nutrientes presentes en el suelo en su mayoría son adecuadas para el cultivo de maíz.

Esto se debe al sistema de producción actual del productor, éste realiza labores de conservación de suelo, Reciclaje de rastrojos, cero labranzas entre otras actividades que se mencionan en el Anexo 3, tabla 3d, que propician a la conservación de la Materia orgánica y de los nutrientes.

6.2 Variables de desarrollo del cultivo:

6.2.1. Altura cm

La altura de planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado de grano y puede verse afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes. (Somarriba Rodriguez, 1998).

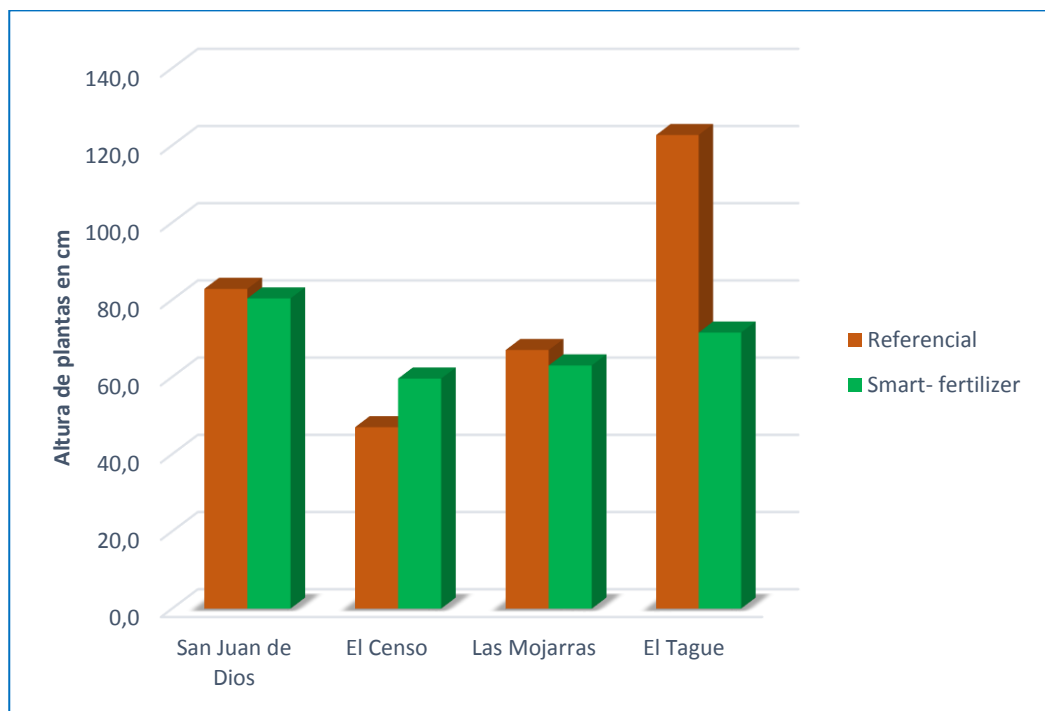


Gráfico 6 Altura de plantas de maíz por tratamiento evaluado. A los 25 dds. El Jicaral Postrera 2019.

La toma de datos para la variable altura se realizó en dos momentos, la primera a los 25 días después de la siembra (DDS) y la segunda toma a los 60 DDS. La mayor altura que se obtuvo a los 25 DDS fue en el tratamiento referencial con un promedio de 78.9 cm a diferencia del tratamiento Smart que alcanzó un promedio de altura de 68.6 cm. Este resultado se debe a que el crecimiento del maíz es lento en este periodo de su desarrollo, por lo que es una etapa muy temprana para mostrar el efecto de los fertilizantes aplicados (Blessing Ruiz & Hernández Morrison, 2008)

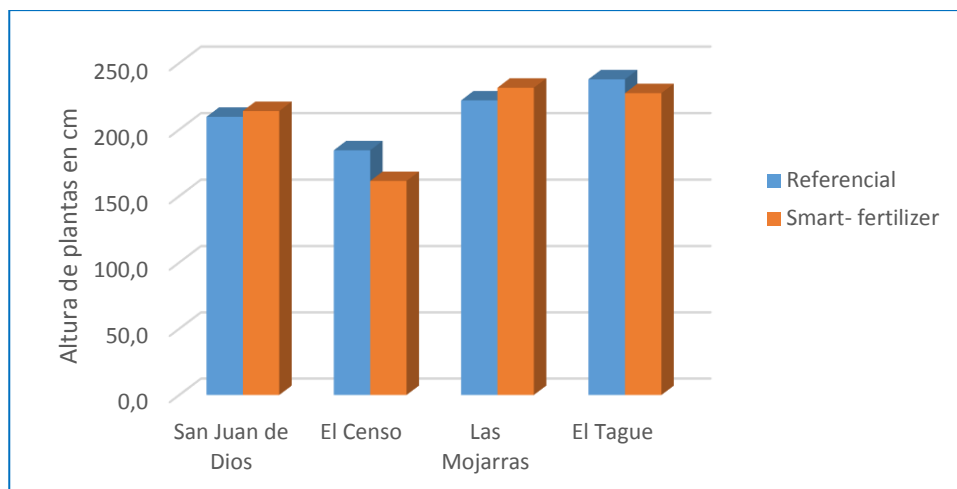


Gráfico 7 Altura de plantas de maíz por trata a los 60 dds. El Jicaral, Postrera 2019.

A los 60 DDS la mayor altura se observa ligeramente en el tratamiento Referencial registrando una altura de 213.5 cm con respecto al Smart con 208.6 cm. Sin embargo, al final del ciclo se logró nivelar la altura de plantas y de manera visual a nivel de campo no se observó diferencias teniendo un crecimiento similar.

Tabla 12 Comparación para la variable altura de la planta de Maíz en tratamiento con Smart- fertilizer y referencial. El Jicaral, Postrera 2019.

Estadísticos	Tratamiento	Altura/ planta en cm	
		25 DDS	60 DDS
Media	Smart - FFFFF	68.64	208.53
	Referencial	79.81	213.49
Significancia		.000	.085
		**	NS
Desviación estándar		14.53	44.56
		31.64	35.02

DDS: Días después de la siembra ** Significancia NS: No significancia n: 400

Al realizar las comparaciones de media a través de la prueba t student para muestras independientes se logra observar que los resultados de altura a los 25 DDS tienen diferencias significativas siendo el tratamiento referencial el de mayor tamaño. En cambio, en los resultados a los 60 DDS no existe diferencia significativa, en ambos tratamientos la altura fue similar tanto estadística como visual.

(Sobalvarro Bravo & Díaz Carballo, 2016) Señalan que el momento de aplicación de fertilizantes tiene efecto en el rendimiento y que el fertilizante al momento de la siembra incrementa el crecimiento radicular e impulsa el desarrollo temprano, dejando el Nitrógeno disponible y menos riesgo de lixiviación.

6.2.2. Diámetro o grosor del tallo

El diámetro del tallo es de gran importancia en las plantaciones de maíz, ya que entre más diámetro exista menor será el doblamiento de los tallos cuando son afectados por fuertes vientos. Según Zaharan y Garay en 1991, citados por (Vázquez & Ruiz, 1993), el diámetro del tallo depende de la variedad, las condiciones ambientales y nutricionales del suelo.

(INTA, 2001) Afirma que la aplicación de nitrógeno es uno de los factores que influye en el diámetro de las plantas. (Arzola & Alfonso, 1982), también afirma, que las altas dosis de nitrógeno influyen positivamente en el diámetro del tallo.

Para el registro de datos de diámetro del tallo se dividió en 2 momentos, 25 días y 60 días. En la primera toma de datos el tratamiento referencial supero levemente al Smart como se observa en el gráfico 8, principalmente en la parcela de la comunidad el tagüe. Para el segundo registro de datos el tratamiento Smart supero a al referencial teniendo significancia según los resultados del análisis estadístico (Gráfico 9 y tabla 13).

Tabla 13 Comparación para la variable Diámetro/Grosor del tallo en tratamiento con Smart- fertilizer y referencial. El Jicaral, Postrera 2019.

Estadístico	Tratamiento	Diámetro/ planta en cm	
		25 DDS	60 DDS
Media	Smart	1.8	2.9
	Referencial	1.8	2.5
Significancia		.499	.032
		NS	**
Desviación estándar		.5223	.4747

DDS: Días después de la siembra ** Significancia NS: No significancia n: 400

Por otro lado, fisiológicamente se podría decir, que referente a la fertilización y absorción de nutrientes, la absorción de N de la planta en la parcela Smart fue mayor, ya que el N influye positivamente el diámetro del tallo como lo afirma (Arzola & Alfonso, 1982) citado anteriormente.

Es importante por eso los momentos de aplicación de fertilizantes y equilibrio de nutrientes en la planta, para que la planta no carezca de elementos esencial para su desarrollo, que le otorgan las características fisiológicas necesarias en el momento determinado. Tal es el caso de la necesidad que puede tener una planta de aumentar el diámetro de tallo, cuando la planta alcanza su mayor altura y de esta manera protegerse de los fuertes vientos comunes en los periodos de siembra como lo menciona (Zaharan & Garay, 1991).

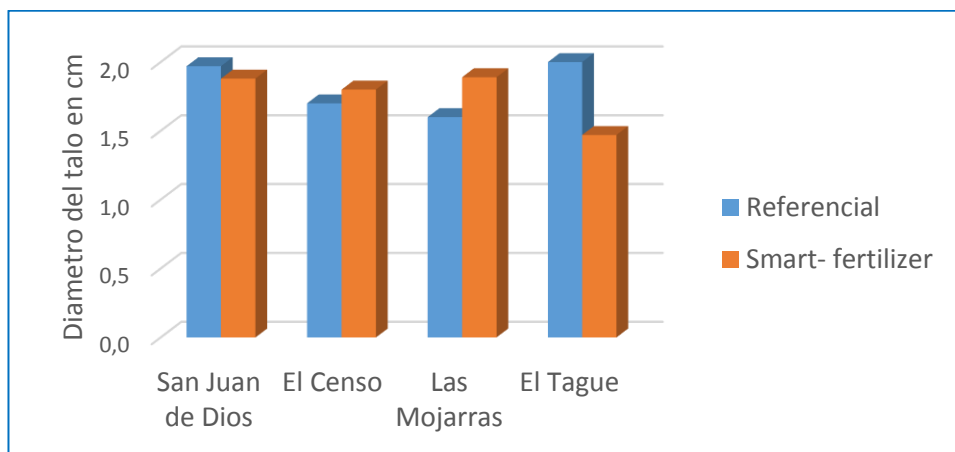


Gráfico 8 Grosor del tallo en plantas de maíz a los 25 dds por tratamiento. Postretera 2019.

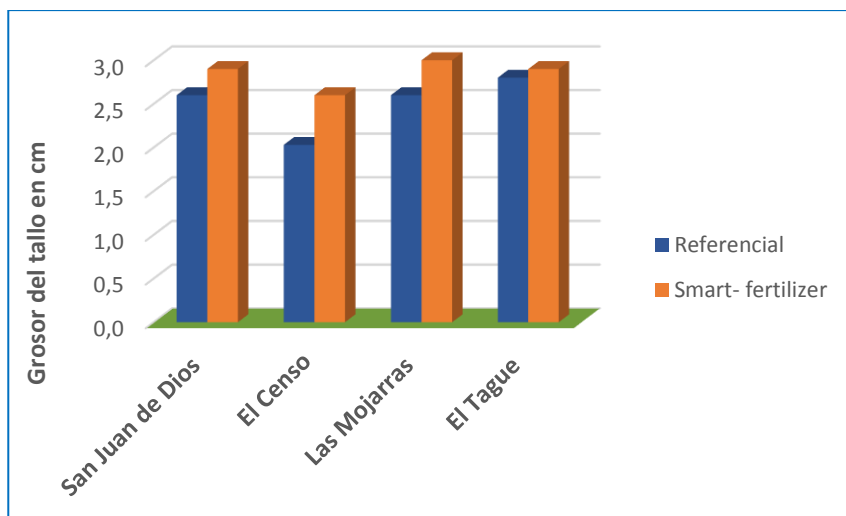


Gráfico 9 Grosor del tallo en plantas de maíz a los 60 dds por tratamiento. Postrera 2019.

6.2.3. Producción de biomasa vegetal:

Según Nair (1997).La Biomasa es el resultado de la transformación de energía solar en energía química y una forma eficiente de fertilizar de manera natural el suelo a través de la incorporación de la misma.

El tratamiento Smart supero considerablemente al referencial en cada una de las etapas, sea raíz, tallo, hojas y mazorca es por eso que se podría decir técnicamente que la distribución de los nutrientes suministrados a través de la fertilización se distribuyó uniformemente en cada parte de la planta y además produjo una mayor cantidad de biomasa. Sin embargo, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 14. Producción de biomasa de la planta de maíz bajo dos sistemas de fertilización. Postrera 2019.

Localidad	Tratamiento	Raíz	Tallo	Hoja		Mazorca
				MS (g)		
San Juan de Dios	Smart	175.5	195.1	46.4	1022.6	
	Referencial	148.2	217.8	63.2	846.7	
El Censo	Smart	174.8	136.4	59.4	515.6	
	Referencial	118.0	161.0	98.9	463.8	

Localidad	Tratamiento	Raíz	Tallo	MS (g)	
				Hoja	Mazorca
Mojarras	Smart	305.8	266.8	146.0	1305.8
	Referencial	175.9	294.7	118.5	424.4
El Tagüe	Smart	148.9	174.7	34.6	924.5
	Referencial	165.4	140.7	34.6	587.4

MS: Materia seca, expresada en gramos. n: 80

Tabla 15 Producción total de biomasa (ton/ha) por tratamiento y localidad.

Localidad	Parcela	MS Ton/ha
San Juan de Dios	Smart	8.36
	Referencial	8.73
El Censo	Smart	5.66
	Referencial	5.03
Las Mojarras	Smart	11.76
	Referencial	7.84
El Tagüe	Smart	10.44
	Referencial	4.94

n: 80

6.3 Variables de rendimiento

El rendimiento es la variable principal en cualquier cultivo y determina la eficiencia con que las plantas hacen uso de los recursos existente en el medio unido al potencial genético de la variedad; por lo tanto, es el resultado de un conjunto de factores biológicos, ambientales y del manejo que se le dé al cultivo los cuales se relacionan entre sí para expresarse en producción de (kg ha⁻¹) (FAO, 1993).

En la presente tabla (Nº 16) se muestra los resultados en base a rendimiento del ensayo, en el cual se tomó número de hileras, numero de granos por hilera, numero de granos por mazorca y peso de 100 granos siguiendo la metodología (Gómez Gutiérrez &

Minelli, 1990) para calcular el rendimiento del cultivo y de esta manera hacer comparaciones entre los tratamientos.

Tabla 16. Promedios de número de mazorca / planta, Número de granos por mazorca, Peso de granos por mazorca con 14 % de humedad. (Secado) y Peso de 100 granos.

Localidad	Tratamiento	No de hileras/ mazorca	No. de granos por hilera	No. granos/ mazorca	Peso de 100 granos(g)
San Juan de Dios	Smart	10.3	22.7	234.2	22.3
	Referencial	10.3	18.6	192.2	20.9
El Censo	Smart	10.3	23.3	238.9	30.2
	Referencial	10.9	15.7	172.0	27.2
Mojarras	Smart	10.4	24.4	253.8	33.8
	Referencial	10.1	19.5	197.9	29.6
El Tagüe	Smart	10.0	22.3	223.3	33.4
	Referencial	10.7	22.7	238.3	32.5
Media	Smart	10.3	23.2	237.9	29.9
	Referencial	10.5	19.1	200.8	27.5
Significancia		NS	0.00**	0.03**	0009**

n: 120

En base al análisis estadístico se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para cada parte de esta variable. En el tratamiento Smart el número de granos por hilera y número de granos/ mazorca fueron mayores, igualmente para el peso de grano. El peso del grano puede variar aproximadamente de 19 a 30 g por cada 100 granos (FAO, 1993).

En el tratamiento Smart resulto con mayor peso del grano con valores de 29.9 g con respecto al referencial 27.5 g. Esta variable demuestra la capacidad de trasladar nutrientes acumulados por la planta en su desarrollo vegetativo al grano en la etapa reproductiva, su movilización contribuye al rendimiento de grano, que difiere con las variedades y las condiciones del medio ambiente (Rivas & Morales, 1991).

Tabla 17. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) para cada tratamiento evaluado en el cultivo de maíz, en el municipio de El Jicaral, departamento de León, periodo de postrera agosto-diciembre 2019.

	Tratamiento	Rdto (Kg/ha)
San Juan de Dios	Smart	1.793,14
	Referencial	1.338,42
El Censo	Smart	1.591,19
	Referencial	685,37
Las Mojarras	Smart	3.583,06
	Referencial	2.736,62
El Tagüe	Smart	2.728,37
	Referencial	2.194,81

En el rendimiento de grano (Kg/ha⁻¹) el mayor peso obtenido fue en el tratamiento Smart con un promedio de 2,118.30 kg ha⁻¹, mientras que el tratamiento referencial alcanzó 1527.85 kg ha⁻¹, estadísticamente presentó diferencias significativas.

En ambos tratamientos el rendimiento fue mayor al promedio de la zona (1300 Kg/ha⁻¹) según (INTA, FAO, & AMEXCID, 2018) pero el Smart fue el que presentó un mejor rendimiento.

6.4 Resultados de la encuesta realizada a los productores (Investigación participativa).

La metodología de investigación participativa aprovecha el conocimiento empírico que tienen los productores sobre el manejo de los sistemas producción de subsistencia, potencialidades y los límites que impone el ambiente cultural, social y político. Este

conocimiento se vuelve útil para la aplicación creativa y no mecánica de las innovaciones generadas en condiciones convencionales de investigación e innovación agropecuarias.

La participación de los pequeños productores en este proceso es aleccionadora por la variedad de sistemas agrícolas y de estrategias productivas que implementan, y por su diversidad en habilidades, entrenamiento, niveles de conocimiento e incluso de rasgos culturales (Córdoba et al, 2004).

Como resultados de la investigación participativa realizada en este estudio se obtuvo que:

- a) Desde el manejo del suelo para su preparación y siembra el productor observó y asimiló prácticas nuevas que posteriormente valoró como necesarias para obtener mayor rendimiento así como en los resultados de nuestra investigación.
- b) En el caso del productor de la parcela de la comunidad El Censo señalaba que normalmente sembraba en dirección a la pendiente, en la investigación se sembró perpendicular a la pendiente. Con anterioridad la preparación de suelo, inducía a un encharcamiento de la parcela lo cual provocaba gran pérdida de plantas incluso algunas no germinaban por dicho problema y otras se perdían por los fuertes vientos. Al cambiar la dirección de siembra el productor logró comprender puntos relevantes referente a la pendiente y su influencia sobre el agroecosistema, y de esta manera mejorar sus sistemas de producción en próximas siembras.
- c) Inicialmente todos los productores aplicaban el fertilizante sobre superficie del suelo sin aporcar ni tapar el fertilizante con excepción del productor de la parcela el Tagüe el cual lo aplicaba al espeque. Los productores después de observar el método correcto de aplicación de los fertilizantes (fertilizar y después aporcar) observaron: que al tapar (aporcar) el fertilizante luego de aplicarlo, las plantas asimilaban de mejor manera el fertilizante demostrado en su color y desarrollo además demostrar efectos más rápidos en la planta que comúnmente estaban acostumbrados a ver en las características de la planta después de fertilizar.
- d) Cabe resaltar que los productores de manera visual observaron mejores resultados en las plantas del Smart como la coloración de las hojas, el tallo y el peso del grano.
- e) Otra observación realizada por todos los productores, fue el haber notado la diferencia entre las parcelas con un plan de fertilización equilibrada (Smart) y la fertilización

referencial (Urea /completo), es decir comprender la ley del máximo y mínimo de la fertilización. Entendieron que la producción no se basa en la cantidad de fertilizante que se aplique, si no en el equilibrio entre nutrientes (Instituto de la Potasa y el Fosforo, 1993).

- f) Al final de la investigación los productores observaron que la parcela Smart tuvo los mejores resultados desde fenología hasta la producción final. Con ello comprendieron la importancia de realizar un plan de fertilización del cultivo de maíz basado en análisis químicos de suelos. Todo plan de fertilización orienta tanto la dosis, como los tipos y momentos de aplicación de los nutrientes.

6.5 Análisis económico sobre la rentabilidad de la producción de maíz bajo los tratamientos evaluados.

El Análisis económico fue realizado a los promedios obtenidos de las cuatro fincas donde se estableció el ensayo, esto se refiere que en cada finca se realizó una toma de datos y al final se realizó un promedio de todas las muestras para obtener un solo resultado y seguidamente realizar el análisis económico.

6.5.1. Análisis parcial

Tabla 18 Resultados del análisis del presupuesto parcial promediado para cada tratamiento evaluado en el cultivo de maíz, en el municipio de El Jicaral, departamento de León, periodo postrera agosto-diciembre 2019.

Indicadores	Tratamientos	
	Smart- Fertilizer	Referencial
Rendimiento medio (Kg/ha)	2,118.30	1,527.85
Rendimiento ajustado (Kg/ha) (5%)	2,012.39	1,451.46
Precio de venta (C\$/Kg)	11.00	11.00
Beneficios brutos de campo (C\$/ha)	22,136.24	15,966.03
Costos totales (C\$/ha)	9,972.00	8,684.25
Beneficios netos (C\$/ha)	12,164.24	7,281.78

n=4

El análisis económico determinado en los promedios de cada tratamiento presenta en términos de costos variables C\$ 9,972.00 córdobas para el tratamiento Smart-Fertilizer y C\$ 8,684.25 córdobas para el tratamiento Referencial.

El presupuesto es una manera de calcular el total de costos que varían. Los costos que varían son los costos (por ha) relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria, que varían de un tratamiento a otro, en este análisis se refleja una ligera viabilidad económica donde se logró obtener rendimientos de 2,118.30 kg/ha para Smart-fertilizer y 1,527.85 kg/ha para el tratamiento referencial. Resultando Mayor al tratamiento referencial y al promedio regional de la variedad, el cual es de 1300 kg/ha⁻¹ (INTA, FAO, & AMEXCID, 2018).

6.5.2. Análisis de dominancia.

Tabla 19 . Análisis de dominancia para los promedios de cada tratamiento evaluado en el cultivo de maíz, Municipio de El Jicaral 2019.

Tratamientos	Total, costos. (C\$/ha)	Beneficios netos. (C\$/ha)	Análisis de dominancia
Referencial	8,684.25	7,281.78	D
Smart- Fertilizer	9,972.00	12,164.24	ND

Se realizó el análisis de dominancia para determinar que tratamientos son dominados por otro. Un tratamiento se considera dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían altos y beneficios netos más bajos, se determinan con la letra D (CIMMYT, 1988).

En el cuadro 2. Se observa que el tratamiento Referencial es dominado por el tratamiento Smart-Fertilizer al presentar costos que varían mayor al beneficio neto.

6.5.3. Análisis de retorno marginal.

La tasa de retorno marginal indica en promedio, lo que el agricultor puede esperar ganar con la inversión realizada, cuando decide cambiar una práctica (o conjunto de prácticas) por otra (CIMMYT, 1988).

Si los productores adoptan el plan de fertilización generado por el Smart implicaría una tasa de retorno marginal del 380% es decir, que, por cada córdoba invertido en la aplicación de plan de fertilización usando Smart- Fertilizer el productor puede esperar recuperar el C\$1 invertido y aun así obtener C\$ 3.8 adicionales.

Tabla 20 Análisis marginal promediado para cada tratamiento evaluado en el cultivo de maíz, Municipio de El Jicaral 2019.

Tratamientos	Costos	Costos marginales	Beneficios netos. (C\$/ha)	Beneficios netos marginales. (C\$/ha)	Tasa de retorno marginal	TRM (%)
Referencial	8,684.30		7,281.78			
Smart- Fertilizer	9,972.00	1,288.00	12,164.24	4,882.50	3.8	380%

7. CONCLUSIÓN

- Lo suelos de las comunidades en estudios son en su mayoría Franco arcilloso, con una Densidad aparente (DA) del 1.22 g/cm^3 . La capacidad de intercambio catiónico (CIC) debido a la textura del suelo se presenta en excelentes concentraciones con valor promedio de 30.39 meq/100g . En el resto de elementos analizados los valores oscilan entre bajos a medios. En las comunidades de El tagüe y Las Mojarras el grado de fertilidad es óptimo para la producción agrícola, en cambio en El Censo y San Juan de Dios sus condiciones son medias por presentar la mayoría de elementos en ese rango.
- El rendimiento presentó diferencias estadísticas significativas (0.14^{**}), el mayor rendimiento fue obtenido con el tratamiento Smart con un promedio de $2,118.30 \text{ kg/ha}^{-1}$, mientras que el tratamiento referencial alcanzó $1527.85 \text{ kg/ha}^{-1}$.
- La mayor rentabilidad económica de los tratamientos evaluados se obtuvo con el tratamiento Smart, 380% de Tasa de Retorno Marginal. En donde por cada córdoba invertido el productor puede esperar recuperar el C\$1 invertido y aun así obtener C\$ 3.8 adicionales.

8. RECOMENDACIONES

- Evaluar nuevamente el plan de fertilización usando el software Smart con variedades mejoradas en diferentes ciclos de siembra, ya que esta investigación se realizó con una variedad criolla utilizada en las comunidades.
- El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) debería de ser custodio de la base de datos tanto de los análisis de la fertilidad de suelo, como de los planes de fertilización del SMART y divulgar dichos resultados.
- Usar el plan de fertilización SMART, ya que los resultados obtenidos en base a rendimiento fueron excelentes en cuanto al promedio regional de 1300 kg/ha⁻¹ y el costo de inversión se recompensa con la tasa de retorno que en nuestro trabajo fue triplicado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Vera, A. L. (s.f.). *El Boro como nutriente esencial*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Obtenido de <http://static.plenummedia.com/40767/files/20150523033838-el-boro-como-nutriente-esencial.pdf>
- Albicette, M. M. (2010). *Una Experiencia de investigación participativa*. Uruguay: INIA.
- Arauz Chavarria, A. H., & Arteta Blandón, J. A. (Septiembre de 2014). *Repositorio CNU*. Obtenido de <http://repositorio.cnu.edu.ni/Record/RepoUNANL3413>
- Arias Jiménez, A. (2001). *Suelos Tropicales 1er edición*. San José, Costa Rica: Universidad estatal a distancia.
- Arzola, N., & Alfonso, C. (1982). *Evaluación de la aplicación de agua de cachaza en condiciones de producción*. Centro Agrícola.
- ASTURIAS. (1986). *Hombres de Maíz* (Primera ed.). Costa Rica: EDUCA.
- Baez Espinoza, J. L., & Marin Lopez, J. R. (2009). *Evaluación de una mezcla de abonos orgánicos versus fertilización sintética sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (Zea Mays L.), El plantel, Masaya, 2009*. Masaya: Universidad Nacional Agraria.
- Berry, P. M., R. S.-B., L., P., D.J., H., & S P., C. (2002). *Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen?* Blackwell Publishing Ltd. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00266.x>
- Blessing Ruiz, D. M., & Hernández Morrison, G. T. (2008). *COMPORTAMIENTO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO EN MAÍZ (Zea mays L.) VAR. NB-6 BAJO PRÁCTICAS DE FERTILIZACIÓN, ORGÁNICA Y CONVENCIONAL EN LA FINCA EL PLANTEL*. Managua: UNA-MANAGUA. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2090/1/tnf01b647.pdf>
- Camak, I. (2015). *Intagri.com*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/sinergismos-y-antagonismos-entre-nutrientes>
- Catholic Relief Services . (2019). *Manejo fertilización en granos básicos-4R sin análisis de suelo. Instructivo metodológico*.
- CATIE. (1990). *Guía para el Manejo Integrado de Plagas en el cultivo del Maiz*. Turrialba Costa Rica: Editorama S.A. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2262/Guia_para_el_manejo_maiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cerveñansky, A., Barbazán, M., & Mori, C. (2016). *Micronutrientes*. Uruguay: Fagro. Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/Micronutrientes-2016.pdf>
- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica*. México: CIMMYT.
- CIMMYT/IBPGR. (1991). *European Cooperative Programme For plant Genetic Resources*. Recuperado el Febrero de 2019, de http://archive-ecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioiversity/publications/pdfs/104_Descriptors_for_maize.Descriptores_para_maiz.Descripteurs_pour_le_mais-cache=1415188810.pdf
- Córdoba et al, M. (2004). *Innovación participativa*. Santiago Chile: Red de Desarrollo Agropecuario.
- Coronel, N. L. (2003). *Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5969765.pdf>

- Delgado, M. e. (2004). *Comparación de costos del manejo de una parcela convencional y una parcela con VPN para el manejo de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays)*. León: UNAN-LEÓN.
- Deras Flores, H. (2004). *Guía técnica del maíz*.
- ECOCROP. (2001). *Morfología del maíz tropical*. . PALIWAL.
- FAO. (1993). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación* . Roma.
- FAO. (s.f.). FAO. Recuperado el 28 de Mayo de 2021, de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Fassbender, H. W. (1982). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. San José, Costa Rica: IICA. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6801/2/BVE18039990e.pdf>
- Gómez Gutiérrez, O. J., & Minelli, M. (1990). *Repositorio UNA*. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2802/1/nf03g633.pdf>
- Guzmán, & Alonso. (1994).), *Las metodologías participativas de investigación: el aporte al desarrollo local endógeno*. Córdoba: ETSIAM.
- H.D.Foth. (1987). *Fundamentos de la Ciencias del Suelo*. México: Continental S.A. Obtenido de <http://acervo.siap.gob.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5876>
- IFA. (2002). *LOS FERTILIZANTES Y SU USO*.
- IICA. (2014). *GUIA TECNICA DEL CULTIVO DE MAIZ*. Instituto de Investigación y Capacitación de ciencias administrativas.
- INFOAGRO. (29 de Noviembre de 2017). *INFOAGRO*. Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/microelementos-en-el-sistema-suelo-planta/>
- INIDE/MAGFOR. (2013). *CENAGRO USO DE LA TIERRA Y EL AGUA EN EL SECTOR AGROPECUARIO*. Managua, Nicaragua. Obtenido de [http://www.renida.net.ni/renida/magfor/NE51N583\(8\).pdf](http://www.renida.net.ni/renida/magfor/NE51N583(8).pdf)
- Inifom. (s.f.). *Waybackmachine*. Obtenido de http://www.inifom.gob.ni/municipios/documentos/LEON/el_jicaral.pdf
- Instituto de la Potasa y el Fosforo. (1993). *Informes Agronomicas*. Quito Ecuador: Oficina para el norte de Latino América. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8ADF5DFD4FAD27498525801300594AA9/\\$FILE/Art%201.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8ADF5DFD4FAD27498525801300594AA9/$FILE/Art%201.pdf)
- INTA. (2001). *Programa Nacional de Maíz (Zea mays L.) proyecto de investigación y desarrollo*.
- INTA. (2002). *Catálogo de semillas Híbridos y Variedades*. . Managua, Nicaragua.
- INTA. (2004). *Programa Nacional del Maíz*. Proyecto de Investigación y Desarrollo.
- INTA. (2009). *Guía Tecnológica del cultivo de Maíz* (1 ed.). Managua: INTA.
- INTA. (2010). *Guía tecnológica del cultivo de Maíz*. Managua: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
- INTA. (2015). *INTA NICARAGUA*. Recuperado el Febrero de 2019, de <https://inta.gob.ni/agricultura-inteligente/maiz/>

- INTA, FAO, & AMEXCID. (Enero de 2018). *Catálogo de variedades Criollas y Acriolladas de Frijol y Maíz*. Nicaragua.
- INTAGRI. (2019). *Deficiencia de Boro en el Cultivo de Maíz. Serie Cereales*. México: Artículos técnicos. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/deficiencia-de-boro-en-el-cultivo-de-maiz>
- INTRAGRI. (2014). *INTRAGRI S. C.* Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/nutricion-cultivos-zinc>
- López González, Á. S. (Diciembre de 2017). *Repositorio UNAN-Managua*. Recuperado el Mayo de 2019, de <https://repositorio.unan.edu.ni/10277/1/6969.pdf>
- MAGFOR. (2008). *Boletín Comercio Agropecuario*. Obtenido de <http://www.magfor.gob.ni>.
- Maldonado, C. (Enero de 2014). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Obtenido de BIOTECNIA: https://www.researchgate.net/publication/262069466_Deficiencia_de_Azufre_en_suelos_cultivables_y_su_efecto_en_la_productividad
- Mediatrader. (Junio de 2005). *Consumer*. Obtenido de <https://www.consumer.es/bricolaje/las-diferentes-texturas-del-suelo.html>
- Mendoza, K., Torres, R., Reyes, O., Castillo, X., Pentzke, E., & Oviedo, C. (2013). *Guía Técnica sobre el estado actual y manejo de fertilización de los suelos agrícolas en el occidente de Nicaragua*.
- Ministerio de Educación. (2017). *Seguridad alimentaria y nutricional*. Guía de Trabajo, Managua, Nicaragua.
- Moraga Quezada, N. Y., & Meza Rodríguez, I. A. (Agosto de 2005). *Repositorio UNA*. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2090/1/tnf01b647.pdf>
- Munera Velez, G. A., & Meza Sepulveda, D. C. (2013). *El Fósforo elemento indispensable para la vida vegetal*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5248/el%20fosforo%20elemento.pdf?sequence=1>
- Nair, P. (1997). *Agroforestería, Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- OECD. (2003). *OECD. Consensus Document on the Biology of Zea mays subsp. mays (Maize)*. París: Organisation for Economic Co-operation and Development. Obtenido de <https://www.oecd.org/env/ehs/biotrack/46815758.pdf>
- Peña Quiroz, J. L. (Mayo de 2009). *Repositorio UNA*. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2145/1/tnf01p397e.pdf>
- PROMIPAC;ZAMORANO. (Septiembre de 2003). *Biblioteca Digital Wilson Popenoe*. Recuperado el Febrero de 2019, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4123/1/208580.pdf>
- Rey, I. (14 de Mayo de 2019). *Tiloom.com*. Obtenido de <https://www.tiloom.com/relacion-entre-nutrientes-diagrama-de-mulder/#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20K%2FCa%20y,resultar%20en%20la%20direcci%C3%B3n%20contraria.&text=Por%20lo%20que%20una%20deficiencia,magnesio%20en%20suelo%20sea%20elevado>.
- Rivas, S., & Morales, R. (1991). *Efecto de diferentes niveles de Nitrógeno, Fraccionamiento y momento de aplicación sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz*. Managua: Universidad Nacional Agraria.

- Riveiros, S. (2004). *El día en que muera el sol: contaminación y resistencia en México*. GRAIN.
- Rodriguez, J. (1995). *Evaluación de asociación de maíz con 2 especies de frijoles*. Estelí, Nicaragua: EAGE.
- Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- SEAE. (2008). *Manual técnico de fertilización y balance de nutrientes en sistemas agroecológicos*. Sociedad española de agricultura ecológica.
- Segura, M., & Andrade, L. (2011). *Efecto de las condiciones agrometeorológicas sobre un cultivo criollo y dos híbridos de maíz en cuatro fechas de siembra*. Santo Domingo, Ecuador: Esc. Politécnica del Ejército.
- SFS. (2014). *SMART-FERTILIZER SOFTWARE*. Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/sobre-nosotros/>
- Smart Fertilizer. (12 de Febrero de 2020). *Smart Fertilizer*. Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/sulfur/>
- Sobalvarro Bravo, & Díaz Carballo. (2016). *Eficiencia de la fertilización especial y tradicional en el cultivo de Maíz*. Managua: Universidad Nacional Agraria UNA-MANAGUA.
- Somarriba Rodriguez, C. (1998). *Granos Básicos: Texto Básico*. Managua, Nicaragua: UNA-MANAGUA. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2704/>
- Toledo, M. (2016). *Manejo de suelos ácidos en las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos*. Tegucigalpa: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=1F6553D9069F1A362EA4E319D298FDC1?sequence=1>
- UNAVARRA. (2005). *Herbario de la Universidad Pública de Navarra*. Obtenido de https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Zea_mays_p.htm
- UNIAG. (2016). *Metodología Invest*. Obtenido de <https://metodologiainvest.files.wordpress.com/2015/03/folleto-de-disec3b1o-experimental-2016.pdf>
- Universidad del País Vasco. (2006). *Diccionario de Acción Humanitaria*. Obtenido de <https://www.dicc.hegoa.ehu.eus/listar/mostrar/132>
- Vázquez, G., & Ruiz, G. (1993). *Influencia de cultivos antecesores y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (Zea mays L.), Sorgo (Sorghum bicolor (L.), Moench) y Pepino (Cucumis sativus L.)*. Tesis UNA. Managua Nicaragua.
- Walle, R. (2003). *Conservación de suelo*. Tegucigalpa: Zamorano.
- Yara. (2011). *Nutrición Vegetal Maíz*. Obtenido de <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/maiz/resumen-nutricional/>
- Zaharan, & Garay. (1991). *Experimentos Con cultivos Anuales*.

10. ANEXO

Anexo 1.

Tabla 1a: Presupuesto de limpieza de terreno y siembra del estudio Evaluación del plan de fertilización a través del Software Smart en el municipio de El Jicaral 2019.

Presupuesto					
Cultivo:	Maiz	Investigación:			Validación de plan de fertilización
Área:	1 ha (equivalente a las 5 fincas y ambos tratamientos).				
Nº	Actividad	U/M	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Limpieza del terreno					
	Chapea	Jornal	2	C\$ 200,00	C\$ 400,00
	Gramoxone (RAFAGA 20 SL)	Lt	1	C\$ 165,00	C\$ 165,00
	Mano de obra/aplicación	Jornal	1	C\$ 200,00	C\$ 200,00
Preparación del terreno					
	Arado	Pase	2	C\$ 500,00	C\$ 1.000,00
	Mano de obra	Jornal	1	C\$ 100,00	C\$ 100,00
Siembra					
	Rayado	Pase	1	C\$ 500,00	C\$ 500,00
	Semillas	Lb	40	C\$ 15,00	C\$ 600,00
	Mano de obra	Jornal	1	C\$ 200,00	C\$ 200,00

Tabla 1b. Presupuesto de Fertilización del estudio, Evaluación del plan de fertilización a través del Software Smart en el municipio de El Jicaral 2019.

Fertilización				
Completo 18-46-0	qq	1,39	C\$ 1.125,00	C\$ 1.563,75
Completo 12-30-0	qq	1,4	C\$ 1.150,00	C\$ 1.610,00
Nitrato de Potasio	qq	1,34	C\$ 2.580,00	C\$ 3.457,20
Urea	qq	2,7	C\$ 930,00	C\$ 2.511,00
Sulfato de magnesio	qq	1,72	C\$ 700,00	C\$ 1.204,00
Aplicación en 4 etapas	Jornal	4	C\$ 200,00	C\$ 800,00

Tabla 1c: Presupuesto de manejo de plagas, enfermedades y maleza del estudio, Evaluación del plan de fertilización a través del Software Smart en el municipio de El Jicaral 2019.

Manejo de plagas y enfermedades				
Extracto de neem	Lt	12	C\$ 110,00	C\$ 1.320,00
Caldo Sulfacalcico	Lt	12	C\$ 130,00	C\$ 1.560,00
Cypermetrina	Lt	1,5	C\$ 160,00	C\$ 240,00
AMISTAR	Lt	1,5	C\$ 175,00	C\$ 262,50
Carbendazin	Lt	1,5	C\$ 170,00	C\$ 255,00
Manejo de maleza				
Limpieza manual	Jornal	2	C\$ 200,00	C\$ 400,00

Tabla 1d: Presupuesto de muestreos, toma de datos, otros gastos y el total del estudio, Evaluación del plan de fertilización a través del Software Smart en el municipio de El Jicaral 2019.

Muestreos y tomas de datos				
Mano de obra	Jornal	4	C\$ 200,00	C\$ 800,00
Proceso de cosecha				
Mano de obra	Jornal	4	C\$ 200,00	C\$ 800,00
Otros gastos				
Transporte	Viaje	9	C\$ 2.000,00	C\$ 18.000,00
Alimentación	Ración	27	C\$ 80,00	C\$ 2.160,00
Agua de tomar	Lt	81	C\$ 25,00	C\$ 2.025,00
Sub-Total C\$				C\$ 42.133,45
Sub-Total \$				\$ 1.276,77

Anexo 2.

Tabla de interpretación (Laboratorio LAQUISA)

NOMBRE	SIMBOLO	UNIDADES	NIVELES			
			Bajo (Menor o igual que)	Medio	Alto (Mayor que)	Muy alto
Materia orgánica	M.O	(%)	0.61-1.8	1.81-3.0	3.1-4.2	>4.2
Nitrógeno	N	(%)	0.033-0.095	0.096-0.158	0.159-0.221	>0.222
Fósforo	P	Ppm	0-10	11 a 20	21-30	31-40
Potasio	K	Meq/100 g	<0.2	0.3-0.6	0.6	>0.6
Calcio	Ca	Meq/100 g	<4	4-20	20-36	>36
Magnesio	Mg	Meq/100 g	<2	2.1-10	>11	>18
Hierro	Fe	Ppm	<10	11-100	100	>100
Cobre	Cu	Ppm	<2	3.0-20	>20	
Zinc	Zn	Ppm	<3	3.1-10	>10	
Manganeso		Ppm	<5	6.1-50	>50	
Azufre		Ppm	<20	21-36	>36	
Boro		Ppm	<0.2	0.3-0.6	>0.6	
Molibdeno		Ppm		<0.1	0.5	
Conductividad eléctrica	CE*)	µS/cm		300-800		
Ca+Mg/K			10	10.1-40	40	
Ca/Mg			2	2.1-5	5	
Ca/K			5	5.1-25	25	
Mg/K			2.5	2.6-15	15	
Acidez	pH		Ácido	Ligeramente Ácido	Neutro	
			4,65-5,5	5,65-6,8	6,85-7,2	
			Ligeramente Alcalino	Alcalino	Muy Alcalino	
			7,25-8,4	8,45-9,4	>9,4	

*)Lab UNAN-LEÓN

Anexo 3.

Tabla 3a: Encuesta del historial y el manejo actual de la parcela en estudio de la comunidad San Juan de Dios, municipio El Jicaral 2019.

Años sembrando Maíz	Área destinada(mz)	Cultivos que se han sembrado en el área	Se realiza rotación de cultivo	Tipo de tracción de Preparación de suelo	Actividad para la limpieza del área	Práctica para conservación de suelo
50	0.28	Sorgo	No	Tracción Animal	Aplicación Herbicida	Aplicación de MO
		Arroz				Diques de piedra
Utilización del rastrojo	Control de Maleza	Herbicidas utilizados	Tipo de siembra	Distancias de siembra	Periodos de siembra	Utilización de productos agroecológicos
Incorporación	Control manual	Gramoxone	Mecanizada	entre surco	Postrera	Abonos foliares
Alimentación del ganado	Herbicida	Glifosato		90 cm		
				entre planta		
				15 cm		
Tipo de fertilización	Fertilizantes utilizados	Momentos de aplicación	Rendimientos promedios qq/mz	Contrata mano de obra	Costo de inversión (mz)	Incidencia de Plagas y enfermedades
Química	Urea	20 dds,50 dds	21	No	C\$ 5,000.00	Cogollero
	15-15-15	al momento de la siembra				Chicharrita
	18-46-0	al momento de la siembra				Gallina ciega
Práctica de Control de plagas	Productos utilizados					
Química	Cipermetrina					

Tabla 3b: Encuesta del historial y el manejo actual de la parcela en estudio de la comunidad El Censo, municipio El Jicaral 2019.

Años sembrando Maiz	Área destinada(mz)	Cultivos que se han sembrado en el área	Se realiza rotación de cultivo	Tipo de tracción de Preparación de suelo	Actividad para la limpieza del área	Práctica para conservación de suelo
50	2.5	Sorgo	No	Tracción animal	Aplicación de herbicida	Ninguna
		Ajonjolí				
Utilización del rastrojo	Control de Maleza	Herbicidas utilizados	Tipo de siembra	Distancias de siembra	Periodos de siembra	Utilización de productos agroecológicos
Alimentación del ganado	Herbicida	Gramoxone	Mecanizada	entre surco	Primera	No
Incorporación al momento de la preparación del suelo	Control manual	Glifosato		70 cm	Postrera	
				entre planta		
				20 cm		
Tipo de fertilización	Fertilizantes utilizados	Momentos de aplicación	Rendimientos promedios qq/mz	Contrata mano de obra	Costo de inversión (mz)	Incidencia de Plagas y enfermedades
Química	Urea	15 dds,30 dds	18	Si	C\$ 8,000.00	Cogollero
	12-30-10	al momento de la siembra				Chicharrita
						Achaparramiento
Práctica de Control de plagas	Productos utilizados					
Química	Cipermetrina					

Tabla 3C: Encuesta del historial y el manejo actual de la parcela en estudio de la comunidad Las Mojarras, municipio El Jicaral 2019.

Años sembrando Maiz	Área destinada(mz)	Cultivos que se han sembrado en el área	Se realiza rotación de cultivo	Tipo de tracción de Preparación de suelo	Actividad para la limpieza del área	Práctica para conservación de suelo
60	0.28	Sorgo	Si	Tracción animal	Herbicida	Aplicación de MO
		Frijol				Aplicación de abonos orgánicos
		Ajonjolí				
Utilización del rastrojo	Control de Maleza	Herbicidas utilizados	Tipo de siembra	Distancias de siembra	Periodos de siembra	Utilización de productos agroecológicos

Incorporado	Control manual	Gramoxone	Mecanizada	entre surco	Primera	No
	Herbicida	2,4 D		80 cm	Postrera	
				entre planta		
				20 cm		
Tipo de fertilización	Fertilizantes utilizados	Momentos de aplicación	Rendimientos promedios qq/mz	Contrata mano de obra	Costo de inversión (mz)	Incidencia de Plagas y enfermedades
Química	Urea	18 dds,30 dds	17	Si	C\$ 6,000.00	Cogollero
	12-30-10	al momento de la siembra				Chicharrita
						Langosta
Práctica de Control de plagas	Productos utilizados					
Química	Cipermetrina					
	Lorban					

Tabla 3d: Encuesta del historial y el manejo actual de la parcela en estudio de la comunidad El Tagüe, municipio El Jicaral 2019.

Años sembrando Maiz	Área destinada(mz)	Cultivos que se han sembrado en el área	Se realiza rotación de cultivo	Tipo de tracción de Preparación de suelo	Actividad para la limpieza del área	Práctica para conservación de suelo
15	0.28	Sorgo	Si	Espeque	Chapoda	Aplicación de MO
		Frijol				Curvas a nivel
						Barreras vivas y muertas
Utilización del rastrojo	Control de Maleza	Herbicidas utilizados	Tipo de siembra	Distancias de siembra	Periodos de siembra	Utilización de productos agroecológicos
Incorporado como cobertura	Control manual	Gramoxone(dos años sin usar)	Manual	entre surco	Primera	insecticidas botánicos
				70 cm	Postrera	Compost
				entre planta		Té botánicos
				30 cm		
Tipo de fertilización	Fertilizantes utilizados	Momentos de aplicación	Rendimientos promedios qq/mz	Contrata mano de obra	Costo de inversión (mz)	Incidencia de Plagas y enfermedades
Química	Urea	15 dds,30 dds,45 dds	18	Si	C\$ -	Cogollero

	15-15-15	al momento de la siembra				Langosta
						Chinche
Práctica de Control de plagas	Productos utilizados					
Química	Cypermtrina					
	Lorban					
Botánica	Extracto de Neem, Chile					

Anexo 4. Encuesta para conocer las opiniones de los productores sobre el plan de fertilización en estudio SMART Fertilizer, en el Municipio de El Jicaral 2019.

Productor	Raúl Laguna	Santiago Vega	Margarito Orozco	Francisco Silva
Comunidad	San Juan de Dios	El Censo	Las Mojarras	Tagüe
¿Qué le pareció el plan de fertilización?	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
¿Por qué?	El rendimiento es mayor al utilizar fertilizante completo	Por qué observó el cambio de manera visual en el desarrollo de las plantas	Análisis de suelo, conoció deficiencias, mayor producción, mejor fertilización, resiste sequía.	Mayor rendimiento, el maíz es más pesado y grande
¿Estaría dispuesto a cambiar su plan?	Si	Si	Si	Si, en áreas pequeñas
¿Estaría dispuesto a invertir en fertilización?	Si	Si	Si	Si
Razones	Mayor rendimiento	Para mí es necesario obtener una mejor cosecha	Mayor rendimiento	Mejorar el manejo
Diferencias entre fertilización con Smart y referencial	Mejor coloración, mejor rendimiento	Se observa hojas más verdes, plantas más grandes en la parcela SMART	Smart creció más rápido, coloración más verde, tallo más grueso, mazorca más llena, mayor rendimiento, mayor vigor en la planta a pesar que se fertilizó después	En volumen fue igual, pero en peso es más sólido el Smart, mejor desarrollo y coloración en Smart
Diferencias entre fertilización con Smart y referencial en cuanto a plagas	No hubo, las plagas afectaron igual	No hubo	Smart mayor resistencia a plagas	Smart mayor resistencia a plagas, en el referencial hubo mayor ataque de chicharrita
¿Qué es lo novedoso de la práctica de fertilización?	La tapada del fertilizante y las mezclas de fertilizantes	Incorporación del fertilizante y las mezclas de fertilizantes	Incorporación del fertilizante y el tipo de fertilizante que se utilizó	Incorporación del fertilizante y las mezclas de fertilizantes
¿Qué fue lo que no le gusto?	x	x	x	x
Recomendaría a otros este tipo de fertilización	Si	Si	Si	Si

Anexo 5. Opiniones generales de los productores sobre el plan de fertilización SMART Fertilizer, en el municipio de El Jicaral 2019.

Porque le gusto
1. Mejora el suelo
2. Mayor rendimiento
3. Los vecinos comentaron acerca de los productos debido a que el cultivo resistió la sequía y se mantuvo siempre verde
4. Tamaño de la planta fue mayor
5. Me gusto la mezcla de los nutrientes
6. Con la incorporación del fertilizante se tiene mejores resultados
7. El intercambio entre productores y estudiantes, el productor sirve como medio al estudiante para mejorar sus conocimientos y el estudiante brinda nuevos conocimientos al productor.
Que no le gusto
Manejo del coyolillo
Considera que la fertilización se debe iniciar al momento de la siembra

Anexo 6. I . Cumplimiento de criterios de selección para nuevas FIIT de los productores sobre el plan de fertilización SMART Fertilizer, en el municipio de El Jicaral 2019.

1. Finca representativa y con condiciones para trasladar conocimiento e investigar rubros y temáticas priorizadas de las regiones	2. Aplicación de al menos tres tecnologías y con perspectivas a incorporar nuevas tecnologías a su sistema de producción	3. Fincas cercanas a grupos de protagonistas de diferentes programas de gobierno, para ser utilizadas como espacios de transferencia, traslado del conocimiento y difusión de tecnologías	4. Finca ubicada en ruta lógica de atención y con accesibilidad para el proceso de investigación y transferencia tecnológica	5. Que el propietario viva y/o resida en la Finca	6. Propietario posee un título formal de propiedad o documento sustitutivo legítimo y localmente reconocido
---	--	---	--	---	---