



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TEMA:
EFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA
FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO
CONDICIONES DE SECANO, EN ROCAFUERTE – MANABÍ**

**AUTORES:
MORENO NAVARRETE OSCAR EDUARDO
VERA URIARTE JORGE LUIS**

**TUTORA:
ING. SOFÍA VELÁSQUEZ CEDEÑO MG.**

CALCETA, NOVIEMBRE DE 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

JORGE LUIS VERA URIARTE, con cédula de identidad 1317085288 y **OSCAR EDUARDO MORENO NARAVARRETE**, con cédula de identidad 1314753474, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECANO, EN ROCAFUERTE - MANABÍ** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible académico, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



JORGE LUIS VERA URIARTE

CC: 1317085288

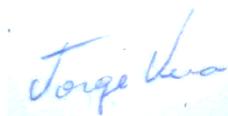


OSCAR EDUARDO MORENO NARAVARRETE

CC: 1314753474

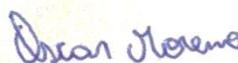
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

JORGE LUIS VERA URIARTE, con cédula de identidad 1317085288 y **OSCAR EDUARDO MORENO NARAVARRETE**, con cédula de identidad 1314753474, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECANO, EN ROCAFUERTE - MANABÍ**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



JORGE LUIS VERA URIARTE

CC: 1317085288



OSCAR EDUARDO MORENO NARAVARRETE

CC: 1314753474

CERTIFICACIÓN DE TUTORA

ING. SOFIA VELÁSQUEZ CEDEÑO, MG, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECANO, EN ROCAFUERTE – MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **JORGE LUIS VERA URIARTE y OSCAR EDUARDO MORENO NARAVARRETE**, previo la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. SOFIA VELÁSQUEZ CEDEÑO, MG

CC: 1309938163

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado **EFFECTIVIDAD AGRONÓMICA Y ECONÓMICA DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN MAÍZ AMARILLO DURO BAJO CONDICIONES DE SECAÑO, EN ROCAFUERTE – MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **JORGE LUIS VERA URIARTE** y **OSCAR EDUARDO MORENO NARAVARRETE**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, MG

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CC: 1311956831

ING. SERGIO VÉLEZ ZAMBRANO, MG

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CC: 1310476773

ING. CRISTIAN VALDIVIESO LÓPEZ, MG

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CC: 1717929283

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser nuestra ayuda y guía durante todo este proceso, y haber permitido llegar a este momento tan especial de nuestra formación profesional.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A nuestros familiares porque hemos tenido la dicha de contar con su apoyo en todo momento, es por ello que siempre estaremos en gratitud con estas personas maravillosas que se han esforzado tanto por nosotros.

Al Ingeniero Federico Díaz Trelles por haber sido nuestra guía de conocimiento, por ayudarnos y brindarnos lo mejor de sí, siempre estará presente en nuestros corazones.

Al Ingeniero Galo Cedeño García por su dedicación y por haber estado siempre dispuesto a ayudarnos.

A todos los docentes de esta prestigiosa universidad que con sus enseñanzas siempre estuvieron dispuestos a brindar lo mejor en nuestra formación académica.

DEDICATORIA

A Dios por habernos permitido llegar tan lejos, por bendecirnos y ser nuestra guía siempre.

A nuestros familiares por todo el amor y apoyo brindado, han sido nuestro respaldo en todas nuestras metas, ustedes son el motivo por el que culminamos el día de hoy esta etapa.

CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO	viii
RESUMEN.....	xii
PALABRAS CLAVE	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. HIPÓTESIS	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. ORIGEN DEL CULTIVO DEL MAÍZ.....	4
2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MAÍZ	4
2.3. CARACTERÍSTICAS BOTANICAS DEL MAÍZ	5
2.4. ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DEL MAÍZ	6
2.4.1. REQUERIMIENTO CLIMÁTICOS	7
2.4.2. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DEL MAÍZ.....	8
2.4.3. NECESIDADES NUTRICIONALES.....	9
2.5. FERTILIZACIÓN.....	12

2.5.1.	FERTILIZACIÓN LÍQUIDA.....	12
2.5.2.	MÉTODOS PARA LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA	13
2.5.3.	FERTILIZANTES UTILIZADOS EN LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA	14
2.6.	EXPERIENCIAS DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO		20
3.1.	UBICACIÓN.....	20
3.2.	DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	20
3.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	20
3.4.	FACTORES EN ESTUDIO	20
3.4.1.	FACTOR A (GENOTIPOS)	20
3.4.2.	FACTOR B (FERTILIZACIÓN LÍQUIDA).....	20
3.4.3.	TESTIGOS.....	20
3.5.	DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL	20
3.6.	VARIABLES RESPUESTA	21
3.6.1.	MORFO-AGRONOMICAS	21
3.6.2.	COMPONENTES DE RENDIMIENTO	21
3.6.3.	EFICIENCIAS AGRONOMICAS DE LA FERTILIZACIÓN NPK	22
3.6.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO NETO.....	23
3.7.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	23
3.7.1.	TRATAMIENTO DE SEMILLAS	23
3.7.2.	CONTROL DE MALEZAS EN PRE-EMERGENCIA	23
3.7.3.	CONTROL DE MALEZA POST-EMERGENCIA.....	23
3.7.4.	FERTILIZACIÓN	24
3.7.5.	CONTROL FITOSANITARIO	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		26
4.1.	VARIABLES MORFO-AGRONOMICAS	26

4.2.	VARIABLES COMPONENTES DE RENDIMIENTO	27
4.3.	EFICIENCIA AGRNOMICA SOBRE EL NITRÓGENO.....	29
4.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO	30
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		32
5.1.	CONCLUSIONES	32
5.2.	RECOMENDACIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....		33
ANEXOS.....		41

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1.	Etapas de crecimiento del maíz	9
Tabla 2.	Elementos nutritivos necesarios para el maíz destacando que los nutrimentos que se absorben en mayores cantidades son los macroelementos y elementos secundarios	10
Tabla 3.	Componentes del nitrato de K ₂ O ACF	15
Tabla 4.	Componentes de Sulfato de Mg cristalino	15
Tabla 5.	Componentes de amonio fino.....	16
Tabla 6.	Componentes de la urea	16
Tabla 7.	Esquema ADEVA.....	21
Tabla 8.	Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización líquida. ...	24
Tabla 9.	Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización granulada	24
Tabla 10.	Eficiencia agronómica de la fertilización líquida en dos genotipos de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.	26
Tabla 11.	Eficiencia de la fertilización líquida en dos genotipos sobre variables de rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.....	28
Tabla 12.	Beneficio económico neto de la fertilización complementaria con F. líquida Inyectada, F. líquida en drech y F. granulada en maíz amarillo duro.	31

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Etapas del cultivo del maíz	10
Ilustración 2. Eficiencia de la fertilización líquida en dos genotipos sobre el rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.	29
Ilustración 3. Eficiencia agronómica (EAN) de la fertilización líquida en dos genotipos sobre el rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.....	30

CONTENIDO DE ECUACIONES

Fórmula 1. Componentes de rendimiento.....	22
Fórmula 2. Rendimiento.....	22
Fórmula 3. Eficiencias agronómicas de la fertilización NPK.....	23

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano. Se empleó un DBCA con arreglo factorial de $A \times B + N$, con siete tratamientos, cuatro repeticiones y 28 unidades experimentales. Los datos fueron analizados a través del análisis de varianza (ADEVA), y la separación de medias con prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error. Las variables registradas fueron rendimiento de grano (RG), eficiencia agronómica de N (EAN) y beneficio económico neto (BEN). La fertilización líquida inyectada y en drench superficial lograron el mayor incremento en altura de planta, diámetro de tallo, área foliar y peso seco de la biomasa, con relación a la fertilización granulada. La fertilización líquida inyectada fue la que logró el mayor rendimiento de grano con un incremento de 4.81 y 16.62%; la fertilización líquida en drench, tanto superficial como inyectada, incrementó la eficiencia agronómica (EAN) en 24 y 35%, respectivamente, equivalente a un incremento en la productividad de 4.49 y 6,37 Kg de grano por Kg de N aplicado. Del mismo modo la fertilización líquida inyectada y en drench obtuvieron mayor resultado en beneficio económico neto (BEN) la inyectada con 990 USD y drench 894 USD.

PALABRAS CLAVE

Precipitaciones, sequía y nutrientes.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the agronomic and economic effectiveness of liquid fertilization in hard yellow corn under rainfed conditions. A DBCA with AxB+N factorial arrangement was used, with seven treatments, four repetitions and 28 experimental units. The data was analyzed through the analysis of variance (ADEVA), and the separation of means with Tukey's test at 5% error probabilities. The variables recorded were grain yield (RG), agronomic efficiency of N (EAN) and net economic benefit (BEN). Injected liquid fertilization and surface drenching achieved the greatest increase in plant height, stem diameter, leaf area and biomass dry weight, in relation to granulated fertilization. The injected liquid fertilization was the one that achieved the highest grain yield with an increase of 4.81 and 16.62%; the liquid fertilization in drench, both superficial and injected, increased the agronomic efficiency (EAN) by 24 and 35%, respectively, equivalent to an increase in productivity of 4.49 and 6.37 Kg of grain per Kg of N applied. In the same way, the liquid fertilization injected and drench obtained a higher result in net economic benefit (BEN) the injected with 990 USD and drench 894 USD.

KEY WORDS: precipitation, drought and nutrients

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se estima que la producción mundial de maíz alcanzará los 1177,30 millones de toneladas métricas en 2023, creciendo a una tasa compuesta anual de 2,14% para el período que abarca de 2019 a 2023. Se espera que factores como el aumento de la población, la aceleración de la economía, el aumento de la demanda de alimentación, el uso industrial y el uso creciente de almidón de maíz impulsen el mercado. Sin embargo, el crecimiento de la industria se verá desafiado por largos períodos de producción y problemas relacionados con el clima y las plagas (Research and Markets, 2020; FAO, 2020).

Para Ecuador, el maíz representa un rubro agrícola de vital importancia en términos económicos, sociales y alimentario. Sin embargo, la principal problemática del cultivo es bajo rendimiento con un promedio de 5.93 t ha⁻¹, con relación a otros países productores como Argentina, Brasil y EE.UU., que superan ampliamente este rendimiento (MAG, 2018; FAO, 2019). La mayor superficie de maíz duro seco se desarrolla en el litoral ecuatoriano, donde el 97% no tiene acceso al riego, por lo cual la mayor producción se desarrolla en sistema de secano dependiente de las lluvias (MAG, 2019).

En este sentido, según reportes oficiales en los últimos años se han venido presentado anomalías en las precipitaciones durante la época lluviosa, con periodos amplios de escasez de lluvia y afectaciones sobre la producción agrícola (MAG, 2020^a). En Manabí, por lo general las precipitaciones han venido mostrando un comportamiento errático e irregular causando periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa, lo cual afecta la producción al no contarse con la instalación permanente de sistemas de riego, y más aún cuando la mayor área de siembra de maíz es en ladera (Jiménez et al., 2012; Thielen et al., 2016 Pérez et al., 2018).

En relación a lo anterior, al producirse periodos cortos de sequía dentro de la época lluviosa se afecta significativamente la fertilización y la nutrición del cultivo, debido a que la falta de humedad en el suelo no permite la solubilización eficiente de los fertilizantes aplicados en banda superficial, y más aún cuando las principales fuentes utilizadas son fosfato di amónico (DAP), muriato de potasio

(MOP) y urea, los cuales no pueden solubilizarse y sufren pérdidas significativas por volatilización, lixiviación y escorrentía (IPNI, 2012; Navarro y Navarro, 2014; MAG, 2020b). Lo anteriormente descrito, limita el uso eficiente de los nutrientes, dada la importancia del agua como principal vehículo y solvente para las transformaciones, transporte y asimilación de los nutrientes para las plantas (IPNI, 2012; Subhani et al., 2012; Shiferaw, 2017; Morris et al., 2018).

Sumado a lo anterior, es bien conocido que durante los periodos secos se incrementa la presión de insectos – plagas vectores de virus, y de patógenos, que, al encontrar una planta debilitada por una nutrición limitada por el estrés hídrico, se reduce el potencial productivo del cultivo (Grimmer et al., 2012; van Munster et al., 2017; van Munster, 2020). En este sentido, se ha demostrado que una fertilización balanceada y eficiente es efectiva para fortalecer la respuesta de los cultivos ante el ataque severo de plagas y patógenos (Gupta et al., 2017; Magero et al., 2018; Cabot et al., 2019).

Actuales investigaciones han demostrado la efectividad de la fertilización líquida en agricultura de secano, tanto para incrementar el rendimiento del cultivo, así como el uso eficiente de nutrientes (Kasim et al., 2011; Walsh y Christiaens, 2016; Steusloff et al., 2019; Fahrurrozi et al., 2019; Drazic et al., 2020). Sin embargo, bajo condiciones del litoral ecuatoriano y especialmente en Manabí estas tecnologías no se han probado y validado en la producción de maíz amarillo duro cultivado en secano, lo cual es una limitante para emitir dominios de recomendaciones acertadas. Basado en lo antes expuesto la presente propuesta de investigación plantea la siguiente interrogante: ¿Podrá el uso de fertilizantes líquidos mejorar las características agroproductivas del maíz amarillo cultivado en época de secano?

1.2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a investigaciones de largos años establecidos por el Departamento de Fisiología de cultivos de la Universidad de Illinois (2018), existen siete factores que definen el rendimiento del cultivo de maíz a nivel mundial, entre los cuales el clima, la fertilización nitrogenada y el genotipo son los mayores contribuyentes con el 27, 26 y 19%, respectivamente. En este sentido, como ya se ha revisado, en Manabí en los últimos años las lluvias han presentado un comportamiento errático con periodos de sequía en plena época lluviosa, lo cual afecta la

eficiencia de los fertilizantes granulados y la nutrición del cultivo, por lo cual se hace sumamente importante buscar alternativas de fertilización que permitan ser más eficiente la nutrición del cultivo aún bajo las limitantes ambientales previamente descritas. Por otra parte, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) a través del Programa de maíz de la Estación Experimental Portoviejo, ha liberado en los últimos años material genético con tolerancia a estrés hídrico, lo cual es de gran ayuda bajo las limitaciones hídricas que se producen en secano. En este contexto, la efectividad de fertilización líquida probada en trabajos previos, podría potenciar el rendimiento de los genotipos ya existentes con caracteres de tolerancia al estrés hídrico, y de comprobarse lo anterior, permitiría desarrollar una tecnología de fertilización eficiente, con incrementos del rendimiento del cultivo y de ingresos económicos para productores maiceros de Manabí que practican agricultura de secano. Por lo anteriormente descrito, la investigación propuesta se justifica plenamente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano en Rocafuerte – Manabí.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la eficiencia agronómica de la fertilización líquida en dos genotipos de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.
- Comparar la eficacia de la fertilización líquida vs la fertilización granulada sobre el rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.
- Estimar las ventajas económicas de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.

1.4. HIPÓTESIS

La fertilización líquida es eficaz para incrementar el rendimiento, la eficiencia agronómica de la fertilización y el beneficio económico del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN DEL CULTIVO DEL MAÍZ

El maíz es una gramínea gigante domesticada (*Zea mays ssp*) de origen tropical mexicano. Su planta se utiliza para la producción de cereales y forrajes, que son la base para la elaboración de alimentos, tanto para nuestra especie como para otros animales, así como para la industria farmacéutica y manufacturera. Debido a su adaptabilidad y productividad el cultivo del maíz se propagó rápidamente alrededor del mundo después de que los españoles y otros europeos exportaron la planta de las Américas en los siglos XV y XVI. Actualmente, el maíz se produce en la mayoría de los países del mundo y es el tercer cultivo de mayor superficie cultivada después del trigo y el arroz (Masaquiza, 2016).

De acuerdo a Farinango (2015), el maíz tendría tres centros de origen:

- a) **Asiático:** originado en esta región, precisamente en la región del Himalaya del cruzamiento entre *Coix spp* y *Andropogóneas*.
- b) **Andino:** Bolivia, Perú y Ecuador son países donde se originó el cultivo de maíz.
- c) **Mexicano:** el maíz ha coexistido desde hace muchos años con una diversidad de especies muy amplias. Los incas empleaban este cultivo como una fuente de alimentación de su diario vivir, debido a las propiedades que tiene.

Según la historia los agricultores han logrado atesorar dichos granos, para engrandecer y variar las características que posee, relacionadas a su color, forma, tamaño y diferentes variedades, dependiendo de las circunstancias agroecológicas de cada sector (Peregrina y López, 2019) citado por (Tumbaco, 2019).

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MAÍZ

Clasificación taxonómica del cultivo de maíz según Guerra (2017) citado por Tumbaco (2019) sería:

Reino: Vegetal

Subreino: Embriobionta
División: Angiospermae
Clase: Monocotyledoneae
Orden: Poales
Familia: Poaceae
Género: Zea
Especie: Mays
Nombre científico: Zea mays L.
Nombre común: Maíz

2.3. CARACTERÍSTICAS BOTANICAS DEL MAÍZ

El maíz es una planta anual y resistente, su desarrollo generalmente está determinado, con una altura de 1 a 5 m de altura, su tallo produce descendencia fértil, las hojas son alternas, con pubescencia en la parte superior y sin pelos en la parte inferior (INTA, 2010) citado por (Tumbaco, 2019).

La planta tiene una estructura que está compuesta por una raíz fibrosa y un tallo erecto de varios tamaños, el cultivo posee hojas lanceoladas dispuestas e incrustadas en el tallo y es en donde se ubica la panícula que contiene la flor masculina, ya que la femenina se ubica en un nivel inferior y es la que da lugar a la mazorca. La planta alcanza una altura de 2,50-3 metros, según el cultivo y las condiciones donde se encuentre (Acosta, 2009).

El tallo se conforma por entrenudos los cuales se separan por nudos más o menos distantes. En el suelo los entrenudos son cortos y, los nudos emiten raíces aéreas. El tallo tiene forma circular, pero en base hasta la inserción de la mazorca se visualiza una concavidad que se hace profunda en cuanto se aleja del suelo y en la parte superior de la planta se evidencia la inflorescencia masculina (INFOAGRO. 2008) citado por (Farinango, 2015).

Las raíces son fasciculadas y su propósito es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos resaltan unos nudos con raíces a nivel del suelo denominadas raíces secundarias o adventicias (Infoagro, Sf).

La inflorescencia masculina también llamada panoja o panícula, está compuesta por un raquis y ramas laterales, cada espiguilla presenta dos brácteas donde

están las flores estaminadas; por otra parte, la inflorescencia femenina se ubica en las yemas axilares de las hojas, siendo espigas cilíndricas con un raquis central donde se incrustan las espiguillas (Reina, 2018) citado por (Tumbaco, 2019).

El maíz tiene una inflorescencia monoica con inflorescencias masculinas y femeninas separadas dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina tiene una panícula amarilla, que tiene una cantidad muy alta de polen, del orden de 20-25 millones de granos de polen. En cada flor que forma la panícula hay tres estambres, en los que se desarrolla el polen. La inflorescencia femenina, en cambio, tiene un contenido menor de granos de polen, alrededor de 800 o 1000 granos, y se forman en estructuras vegetativas llamadas spadici, dispuestas lateralmente (Infoagro, Sf).

2.4. ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DEL MAÍZ

La ecofisiología vegetal contribuye al conocimiento de los procesos y mecanismos que determinan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, siendo necesario su conocimiento para incrementar la producción de manera sostenible y orientarnos en las prácticas de manejo de cultivos más adecuadas. (Martínez, 2015).

Además, para el maíz, se sabe que la temperatura controla la duración del ciclo de cosecha entre la siembra y la madurez fisiológica, mientras que el fotoperiodo afecta el tiempo entre la emergencia y la floración. Estos dos factores, según la elección del momento de siembra, tienen una gran influencia en el desarrollo del ciclo ontogénico del cultivo.

El maíz es una planta con un metabolismo C4 que no tiene respiración lumínica detectable, es muy eficiente en la producción de biomasa y supera con creces a otros cultivos como el girasol, la soja o el trigo. Esta capacidad de producir alta biomasa y tener un alto índice de cultivo (aproximadamente la mitad de su peso seco en biomasa aérea corresponde a los órganos reproductores) se debe a la alta tasa de fotosíntesis, el bajo valor energético de la materia seca producida y la estructura apropiada. En ambientes con altos niveles de radiación solar y alta

amplitud térmica, el maíz produce excelentes potenciales de rendimiento sin estrés biótico o abiótico. (Cirilo et al., 2012).

2.4.1. REQUERIMIENTO CLIMÁTICOS

- **Temperatura.** - La temperatura es uno de los factores climáticos más importantes que determinan la producción vegetal. Según Totis (2012) se advierte a menudo que en años ‘fríos’ se retrasa el desarrollo de las fases fenológicas de las plantas, mientras que en años ‘cálidos’ ha progresado de manera que el desarrollo del maíz depende directamente de la temperatura. en los que el desarrollo fisiológico de las plantas no se ve alterado por los efectos de la aparición de valores muy bajos o muy altos o por cambios en el fotoperiodo.

Se ha establecido que las condiciones más favorables para altos rendimientos en el cultivo del maíz se dan en climas con alta radiación solar y temperaturas elevadas, pero no extremadamente calientes, con una temporada de crecimiento larga y altas temperaturas diurnas entre 20 y 28 ° C (Santibáñez y Fuenzalida, 1992), además, Si se acumulan días con temperaturas máximas superiores a 28 ° C, el tiempo de llenado del grano se acorta y en consecuencia disminuye el rendimiento. Es de esperar un crecimiento máximo del maíz en ambientes donde las temperaturas de las hojas entre 30 y 33 ° C ocurren durante el día (la fotosíntesis y la tasa de crecimiento del cultivo alcanzan sus valores máximos entre estos valores), pero en noches frías.

- **Necesidades hídricas.** - En general, el maíz necesita al menos 500-700 mm de lluvia bien distribuida durante el ciclo del cultivo (Deras, 2020), por lo que el requerimiento de agua fluctúa entre 8 y 12 mm por día dependiendo de la evapotranspiración del cultivo y responde a una campana de Gauss un poco sesgada hacia las etapas finales del desarrollo del cultivo (Montoro y Ruiz, 2017).

La escasez de agua es el factor más limitante en la producción de maíz en los trópicos. Si se produce estrés hídrico o sequía en las primeras etapas (15-30 días) del establecimiento del cultivo, puede provocar la pérdida de plantas

jóvenes, lo que lleva a una disminución de la densidad de población o al estancamiento de su población crecimiento. (Deras, 2020).

La pérdida de turgencia por estrés hídrico conduce al rizado de la hoja, a la reducción de la superficie foliar expuesta, a la interceptación de la radiación y por tanto a la producción de fotoasimilados. Los periodos prolongados de sequía provocan la marchitez de las hojas, provocando una senescencia prematura de las hojas y por tanto una reducción del índice de área foliar, lo que conduce a una disminución de la actividad fotosintética (Montoro y Ruiz, 2015).

2.4.2. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DEL MAÍZ

El propósito de la fenología es estudiar y describir de manera integral los diferentes eventos fenológicos que ocurren en especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente (Granados y Sarabia, 2013). En este sentido, la realización de observaciones fenológicas, consideradas importantes, son la base para la implementación de cualquier sistema agropecuario, permitiendo a los productores agropecuarios obtener con su aplicación una mayor eficiencia en la planificación y programación de las diversas actividades agropecuarias que conducen a incrementar la productividad y producción de cultivos (Izarra y López, 2012).

La fenología del maíz se refiere a la tasa de crecimiento vegetativo y reproductivo expresada en función de los cambios fisiológicos y morfológicos de la planta, relacionados al medio. Comprender el comportamiento fenológico del maíz permitirá predecir y aplicar prácticas efectivas sobre agrónomo del cultivo (Valdez et al., 2012; Kar y Kumar, 2015).

Las fases fenológicas o fases del maíz tienen un orden indiscutible que pertenece a la formación de nuevos órganos. El período de desarrollo es la fase que comienza con la germinación de la semilla, pasa por la floración y finaliza con la formación del fruto. Por tanto, incluye dos etapas de crecimiento: vegetativo (V) y reproductivo ® (Guzmán, 2017) citado por (Tumbaco, 2019).

De acuerdo con Zambrano (2018), las etapas de desarrollo pueden agruparse en cuatro grandes períodos, según muestra la Tabla 1:

Tabla 1. Etapas de crecimiento del maíz

Etapas	Días	Características
VE	5	El coleóptilo emerge en la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja de la planta
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja
Vn		Es visible el cuello de la hoja número "n" (es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta, fluctúa entre 16 y 22. En la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo)
VT	55	Es completamente visible la última de la panoja
R0	57	Antesis o floración masculina, el polen se comienza a arrojar Son visibles los estigma
R1	59	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede
R2	71	ver el embrión
R3	80	Etapa lechosa
R4	90	Etapa masosa, el embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano
R5	102	Etapa dentada, la parte superior de los granos se llena con almidón sólido y cuando el genotipo es dentado, en los tipos tanto cristalinos como dentado es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

2.4.3. NECESIDADES NUTRICIONALES

El maíz es una planta que posee una capacidad de desarrollo rápido y elevada producción que requiere cantidades considerables de nutrientes, además la nutrición es la práctica agronómica a la que más responde el cultivo, es fundamental para la productividad y, por tanto, en la economía y seguridad. (Sosa y Garcia, 2018). En el siguiente cuadro se presenta las principales necesidades de algunos elementos nutritivos para el cultivo de maíz híbrido de alta producción:

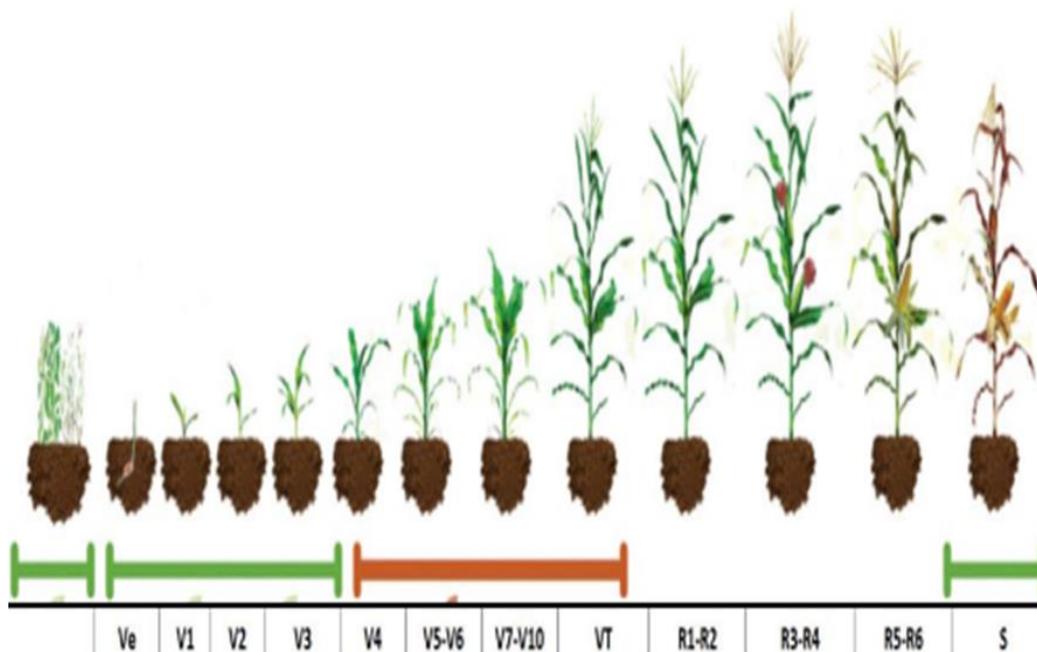


Ilustración 1. Etapas del cultivo de maíz.

Tabla 2. Elementos nutritivos necesarios para el maíz destacando que los nutrientes que se absorben en mayores cantidades son los macroelementos y elementos secundarios

ELEMENTO	KG/HA
Nitrógeno	187
Fósforo	38
Potasio	192
Calcio	38
Magnesio	44
Azufre	22
Cobre	0.1
Zinc	0.3
Boro	0.2
Hierro	1.9
Manganeso	0.3
Molibdeno	0.01

A continuación, se describen los elementos necesarios para asegurar el crecimiento y supervivencia y producción de las plantas en el cultivo de maíz:

- **Nitrógeno.** - El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limita la productividad del maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de

proteínas y, por lo tanto, es vital para toda la actividad metabólica de las plantas. Su deficiencia provoca severas reducciones en el crecimiento de los cultivos, básicamente debido a una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la absorción de radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas (Torres, 2002).

- **Fósforo.** - El fósforo inorgánico (Pi) es un macronutriente esencial fundamental en la mayoría de los procesos bioquímicos y de desarrollo en las plantas. El fósforo es estructural, forma parte de moléculas clave como los ácidos nucleicos y los fosfolípidos, y también funciona regulando las cascadas y transcripciones de transducción de señales. El Pi también participa como intermediario en procesos fundamentales como la fotosíntesis, reacciones de transferencia de energía y del metabolismo del carbono y nitrógeno (Taiz & Zeiger, 2015). Es uno de los macronutrientes menos disponibles para las plantas en los suelos, y por lo tanto se considera que es una limitación importante para el crecimiento y la productividad de los cultivos.
- **Potasio.** - El potasio (K) es el tercer elemento más importante que necesita el cultivo para un mejor desarrollo, ya que ayuda a la planta a mejorar su estructura celular, asimilación de carbono, fotosíntesis, síntesis de proteínas, producción de almidón, translocación de proteínas y azúcares. absorción de agua por parte de las plantas y desarrollo normal de las raíces, de modo que las plantas que crecen en condiciones de bajo potasio no son muy efectivas en su actividad fotosintética, son más susceptibles a enfermedades y no son tan resistentes a la sequía como las que reciben cantidades adecuadas de fertilizantes (Hawkesford et al., 2012).
- **Calcio.** - Es uno de los nutrientes más importantes, y quizás el que menos atención presta, considerando suelos bien abastecidos. Su función principal está ligada a la síntesis de componentes de la estructura vegetal en forma de pectato de calcio. El requerimiento de este alimento es lineal a lo largo de todo el ciclo, ya que la planta lo utiliza durante la etapa de crecimiento radicular, durante la etapa de crecimiento vegetativo, durante la floración y finalmente durante la etapa de crecimiento del fruto (Gaspar, 2008).

- **Magnesio.** - Ocupa la posición central de la molécula de la clorofila. La clorofila es un pigmento verde de la planta que interviene en la producción de materia orgánica utilizando la energía solar. De hecho, un adecuado suministro de Mg a las plantas intensifica claramente la actividad fotosintética de las hojas (Ribiero, 2016).
- **Azufre.** - Este elemento es tan preciso para el óptimo desarrollo de las plantas como algunos de los denominados elementos principales de la fertilización. El azufre suele ser absorbido por las raíces y transportado al interior de la planta en forma de ion sulfato (SO_4); Posteriormente se reduce e incorpora como grupo sulfhidrilo (SH) dentro de los componentes orgánicos. Gran parte del azufre se encuentra en el cloroplasto. proteínas que contienen clorofila, por lo que bajo deficiencia de azufre se afecta la formación de clorofila y las hojas comienzan a colorear, lo que las mantiene de color verde pálido (Ribiero, 2016).
- **Microelementos.** – Los microelementos necesarios para la cosecha del maíz son hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo), cobre (Cu). Estos elementos, que se necesitan en pequeñas cantidades, no significan que no sean necesarios para la planta, ya que el rendimiento del cultivo se verá afectado negativamente si alguno de ellos está ausente o adecuadamente satisfecho (Castellano, 2013).

2.5. FERTILIZACIÓN

La fertilización es la incorporación de nutrientes por sustancias químicas u orgánicas al suelo para aumentar su fertilidad y lograr una adecuada nutrición vegetal para una mayor productividad. La aplicación debe realizarse de manera razonable, teniendo en cuenta la fertilidad del suelo, la semilla utilizada, la necesidad de la planta y la eficiencia económica de su aplicación, por estos motivos se aplican dosis altas y bajas dependiendo del tipo de alimento (Hidalgo, 2013).

2.5.1. FERTILIZACIÓN LÍQUIDA

Son fertilizantes aplicados directamente o disueltos en agua, los fertilizantes líquidos consiguen una rápida efectividad, ya que son absorbidos rápidamente.

Los cuales se podrían aplicar al cultivo antes o después de la siembra y tienen su origen en materiales químicos u orgánicos.

2.5.1.1. TIPOS DE ABSORCIÓN DE LA PLANTA

Gálvez *et al.* (2013) indica dos grandes tipos según el tipo de absorción de estos por parte de la planta:

- **Fertilizantes líquidos de absorción radicular:** Son fertilizantes que se aplican al suelo para que la planta pueda absorberlos a través de las raíces. Se pueden aplicar tanto como fondo (suelo sin cultivo) como como cobertura (encima del cultivo) pero en ambos casos el objetivo es que el fertilizante líquido llegue al suelo.
- **Fertilizantes líquidos de absorción foliar:** Son estos fertilizantes diseñados para que la planta los absorba a través de las hojas en las últimas etapas del cultivo. En este caso, se aplican con la intención de que el producto entre en contacto con las hojas. Es muy común que estos fertilizantes contengan poca cantidad de nitrógeno y se complementen con aminoácidos libres y otros nutrientes como boro, molibdeno, azufre o potasio para mejorar la floración y cuajado. Algunos incluso llevan materia orgánica disuelta, se les llama fertilizantes organominerales.

2.5.1.2. VENTAJAS AGRONÓMICAS DE LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA

López y Berrantes (2017) establece algunas ventajas de la fertilización líquida:

- Mejor distribución de nutrientes, la mezcla líquida tiene mejor homogeneidad.
- Nutrientes inmediatamente disponibles (Su composición química posee formas simples que son absorbidas directamente por las plantas).
- Alta eficiencia en aplicaciones en superficie.
- Reducción de las pérdidas por lixiviación y evaporación.

2.5.2. MÉTODOS PARA LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA

- Fertilización con la técnica drench: Drench significa Mojado y es considerada como una técnica de fertilización que consiste en la

aplicación de los fertilizantes de uso tradicional mezclado y disuelto en agua en la zona de las raíces absorbentes, sobre la superficie del suelo, La técnica drench permite la aplicación de enmiendas y fertilizantes ya sean orgánicos o químicos, tipo bioles (fermentados) o frescos (Potesta, 2018).

- **Fertilización con la técnica drench inyectado:** Es una técnica de alta eficiencia y de bajo costo para fertilizar, la cual consiste en aplicar los fertilizantes de uso tradicional mezclados y disueltos en agua, en la zona de las raíces absorbentes, mediante un inyector especial (el fertilizante se inyecta directamente al suelo en la zona de la banda de abonamiento) (PROCAFE, 2008).

2.5.3. FERTILIZANTES UTILIZADOS EN LA FERTILIZACIÓN LÍQUIDA

- **MAP fosfato monoamónico:** El fosfato monoamónico (MAP) es una fuente de fósforo (P) y nitrógeno (N) muy utilizada. En los últimos años su uso ha crecido rápidamente. Está elaborado con dos componentes comunes a la industria de fertilizantes y tiene el mayor contenido de P entre los fertilizantes sólidos comunes (Alcívar y López, 2018).
El MAP ha sido un importante fertilizante granulado por muchos años. Es soluble en agua y se disuelve rápidamente en el suelo si se presenta la humedad adecuada. Tras la disolución, los dos componentes básicos del fertilizante se separan nuevamente liberando amonio (NH_4^+) y ortofosfato (H_2PO_4^-). Ambos nutrientes son importantes para mantener un crecimiento vegetal saludable. El pH de la solución alrededor del gránulo es moderadamente ácido, haciendo al MAP un fertilizante especialmente deseable en suelos con pH neutros y alcalinos (Alcívar y López, 2018).
- **Nitrato de K_2O ACF:** Es un fertilizante soluble en agua que contiene 13% de nitrógeno y 46% de potasio, sin cloro, y todo el nitrógeno (N) está disponible inmediatamente para la absorción de la planta como nitrato sin necesidad de acción. conversión microbiana o adicional en el suelo. Es compatible con la mayoría de los fertilizantes solubles en agua y con productos fitosanitarios (pesticidas). En cultivos sensibles al cloro, la

presencia de nitrato puede minimizar la absorción de cloruro en la solución del suelo o el agua de riego. Ideal para fertilización en flores, frutales y hortalizas, mediante fertirriego o aspersiones foliares (FERMAGRI, 2018).

Tabla 3. Componentes del nitrato de K₂O ACF

PARÁMETRO	CONTENIDO
Fórmula Química	KNO ₃
Peso Molecular	101
Nitrógeno Total (N)	13.7 %
Nitrógeno nítrico (N)	13.7
Presentación física	Polvo cristalino
Potasio Soluble en agua (K ₂ O)	46.2%
Densidad aparente	1.1-2.2 Kg/m ³
pH (solución al 10%)	6 – 7
Humedad	0.5 % máx.
Solubilidad (20 °C)	340 g/litro
Humedad Relativa Crítica (30°C)	90.5 %

- **Sulfato de Mg cristalino:** Molinos & Cia (2018), afirma que es un fertilizante cristalino sólido que contiene un 16% de magnesio y un 13% de azufre, lo que lo convierte en una excelente opción para proporcionar el magnesio necesario para el cultivo. El magnesio es el núcleo principal de la clorofila, donde se producen los azúcares que permiten que la planta crezca y produzca.

El azufre es el cuarto nutriente esencial, normalmente los cultivos extraen este nutriente en casi las mismas cantidades que el fósforo. Está ligado a la síntesis de aminoácidos, es muy importante en crucíferas y legumbres. Vital en la formación de haces vasculares de Xilema y Floema. Su composición se muestra a continuación:

Tabla 4. Componentes de Sulfato de Mg cristalino

PARÁMETRO	CONTENIDO
MgO	16.0%
MgSO ₄ · 7H ₂ O	99.94%
MgSO ₄	49.00%
Mg	9.99%
S	13.00%

C.E

0.70 dS/m a 20°C (1 g/l)

- **Sulfato de amonio fino:** El sulfato de amonio es un producto de reacción ácida, recomendado para suelos alcalinos por su fuerte efecto acidificante tanto al solubilizarse antes durante el proceso de transformación de amonio a nitrato (FERMAGRI, 2018).

Tabla 5. Componentes de amonio fino

PARÁMETROS	CONTENIDO
Fórmula Química	(NH ₄) ₂ SO ₄
Peso Molecular	132.14
Nitrógeno Total (N)	21%
Nitrógeno Amoniacal(N-NH ₄)	21%
Azufre (S)	24%
Densidad	765 - 1040kg/m ³
Angulo de Reposo	33 - 35 grados
Presentación Física	Cristales
Insolubles	0.1%
pH (solución al 10%)	*3-5
Solubilidad (20 °C)	400 g/litro
Humedad	0,10%
Humedad Relativa Crítica (30°C)	79.2 %
Índice de Salinidad	69

- **Urea:** Es un fertilizante químico granulado de aplicación directa al suelo. Contiene nitrógeno en forma de amida. La forma de amida es muy soluble en agua. Se fabrica por neutralización del dióxido de carbono con amoníaco. De acuerdo al tamaño de sus granos, la urea se divide en tres tipos: Urea Prilada, Urea Granular y Urea Microprilada. Sus características químicas se conservan dentro de los mismos parámetros para estos tres tipos de urea, entre los fertilizantes sólidos la Urea es la fuente Nitrogenada de más alta concentración con grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de Nitrógeno (FERMAGRI, 2018).

Tabla 6. Componentes de la urea

PARÁMETRO	CONTENIDO
-----------	-----------

Fórmula Química	CO (NH ₂) ₂
Nitrógeno Total (N)	46%
Biuret	1 % máx.
Peso Molecular	60.6
Granulometría	70% 2 - 4 mm
Nitrógeno Ureico (N-NH ₂)	46%
Presentación Física	Perlas esféricas blancas
Densidad Aparente	770 – 809 kg/m ³ P
Angulo de reposo	26 – 28 grados
Solubilidad (20 °C)	1.080 g/litro
pH (solución al 10%)	8-9
Humedad Relativa Crítica (30°C)	72%
Humedad	0.5% max
Índice de Salinidad	75

2.6. EXPERIENCIAS DE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ

Estudios realizados por Drazic et al (2020) quienes evaluaron el impacto de la técnica de aplicación y la tasa de fertilizante iniciador líquido aplicado con un dispositivo novedoso en la producción de maíz. Los cuales aplicaron fertilizante inicial en el rango del sistema radicular de plantas recién germinadas en las formas de 'cinturón' y 'punta' en diferentes cantidades (35, 50, 70 y 100 L ha⁻¹), según el método de colocación de dos por dos, que condujo a un crecimiento intensivo de las plantas en las etapas iniciales de desarrollo. Por lo que determinaron que el rendimiento de grano por hectárea varió estadísticamente de manera significativa según el sistema de fertilización aplicado en ambos sitios durante todos los años de estudio. Los valores medios generales más altos de rendimiento se obtuvieron en experimentos en los que se aplicó fertilizante iniciador junto con fertilizante mineral. El aumento en el rendimiento de maíz (valores medios), en comparación con la parcela de control, fue de 7,9 a 17,1%, dependiendo de los tratamientos de fertilizantes iniciadores líquidos aplicados.

Aguilar (2019), evaluaron los efectos de los diferentes niveles de fertilización con NPK en el cultivo de maíz (*Zea mays*) sembrado en condiciones de secano en la zona de Ventanas con la finalidad de valorar la respuesta del cultivo ante las

aplicaciones de NPK, en donde evaluaron parámetros de desarrollo y productividad mediante la adición de fertilizantes entre los que se utilizaron Urea, DAP y Muriato de Potasio, destacando que la adición de fertilizantes resultó en la obtención de plantas de mayor tamaño en todos los períodos de evaluación registrando plantas de 251.00 cm a los 60 días de evaluación y presentando mazorcas de 16.72 cm y 188.67 g del peso de la mazorca en aquellos tratamientos donde se aplicó una fertilización completa, además de alcanzar el mejor rendimiento mediante la aplicación de 160 N, 60 P y 90 K con 10392.23 kg ha⁻¹ y así obtuvieron la mejor relación Beneficio/Costo con 1.96 y rentabilidad de 96.48 %.

En la investigación realizada por Alcívar y López (2018), con fines de contrastar la efectividad de los fertilizantes arrancadores, donde se incluyó un testigo convencional a base del fertilizante MESZ colocado en banda superficial a la emergencia de las plántulas, y un testigo con omisión de P, mostraron que el fertilizante MicroEssentials SZ (MESZ) colocado como arrancador a lado y debajo de la semilla obtuvo el mayor rendimiento con 256 qq ha⁻¹, en contraste a los demás fertilizantes fosfatados arrancadores y a los tratamientos testigo convencional con 220 qq ha⁻¹ y con omisión de P con 132 qq ha⁻¹. De manera similar, el tratamiento a base de MESZ colocado como arrancador fue el que obtuvo el mayor beneficio neto con 1620 USD ha⁻¹, puesto que obtuvo el mayor incremento de rendimiento y menor incremento de los costos que varían en relación a los demás tratamientos evaluados como arrancadores y tratamientos testigos.

Estudios realizados por Jara (2019) estableció que el comportamiento agronómico del cultivo es altamente influenciado por la aplicación de los fertilizantes y los cual identifico que los híbridos DK-7508 y Emblema 777 fertilizados con 138-69-90 kg/ha (9990 kg/ha y 9865,0 kg/ha; respectivamente) presentaron el mayor rendimiento de grano. En las interacciones los híbridos DK-7508 y Emblema 777 fertilizados con 138-69-90 kg/ha tuvieron la mejor tasa de retención, superior a los demás tratamientos. Además, destaco que el tratamiento 92-23-30 kg/ha presentó la tasa de eficiencia más baja con relación al testigo.

De acuerdo con Cedeño *et al* (2018), donde determinaron el efecto de la nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores sobre el rendimiento del maíz amarillo duro. Demostró que la nutrición foliar complementada con micronutrientes y fitorreguladores mostró efectos significativos ($p \leq 0,05$) sobre el rendimiento, que en promedio produjo $11,27 \text{ t ha}^{-1}$ en relación al tratamiento testigo (fertilización edáfica) con un rendimiento de $8,77 \text{ t ha}^{-1}$, lo cual representó un 28% de incremento productivo.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en la localidad maicera de Los tres Charcos del cantón Rocafuerte, provincia de Manabí.

3.2. DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se desarrolló durante la temporada lluviosa del 2021 y tuvo una duración de 28 semanas de ejecución, entre los meses de enero a julio.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El trabajo fue experimental de carácter descriptivo y análisis.

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

3.4.1. FACTOR A (GENOTIPOS)

- H-601
- H-603

3.4.2. FACTOR B (FERTILIZACIÓN LÍQUIDA)

- Fertilización líquida en drench superficial
- Fertilización líquida en drench inyectada

3.4.3. TESTIGOS

- Fertilización granulada.
- Control (con omisión de fertilización, para cálculo de eficiencia agronómica).

3.5. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B + 2 con seis tratamientos, cuatro repeticiones y 24 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 24 m², donde las plantas fueron establecidas a 0.80 m entre hileras y 0.20 m entre plantas con una densidad de 62500 plantas ha⁻¹.

A continuación, se describe el esquema del ADEVA:

Tabla 7. Esquema ADEVA

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Tratamientos	5
Genotipos	1
Fertilización líquida	1
Genotipo x fertilización líquida	1
Fertilización granulada vs fertilización líquida	1
Testigo control vs tratamientos de fertilización	1
Bloques	3
Error	15
Total	23

3.6. VARIABLES RESPUESTA

3.6.1. MORFO-AGRONOMICAS

- **Altura de planta (cm):** la altura de planta se midió desde la base hasta la hoja bandera, este valor se registró en centímetros después de la floración femenina.
- **Diámetro de tallo (mm):** se registró después de la floración femenina en la base del tallo en mm.
- **Peso seco de raíces (g):** se registró al momento de la madurez fisiológica cuando la planta alcanzó su máximo crecimiento; para esto se separaron las raíces de la planta y se colocaron en estufa a 70°C hasta que alcanzaron un peso constante.
- **Área foliar (m²):** fue registrado después de la floración femenina, para lo cual se registró la longitud y ancho de cada hoja y se multiplicó por el factor 0.75, luego se sumaron las áreas de cada hoja.

3.6.2. COMPONENTES DE RENDIMIENTO

- **Longitud de mazorca sin brácteas (cm):** se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró la longitud en cm desde la base hasta el ápice de la mazorca.

- **Diámetro de mazorca sin bráctea (cm):** se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró el diámetro en el centro de la mazorca.
- **Peso de granos/mazorca (g):** se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró el peso de granos de cada mazorca.
- **Peso de 1000 granos (g):** se realizó al momento de la cosecha para lo cual se tomaron cinco mazorcas al alzar de cada unidad experimental y se registró el peso de 1000 granos.
- **Rendimiento de grano (kg ha⁻¹):** se realizó por el peso de los granos provenientes de la parcela útil, ajustada 13% de humedad y transformados a kg ha⁻¹. Para uniformizar el peso se empleó la siguiente fórmula:

$$PU(13\%) = \frac{Pa(100-Ha)}{100-Hd} \quad [1]$$

- Donde:
- PU = Peso uniformizado (kg)
- Pa = Peso actual (kg)
- Ha = Humedad actual (%)
- Hd = Humedad deseada (13%)
-
- Para expresar el rendimiento en kg ha⁻¹ se utilizó la formula siguiente:

$$Rend (kg ha^{-1}) = \frac{PU(10000 m^2)}{\text{Área parcela útil (m}^2\text{)}} \quad [2]$$

3.6.3. EFICIENCIAS AGRONOMICAS DE LA FERTILIZACIÓN NPK

La eficiencia agronómica (EAN) de N se estimó con la ecuación [1] de acuerdo a lo indicado por el IPNI (2012).

$$EAN_N = \frac{\text{Rendimiento de granos con fertilización} - \text{Rendimiento de granos sin fertilización}}{\text{Dosis de N aplicado (180 kg ha}^{-1}\text{)}}$$

[3]

3.6.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE BENEFICIO NETO

El análisis económico se realizó a través de la estimación del beneficio neto de los tratamientos propuestos. Para esto se estimó los costos que varían por tratamiento (CqV), los que estarán en función del costo de la fertilización, aplicaciones, costo unitario de insumos (U\$\$ kg⁻¹ o L⁻¹) y costo de la mano de obra (jornales). En el tratamiento Testigo, el costo que varía será cero (CqV=0). Con los datos de rendimiento de grano (qq ha⁻¹) y precio unitario de venta (U\$\$ qq⁻¹) se calculó los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo se estimó el efecto de la aplicación de fertilización. Con los datos de costos e ingresos se calculó los beneficios netos (Duicela y Ponce, 2015).

3.7. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.7.1. TRATAMIENTO DE SEMILLAS

Las semillas fueron tratadas con la mezcla insecticida a base de Thiametoxan en dosis de 3 cc kg⁻¹ de semillas + Thiodicar en dosis de 15 cc kg⁻¹ de semilla, esto con la finalidad de proteger las plántulas durante la emergencia de insectos chupadores y cortadores.

3.7.2. CONTROL DE MALEZAS EN PRE-EMERGENCIA

Se aplicó la mezcla de los herbicidas Atrazina-80 + pendimetalin en dosis de 1.5 + 3 litros ha⁻¹, respectivamente.

3.7.3. CONTROL DE MALEZA POST-EMERGENCIA

Se aplicó Bentazon + MCPA en dosis de 1.5 litros ha⁻¹ de cada uno debido a la presencia de hoja ancha o coquito, cuando el maíz de tres a cuatro hojas. Como siguió presentándose presencia de malezas gramíneas, se utilizó el herbicida nicosulfuron (ACCENT) en dosis de 20 a 30 g ha⁻¹, adicionando 200 a 300 mL de un surfactante.

3.7.4. FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó con base al análisis de suelo y demanda nutricional del cultivo. En este sentido, debido a información de base de datos del MAG, AGROCALIDAD e INIAP relacionados a análisis químico de suelos de la provincia de Manabí, se conoce que la mayoría de los suelos en zonas maiceras de Manabí, presentan bajos contenidos en N, medios a altos en P, K y Ca, bajos a medios en Mg y S, y bajos en Zn y B. Con este antecedente se describen en las tablas 8 y 9 los planes de fertilización líquida y granulada respectivamente.

Tabla 8. Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización líquida.

FUENTES	SOLUBIL. (g/L)	CANTIDAD DE FERT. (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
MAP Fosfato Monoamónico	365	66	8	40			
Nitrato de K ₂ O ACF	360	174	22		80		
Sulfato de Mg cristalino	800	188				30	24
Sulfato de Amonio fino	900	150	31				36
Urea	1080	258	119				
Total dosis de fertilización en kg ha⁻¹			180	40	80	30	60

Tabla 9. Plan de fertilización establecido para tratamientos de fertilización granulada

FUENTES	Cantidad de fertilizante (kg ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
Fosfato di amónico granular	87	16	40			
Muriato de potasio granular	133			80		
Sulfato de Mg granular	120				30	24
Sulfato de amonio granular	150	32				36
Urea	287	132				
Total dosis de fertilización en kg ha⁻¹		180	40	80	30	60

La urea fue aplicada en tres fracciones y proporciones, según lo recomendado por García y Espinoza (2009) para fuentes nitrogenadas, donde la primera se realizó en etapa fenológica VE (emergencia) colocando el 20% del fertilizante, los dos restantes fueron aplicadas en las etapas V6 (hoja 6) y V10 (hoja 10) con el 40% de la urea en cada aplicación. El fertilizante fosfatado fue aplicado en su totalidad a la emergencia del cultivo (VE). El resto de fertilizantes fueron aplicados en dos fracciones y proporciones, el 50% en la etapa VE y el resto en la etapa V6. En la fertilización líquida, los fertilizantes diluidos fueron colocados en drench superficial e inyectados al suelo según el respectivo tratamiento.

La fertilización fue complementada con materia orgánica líquida (ácidos húmicos, fulvicos y melaza) y un bioestimulante a base aminoácidos y extractos de algas, esto con la finalidad de activar microbiología del suelo e inducir tolerancia al estrés hídrico en caso de que se presente. La fertilización granulada fue aplicada en banda superficial. En ambos tipos de fertilización, se realizaron aplicaciones de un coctel foliar conformado de micronutrientes y bioestimulante a base de algas marinas en las etapas V6, V10 y V18.

3.7.5. CONTROL FITOSANITARIO

A causa de presencia de insectos – plaga y enfermedades, se realizaron controles de acuerdo con los umbrales económicos establecidos y recomendaciones emitidas por el Departamento de Protección Vegetal de la Estación Experimental – Portoviejo del INIAP

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES MORFO-AGRONOMICAS

En la tabla 10 se observa, que el análisis de varianza aplicado a las variables del componente de crecimiento reportó diferencias significativas ($p < 0.05$) únicamente para el factor fertilización, mientras que para el factor genotipo y la interacción genotipo x fertilización, no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), a excepción del área foliar que si fue afectada significativamente ($p < 0.05$) por el genotipo. La fertilización líquida inyectada y en drench superficial lograron el mayor incremento en altura de planta, con un incremento del 8.52 y 7.49%, con relación a la fertilización granulada; del mismo modo, la fertilización líquida inyectada y en drench superficial incrementaron el diámetro del tallo en un aumento del 12.70 y 10.39%, en comparación a la fertilización granulada. El área foliar también fue incrementada en un 14.29 y 11.48% por la fertilización líquida inyectada y en drench superficial, con relación a la fertilización granulada. El peso seco de la biomasa radical fue aumentado en un 15.75 y 14.08%, por la fertilización líquida inyectada y en drench superficial, en relación a la fertilización granulada en banda superficial. En cuanto al efecto del genotipo, solo el área foliar fue afectada por los híbridos evaluados, donde el genotipo H-603 logró un incremento del 6.50%, con relación al genotipo H-601. Estos resultados se asemejan a Blas (2021), que demostró que la aplicación de fertilizantes líquido mostró un comportamiento estadísticamente superior a la fertilización granulada en las variables de altura de planta, peso fresco aéreo del cultivo y peso seco radicular. Así mismo, Arraya et al., (2015) obtuvieron de diferencias significativas en el peso de biomasa fresca, peso seco de raíces y peso de la parte aérea del cultivo de sorgo.

Tabla 10. Eficiencia agronómica de la fertilización líquida en dos genotipos de maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.

Tratamientos	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (mm)	Área foliar (m ²)	Peso seco de raíces (g)
Factor genotipo				
H-601	2.61	20.23	1.15 a	28.27
H-603	2.62	21.03	1.23 b	29.06
Factor fertilización				
Líquida en drench superficial	2.67 a	21.18 a	1.22 a	30.25 a

	Líquida en drench inyectado	2.70 a	21.74 a	1.26 a	30.81 a
	Granulada en banda superficial	2.47 b	18.98 b	1.08 b	25.99 b
Interacción genotipo x fertilización					
H-601	Líquida en drench superficial	2.70	20.47	1.19	30.98
H-601	Líquida en drench inyectado	2.90	21.85	1.21	32.42
H-601	Granulada en banda superficial	2.00	18.38	1.05	26.52
H-603	Líquida en drench superficial	2.70	21.88	1.26	29.52
H-603	Líquida en drench inyectado	2.10	21.63	1.31	29.21
H-603	Granulada en banda superficial	2.40	19.58	1.12	25.46
	C.V. %	4.14	5.33	6.38	8.08
	p-valor ANOVA				
	Genotipo	0.7958	0.0951	0.0229	0.0641
	Fertilización	0.0014	0.0004	0.0009	0.0016
	Genotipo x fertilización	0.7528	0.3011	0.8778	0.6288
Medias con letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$)					

4.2. VARIABLES COMPONENTES DE RENDIMIENTO

En la tabla 11 se observa, que el análisis de varianza aplicado a las variables del componente de rendimiento reportó diferencias significativas ($p < 0.05$) para el factor fertilización, para el factor genotipo, mientras que en la interacción genotipo x fertilización, no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). El híbrido H-603 mostró el mayor incremento en longitud de mazorca, el diámetro de mazorca, el peso de 1000 granos y peso de granos por mazorca, con un 2.28, 4.87, 5.84 y 11.91%, respectivamente, con relación al híbrido H-601. En cuanto al efecto de la fertilización, la longitud de mazorca fue incrementada por la fertilización líquida inyecta y en drench superficial en un 8.57 y 4.61%, en comparación a la fertilización granulada en banda superficial. Del mismo modo, el diámetro de mazorca fue aumentado por la fertilización líquida inyecta y la de drench superficial en un 4.40 y 3.81%, en relación a la fertilización granulada convencional. Así mismo, el peso de 1000 granos fue acrecentado en un 8.85 y 5.86%, por la fertilización líquida inyecta y en drench superficial, con relación a la granulada en banda. Por último, el peso de granos por mazorca fue incrementado por la fertilización líquida inyecta y en drench superficial en un 13.09 y 8.47%, en comparación a la fertilización granulada convencional.

Tabla 11. Eficiencia de la fertilización líquida en dos genotipos sobre variables de rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.

Tratamientos		Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (mm)	Peso de 1000 granos (g)	Peso de granos por mazorca (g)
Factor genotipo					
H-601		17.56	46.64 a	398.43 a	166.44 a
H-603		17.97	49.03 b	423.14 b	188.94 b
Factor fertilización					
Líquida en drench superficial		17.79 ab	48.35 a	414.35 a	179.58 a
Líquida en drench inyectado		18.56 a	48.65 a	427.94 a	189.12 a
Granulada en banda superficial		16.97 b	46.51 b	390.07 b	164.37 b
Interacción genotipo x fertilización					
H-601	Líquida en drench superficial	17.75	47.24	405.29	170.92
H-601	Líquida en drench inyectado	18.30	46.83	406.94	173.83
H-601	Granulada en banda superficial	16.62	45.87	383.08	154.57
H-603	Líquida en drench superficial	17.83	49.45	423.41	188.25
H-603	Líquida en drench inyectado	18.75	50.47	448.95	204.42
H-603	Granulada en banda superficial	17.33	47.17	397.05	174.37
C.V. %		4.48	2.68	5.54	5.98
p-valor ANOVA					
Genotipo		0.2209	0.0004	0.0180	0.0001
Fertilización		0.0051	0.0092	0.0146	0.0011
Genotipo x fertilización		0.7357	0.2144	0.4340	0.4309

Medias con letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

El análisis de varianza aplicado a las variables rendimiento de grano, únicamente reportó diferencias significativas ($p < 0.05$) para el factor fertilización (Grafico 1), mientras para el factor genotipo y la interacción genotipo x fertilización, no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$). La fertilización líquida inyectada fue la que logró el mayor rendimiento de grano, con un incremento del 4.81 y 16.62%, con relación a la fertilización líquida en drench superficial y granulada en banda superficial, respectivamente (Ilustración 2).

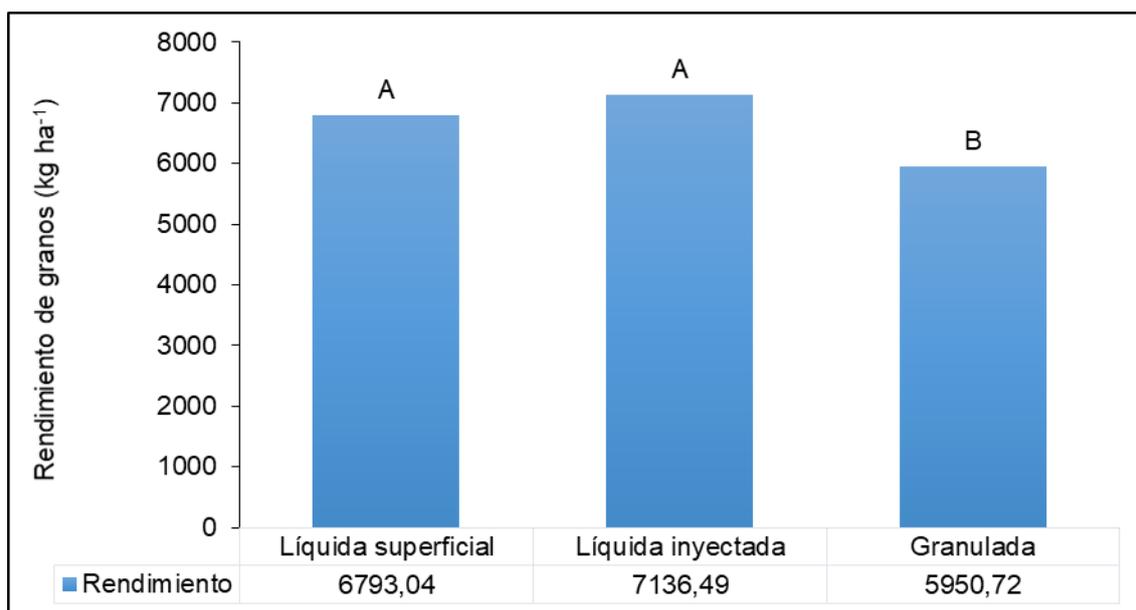


Ilustración 2. Eficiencia de la fertilización líquida en dos genotipos sobre el rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.

Medias con letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Estos resultados coinciden con Favere y Starnone (2018), que registraron que la fertilización líquida obtuvo los mejores promedios en las variables de peso de 1000 granos, granos por m² y rendimiento del maíz (kg ha⁻¹). Keller y Fontanetto (2003) lograron incrementar los rendimientos entre 200 y 400 kg ha⁻¹ con la fertilización líquida en el cultivo de trigo. Barraco *et al.*, (2015), encontraron un mayor rendimiento (23%) en el cultivo de maíz con la fertilización líquida, a diferencia de los tratamientos con fertilización sólida.

4.3. EFICIENCIA AGRNOMICA SOBRE EL NITRÓGENO

La eficiencia agronómica (EAN) fue influenciada significativamente ($p < 0.05$) por las técnicas de fertilización, mientras que el genotipo y la interacción genotipo vs fertilización no influyeron la EAN, bajo las condiciones edafoclimáticas donde se desarrolló el experimento. En promedio la fertilización líquida en drench independientemente si es colocada superficial o inyectada, incrementó la EAN en un 24 y 35% respectivamente, lo que equivale a un incremento de productividad de 4,49 y 6.37 kg de grano por kg de N aplicado (Ilustración 3).

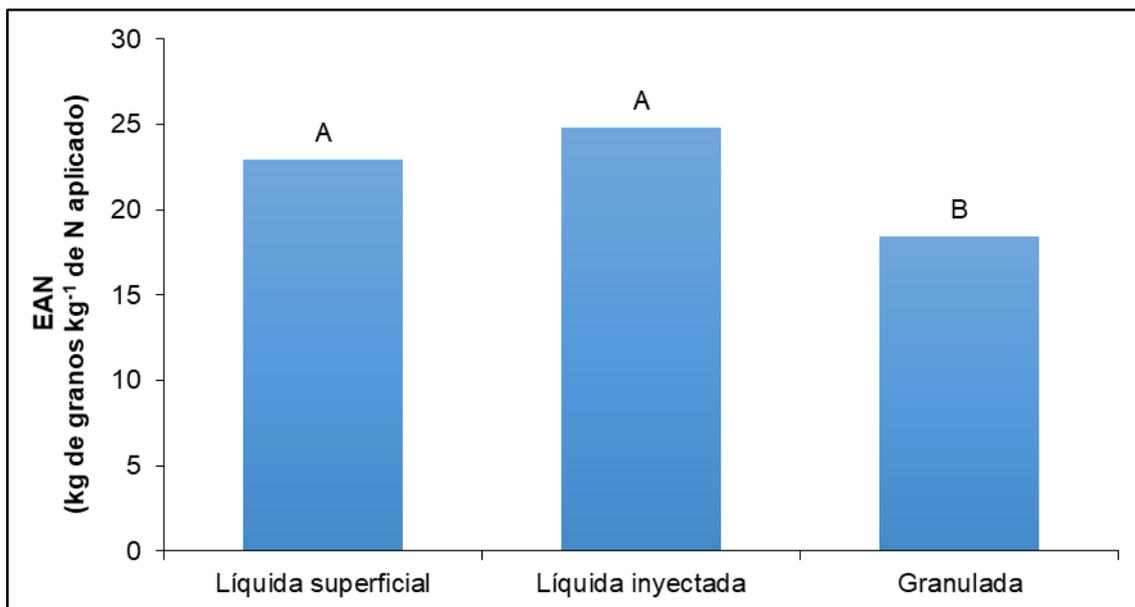


Ilustración 3. Eficiencia agronómica (EAN) de la fertilización líquida en dos genotipos sobre el rendimiento del maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí.

Similares resultados encontraron Trujillo y Zambrano (2022), reportando que la mayor EAN fue alcanzada con la fertilización líquida en drench inyectada y superficial, con 23,61 y 20,95 kg de grano por kg⁻¹ de N aplicado, comparada con la fertilización granulada.

4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

En la tabla 12, se describe el análisis de beneficio económico total (BET) y neto (BEN) de la fertilización en maíz amarillo duro. Con relación al tratamiento control, las fertilizaciones líquidas inyectada, en drench y en banda superficial incrementaron en BET en 989, 894 y 509 USD ha⁻¹, respectivamente, lo cual indica que la fertilización del maíz tiene ventajas económicas. Las fertilizaciones líquidas inyectada y en drench alcanzaron el mayor BEN de la fertilización, con un incremento de 481 y 385 USD ha⁻¹, con respecto a la fertilización granulada en banda superficial, lo cual indica que bajo condiciones de secano, donde la humedad del suelo puede estar limitada por la falta de lluvias, la fertilización líquida puede ser más conveniente.

Estos resultados se acercan a los obtenidos por Arifin (2019), quien reportó que la aplicación de fertilizante NPK líquido es muy eficaz para aumentar el rendimiento del maíz en 9,10 t/ha granos secos y tiene una relación B/C de 3.55, por lo que es económicamente factible. En este mismo contexto, Drazic et al.

(2020) concluyeron que la técnica de fertilización líquida puede potenciar el rendimiento y la rentabilidad del cultivo de maíz. Conclusiones similares fueron halladas por Artemieva (2018), que reportó una alta eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes organominerales líquidos en el cultivo de cebada de primavera, con un nivel de rentabilidad entre el 152 y 231%.

Tabla 12. Beneficio económico neto de la fertilización complementaria con F. líquida Inyectada, F. líquida en drench y F. granulada en maíz amarillo duro.

Tratamientos	CT	CqnV	CqV	ICqV	Ren	IRen	PUV	ling	IT	BET	BEN
F.L. inyectada	1600	700	900,00	850,00	184,00	126,00	14,6	1840	2686	1086	990
F.L. en drench	1520	700	820,00	770,00	172,00	114,00	14,6	1664	2511	991	894
F. Granulada	1540	700	840,00	790,00	147,00	89,00	14,6	1299	2146	606	509
Testigo	750	700	50,00	0	58,00	0	14,6	0	847	97	0

CT: Costos totales (USD ha⁻¹), **CqnV:** Costos que no varían por la fertilización – USD ha⁻¹ (Semilla, preparación de terreno, siembra, control fitosanitario), **CqV:** Costos que varían por la fertilización – USD ha⁻¹ (Fertilizantes, aplicaciones y labor de cosecha), **ICqV:** Incremento de costos que varían por la fertilización – USD ha⁻¹ (ICqV = CqV_{tratamientos} – CqV_{control}), **Ren:** Rendimiento (qq ha⁻¹), **IRen:** Incremento de rendimiento de tratamientos de fertilización con relación al control (IRen = Ren_{tratamientos} – Ren_{control}), **PUV:** Precio unitario de venta (USD qq⁻¹), **ling:** Incremento de ingresos con fertilización con relación al control – USD ha⁻¹ (ling = IRen * PUV), **IT:** Ingresos totales USD ha⁻¹ (IT = Ren * PUV), **BET:** Beneficio económico total – USD ha⁻¹ (BET = IT - CT), **BEN:** Beneficio económico neto de la fertilización – USD ha⁻¹ (BEN = ling - ICqV).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El genotipo INIAP H-603 mostró mayor incremento de los componentes de rendimiento.
- La fertilización líquida en drench, tanto superficial como inyectada, fue más efectiva para incrementar el rendimiento, en comparación a la fertilización granulada.
- La fertilización líquida logró la mayor eficiencia agronómica del nitrógeno, independientemente del genotipo evaluado.
- La fertilización líquida alcanzó mayor beneficio económico neto en contraste a la fertilización granulada.

5.2. RECOMENDACIONES

La fertilización líquida del maíz amarillo duro, puede recomendarse como una alternativa para la fertilización en lugares donde se produce maíz en condiciones de secano, puesto que es más efectiva para incrementar el uso eficiente de los nutrientes aplicados vía edáfica.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. [Archivo PDF]. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215047017.pdf>
- Aguilar, F. (2019). Evaluación de los diferentes niveles de fertilización con NPK en el cultivo de maíz (*Zea mays*) sembrado en condiciones de secano en la zona de Ventanas. [Trabajo grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio institucional <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3850>
- Alcívar, D. & López, J. (2018). Efectividad de fertilizantes arrancadores fosfatados sobre la productividad del maíz amarillo duro en el Valle del Río Carrizal. [Trabajo grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Bolívar].
- Araya, M., Camacho, M., Molina, E. & Cabalceta, G. (2015). Evaluación de fertilizantes líquidos con silicio, calcio o magnesio sobre el crecimiento del sorgo en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(2), 47-59.
- Badillo, A. (2016). Evaluación del aporte de gallinaza fresca en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 122, en dosis diferentes, en la parroquia Malchinguí, cantón Pedro Moncayo, provincia Pichincha [tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10735/1/INFORME%20FINAL%20DE%20TESIS%20MAIZ%20%2012-01-2016.pdf>
- Barraco, M., Girón, P. & Miranda, W. (2015). Fertilización de maíz con fuentes sólidas y líquidas de fósforo. *INTA*, 11(23), 30-32.
- Blas, R. (2021). Eficiencia de la fertilización granulada y líquida complementada con ajinofer, en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), Var. Dekalb 7088. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional de Barranca]. Repositorio UNAB. <https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935/106/TESIS%20%20ROSNY%20MICHEL%20BLAS%20MORALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabot, C., Martos, S., Llugany, M., Gallego, B., Tolrá, R. & Poschenrieder, C. (2019). A Role for Zinc in Plant Defense Against Pathogens and Herbivores. *Front. Plant Sci.*, 10, 1171.

- Castellanos, Z., J. (2013). Manejo Nutricional de Maíz. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). México.
- Cedeño, F., Cargua, J., Cedeño, J., Mendoza, J., López, G. & Cedeño, G. (2018^a). Aplicación foliar de micronutrientes y fitoreguladores como complemento de la fertilización edáfica en maíz amarillo duro. *La Técnica*, 19, 19-30.
- Chanataxi, M. (2016). Respuesta del cultivo de maíz dulce var. Bandit a la aplicación de niveles de calcio, boro y azufre bajo invernadero [tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7945/1/T-UCE-0004-10.pdf>
- Cirilo, A., Andrade, F., Otegui, M., Maddonni, G., Vega C. & Valentinuz O. (2012). Ecofisiología del cultivo de maíz. Ficha técnica INTA. Base para el manejo del cultivo de maíz.
- Deras, H. (2020). Guía técnica: el cultivo de maíz. [Archivo PDF] <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>
- Drazic, M., Gligorevic, K., Pajic, M., Zlatanovic, I., Spalevic, V., Sestras, P., Skataric, G., Dudic, B. (2020). The Influence of the Application Technique and Amount of Liquid Starter Fertilizer on Corn Yield. *Agriculture*, 10(347), 1-13.
- Duicela, L. y Ponce, L. (2015). Uso de fungicidas sistémicos en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en la provincia de Manabí. *La Técnica*, 15, 6-17.
- Fahrurrozi, F., Mukhtar, Z., Setyowati, N., Sudjarmiko, S., Chozin, M. (2019). Comparative Effects of Soil and Foliar Applications of Tithonia-Enriched Liquid Organic Fertilizer on Yields of Sweet Corn in Closed Agriculture Production System. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 41(2), 238-245.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). Dirección de estadística FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAO. (2020) Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets: June 2020. Food Outlook, 1. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9509en>

- Farinango, D. (2015). "Primer ciclo de mejoramiento genético de maíz (zea mays l.). [Archivo PDF]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4266/1/13t0810.pdf>
- Fermagri, (2018). Sulfato de amonio fino, urea, Nitrato de K₂O ACF. <http://www.fermagri.com/edaficos.html>
- Gálvez, M., Álvarez, L. & Vega, A. (2013). Operaciones auxiliares de abonado y aplicación de tratamientos en cultivos agrícolas. Ediciones Paraninfo, SA.
- Gaspar, L. (2008). Fertilización del cultivo de maíz. Agro estrategias. 1-4.
- Garcés, C. (2020). Caracterización socio-económica de las unidades productoras de maíz suave (Zea mays l) en la parroquia Santa Fe, Guaranda provincia Bolívar [tesis de pregrado, Universidad Estatal de Bolívar]. Repositorio UEB. <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/3694/1/TESIS%20DE%20GRADO%20MAIZ%20SUAVE.pdf>
- García, J. y Espinoza, J. (2009). Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. *Informaciones Agronómicas*, 72, 1- 5.
- Granados, R. y Sarabia, A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(3), 435-446.
- Grimmer, M., Foulkes, M. & Paveley, N. (2012). Foliar pathogenesis and plant water relations: a review. *Journal of Experimental Botany*, 63(12), 4321-4331.
- Gupta, N., Debnath, S., Sharma, S., Sharma, P., Purohit, J. (2017). Role of Nutrients in Controlling the Plant Diseases in Sustainable Agriculture. Chapter, 8, 217-262. In: V.S. Meena et al. (eds.), *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*, DOI 10.1007/978-981-10-5343-6_8.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumsager Moller, I. y White, P. (2012). Function of macronutrients. En P. Marschner (Ed.). *Marschner's mineral nutrition* (pp. 135-178). Oxford, UK: Elsevier.
- Hidalgo, E. (2013). Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima. [Archivo

PDF

http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/149/1/Cultivo_maiz_amarillo_2013.pdf

Infoagro. s.f. Cultivo del maíz (en línea). [Archivo PDF

<https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>

IPNI, (2012). 4R Plant Nutrition Manual: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, Metric Version. (T.W. Bruulsema, P.E. Fixen, G.D. Sulewski, Eds.). International Plant Nutrition Institute, Norcross, GA, USA.

Izarra, W. & López, F. (2012). Manual de observaciones fenológicas. Servicio Nacional de meteorología e hidrología (SENAMI). Lima, PE. 98 p.

Jara, A. (2019). Respuesta de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.), a diferentes niveles de fertilización en la zona de Babahoyo. [Trabajo grado, Universidad Técnica DE Babahoyo]. Repositorio institucional <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6099>

Jiménez, S., Castro, L., Yépez, J. & Wittmer, C. (2012). Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia del Ecuador. *Avances de Investigación*, 66, 1-92.

Kar, G. & Kumar, A. (2015). Effects of Phenology-based Irrigation Scheduling and Nitrogen on Light Interception, Water Productivity and Energy Balance of Maize (*Zea mays* L.). *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 63(1), 39-52.

Kerrer, O. y Fontanetto, H. (2003). Fertilización líquida en trigo efecto directo y residual del nitrógeno, azufre y sus combinaciones. *Publicación miscelánea*, 100, 1-4.

López, E., & Barrantes, D. (2017). Estudio físico-químico para la formulación de un fertilizante líquido de composición completa. *Pensamiento Actual*, 17(29), 51-68.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2018). Boletín Situacional maíz duro seco. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. [Archivo PDF http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2018/boletin_situacional_maiz_duro_2018.pdf

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2019). Caracterización general del maíz. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. [Archivo PDF]. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/maiz/caracterizacion>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2020^a). Boletín de Precipitación y Temperatura. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. [Archivo PDF]. http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2020/boletin_agroclima_2020.pdf
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2020b). Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes. Sistema de Información Pública Agropecuaria – SIPA. Quito, Ecuador. [Archivo PDF]. http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/nacionales/precipitacion/2020/boletin_agroclima_2020.pdf
- Magero, E., Chemining'wa, G. & Kilalo, D. (2018). Effect of macro and micro nutrients on severity of maize lethal necrosis disease and maize grain yield. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 5(9), 1-11.
- Martinez, D. (2015). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. INTA. Información técnica. N° 188.
- Masaquiza, J. (2016). "Valoración de rendimiento de maíz (zea mays) en relación con la aplicación de biodegradable en el sector La Isla, cantón Cumandá". [Archivo PDF]. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24084/1/tesis%20005%20ingenier%c3%ada%20agropecuaria%20%20juan%20carlos%20masaquisa%20-%20cd%20005.pdf>
- Medina, J., Alejo, G., Soto, J. & Hernández, N. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(21), 4306-4316.
- Molino y Cia. (2018). Sulfato de magnesio cristalino. <https://www.molinosycia.com/web/secciones/productos.php?idcat=4>
- Montoro, A. & Ruiz, M. (2015). Efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua en híbridos de maíces dulces y superdulces. XXV Congreso Nacional del Agua. Paraná Argentina.

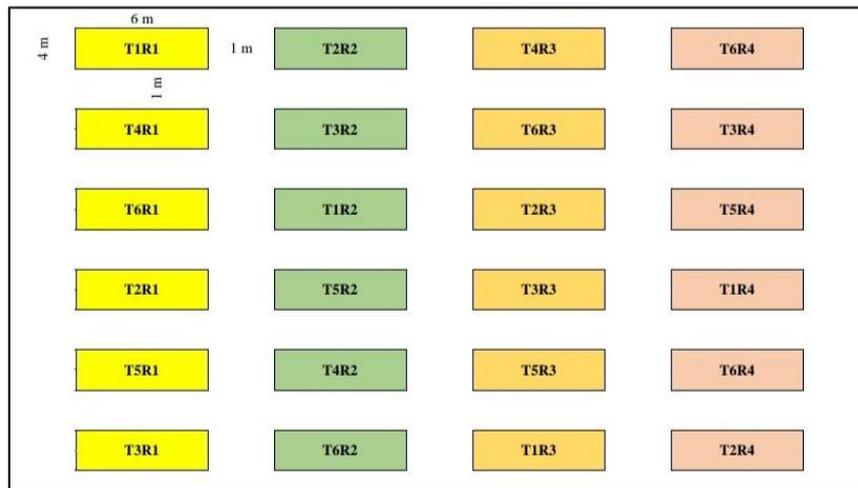
- Montoro, A. & Ruiz, M. (2017). Ecofisiología del cultivo de maíz dulce (*Zea mays* L. Var. *Saccharata*). Asociación Argentina de Horticultura, 36(91)
- Morris, T., Murrell, T., Beegle, D., Camberato, J., Ferguson, R., Grove, J., Ketterings, Q., Kyveryga, P., Laboski, C., McGrath, J., Meisinger, J., Melkonian, J., Moebius-Clune, B., Nafziger, E., Osmond, S., Sawyer, J., Scharf, P., Smith, W., Spargo, T., van Es, H. & Yang, H. (2018). Strengths and Limitations of Nitrogen Rate Recommendations for Corn and Opportunities for Improvement. *Agronomy Journal*, 110(1),1-37.
- Navarro, G. & Navarro, S. (2014). Fertilizantes: química y acción. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. 241 p.
- Pérez, R., Cabrera, E. & Hinojosa, M. (2018). The Irrigation Regime for Crops in Manabí, Ecuador: Climatological Study. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1), 5-12.
- PROCAFE (Productores de café). (2008). Fertilización del Cafeto. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-cafeto-t27565.htm>
- Potesta, J. (2018). Efecto del abono orgánico líquido bajo la técnica drench en las propiedades del suelo y la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico en el centro poblado Alto Palcazú. Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, Perú. [Archivo PDF] http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1424/JSPC_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Research and Markets, (2020). Global Corn Market Analysis, 2019-2023: Production, Consumption, Exports, Imports and Yield. [Archivo PDF]. <https://www.researchandmarkets.com/r/94ldlu>
- Rivero, P. (2016). Importancia del Magnesio y el Azufre en una fertilización equilibrada.
- Santibañez, F. y Fuenzalida, P. (1992). Modelos ecofisiológicos para el análisis de los potenciales de producción del maíz. In: Congreso Nacional de Maíz, 5°, Reunión Sudamericana, 2°. Pergamino, 1992. Conferencia. Pergamino. A.I.A.N.B.A.
- Shiferaw, D. (2017). Water-Nutrients Interaction: Exploring the Effects of Water as a Central Role for Availability & Use Efficiency of Nutrients by Shallow

- Rooted Vegetable Crops - A Review. *Journal of Agriculture and Crops* 3(10), 78-93.
- Sosa, B., y García, Y. (2018). Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 215-227.
- Steusloff, T.; Singh, G.; Nelson, K.; Motavalli, P. (2019). Enhanced Efficiency Liquid Nitrogen Fertilizer Management for Corn Production. *International Journal of Agronomy* ID 9879273, 1-12.
- Subhani, A.; Tariq, M.; Jafar, S.; Latif, R.; Khan, M.; Sajid, M.; Shahid, M. (2012). Role of Soil Moisture in Fertilizer Use Efficiency for Rainfed. A review. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(11), 1-9.
- Taiz, L., & Zieger, E. (2015). *Plant Physiology and Development*. 733–734.
- Thielen, D.; Cevallos, J.; Erazo, T.; Zurita, I.; Figueroa, J.; Velásquez, E.; Matute, N.; Quintero, J. y Puche, M. (2016). Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de Río Portoviejo, Manabí, costa ecuatoriana del Pacífico. *Revista de Climatología* 16, 35-50.
- Torres, M. (2002). Fertilización Nitrogenada del Cultivo de Maíz. [Archivo PDF]. <https://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/fertilizacion-nitrogenada-del-cultivo-de-maiz>
- Totis, L. (2012). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz. Ficha técnica INTA. Base para el manejo del cultivo de maíz.
- Trujillo, J. & Zambrano, S. (2022). Eficiencia agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo seco, en Portoviejo – Manabí [Trabajo de Integración Ing. Agrícola, ESPAM MFL]. Repositorio Digital ESPAM. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1863/1/TIC_A06D.pdf
- Tumbaco, S. (2019). Rendimiento de materia verde de dos híbridos de maíz para ensilaje en la comuna dos mangas. [Archivo PDF]. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4956/1/UPSE-TIA-2019-0011.pdf>
- Valdez, J.; Soto, F.; Osuna, T. y Báez, M. (2012). Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Agrociencia*, 46, 399- 410.

- Van Munster, M. (2020). Impact of Abiotic Stresses on Plant Virus Transmission by Aphids. A review. *Viruses*, 12(16), 1-12.
- Van Munster, M.; Yvon, M.; Vile, D.; Dader, B.; Fereres, A.; Blanc, D. (2017). Water deficit enhances the transmission of plant viruses by insect vectors. *PLoS ONE*, 12(5).
- Walsh, O.; Christiaens, R. (2016). Relative Efficacy of Liquid Nitrogen Fertilizers in Dryland Spring Wheat. *International Journal of Agronomy* ID 6850672: 1-9.
- Zambrano, C, (2018). Fases de crecimiento de maíz. [Archivo PDF]. <http://agrocarloszambrano.blogspot.com/2018/01/fases-de-crecimientodel-maiz.html>

ANEXOS

ANEXO 1. CROQUIS DE CAMPO



ANEXO 2. RECONOCIMIENTO Y ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

2.1 Medición, establecimiento de las parcelas y siembra de maíz



2.2 Germinación monitoreo del maíz y colocación de tableros



ANEXO 3. DILUCIÓN PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES UTILIZADOS.

Disolución de los fertilizantes Urea, korn kali, yaramilla complex, sulfato de amonio, incluido melaza, Activer, Complex o Seaweed extract.



Fertilización edáfica granular en banda



la planta y peso seco de la raíz.



ANEXO 6. VARIABLES COMPONENTES DE RENDIMIENTO
peso de mazorca sin brácteas, diámetro de la mazorca, numero de hileras por mazorca y peso de 1000 granos.

