



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 101, bajo diferentes niveles de fertilización

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

Magíster en Agronomía con Mención en Sanidad Vegetal y Agroecología

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4: Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales

Sub línea: Estudio de Materiales y Energía

AUTOR: Ing. Agr. RICARDO DANIEL VELÁSQUEZ ITURRALDE

ASESOR: PhD. YAMIL EVERALDO CARTAGENA AYALA

IBARRA, JULIO – 2022



## CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 05 de julio de 2022.

Dr. YAMIL EVERALDO CARTAGENA AYALA

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) .....

Dr. YAMIL EVERALDO CARTAGENA AYALA

C.C.: 100197306-2



## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): .....

Ph. D. YAMIL EVERALDO CARTAGENA AYALA

C.C.: 100197306-2

(f): .....

Mgs. Diego Miguel Puerres Vera

C.C. 1001778982

f): .....

Mgs. José Valdemar Andrade Cadena


C.C.: 1001927167



## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Ricardo Daniel Velásquez Iturralde, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 05 de julio de 2022.

(f):  .....

Ricardo Daniel Velásquez Iturralde

C.C.: 171405098-4



## AUTORÍA

Yo, Ricardo Daniel Velásquez Iturralde, portador de la cédula de ciudadanía N° 171405098-4, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f):  .....

Ricardo Daniel Velásquez Iturralde

C.C.: 171405098-4



## DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo, Ricardo Daniel Velásquez Iturralde, con CC: 171405098-4, autor del trabajo de grado titulado: Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 101, bajo diferentes niveles de fertilización, previo a la obtención del título profesional de Magíster en Agronomía con Mención en Sanidad Vegetal y Agroecología

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede-Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ibarra, 05 de julio de 2022.

(f.).....

Ricardo Daniel Velásquez Iturralde

C.C.: 171405098-4



## **DEDICATORIA**

A mis hijas, por todo el tiempo que les quité.

A mi amada madre, Jenny, por concederme la vida y a quien le debo todo lo que soy.

A mis hermanos, Patricia y Alejandro.

A mi sobrino, Maty.

A mi tío, Arturo y mi abuelito José.

A Mery... Donde quiera que estés.



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser tan bueno y generoso conmigo y por darme las fuerzas necesarias todos los días para culminar esta meta; aunque dura, pero al fin alcanzada.

Al Proyecto de Cooperación Técnica RLA5077 “Mejora de los Medios de Subsistencia Mediante una Mayor Eficiencia en el Uso de Agua Vinculada a Estrategias de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático en la Agricultura” (ARCAL CLVIII).

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Manejo de Suelos y Aguas, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra, a los docentes y compañeros que en la maestría compartieron sus conocimientos.

A mi profesor y director de tesis, Dr. Yamil Cartagena, quien me brindó todo su apoyo y creyó en mí para la realización de este trabajo.

Al Ingeniero Rafael Parra, por toda su ayuda en el trabajo de campo.

A todos quienes me apoyaron en el camino y no los nombro...

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS .....	ii
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS .....	iv
AUTORÍA .....	v
DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN.....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xix
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I .....	3
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO II .....	5
OBJETIVOS .....	5
2.1 Objetivo General. ....	5
2.2 Objetivos Específicos. ....	5
HIPÓTESIS .....	5
CAPÍTULO III.....	6

ESTADO DEL ARTE .....	6
3.1 El cultivo de maíz en el mundo .....	6
3.2 El cultivo de maíz en el Ecuador .....	7
3.3 Origen.....	8
3.4 Etapas de desarrollo del maíz .....	9
3.5 Características botánicas .....	10
3.5.1 Raíz .....	10
3.5.2 Tallo .....	10
3.5.3 Hojas .....	10
3.5.4 Flores.....	10
3.5.5 Frutos .....	10
3.6 Ciclo del cultivo .....	11
3.6.1 Emergencia .....	11
3.6.2 Crecimiento.....	11
3.6.3 Floración .....	11
3.6.4 Fructificación .....	11
3.6.5 Maduración y secado .....	11
3.6.6 Agroecología del cultivo.....	12
3.6.7 Fertilización .....	12

3.6.7.1	Nitrógeno .....	12
3.6.7.2	Fósforo .....	15
3.6.7.3	Potasio.....	17
3.6.8	Riego.....	20
CAPÍTULO IV .....		23
MATERIALES Y MÉTODOS.....		23
4.1	Materiales.....	23
4.1.1	Material vegetal .....	23
4.1.2	Insumos .....	23
4.1.3	Materiales y equipos .....	23
4.2	Métodos .....	24
4.2.1	Factores en estudio.....	24
4.2.2	Unidad experimental.....	24
4.2.3	Tratamientos .....	25
4.2.4	Diseño experimental .....	26
4.2.5	Análisis estadístico.....	26
4.2.6	Análisis funcional .....	27
4.3	Manejo específico del experimento y métodos de evaluación .....	27
4.3.1	Manejo específico del experimento .....	27

4.3.1.1	Análisis físico - químico del suelo .....	27
4.3.1.2	Preparación del suelo .....	28
4.3.1.3	Distancia de siembra .....	28
4.3.1.4	Fertilización química .....	28
4.3.1.5	Riego .....	29
4.3.1.6	Manejo integrado de plagas .....	30
4.3.1.7	Control de malezas.....	30
4.3.1.8	Cosecha y clasificación.....	30
4.3.2	Delimitación espacial del sitio experimental .....	30
4.3.2.1	Ubicación .....	30
4.3.2.2	Características climáticas.....	31
4.4	Variables.....	31
4.4.1	Variable independiente .....	31
4.4.2	Variables dependientes .....	31
4.4.2.1	Altura de planta.....	31
4.4.2.2	Altura de mazorca .....	31
4.4.2.3	Extracción de nutrientes.....	32
4.4.2.4	Rendimiento .....	33
4.4.2.5	Eficiencia del uso del agua .....	33

4.4.2.6 Análisis económico.....	34
CAPÍTULO V .....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
5.1 Altura de planta .....	36
5.2 Altura de mazorca .....	40
5.3.1 Nitrógeno.....	42
5.3.2 Fósforo .....	46
5.3.3 Potasio .....	50
5.3 Rendimiento .....	54
5.4 Eficiencia del uso del agua.....	56
5.5 Análisis económico .....	59
CAPÍTULO VI .....	60
CONCLUSIONES .....	60
CAPÍTULO VII.....	61
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62
ANEXOS .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de maíz a nivel mundial .....	7
Tabla 2. Producción de maíz suave a nivel nacional (grano seco) .....	8
Tabla 3. Etapas de crecimiento en el cultivo de maíz.....	9
Tabla 4. Extracción de nitrógeno por el cultivo de maíz.....	14
Tabla 5. Extracción de fósforo por el cultivo de maíz.....	17
Tabla 6. Extracción de potasio por el cultivo de maíz.....	19
Tabla 7. Niveles de Riego.....	24
Tabla 8. Niveles de fertilización química .....	24
Tabla 9. Características del campo experimental .....	24
Tabla 10. Tratamientos en estudio.....	25
Tabla 11. Esquema del análisis de la varianza.....	26
Tabla 12. Reporte del análisis químico de suelos. EESC - Pichincha, 2021 .....	28
Tabla 13. Recomendación de fertilización para el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	29
Tabla 14. Dosis de fertilización química para el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	29
Tabla 15. Ubicación del experimento de maíz en la provincia de Pichincha .....	30
Tabla 16. Características Agroclimáticas del Lote B2A, Estación Experimental Santa Catalina .....	31
Tabla 17. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables en estudio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	35

Tabla 18. Prueba de homogeneidad de Levene para las variables en estudio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	36
Tabla 19. Análisis de la varianza para la altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	36
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	36
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la variable altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.....	38
Tabla 22. Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego por fertilización química en la altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	38
Tabla 23. Análisis de la varianza para la altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	40
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5 % para riego en la variable altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	41
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5 % para fertilización en la altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	41
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego por fertilización en la variable altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	41
Tabla 27. Análisis de la varianza para la variable extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	42
Tabla 28. Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	42
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la variable extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	44
Tabla 30. Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego x fertilización en la variable extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	45

Tabla 31. Análisis de la varianza para la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	46
Tabla 32. Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	46
Tabla 33. Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.....	48
Tabla 34. Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego x fertilización en la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	49
Tabla 35. Análisis de la varianza para la extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	50
Tabla 36. Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	50
Tabla 37. Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la variable extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	52
Tabla 38. Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego x fertilización en la extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	53
Tabla 39. Análisis de varianza para rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	55
Tabla 40. Prueba de Tukey al 5 % para riego en la variable rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	55
Tabla 41. Prueba de Tukey al 5 % para fertilización en la variable rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	55
Tabla 42. Prueba de Tukey al 5 % para interacción riego por fertilización química en la variable rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	56
Tabla 43. Análisis de varianza para la variable eficiencia del uso del agua en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	58

Tabla 44. Prueba de Tukey al 5 % para la variable eficiencia del uso del agua en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	58
Tabla 45. Análisis económico por tratamientos en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El Ciclo del nitrógeno en la naturaleza. ....	14
Figura 2. El Ciclo del fósforo en el suelo. ....	16
Figura 3. El Ciclo del potasio en la naturaleza. ....	19
Figura 4. Diagrama de flujo de los cálculos para Balance Hídrico. ....	22
Figura 5. Efectos del riego y fertilización química en la altura de planta del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101. ....	39
Figura 6. Efecto del riego y fertilización química en la altura de mazorca del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101. ....	42
Figura 7. Extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101. ....	46
Figura 8. Extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101. ....	50
Figura 9. Extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101. ....	54
Figura 10. Precipitación efectiva (Pe) y evapotranspiración (ETc) en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101. ....	57
Figura 11. Balance hídrico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101. ....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del experimento en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.....	71
Anexo 2. Disposición de los tratamientos en el sitio experimental .....	72
Anexo 3. Resultados del análisis químico de suelos .....	73
Anexo 4. Altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	74
Anexo 5. Biomasa de la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	75
Anexo 6. Biomasa aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.....	76
Anexo 7. Biomasa de la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	77
Anexo 8. Biomasa total en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	78
Anexo 9. Concentración de nitrógeno en la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	79
Anexo 10. Concentración de nitrógeno en la parte aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	80
Anexo 11. Concentración de nitrógeno en la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	81
Anexo 12. Extracción total de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	82
Anexo 13. Concentración de fósforo en la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	83
Anexo 14. Concentración de fósforo en la parte aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	84
Anexo 15. Concentración de fósforo en la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	85
Anexo 16. Extracción total de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	86

Anexo 17. Concentración de potasio en la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	87
Anexo 18. Concentración de potasio en la parte aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	88
Anexo 19. Concentración de potasio en la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	89
Anexo 20. Extracción total de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	90
Anexo 21. Rendimiento del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	91
Anexo 22. Cálculo del balance hídrico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	92
Anexo 23. Cálculo de la lámina de riego en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	94
Anexo 24. Datos del balance hídrico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101	96
Anexo 25. Eficiencia del uso del agua (EUA) en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	103
Anexo 26. Parámetros del modelo logístico normal ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ ), para macronutrientes en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	104
Anexo 27. Análisis económico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101 .....	105

## RESUMEN

El cultivo de maíz es uno de los cereales más importantes en el mundo, debido a que proporciona alimento a humanos y animales y se ha convertido en un ingrediente fundamental en la industria de procesamiento de almidón, harina, aceite y proteína, en la producción de bebidas alcohólicas, edulcorantes alimentarios y recientemente, combustible. En el Ecuador, en la Región de la Sierra es uno de los cultivos más importantes, esto se debe a la gran cantidad de terreno destinado a su producción y al papel que cumple como componente básico en la dieta de la población. Sin embargo, existen problemas en el uso de un sistema de riego y una adecuada fertilización, lo que convierte en una oportunidad de mejora tecnológica en el cultivo. El objetivo de la investigación es evaluar el uso eficiente del agua en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101, con diferentes niveles de fertilización para contribuir en el desarrollo y el incremento de la producción, mediante la obtención de un producto de mejor calidad y rendimiento. El experimento se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, desde octubre de 2020 hasta julio de 2021. Se utilizó un diseño de parcela dividida en bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los factores en estudio fueron riego (con riego y sin riego) y fertilización química (100 %, 50 % y 0 % de la recomendación de fertilización química), dando como resultado seis tratamientos. Se evaluó la altura de planta y mazorca, extracción de nitrógeno, fósforo y potasio, rendimiento, eficiencia del uso del agua y un análisis económico. De la investigación resultó que, al efectuar el balance hídrico, se tuvo una precipitación efectiva de 1 525 mm, evapotranspiración del cultivo de 420 mm, por lo que fue necesario aplicar riego de 209,37 mm para satisfacer la demanda hídrica del cultivo. La mejor respuesta de la eficiencia del uso del agua se obtuvo con el tratamiento 1 (con riego + 100 % fertilización química) con 1,78 kg m<sup>-3</sup>. Los valores más altos de extracción de nutrientes para nitrógeno, fósforo y potasio se obtuvieron con la aplicación de riego y el 100 % de la fertilización química recomendada con 148,81, 12,22 y 198,66 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El mayor rendimiento de 4,33 t ha<sup>-1</sup>, se obtuvo con la aplicación de riego y 100 % de la fertilización química recomendada (76 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 40 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 22 kg ha<sup>-1</sup> de potasio).

**Palabras clave:** maíz suave, eficiencia del uso del agua, extracción y rendimiento.

## ABSTRACT

Corn cultivation is one of the most important cereals in the world, because it provides food for humans and animals and has become a fundamental ingredient in the starch, flour, oil and protein processing industry, in the production of alcoholic beverages, food sweeteners and recently, fuel. In Ecuador, in the Sierra Region, it is one of the most important crops, this is due to the large amount of land used for its production and the role it plays as a basic component in the population's diet. However, there are problems in the use of an irrigation system and adequate fertilization, which makes it an opportunity for technological improvement in the crop. The objective of the research is to evaluate the efficient use of water in the cultivation of soft corn, variety INIAP 101, with different levels of fertilization to contribute to the development and increase of production, by obtaining a product of better quality and performance. The experiment was carried out at the National Institute of Agricultural Research, Santa Catalina Experimental Station, from October 2020 to July 2021. A completely randomized block-divided plot design with four replications was used. The factors under study were irrigation (with and without irrigation) and chemical fertilization (100 %, 50 % and 0 % of the chemical fertilization recommendation), resulting in six treatments. Plant and ear height, nitrogen, phosphorus and potassium extraction, yield, water use efficiency and an economic analysis were evaluated. From the investigation it turned out that, when carrying out the water balance, there was an effective precipitation of 1 525 mm, evapotranspiration of the crop of 420 mm, for which it was necessary to apply irrigation of 209.37 mm to satisfy the water demand of the crop. The best response of water use efficiency was obtained with treatment 1 (with irrigation + 100% chemical fertilization) with 1.78 kg m<sup>-3</sup>. The highest values of nutrient extraction for nitrogen, phosphorus and potassium were obtained with the application of irrigation and 100 % of the recommended chemical fertilization with 148.81, 12.22 and 198.66 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. The highest yield of 4.33 t ha<sup>-1</sup> was obtained with the application of irrigation and 100% of the recommended chemical fertilization (76 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen, 40 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus and 22 kg ha<sup>-1</sup> of potassium).

**Keywords:** soft corn, water use efficiency, extraction, and yield.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El efecto del cambio climático es cada vez más fuerte; es así como, en la región andina, el agua es vital para el desarrollo de la vida humana, animal y vegetal. En la agricultura cada vez se promueve el uso del agua de riego para los cultivos, tanto de ciclo corto como perennes, para elevar la producción y mejorar el nivel de vida de los agricultores. Este incremento del riego está ocasionando problemas de uso ineficiente, encontrándose en los agricultores un escaso conocimiento del dónde, cuánto y cuándo aplicar el riego (Pizarro, 1996).

El agricultor que cultiva pastos, hortalizas y frutales, ubicado en las regiones naturales del país, las precipitaciones no son suficientes, debido a esto se encuentra en proceso de innovación tecnológica, siendo un insumo tecnológico importante el riego y debido al desconocimiento del uso adecuado de esta tecnología la producción es baja (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2011).

El cultivo de maíz es de los más importantes en la sierra del Ecuador, por la gran cantidad de terreno destinado a su producción y al papel que cumple como componente básico en la dieta de la población. El incremento de la producción de esta gramínea depende en gran parte del uso elevado de insumos y tecnología, lo que influye el precio de producción afectando la fertilidad del suelo y eficiencia del uso del agua (Valverde et al., 2004; Duchicela et al., 2012).

De acuerdo con datos estadísticos de la Food and Agriculture Organization (FAO), el aumento de la superficie y producción del cultivo del maíz ha sido una tendencia en el país, la siembra de este cultivo, en el 2018, fue de 485 696 ha con una producción de 1 667 704 toneladas, con un rendimiento medio de 3,17 t ha<sup>-1</sup> (Cepeda, 2019).

La superficie de maíz suave que actualmente se cultiva en el Ecuador (grano seco), es de 52 714 hectáreas, con 74 961 toneladas cosechadas, especialmente en la región Andina (INEC, 2018). Existen muchas variedades cultivadas, según los gustos de productores y consumidores, De tal manera que en la parte norte de la Sierra se producen y consumen maíces amarillos harinosos, en la parte central se consumen maíces blancos harinosos, mientras que en la zona Sur se produce y consume el maíz blanco amorochado (Baca, 2016).

La eficiencia en el uso del agua (EUA), está en función de las técnicas de riego, fertilidad del suelo, variedades de los cultivos y estrategias de conservación del suelo y agua. Dado que grandes cantidades de agua se pueden perder del suelo por evaporación, reducir la evaporación y aumentar la transpiración puede llevar a una mejora potencial en la EUA a nivel de finca (Espósito et al., 2011). El requerimiento del agua oscila entre los 300 mm a 500 mm durante el ciclo (Calderón, 2014).

En la actualidad, es escasa la información sobre los requerimientos nutricionales, para realizar recomendaciones de fertilización considerando la disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo. Por lo tanto, es necesario generar una recomendación de fertilización ajustada a las condiciones de suelos y clima que contribuirá al mejoramiento e incremento de la producción, obteniéndose un producto de mejor calidad y rendimiento (Zambrano et al., 2004).

El maíz, al igual que todo cultivo, requiere de suelos fértiles para su desarrollo y producción. Para una correcta fertilización es necesario partir de un análisis de suelo y de las características de la zona donde se cultiva, por lo que no existe una fertilización establecida que sea igual en todo el país (Aguinaga, 2013).

Los suelos de nuestro país se ven limitados por la baja presencia y disponibilidad de estos elementos, por lo que es necesario suministrar fertilizantes que provean de nutrientes a la planta (Gaspar y Tejerina, 2000).

Se recomienda una fertilización edáfica, que provea a la planta de nitrógeno, sobre todo en estado fenológico de desarrollo vegetativo, también es necesario un aporte de fósforo y potasio. La fertilización se aplicó directamente al suelo, la cual es una técnica comúnmente utilizada por los agricultores, sin embargo, en el cultivo de maíz no es muy común la aplicación del riego en condiciones de altura, debido a la falta de conocimiento y costo de inversión, lo que convierte en una oportunidad de mejora tecnológica en la aplicación de nutrientes y riego en forma localizada al cultivo (FAO, 2016).

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo General.

Evaluar el uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 101, con diferentes niveles de fertilización para contribuir en la mejora y el incremento de la producción, mediante la obtención de un producto de mejor calidad y rendimiento, lo que asegurará un aumento de los ingresos de los productores y reducción de pérdidas económicas.

#### 2.2 Objetivos Específicos.

- Determinar el efecto de la aplicación del riego en el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.
- Obtener la curva de extracción del nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.
- Determinar una recomendación de fertilización química para el cultivo de maíz.

#### HIPÓTESIS

Ho: La aplicación de riego y fertilización no influye en el rendimiento del cultivo de maíz.

Ha: La aplicación de riego y fertilización si influye en el rendimiento del cultivo de maíz.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTADO DEL ARTE**

Como consecuencia de la acumulación de gases de efecto invernadero, a nivel mundial, se observan los cambios climáticos, resultado de estos procesos, existe un aumento de la temperatura y variabilidad en las precipitaciones, afectando así la agricultura y la seguridad alimentaria del planeta (Cervantes et al., 2014).

En varios países del mundo, el cultivo de maíz está estrechamente relacionado a la cultura y los hábitos alimenticios, es uno de los cereales que más se utiliza para la alimentación y es un recurso genético de gran importancia para la seguridad alimentaria (Kumar, 2011). Constituye una de las fuentes principales de alimento de millones de personas, sobre todo en América y Asia. Se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo (Cepeda, 2019).

La globalización es un fenómeno que se vive en la actualidad a nivel mundial, nuestro país no es la excepción, es por esta razón que debemos buscar alternativas que incrementen el rendimiento y adaptabilidad del cultivo de maíz (Caviedes, 2022).

El incremento de la producción de esta gramínea depende en gran parte del uso elevado de insumos y tecnología, lo que altera el precio de producción afectando la fertilidad del suelo y eficiencia del uso del agua (Yáñez, 2007).

La eficiencia en el uso del agua (EUA) está determinada por las técnicas de irrigación, fertilidad del suelo, variedades de los cultivos y estrategias de conservación del suelo y agua. Dado que grandes cantidades de agua se pueden perder del suelo por evaporación. Reducir la evaporación y aumentar la transpiración puede llevar a una mejora potencial en la EUA a nivel de finca. El uso eficiente del agua y vapor de agua puede ayudar a evitar las pérdidas por evaporación del suelo o por transpiración de la planta (Mei et al., 2017).

#### **3.1 El cultivo de maíz en el mundo**

El maíz, al igual que el trigo y el arroz, es uno de los cereales más importantes del mundo, proporciona alimento a humanos y animales y se ha convertido en un ingrediente fundamental en la

industria de procesamiento de almidón, harina, aceite y proteína, y en la producción de bebidas alcohólicas, edulcorantes alimentarios y recientemente, combustible (FAO, 2020).

La superficie de maíz suave actualmente cosechada en el mundo, es de 197 204 250 hectáreas, con una producción de 1 148 487 291 toneladas (FAOSTAT, 2020).

Tabla 1.

### **Producción de maíz a nivel mundial.**

<b>País</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>
Estados Unidos	32 950 670	347 047 570	10,53
China	41 309 740	260 957 662	6,32
Brasil	17 518 054	101 138 617	5,77
Argentina	7 232 761	56 860 704	7,86
Ucrania	4 986 900	35 880 050	7,20
Indonesia	5 644 775	30 693 355	5,44
India	9 027 130	27 715 100	3,07
México	6 690 449	27 228 242	4,07
Rumanía	2 681 930	17 432 220	6,50
Rusia	2 506 247	14 282 352	5,70

**Fuente:** FAOSTAT, 2020.

### 3.2 El cultivo de maíz en el Ecuador

La superficie de maíz suave que actualmente se cultiva en el Ecuador (grano seco), es de 58 513 hectáreas, con 54 518 hectáreas cosechadas y una producción aproximada de 88 594 toneladas, especialmente en la región Andina (SIPA, 2020).

Existen muchas variedades cultivadas, según los gustos de productores y consumidores, El maíz suave es cultivado en la Sierra o Región Andina, donde es también el cultivo más importante por sus 67 000 ha sembradas. El maíz suave ha decrecido en la producción y área sembrada, mientras que su rendimiento se ha mantenido constante en los últimos 20 años, con excepción del año 2018, en donde se observó un ligero aumento, logrando 1,1 t ha<sup>-1</sup> (INIAP, 2019).

Tabla 2.

**Producción de maíz suave a nivel nacional (grano seco).**

<b>Provincia</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>
Bolívar	13 213	13 189	1,00
Cotopaxi	7 231	8 408	1,16
Chimborazo	6 681	5 392	0,81
Imbabura	4 244	5 455	1,29
Azuay	4 090	3 033	0,74
Pichincha	2 223	3 323	1,50
Loja	1 818	1 606	0,88
Cañar	1 341	966	0,72
Carchi	365	622	1,70
Tungurahua	247	302	1,22

**Fuente:** ESPAC, 2018.

El principal cultivo para la economía de los agricultores de la región andina del país es el maíz suave. El cultivo se desarrolla a una altitud entre los 2 200 y 2 800 metros sobre el nivel del mar, en suelos deficientes de nitrógeno y fósforo, y que se exponen a la erosión provocada por el viento, el agua o causada por las incorrectas prácticas culturales del hombre y el manejo del suelo en laderas (INIAP, 2019).

### 3.3 Origen

Si bien el maíz es uno de los cultivos más estudiados, es muy importante conocer su origen y clasificación, así como las razas existentes en el mundo (Acosta, 2009).

El maíz se originó en una región limitada de México y las variedades más desarrolladas posteriormente migraron a otras regiones de las Américas. No existe duda sobre el origen del maíz americano en México, pero no se mencionó en tratados antiguos en hasta que Cristóbal Colón descubrió las Américas en 1 492. El maíz nació entre el 8 000 y el 600 a. C. en Mesoamérica (México y Guatemala), se encontró a lo largo de los acantilados occidentales del centro, o en el sur, a 500 km de la Ciudad de México (Acosta, 2009).

La variedad INIAP 101, fue desarrollada por el programada de Maíz, en la Estación Experimental Santa Catalina, entre 1 971 y 1 979. Su progenitor es la variedad “Cacahuazintle” de México, a partir de la cual y tras varios años de selección se ha obtenido esta variedad (Yáñez, 2013).

El material original fue introducido por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de México y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), (Yáñez, 2013).

### 3.4 Etapas de desarrollo del maíz

Tabla 3.

#### **Etapas de crecimiento en el cultivo de maíz.**

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

Fuente: CIMMYT, 2014.

### 3.5 Características botánicas

#### 3.5.1 Raíz

La raíz principal está formada por raíces adventicias, las cuales se desarrollan a partir del mesocótilo, este sistema de raíces permite la fijación de las plantas y la absorción de agua y nutrientes (De la Casa y Ovando, 2007).

#### 3.5.2 Tallo

El tallo es simple y erecto, de forma cilíndrica y compuesto por nudos y entrenudos, que puede alcanzar hasta cuatro metros de altura, no presenta ramificaciones (De la Casa y Ovando, 2007).

#### 3.5.3 Hojas

Son de gran tamaño, alargadas, lanceoladas, alternas y paralelinervadas. Los bordes son afilados y cortantes, presentan vellosidades en el haz. La vaina de la hoja forma un cilindro que abraza al tallo alrededor del entrenudo (Valladares, 2010).

#### 3.5.4 Flores

El maíz es una planta monoica, es decir, presenta las inflorescencias masculinas y femeninas, separadas, pero en la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula y está representada por la espiga, mientras que la inflorescencia femenina se denomina mazorca, una vez que ha sido fecundada por los granos de polen, aquí se encuentran las semillas o granos de maíz (Valladares, 2010).

#### 3.5.5 Frutos

Es un grano o cariósido que está formado por el pericarpio, capas de aleuronas, que son las que dan la coloración a los granos de maíz; el endospermo y el embrión (Valladares, 2010).

## 3.6 Ciclo del cultivo

### 3.6.1 Emergencia

Este proceso dura entre 6 a 8 días, la semilla absorbe agua para iniciar su crecimiento, bajo condiciones ambientales adecuadas. Este proceso comprende desde la siembra hasta la emergencia del coleóptilo (Granados y Sarabia, 2018).

### 3.6.2 Crecimiento

Este proceso ocurre de 15 a 20 días después de la emergencia, si las condiciones ambientales son óptimas, en las primeras 4 a 5 semanas deberían estar formadas todas las hojas de la planta (Granados y Sarabia, 2018).

### 3.6.3 Floración

Es el proceso en el cual la inflorescencia masculina o panícula comienza a emitir polen y se alargan los estilos de la flor. La floración inicia a las 4 o 6 semanas después de la emergencia y dura aproximadamente de 6 a 8 días (Granados y Sarabia, 2018).

### 3.6.4 Fructificación

El proceso inicia cuando los óvulos han sido fecundados por el polen. Después de tres semanas, empieza la formación de los granos y aparece el embrión hasta que la mazorca tome el tamaño definitivo (Granados y Sarabia, 2018).

### 3.6.5 Maduración y secado

El grano de maíz alcanza su madurez fisiológica aproximadamente ocho semanas después de la polinización, alcanzando su nivel máximo de materia seca y con una humedad del 35 % (Granados y Sarabia, 2018).

### 3.6.6 Agroecología del cultivo

El cultivo de maíz necesita una temperatura entre 20 °C y 30 °C, una precipitación de 760 a 1 330 mm, en el ciclo, suelos francos, profundos y ricos en materia orgánica que permitan un buen desarrollo del sistema radicular y con ello la absorción de nutrientes y humedad (Peñaherrera, 2011).

### 3.6.7 Fertilización

El cultivo de maíz necesita ciertas cantidades de elementos minerales que permitan aumentar los rendimientos y calidad y con ello la rentabilidad desde un punto de vista sustentable.

Los suelos de nuestro país se ven limitados por baja presencia y disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que es necesario suministrar fertilizantes que provean de nutrientes a la planta (Gaspar y Tejerina, 2000).

Se recomienda una fertilización al suelo, que provea a la planta de nitrógeno, sobre todo en estado fenológico de desarrollo vegetativo, también es necesario un aporte de fósforo y potasio (FAO, 2016).

#### 3.6.7.1 Nitrógeno

Este elemento químico de número atómico 7 y símbolo N, fue descubierto en Escocia, en el año de 1 772, por el científico Daniel Rutherford. Su nombre proviene del griego “*nitron*” nitrato y “*geno*” generador, dando como resultado “formador de nitratos”. Se conoció como gas elemental por el francés Antoine Lavoisier en el año de 1 776 (Asimov et al., 2008).

Su fuente inagotable es la atmósfera, en donde ocupa la cuarta parte del aire, aunque, varios estudios demuestran que también se encuentra en las rocas. Está presente en la superficie terrestre en forma molecular (N<sub>2</sub>) (NCYT, 2020).

Todas las formas de vida presentes en la tierra dependen del nitrógeno, forma parte bioquímica de todos los seres vivos, ya que es el principal constituyente de ácidos nucleicos, proteínas o enzimas, entre otros (Ortega, 2015).

Forma parte de un ciclo en el que pasa de unos seres vivos a otros y a la atmósfera y viceversa, muchos de estos procesos los realizan algunos microorganismos, de los cuales pocos son capaces de asimilarlo; entre ellos, los procariotas como las cianobacterias y azotobacterias. No se conocen organismos eucariotas que asimilen el nitrógeno, en el caso de las plantas necesitan nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) para ingresar el nitrógeno, por otra parte, los animales requieren nitrógeno reducido a manera de radicales aminos, los cuales están presentes en la materia viva (Figura 1) (Houlton et al., 2018).

Pese a que su ciclo ha sido tan estudiado a lo largo de los años, hasta la actualidad se ha creído que el nitrógeno proviene de la atmósfera, sin embargo, varios estudios confirman que aproximadamente el 26 % de este elemento procede de la corteza de la tierra (Houlton et al., 2018).

La escasez de nitrógeno en el suelo es la principal limitante en el crecimiento de árboles y otros ecosistemas naturales, es muy importante en la producción agrícola. La mayor parte de fertilizantes químicos están constituidos de nitratos, que son compuestos del nitrógeno (Orozco, 1999).

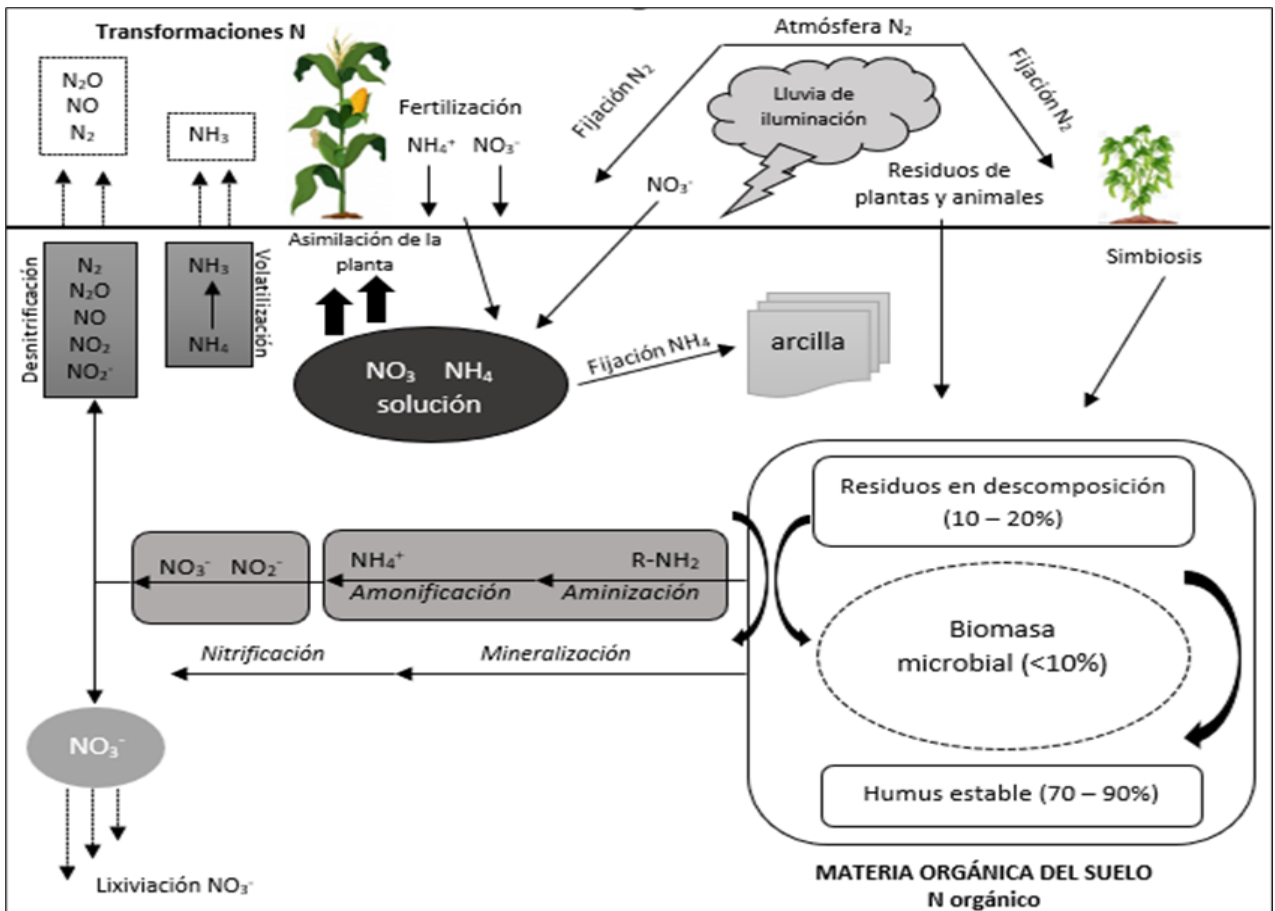
Es el pilar fundamental en la producción del cultivo de maíz ya que este elemento participa en varias reacciones bioquímicas del crecimiento, desarrollo y producción de cultivos. La cantidad de este elemento va a depender de la producción que se desee alcanzar y la textura del suelo (Sosa y García, 2018).

La deficiencia de nitrógeno se puede observar en el amarillamiento de los ápices de las hojas y se van extendiendo por las nervaduras, no se observan granos en las puntas de las mazorcas (Correndo y García, 2014).

El exceso de nitrógeno provoca un crecimiento exagerado, las plantas se debilitan y con tejidos tiernos, que las vuelve más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, acame y otros daños por viento, lluvia, granizo y baja o alta temperatura (Castillo, 2015).

Se recomienda una aplicación de 20 kg a 30 kg de nitrógeno por hectárea por cada tonelada de grano de maíz producido (INPOFOS, 2015).

Diferentes autores reportaron la extracción de nitrógeno en maíz, utilizando una densidad de 50 000 plantas por hectárea (Tabla 4).



**Figura 1. El Ciclo del nitrógeno en la naturaleza.**

Fuente: Havlin & Tisdale, 1999. Los cuadros negros son las entradas al sistema, cuadros grises las fracciones disponibles; sin recuadro son procesos y factores que influyen en la disponibilidad del nitrógeno.

Tabla 4.

**Extracción de nitrógeno por el cultivo de maíz.**

Dosis aplicada (kg ha <sup>-1</sup> )	Extracción (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Autor
120,0	109,6	4,1	(Alvarado, 2010)
80,0	140,7	4,9	(Bhatt, 2012)
76,0	142,0	3,9	(Cartagena et al., 2020)
120,0	132,0	2,7	(Remache et al., 2017)
120,0	108,1	3,5	(Valverde, 2010)
120,0	118,6	4,6	(Valverde, 2010)
120,0	142,8	4,1	(Yáñez, 2007)

### 3.6.7.2 Fósforo

Fue descubierto en Hamburgo, en el año de 1669, por el alemán Hennig Brandt, considerado el último alquimista y el primer químico, mientras buscaba la piedra filosofal. El descubrimiento tuvo origen cuando destilaba una mezcla de orina y arena, al evaporar la urea, observó un material de color blanco y brillante que ardía como una llama (Asimov et al., 2008).

Su nombre proviene del latín *phosphorus* y del griego “*phos*” luz y “*phoros*” portador, es decir, portador de luz”. Su símbolo es P y su número atómico es 15. Este elemento es la base de compuestos, entre ellos los fosfatos (Asimov et al., 2008).

Los fosfatos son parte importante de los procesos energéticos como la transferencia de energía, metabolismo, fotosíntesis, funciones nerviosas y acciones musculares (Zubillaga, 2003).

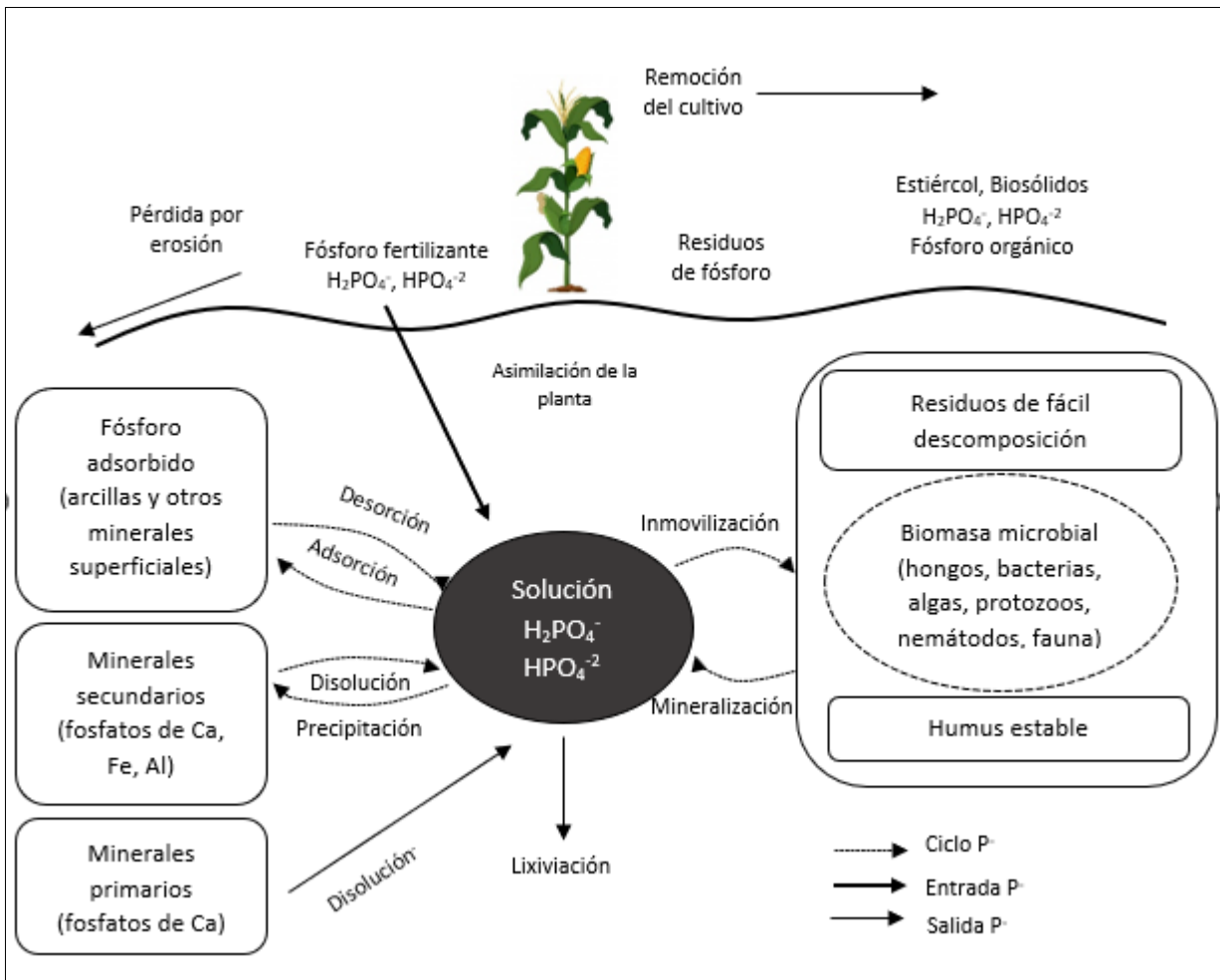
Pese a que no es nativo de la naturaleza, se encuentra almacenado en rocas fosfatadas en la corteza terrestre formando parte de varios minerales, es muy reactivo y se oxida al entrar en contacto con el oxígeno (De Maeseneer et al., 2013).

Es considerado como un elemento esencial, pues luego de que las plantas lo han absorbido mediante sus raíces, es incorporado a los componentes de los organismos vivos, que, al momento de su descomposición, liberan el fósforo de la materia orgánica (Escamilla, 2015) (Figura 2).

Por lo general, la producción de este elemento es destinada a la síntesis de abonos, también se ha desarrollado insecticidas y herbicidas, por lo que es posible decir que, sin el fósforo, sería complicado alimentar a la población mundial (Escamilla, 2015).

Después del nitrógeno, el fósforo es el elemento más relevante en la nutrición del cultivo, es el que proporciona vigor a las raíces de la planta; su dosificación depende también del tipo de suelo. Su deficiencia no permite un buen desarrollo del grano (Correndo y García, 2014).

Las plantas con deficiencia de fósforo presentan achaparramiento, tallos delgados y largos y un bajo rendimiento de grano. Los síntomas de la deficiencia son más graves y aparecen primero en las hojas viejas. Las hojas jóvenes generalmente no se ven afectadas. Las hojas más viejas tienen un color distintivo de verde oscuro a turquesa. Si la deficiencia es severa, las hojas de color verde esmeralda se volverán de color marrón rojizo o violeta (Sharma y Prakash, 2011).



**Figura 2. El Ciclo del fósforo en el suelo.**

Fuente: Havlin & Tisdale, 1999. Los cuadros negros son las entradas al sistema, cuadros grises las fracciones disponibles, sin color las fracciones minerales; sin recuadro son procesos y factores que influyen en la disponibilidad del fósforo.

Gran parte del exceso de fósforo interfiere con la absorción de otros elementos como el hierro, el manganeso y el zinc. La aplicación excesiva de este elemento es común, especialmente cuando se usan fertilizantes NPK, o cuando el agua de riego es ácida con ácido fosfórico, la gente aplica cantidades innecesariamente grandes cuando el nutriente está presente en el suelo (Arias, 2015). Se recomienda una aplicación de 3 a 5 kg por hectárea por cada tonelada de grano producido (INPOFOS, 2015).

En la Tabla 5 se presentan diferentes niveles de extracción de fósforo reportados por varios autores, utilizando semilla de maíz, variedad INIAP 101 y con una densidad de siembra de 50 000 plantas por hectárea.

Tabla 5.

**Extracción de fósforo por el cultivo de maíz.**

<b>Dosis aplicada</b> <b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Extracción</b> <b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Rendimiento</b> <b>(t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Autor</b>
60,0	15,0	4,1	(Alvarado, 2010)
60,0	30,7	4,9	(Bhatt, 2012)
40,0	28,0	3,9	(Cartagena et al., 2020)
60,0	22,7	3,5	(Valverde, 2010)
60,0	10,4	4,6	(Valverde, 2010)
60,0	20,7	4,1	(Yáñez, 2007)

3.6.7.3 Potasio

Este elemento químico de símbolo K y número atómico 19, cuyo nombre proviene del latín *potassium* y este del alemán pottasche, fue descubierto por el británico Humphry Davy, en el año de 1807. En aquella época se consideraba al hidróxido de potasio como elemento, ya que era difícil descomponerlo con calor o con el uso de reactivos químicos, por esta razón, el potasio fue el primer elemento metálico que se pudo aislar mediante electrólisis (Calvino, 2007).

Ocupa el puesto número siete entre los elementos más abundantes de la naturaleza, el 2,4 % del peso de la corteza de la tierra. Está en relación con el agua salada es de rápida oxidación en el aire y muy reactivo en el agua. Es uno de los elementos esenciales para la vida, sobre todo la vida vegetal, es primordial para el crecimiento y el desarrollo de las plantas, se encuentra presente en el suelo y el uso principal del ser humano es referente al sector agrícola, para elaboración de fertilizantes (Calvino, 2007).

Con ayuda del agua de riego, es asimilado por las plantas y se moviliza con facilidad de un lugar a otro, a través de los frutos, hojas y tallos, es así que se convierte en el elemento mayormente extraído de los tejidos vegetales, ya que necesitan cantidades similares al nitrógeno. (Escudero Berián et al., 1985).

El potasio es el responsable de varias funciones como la activación de varias enzimas, la fotosíntesis, síntesis de carbohidratos y proteínas, incide en el equilibrio del agua y el desarrollo de meristemas,

es indispensable en el crecimiento vegetativo, fructificación, maduración y mejora la calidad de los frutos (Conti, 1995) (Figura 3).

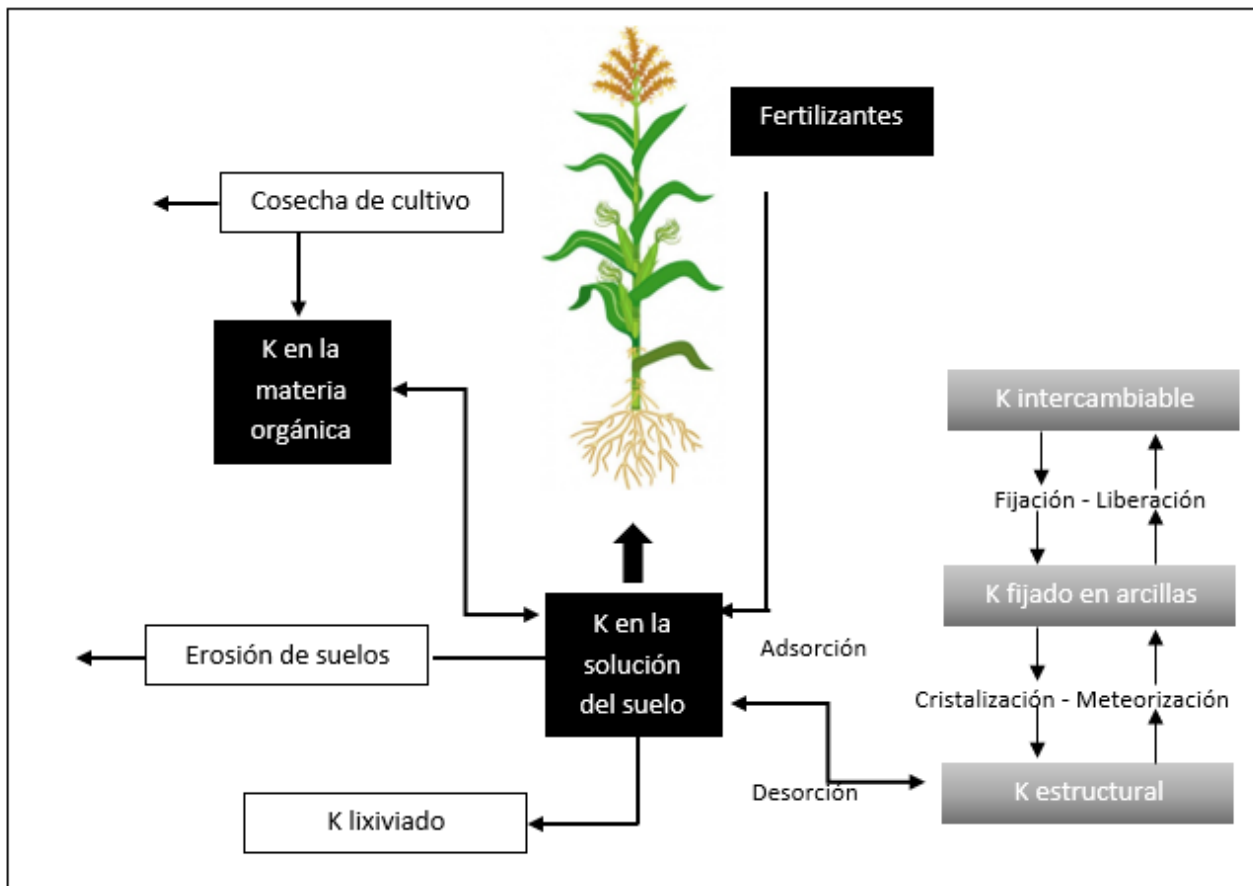
Este elemento tiene una relación directa con la calidad del fruto. Se recomienda aplicar en dosis de 80 a 160 ppm en suelos arenosos y arcillosos, respectivamente. La deficiencia del potasio retrasa la cicatrización de las heridas, esto hace que la planta se presente sensible al ataque de patógenos (FAO, 2016).

Una deficiencia de potasio acorta los entrenudos de tallos, hace que el crecimiento de las plantas se detenga y generalmente pierde el saludable color verde oscuro de hojas. Las hojas jóvenes reciben el elemento de la parte más vieja de la planta donde aparecen los primeros síntomas y se presentan como una clorosis amarillo claro, seguido de una necrosis de color marrón claro. Los dos síntomas aparecen primero en la punta de la hoja y avanza a lo largo del borde hacia la base. Bajo una deficiencia muy severa, aparecen rayas rojas prominentes en la parte inferior del tallo, así como la vaina de la hoja (Arias, 2015).

El exceso de potasio puede afectar negativamente a la planta, ya sea por el sodio (debido a la reducción de la absorción de agua) o también obstruyendo otros elementos como sodio, boro y magnesio (Sharma y Prakash, 2011).

Se recomienda una aplicación de 19 kg de potasio por hectárea por cada tonelada de grano de maíz producido (INPOFOS, 2015).

Las necesidades nutricionales del cultivo de maíz varían según autores, además, hay un consumo elevado de potasio y una gran parte de este elemento es absorbida por la planta, sin embargo, otra parte del elemento se pierde en el campo. Por lo que existen diferencias entre la cantidad extraída de nutrientes, como se observa en la Tabla 6.



**Figura 3. El Ciclo del potasio en la naturaleza.**

Fuente: Havlin & Tisdale, 1999. Los cuadros negros son las entradas al sistema, cuadros grises las fracciones disponibles, sin color las pérdidas; sin recuadro son procesos y factores que influyen en la disponibilidad del potasio.

Tabla 6.

**Extracción de potasio por el cultivo de maíz.**

<b>Dosis aplicada</b> <b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Extracción</b> <b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Rendimiento</b> <b>(t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Autor</b>
60,0	135,6	4,1	(Alvarado, 2010)
50,0	101,8	4,9	(Bhatt, 2012)
20,0	201,0	3,9	(Cartagena et al., 2020)
60,0	180,8	3,5	(Valverde, 2010)
60,0	106,4	4,6	(Valverde, 2010)
60,0	120,1	4,1	(Yáñez, 2007)

### 3.6.8 Riego

El riego es una labor cultural en la que se suministra el agua necesaria a la planta para que pueda realizar sus procesos biológicos. Es importante proporcionar el agua de una manera correcta, en el momento oportuno, para garantizar un uso adecuado de la planta (FAO, 2016).

El riego provee a las plantas la cantidad justa de agua necesaria, con ello, se reduce el consumo de agua, mejora la fertilización y el control de plagas y enfermedades. No obstante, debido al elevado costo de inversión y un complejo manejo del sistema, el riego por goteo está limitado entre los productores de maíz en el Ecuador.

El sistema de riego ofrece a la planta el agua necesaria para su crecimiento y desarrollo, se puede utilizar un sistema de riego automático y programable para aprovechar al máximo el flujo del agua disponible, proporcionando el tiempo y la cantidad correcta, sin desperdiciar el recurso, lo que resulta adecuado para la planta. La base de este sistema de riego es la integración de tres tecnologías, computación, comunicaciones y electrónica para automatizar el control del riego con precisión en tiempo real, proporcionando al sistema información del suelo y cultivo. El balance hídrico se puede utilizar para establecer comparaciones entre condiciones hídricas de localidades distintas (Espinosa et al., 2011).

La utilización de sistemas de riego con programación de autocontrol: se trata de sistemas que establecen la ejecución automática de riegos mediante la valoración continua de uno o varios parámetros de control. Los factores de control pueden ser edáficos, variables meteorológicas y el cultivo, con esta información se puede determinar el momento y cantidad exactos de riego en un cultivo en tiempo real (Espinosa et al., 2011).

La automatización del riego es posible en tiempo real, a partir de variables de suelo, clima y cultivo, alcanzando una mayor eficiencia en la aplicación del recurso agua, pues con ello se aplica de manera puntual los requerimientos hídricos en tiempo y cantidad para los cultivos, por lo que se convierte en una herramienta que puede usarse para el manejo y el control del riego (Popoca et al., 2008).

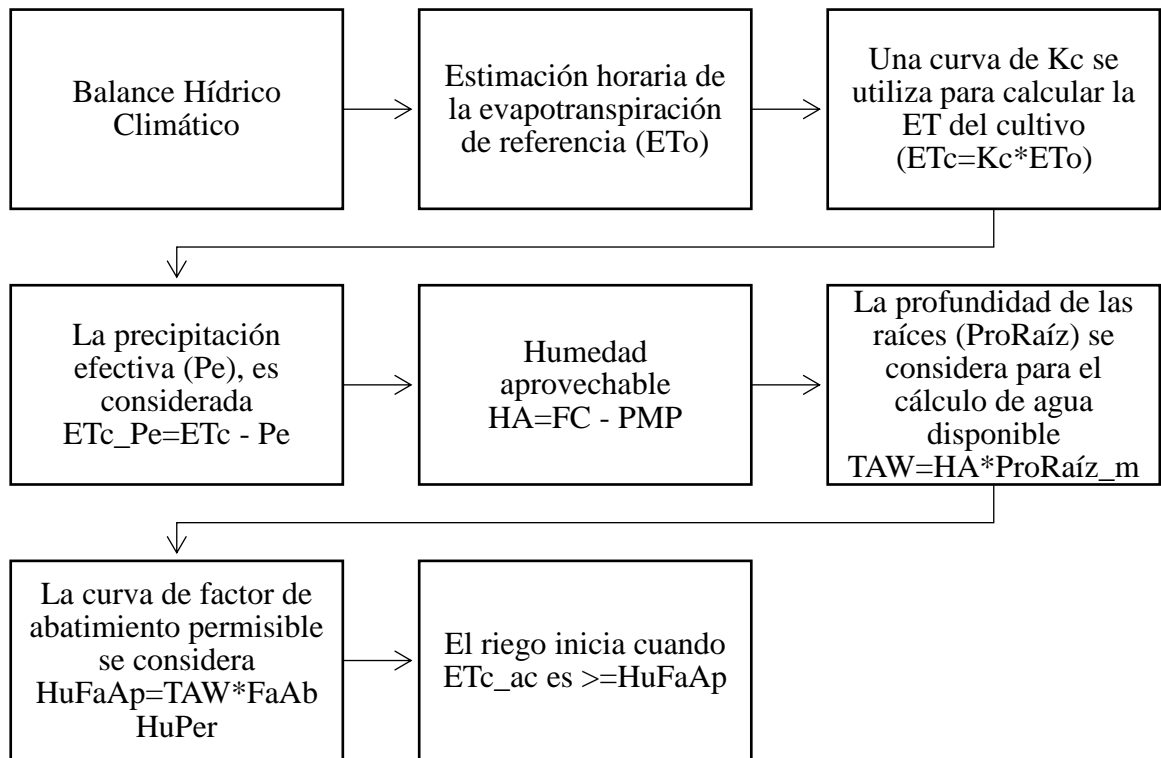
El conocimiento del requerimiento de agua de los cultivos permite un mejor desarrollo para lograr una mayor producción y mejor calidad de las cosechas y contribuye también a ahorrar considerables volúmenes de agua, ya que cada día en más regiones del mundo el agua se convierte en un recurso

escaso y costoso por lo que se deben tomar medidas para hacer un uso más eficiente del agua (Popoca et al., 2008). En general, la producción de alimentos consume gran cantidad de agua debido al riego excesivo, lo que produce contaminación por pesticidas que van a las corrientes de agua superficial y subterránea, es por eso que el conocimiento de los requisitos de agua de las plantas, ayuda a mejorar la producción en cantidad y en calidad, lo que permite un ahorro significativo del elemento (Popoca et al., 2008).

(León et al., 2018), mencionan que la cantidad y frecuencia de riego dependen del tipo de suelo y las condiciones climáticas, y con ello recomienda de 14 a 18 riegos durante el ciclo del cultivo de maíz.

Se utilizó el método del balance hídrico climático (BHC) con base en la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ). Como se muestra en la Figura 4, el cálculo del balance se realizó a partir de la combinación de datos meteorológicos, datos específicos del cultivo y del suelo, donde la determinación del momento de riego se hizo en tres etapas:

- Cálculo horario de la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ), se obtuvo a partir de los datos de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, que se midió en la estación meteorológica del lugar del experimento.
- Cálculo a partir de curvas generadas de los valores del coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), para estimación de la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) y de esta manera, realizar el balance hídrico, para lo cual se consideró la profundidad de las raíces ( $ProRaíz_m$ ) y el factor de abatimiento de humedad permisible ( $FaAbHuPer$ ).
- Medición de la precipitación y estimación de la precipitación efectiva.



**Figura 4. Diagrama de flujo de los cálculos para Balance Hídrico.**

Fuente: Popoca, 2012.

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1 Materiales.

##### 4.1.1 Material vegetal

Se utilizó maíz variedad INIAP 101.

##### 4.1.2 Insumos

Para este experimento se utilizaron los siguientes fertilizantes químicos: Urea (46 % N), Superfosfato triple (46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Cloruro de potasio (60 % K<sub>2</sub>O) y Azufre de mina (99 % S).

##### 4.1.3 Materiales y equipos

- Estufa
- Espectrofotómetro de absorción atómica (Savant AA, GBC Scientific equipment)
- Balanza de precisión (Shimadzu, modelo LIBROR AEG – 220)
- Potenciómetro (Thermo Scientific, modelo ORION STAR A2011)
- Espectrómetro de emisión óptica por acoplamiento de plasma inductivo: ICP-OES (Perkin Elmer, modelo Optima 5300 DV)
- Agitador automático (Thermo Scientific)
- Digestores para nitrógeno (Foss)
- Analizador elemental de carbono y nitrógeno (Shimadzu)
- Equipo de medición de área foliar (Li-cor Li3000A)
- Computadora
- Estación meteorológica (Skye)
- Sensor de humedad del suelo (Diviner 2000)
- Sistema de riego por goteo
- Programas estadísticos (Infostat versión 2016, Curve Expert 2.6, y SAS 9.1)
- Libros de campo.

## 4.2 Métodos

### 4.2.1 Factores en estudio

Los factores en estudio fueron, riego y fertilización química (Tabla 7 y Tabla 8).

Tabla 7.

#### **Niveles de Riego.**

Riego	Descripción
r1	Con riego
r2	Sin riego

Tabla 8.

#### **Niveles de fertilización química.**

Fertilización química	Descripción (%)
f1	100
f2	50
f3	0

*Fuente:* Recomendación de fertilización para cultivo de maíz suave. INIAP, 2014.

### 4.2.2 Unidad experimental

La unidad experimental tuvo la distancia entre surcos de 5,6 m y entre plantas de 7,0 m, obteniéndose una densidad de 50 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Tabla 9).

Tabla 9.

#### **Características del campo experimental.**

Descripción	Unidad
Número de tratamientos.	6
Número de repeticiones.	4

Tabla 9.

Continuación...

Número de parcelas grandes.	2
Número de subparcelas.	24
Distancia entre surcos (m).	0,8
Distancia entre plantas (m).	0,5
Número de plantas por sitio.	2
Número de sitios por surco.	14
Número de plantas por surco.	28
Número de surcos por parcela total.	7
Número de surcos por parcela neta.	4
Número de plantas por parcela total.	196
Número de plantas por parcela neta.	168
Número de plantas por experimento.	4 704
Número de sitios por hectárea.	25 000
Número de plantas por hectárea.	50 000
Área unidad experimental.	39,2 m <sup>2</sup> (5,6 m x 7,0 m)
Área parcela neta.	17,5 m <sup>2</sup> (5,0 m x 3,5 m)
Área neta del Experimento.	940 m <sup>2</sup> (48 subparcelas x 17,5 m <sup>2</sup> )
Área total del Experimento.	1 196 m <sup>2</sup> (18,4 m x 65 m)

#### 4.2.3 Tratamientos

Los tratamientos en estudio se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10.

#### Tratamientos en estudio.

Tratamientos	Riego	Fertilización química
1	r1	f1
2	r1	f2
3	r1	f3
4	r2	f1

Tabla 10.

Continuación...

5	r2	f2
6	r2	f3

#### 4.2.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcela dividida en bloques completamente al azar (DPDBCA), con 6 tratamientos y 4 repeticiones, obteniéndose como total 24 unidades experimentales establecidas sobre el terreno.

En la Parcela Grande (PG) se ubicó el factor riego (con y sin riego) y en la Sub-Parcela (SP) se aplicó el factor fertilización química (100 %, 50 % y 0 % de la recomendación de fertilización química).

#### 4.2.5 Análisis estadístico

Se realizó una Prueba de Shapiro-Wilks a las variables, determinando la distribución normal de los residuos y se realizó una prueba de Levene para determinar la distribución homogénea de los residuos absolutos, posteriormente se calculó el análisis de varianza (ADEVA).

Se realizó el siguiente análisis de la varianza (Tabla 11).

Tabla 11.

#### **Esquema del análisis de la varianza.**

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Total	23
Repetición	3
Riego	1
Error (a)	3
Fertilización química	2
Riego x Fertilización química	2
Error (b)	12

#### 4.2.6 Análisis funcional

Al encontrarse diferencias significativas en el análisis estadístico para los tratamientos, se aplicó la prueba de significación de Tukey al 5 %, regresiones lineal, cuadrática y logística.

$$Y = \frac{\alpha}{1 + \beta x e^{(-\gamma x t)}}$$

En dónde:

Y = Extracción de nutrientes en el tiempo.

$\alpha$  = Valor límite de extracción de nutrientes.

$\beta$  = No tiene significado biológico y solo toma lugar en el tiempo inicial  $t = 0$ .

$\gamma$  = Tasa de la constante que determina la amplitud de la curva.

t = Tiempo.

El análisis de los datos se realizó utilizando el programa estadístico SAS versión 9.4.

### 4.3 Manejo específico del experimento y métodos de evaluación

#### 4.3.1 Manejo específico del experimento

##### 4.3.1.1 Análisis físico - químico del suelo

Del suelo en donde se instaló el experimento se tomaron muestras para realizar el análisis de las propiedades físicas (textura, densidad aparente, humedad gravimétrica, humedad volumétrica y la curva de retención de humedad) a cinco profundidades (0,10, 0,20, 0,30, 0,40 y 0,50 m) y las propiedades químicas (pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, macro y microelementos) a 0,20 m de profundidad (Anexo 3); en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la E.E.S.C. (CIMMYT, 2017) (Tabla 12 y Anexo 3).

Tabla 12.

**Reporte del análisis químico de suelos. EESC - Pichincha, 2021.**

<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Unidad</b>
N	39.00	M	mg kg <sup>-1</sup>
P	65.00	A	mg kg <sup>-1</sup>
S	9.80	B	mg kg <sup>-1</sup>
K	0.05	A	meq 100ml <sup>-1</sup>
Ca	6.33	M	meq 100ml <sup>-1</sup>
Mg	0.68	B	meq 100ml <sup>-1</sup>
Zn	3.00	M	mg kg <sup>-1</sup>
Cu	7.90	A	mg kg <sup>-1</sup>
Fe	276.00	A	mg kg <sup>-1</sup>
Mn	5.70	M	mg kg <sup>-1</sup>
B	0.90	B	mg kg <sup>-1</sup>
pH	5.17	A	
MO	9.70	M	%

A=Alto, M=Medio, B= Bajo y A=Ácido.

Fuente: Laboratorio de suelos. EESC. INIAP, 2014.

#### 4.3.1.2 Preparación del suelo

Las parcelas en donde se implementó el experimento se prepararon con un pase de arada y dos de rastra con el propósito de obtener una capa de suelo suelta a una profundidad de 0,30 m (Valverde et al., 2004).

#### 4.3.1.3 Distancia de siembra

La distancia de siembra tuvo una separación entre surcos de 0,8 m y entre plantas de 0,5 m, dos plantas por sitio, obteniéndose una densidad de 50 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Zambrano et al., 2004).

#### 4.3.1.4 Fertilización química

Para la fertilización química se utilizó la recomendación de fertilización para el cultivo de maíz (Tabla 13), según los tratamientos en estudio.

Tabla 13.

**Recomendación de fertilización para el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Análisis de Suelo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
	(kg ha <sup>-1</sup> )			
Bajo	80 - 120	60 - 80	40 - 60	20 - 30
Medio	60 - 80	40 - 60	20 - 40	10 - 20
Alto	20 - 60	0 - 40	0 - 20	0 - 10

Fuente: INIAP, 2020.

La dosis de fertilización química para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y S para los tratamientos en estudio se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14.

**Dosis de fertilización química para el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fertilización química	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
	(kg ha <sup>-1</sup> )			
f1	76	40	20	22
f2	38	20	10	11
f3	0	0	0	0

Fuente: INIAP, 2020.

Los fertilizantes se colocaron a chorro continuo al fondo del surco y después se procedió a tapanlo con una capa delgada de suelo. Se realizaron tres fraccionamientos, al momento de la siembra, medio aporque y aporque del cultivo (Valverde et al., 2004).

#### 4.3.1.5 Riego

El sistema de riego que se utilizó en el experimento fue riego por goteo superficial, se instaló cinta de polietileno de 16 mm, en la que se insertaron goteros a una separación de 0,25 m y con un gasto de 1,4 l h<sup>-1</sup> (Cartagena et al., 2020).

La aplicación del riego se realizó mediante el Balance Hídrico (Dorembos y Pruitt, 1990; Allen et al, 2006), el cual considera los ingresos (precipitación y riego) y los egresos (evapotranspiración y la variación de la humedad del suelo) (Anexo 22).

#### 4.3.1.6 Manejo integrado de plagas

Se realizaron monitoreos frecuentes para determinar la presencia de plagas, con lo cual se realizaron los controles fitosanitarios de acuerdo con las recomendaciones del Departamento de Protección Vegetal de la E.E.S.C.

#### 4.3.1.7 Control de malezas

El control de malezas se realizó en forma manual y química cada vez que el cultivo lo requirió. Para lo cual se utilizó una mezcla de Gramoxone + Atrazina, en dosis de 1.25 ml/l.

#### 4.3.1.8 Cosecha y clasificación

La cosecha se realizó cuando el producto económico alcanzó la madurez fisiológica. Esta labor se realizó en forma manual, cortando la mazorca con aproximadamente 0,05 m de tallo. El tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha fue 240 días (CIMMYT, 2017).

### 4.3.2 Delimitación espacial del sitio experimental

#### 4.3.2.1 Ubicación

La investigación se ubicó en la Estación Experimental Santa Catalina (Tabla 15, Anexo 1).

Tabla 15.

#### **Ubicación del experimento de maíz en la provincia de Pichincha.**

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Altitud (m.s.n.m.).	3 058
Latitud	0° 22' 13" S
Longitud	78° 33' 18" O

#### 4.3.2.2 Características climáticas

Tabla 16.

#### **Características Agroclimáticas del Lote B2A, Estación Experimental Santa Catalina.**

<b>Parámetros</b>	<b>Datos</b>
Precipitación anual (mm).	1 400,6
Temperatura media anual (°C).	12,0
Humedad relativa promedio (%).	79,0

Fuente: Estación Meteorológica Izobamba.

#### 4.4 Variables

##### 4.4.1 Variable independiente

Se evaluó el efecto de la aplicación del riego en el desarrollo y fertilización química en el cultivo de maíz.

##### 4.4.2 Variables dependientes

###### 4.4.2.1 Altura de planta

Se tomó la altura de 10 plantas de la parcela neta de cada tratamiento, seleccionadas al azar, una vez cada mes. Para el efecto, se midió la altura desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). Para medir esta variable se utilizó una regla graduada diseñada para la medición; el resultado se expresó en centímetros (CIMMYT, 2017).

###### 4.4.2.2 Altura de mazorca

Para evaluar la altura de mazorca, al momento de la cosecha, se midió desde la base de la planta hasta la hoja de inserción de la mazorca superior. Se utilizó una regla graduada y el resultado se expresó en centímetros (CIMMYT, 2017).

#### 4.4.2.3 Extracción de nutrientes

En cada parcela experimental se tomaron 10 plantas, en las cuales se seccionó en tres órganos (raíz, biomasa aérea y mazorca). Los muestreos se realizaron a los 44, 80, 108, 139, 170, 198 y 240 días después de la siembra.

En estas plantas se registró el peso fresco; utilizando una balanza, la unidad fue en gramos. Luego se procedió a cortar en trozos pequeños, se enfundó en bolsas de papel y después se secó en una estufa a 60 °C hasta obtener un peso constante. Se obtuvo el peso seco en gramos en una balanza y se procedió a realizar las determinaciones analíticas (Benton, Wolf, & Mills, 1991).

Para el nitrógeno se utilizó el método Semimicro – Kjeldahl, que consiste en pesar 0,1 g de muestra a una digestión ácida, para luego realizar una destilación con NaOH 10N sobre H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> y una titulación con ácido sulfúrico. La extracción del N del tejido vegetal se expresó en miligramos por planta y se determinó con la siguiente fórmula:

1)

$$EN = \frac{\%N \times Ps}{100} \times 1000$$

Dónde:

EN = Extracción de N (mg planta<sup>-1</sup>).

%N = N obtenido en la determinación utilizando el método Semimicro – Kjeldahl.

Ps = peso seco (g planta<sup>-1</sup>).

Para la extracción de fósforo y potasio se utilizó el método de digestión húmeda con ácido perclórico en relación 5:1, para lo cual se pesó 0,25 g de material vegetal seco y molido y se realizó una digestión nítrica perclórica y el digestado fue leído en el equipo ICP. La extracción de estos elementos se expresó en miligramos por planta y se calculó con la siguiente fórmula:

2)

$$EE = \frac{CE \times Ps}{1000000} \times 1000$$

Dónde:

EE = Extracción del elemento (mg planta<sup>-1</sup>).

CE = concentración total del elemento (mg kg<sup>-1</sup>).

Ps = peso seco (g planta<sup>-1</sup>).

#### 4.4.2.4 Rendimiento

La cosecha se realizó en forma manual, en la etapa fenológica R6. Las mazorcas cosechadas fueron contadas, clasificadas (sanas y podridas) y pesadas en la balanza de precisión y se registró en kg PN<sup>-1</sup>; con estos datos, más los porcentajes de desgrane y humedad de grano, se transformó a rendimiento de grano al 14 % de humedad en t ha<sup>-1</sup> (CIMMYT, 1986).

3)

$$R = \frac{PC \times D \times MS \times 1000}{86 \times AP}$$

Dónde:

R = Rendimiento (kg PN<sup>-1</sup>).

PC = Peso de campo (kg).

D = Porcentaje de desgrane (en decimal).

MS = Porcentaje de materia seca (en decimal).

86 = Constante.

AP = Área de la parcela neta (m<sup>2</sup>)

$$D = \frac{PG}{PM}$$

Dónde:

D = Porcentaje de desgrane (en decimal).

PG = Peso del grano (g).

PM = Peso de la mazorca (g).

#### 4.4.2.5 Eficiencia del uso del agua

El rendimiento de cada tratamiento se dividió para la cantidad de agua utilizada, se expresó en kg ha<sup>-1</sup> de rendimiento producido por cada centímetro de agua utilizada (riego más precipitación).

4)

$$EUA = \frac{Y}{AC}$$

Dónde:

EUA = Eficiencia de uso del agua ( $\text{kg m}^3$ ).

Y = Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

AC = Agua consumida ( $\text{m}^3$ ).

#### 4.4.2.6 Análisis económico

Se registró los datos de los costos y beneficios de cada tratamiento y se estableció la relación Beneficio-Costo (B/C) (Ortega, 2012).

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado 1. Determinar el efecto de la aplicación del riego en el desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.

Los resultados expuestos en la Tabla 15 permiten decir que estadísticamente las muestras de maíz provienen de poblaciones normalmente distribuidas.

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables evaluadas durante el ciclo del cultivo, indica que todas se ajustan a una distribución normal (Tabla 17).

En relación con el principio de normalidad, debemos tener presente que, si las distribuciones a partir de las cuales se obtienen las muestras no son altamente asimétricas, no será estrictamente necesario apearse al principio de normalidad (Stevenson, 2002).

Tabla 17.

#### **Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables en estudio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Variables	Prob. > z							
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds <sup>1</sup>	
Altura de planta	0,41 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	
Altura de mazorca	---	---	---	---	---	---	0,95 <sup>ns</sup>	
Extracción de N	0,32 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	
Extracción de P	0,16 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>*</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	
Extracción de K	0,10 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	
Rendimiento	---	---	---	---	---	---	0,31 <sup>ns</sup>	
Eficiencia de uso del agua	---	---	---	---	---	---	0,68 <sup>ns</sup>	

\*= Diferencia significativa; ns = no significativo al  $P < 0,05$ . Prob. > z = intervalo de confianza al  $P < 0,05$ .

dds = días después de la siembra.

1. Evaluación a la cosecha (240 dds).

La prueba de homogeneidad de Levene para las variables evaluadas durante el ciclo del cultivo, indica que no existe evidencias suficientes para decir que los residuos no son homogéneos (Tabla 18).

Tabla 18.

**Prueba de homogeneidad de Levene para las variables en estudio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Variables	Prob. > z													
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds <sup>1</sup>							
Altura de planta	0,06	ns	0,10	ns	0,05	ns	0,82	ns	0,07	ns	0,72	ns	0,57	ns
Altura de mazorca	---		---		---		---		---		---		0,67	ns
Extracción de N	0,39	ns	0,15	ns	0,88	ns	0,32	ns	0,87	ns	0,16	ns	0,28	ns
Extracción de P	0,79	ns	0,33	ns	0,32	ns	0,61	ns	0,20	ns	0,80	ns	0,80	ns
Extracción de K	0,81	ns	0,43	ns	0,97	ns	0,02	*	0,81	ns	0,77	ns	0,76	ns
Rendimiento	---		---		---		---		---		---		0,99	ns
Eficiencia de uso del agua	---		---		---		---		---		---		0,07	ns

\*= Diferencia significativa; ns = no significativo al  $P < 0,05$ . Prob. > z = intervalo de confianza al  $P < 0,05$ .

dds = días después de la siembra.

1.Evaluación a la cosecha (240 dds).

### 5.1 Altura de planta

En el análisis de la varianza para la altura de planta (Tabla 19, Anexo 4), se observó una alta significancia estadística para riego y fertilización a los 80, 108, 139, 170, 198 y 240 dds, lo que nos indica que los tratamientos aplicados tienen influencia en el desarrollo de la planta de maíz; por el contrario, no se observó diferencias para la interacción riego por fertilización química. Los coeficientes de variación oscilan desde 3,29 % a 8,84 %, similares a los resultados encontrados por (De la Cruz et al., 2009) con 3,70 % y son mejores a los coeficientes publicados por (Yáñez, 2013) de 25,01 % y 27,57 % en las localidades de Laguacoto y San Pablo, respectivamente, por lo tanto podemos mencionar que los coeficientes de variación obtenidos son aceptables para este tipo de investigaciones en campo.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de planta en el factor riego (Tabla 20), detectó dos rangos de significación. El tratamiento, con mejor respuesta fue el tratamiento r1 (con riego) con 78,88, 140,95, 202,75, 207,87, 210,95 cm de altura a los 80, 108, 139, 170 y 198 dds respectivamente; y a la cosecha, a los 240 dds, se observó un leve decrecimiento de la planta alcanzando los 208,12 cm, esto debido a que la planta estuvo en estado fenológico de senescencia; mientras que con la menor respuesta se observó al tratamiento r2 (sin riego) con 66,50, 114,17, 185,62, 192,08, 195,79 y 192,62 cm a los 80, 108, 139, 170, 198 y 240 dds, respectivamente.

Tabla 19.

**Análisis de la varianza para la altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios									
		44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds			
Bloques	3	8,17 <sup>ns</sup>	94,51 <sup>*</sup>	233,84 <sup>ns</sup>	73,39 <sup>ns</sup>	54,87 <sup>ns</sup>	34,73 <sup>ns</sup>	28,90 <sup>ns</sup>			
Riego	1	23,01 <sup>ns</sup>	920,08 <sup>**</sup>	4304,08 <sup>**</sup>	1759,59 <sup>**</sup>	1496,26 <sup>**</sup>	1380,16 <sup>**</sup>	1441,50 <sup>**</sup>			
Error (a)	3	4,65	38,14	151,99	4,98	50,62	130,91	136,86			
Fertilización	2	19,98 <sup>ns</sup>	329,73 <sup>**</sup>	1596,90 <sup>**</sup>	1824,03 <sup>**</sup>	991,01 <sup>**</sup>	909,78 <sup>**</sup>	972,59 <sup>**</sup>			
R x F	2	0,001 <sup>ns</sup>	17,20 <sup>ns</sup>	157,50 <sup>ns</sup>	10,21 <sup>ns</sup>	9,69 <sup>ns</sup>	46,13 <sup>ns</sup>	48,40 <sup>ns</sup>			
Error (b)	12	6,33	26,45	78,30	107,43	44,71	88,88	43,48			
Total	23										
CV (%)		8,84	7,07	6,93	5,33	3,34	4,63	3,29			
Promedios (cm)		28,46	72,69	127,56	194,18	199,97	203,37	200,37			

\*\* = Diferencia altamente significativa.

\* = Diferencia significativa.

ns = no significativo.

dds = días después de la siembra.

Tabla 20

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Riego	Altura de planta (cm)							
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds	
r1	29,44	78,88 <sup>a</sup>	140,95 <sup>a</sup>	202,75 <sup>a</sup>	207,87 <sup>a</sup>	210,95 <sup>a</sup>	208,12 <sup>a</sup>	
r2	27,48	66,50 <sup>b</sup>	114,17 <sup>b</sup>	185,62 <sup>b</sup>	192,08 <sup>b</sup>	195,79 <sup>b</sup>	192,62 <sup>b</sup>	

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

dds = días después de la siembra.

La prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización (Tabla 21), encontró tres rangos de significación a los 80, 108, 139, 198 y 240 dds y detectó dos rangos a los 170 dds. Con mejor respuesta se observó al tratamiento f1 (100 % fertilización química) con 78.92 cm a los 80 dds, 140,31 cm a los 108 dds, 207,18 cm a los 139 dds, 210,00 cm a los 170 dds, 212,93 cm a los 198 dds y 210,93 a los 240 dds; mientras que el tratamiento f3 (0 % fertilización química) obtuvo menor respuesta con 66,10, 112,37, 177,62, 188,00, 191,87 y 188,93 cm de altura de planta a los 80, 108, 139, 170, 198 y 240 dds, respectivamente.

Tabla 21

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la variable altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fert.	Altura de planta (cm)						
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds
f1	30,28	78,92 a	140,31 a	207,18 a	210,00 a	212,93 a	210,93 a
f2	27,56	73,05 ab	130,01 ab	197,75 b	201,93 a	205,31 ab	201,25 ab
f3	27,53	66,10 b	112,37 b	177,62 c	188,00 b	191,87 b	188,93 b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

dds = días después de la siembra.

La prueba de Tukey al 5 % en la interacción riego por fertilización química (Tabla 22) encontró seis rangos de significación para la altura de planta a los 80, 108, 170 y 198 dds, cinco rangos a los 139 y 240 dds y tres rangos a los 44 dds.

Tabla 22

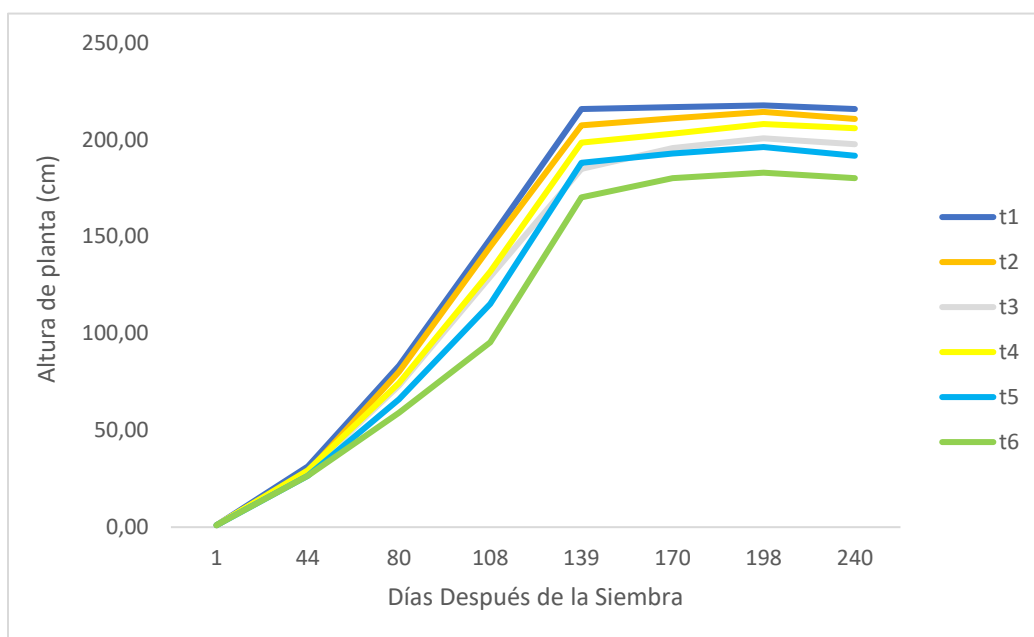
**Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego por fertilización química en la altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

RxF	Altura de planta (cm)						
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds
r1f1	32,27 a	83,42 a	148,75 a	215,87 a	216,87 a	217,75 a	215,87 a
r1f2	28,52 ab	80,15 ab	144,75 ab	207,37 ab	211,00 ab	214,37 ab	210,75 a
r1f3	28,52 ab	73,07 bc	129,37 cd	185,00 c	195,75 cd	200,75 bc	197,75 cb
r2f1	29,30 ab	74,42 b	131,87 cb	198,50 bc	203,12 bc	208,12 abc	206,00 ab
r2f2	26,60 b	65,95 cd	115,27 d	188,12 c	192,87 d	196,25 cd	191,75 cd
r2f3	26,55 b	59,12 d	95,37 e	170,25 d	180,25 e	183,00 d	180,12 d

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

dds = días después de la siembra.

El tratamiento con mejor respuesta fue la interacción r1f1 (con riego y 100 % fertilización química), con 215,87 cm de altura de planta a los 240 dds; mientras que el tratamiento con menor respuesta fue r2f3 (sin riego y 0 % fertilización química) con altura de planta de 180,12 cm como se observa en la Tabla 22 y Figura 5.



**Figura 5. Efectos del riego y fertilización química en la altura de planta del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Las plantas de maíz durante su desarrollo presentaron alturas superiores a las encontradas en investigaciones similares en la evaluación de cultivares de maíz de grano suave, así, (Zambrano et al., 2004) reportó una altura de planta de 179 cm, de igual manera, (Yáñez, 2013) encontró una altura de planta de 195 cm. Los estudios de (Mathukia et al., 2015) confirmaron estos resultados al obtener una altura de plantas de 180 cm, con aplicaciones de 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 75 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. Los autores mencionados utilizaron un sistema de riego por inundación, provocando que el agua se acumule en la superficie del suelo o correr sobre esta, haciendo que el agua se pierda y que no pueda ser absorbida por la planta, a diferencia del riego por goteo que permite que el agua y los fertilizantes lleguen directamente a las raíces para que puedan ser absorbidos por la planta (Pizarro, 1996).

No obstante, los resultados de la investigación de (Bhatt, 2012), indican una respuesta superior de altura de planta con 219,3 cm y 210,2 cm con una densidad de 100 000 plantas ha<sup>-1</sup> y una fertilización

de 240 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, en la respuesta de maíz dulce a diferentes densidades de plantas y niveles de nitrógeno. Esto concuerda con lo mencionado por (Kumar, 2009) quien indica que a mayor número de plantas por superficie, incluso por encima del nivel óptimo, se reduce la cantidad de luz para las plantas sobre todo las hojas bajas, lo que ocasiona que las plantas, en busca de luz, crezcan más altas.

## 5.2 Altura de mazorca

En el análisis de la varianza para la altura de mazorca (Tabla 23), se observó significancia estadística para riego y la interacción riego por fertilización, y alta significancia para fertilización, lo que nos indica que los tratamientos aplicados tienen influencia en el desarrollo de la planta de maíz. El coeficiente de variación fue 7,03 %, que es muy bueno para este tipo de experimentos al comparar con los coeficientes obtenidos por (Zambrano et al., 2004) de 3,80 % y 7,60 % y mejor aún con los resultados publicados por (Yáñez, 2013) con 25,01 % y 27,57 %.

Tabla 23

### **Análisis de la varianza para la altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	
Bloques	3	51,10	ns
Riego	1	596,01	*
Error (a)	3	53,61	
Fertilización	2	334,96	**
R x F	2	11,33	*
Error (b)	12	46,12	
Total	23		
CV (%)		7,03	
Promedios (cm)		96,58	

\*\* = Diferencia altamente significativa, \* = Diferencia significativa, ns = no significativo.

La prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de mazorca (Tabla 24) en el factor riego, detectó dos rangos de significación. Con mejor respuesta al momento de la cosecha se ubicó el tratamiento r1 (con riego) con 101,56 cm; mientras que con la menor respuesta se observó al tratamiento r2 (sin riego) con 91,59 cm a los 240 dds.

Tabla 24.

**Prueba de Tukey al 5 % para riego en la variable altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>Riego</b>	<b>Altura de mazorca (cm)</b>
r1	101,56 a
r2	91,59 b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

La prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización, (Tabla 25) encontró tres rangos de significación al momento de la cosecha, con mejor respuesta se observó al tratamiento f1 (100 % fertilización química) con 102,85 cm para altura de mazorca. El tratamiento f3 (0 % fertilización química) obtuvo la menor respuesta con 89,92 cm, a los 240 dds.

Tabla 25

**Prueba de Tukey al 5 % para fertilización en la altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>Fertilización</b>	<b>Altura de mazorca (cm)</b>
f1	102,85 a
f2	96,95 ab
f3	89,92 b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

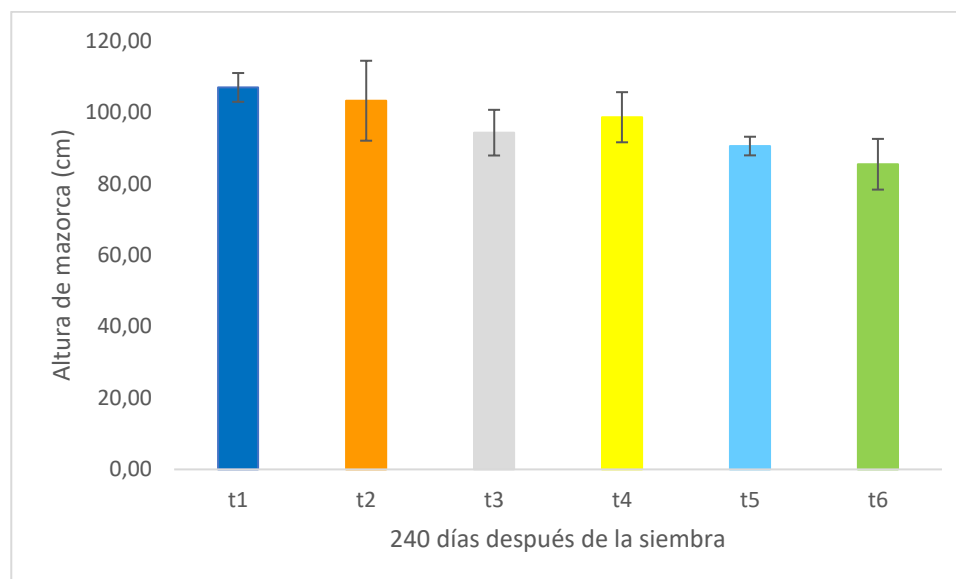
La prueba de Tukey al 5 % en la interacción riego por fertilización química encontró seis rangos para altura de mazorca a los 240 días después de la siembra, al momento de la cosecha (Tabla 26).

Tabla 26

**Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego por fertilización en la variable altura de mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>Fertilización</b>	<b>Altura de mazorca (cm)</b>
r1f1	107,02 a
r1f2	103,30 ab
r1f3	94,35 bcd
r2f1	98,68 abc
r2f2	90,60 cd
r2f3	85,50 d

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figura 6. Efecto del riego y fertilización química en la altura de mazorca del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

El tratamiento con mejor respuesta fue la interacción r1f1 (con riego y 100 % fertilización química), con 107,02 cm de altura de mazorca; el tratamiento con menor respuesta fue r2f3 (sin riego y 0 % fertilización química) con altura de mazorca de 85,50 cm a los 240 dds, como se observa en la Tabla 26 y Figura 6.

Las plantas de maíz durante su desarrollo presentaron alturas superiores a las encontradas en investigaciones similares en la evaluación de cultivares de maíz de grano suave, así, (Coral et al., 2019) reportó valores de altura de mazorca entre 59,93 y 77,82 cm, mientras que (Yáñez, 2013) encontró una altura de mazorca de 94,00 cm.

Resultado 2. Obtener la curva de extracción de nutrientes en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.

Extracción de nutrientes

### 5.3.1 Nitrógeno

El análisis de varianza para la extracción de nitrógeno (Tabla 27, Anexo 12), detectó diferencias altamente significativas para riego y fertilización química, a la cosecha, a los 240 dds, mientras que para la interacción riego por fertilización no se observó diferencias significativas.

Tabla 27

**Análisis de la varianza para la variable extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios							
		44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds	
Bloques	3	0,10 ns	21,88 ns	103,79 *	205,64 ns	58,23 ns	89,33 ns	245,94 ns	
Riego	1	0,03 ns	116,95 *	2778,23 **	1800,59 **	1287,00 **	53,16 ns	2185,80 **	
Error (a)	3	0,32	16,41	83,73	109,84	13,04	148,32	219,73	
Fertilización	2	4,05 **	125,99 *	1144,94 **	2406,16 **	3346,40 **	6742,50 **	2767,57 **	
RxF	2	0,02 ns	0,73 ns	120,71 *	67,87 ns	346,60 *	213,37 ns	262,68 ns	
Error (b)	12	0,12	18,83	20,03	89,66	73,64	126,79	124,36	
Total	23								
CV (%)		14,56	30,09	10,96	11,55	8,50	10,07	12,46	
Promedios (kg ha <sup>-1</sup> )		2,41	14,42	40,85	82,00	101,02	111,81	89,47	

\*\* = Diferencia altamente significativa.

\* = Diferencia significativa.

ns = no significativo.

dds = días después de la siembra.

Tabla 28

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Riego	Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )						
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds
r1	2,45	16,63	51,61 a	90,65 a	108,34 a	113,30	99,01
r2	2,38	12,21	30,10 b	73,33 b	93,69 b	110,32	79,92

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

dds = días después de la siembra.

Los coeficientes de variación oscilaron entre 8,50 % y 30,09 %, siendo muy buenos para este tipo de investigaciones comparados con los coeficientes de 14,60 % obtenido por (Rincón y Gutiérrez, 2012) y de 20,91 % en Laguacoto y 27,96 % en San Pablo, encontrados por (Zambrano et al., 2004).

La prueba de Tukey al 5 % para el factor riego (Tabla 28) detectó dos rangos de significancia a los 108, 139 y 170 dds. El tratamiento r1 (con riego) presentó los valores más altos de extracción, con 113,30 kg ha<sup>-1</sup> a los 198 dds; mientras que con menor respuesta se presentó el tratamiento r2 (sin riego) con 110,32 kg ha<sup>-1</sup>.

La prueba de Tukey al 5 % para fertilización química detectó tres rangos de significancia a los 198 dds, en donde se observa el valor más alto de extracción con el tratamiento f1 (100 % fertilización química) con 142,21 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento f3 (0 % fertilización química) con 84,37 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 29).

Tabla 29

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la variable extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fert.	Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )													
	44 dds		80 dds		108 dds		139 dds		170 dds		198 dds		240 dds	
f1	2,98	a	17,73	a	49,61	a	100,33	a	118,54	a	142,21	a	109,08	a
f2	2,65	a	15,52	ab	45,73	a	79,79	b	105,96	b	108,85	b	87,25	ab
f3	1,62	b	10,02	b	27,24	b	65,85	b	78,54	c	84,37	c	72,08	b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).  
dds = días después de la siembra.

La prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego por fertilización química, detectó cinco rangos de significancia a los 198 dds. El tratamiento r1f1 (con riego y 100 % fertilización química) presentó los valores más altos de extracción de nitrógeno con 148,81 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que con menor respuesta se presentó el tratamiento r2f3 (sin riego y 0 % fertilización química) con 82,78 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 30).

Tabla 30

**Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego x fertilización en la variable extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R x F	Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )													
	44 dds		80 dds		108 dds		139 dds		170 dds		198 dds		240 dds	
r1f1	2,96	a	20,03	a	59,71	a	108,80	a	133,40	a	148,81	a	124,81	a
r1f2	2,70	a	17,97	ab	60,66	a	91,46	ab	110,38	b	105,13	cd	96,72	b
r1f3	1,70	bc	11,89	ab	34,48	b	71,70	bc	81,24	c	85,96	d	76,50	bc
r2f1	2,99	a	15,42	ab	39,52	b	91,85	ab	103,68	b	135,60	ab	93,34	bc
r2f2	2,61	ab	13,07	ab	30,79	bc	68,13	c	101,54	b	112,58	bc	78,77	bc
r2f3	1,53	c	8,15	b	19,97	c	60,00	c	75,85	c	82,78	d	67,66	c

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).  
 dds = días después de la siembra.

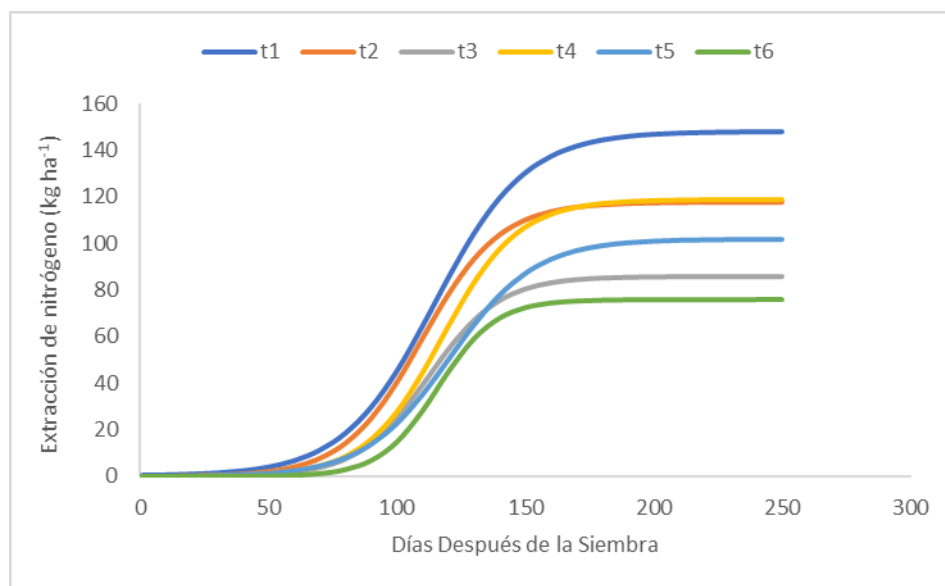
Los resultados son coincidentes con los obtenidos por (Cartagena et al., 2020), la aplicación de 76 kg ha<sup>-1</sup> de N registró significativamente la extracción de 142 kg de nitrógeno; así mismo, los resultados son similares a los publicados por (Valverde, 2010a), que reportó 108 kg de N extraídos en la localidad de Laguacoto y 118,60 kg en la localidad de San Pablo, con una aplicación de 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno. (Alvarado, 2010) reportó valores de 109,6 kg de N, con la aplicación de 120 kg ha<sup>-1</sup> y (Bhatt, 2012) encontró una extracción de nitrógeno de 140,7 kg ha<sup>-1</sup>, con 80 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados.

Cada tratamiento presentó un valor máximo de extracción, el tratamiento que presentó la mejor respuesta durante la presente investigación fue f1 (100 % fertilización química), esto se debe a que está formulado con un alto contenido de este elemento (76 kg ha<sup>-1</sup> de N) comparado con el resto de tratamientos; sin embargo, una mayor aplicación de N no garantiza que exista una mayor extracción del mismo, esto ratifica lo publicado por (Mengel y Kirkby, 2000) quienes manifiestan que la absorción de nutrientes por el cultivo corresponde muy cercanamente con las demandas del mismo (Tabla 30 y Figura 7).

Las curvas de extracción de nutrientes permiten formular y organizar una fertilización para aplicar en un cultivo. Analizando las curvas de extracción de nitrógeno para el cultivo de maíz variedad INIAP 101, se encontró que la extracción de este nutriente durante los primeros 44 días después de la siembra (dds) fue baja. Entre los 80 y 198 dds se observó un período de alta extracción de

nitrógeno. Finalmente, a los 240 dds se presentó un período de disminución de la extracción de nitrógeno (Figura 7).

Durante los primeros 45 días después de la siembra (dds), se observó que la extracción de nitrógeno fue menor, esto se debe a que las actividades de producción de biomasa y fotosíntesis son bajas al inicio del desarrollo del cultivo, desde los 80 hasta los 198 dds, es decir, en etapas de prefloración, floración y llenado de grano, la extracción fue alta ya que la actividad fotosintética aumentó. Al final del ciclo del cultivo la extracción de nitrógeno fue menor, ya que la planta reduce el crecimiento del follaje y tallo, es así que la planta envía el mayor contenido de nutrientes para la formación y llenado de los granos (Martínez et al., 2014) (Figura 7). Después del crecimiento máximo, el nitrógeno únicamente aportó al desarrollo de la planta para que ésta pudiera concluir con su ciclo fenológico (Báez et al., 2003).



**Figura 7. Extracción de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

### 5.3.2 Fósforo

El análisis de varianza, para la variable extracción de fósforo detectó diferencias altamente significativas para riego, fertilización y la interacción riego por fertilización química, a los 198 dds en donde se obtuvo los valores más altos de extracción (Tabla 31).

Tabla 31

**Análisis de la varianza para la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios								
		44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds		
Bloques	3	0,0004 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>*</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	3,76 <sup>**</sup>	2,96 <sup>*</sup>	0,76 <sup>ns</sup>		
Riego	1	0,00007 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>*</sup>	55,33 <sup>**</sup>	18,48 <sup>**</sup>	41,92 <sup>**</sup>	35,38 <sup>**</sup>	18,59 <sup>**</sup>		
Error (a)	3	0,003	0,32	1,56	0,33	0,34	1,04	0,39		
Fertilización	2	0,023 <sup>**</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	10,29 <sup>**</sup>	15,89 <sup>**</sup>	25,81 <sup>**</sup>	17,26 <sup>**</sup>	1,93 <sup>ns</sup>		
R x F	2	0,0006 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>**</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	1,75 <sup>ns</sup>	6,57 <sup>**</sup>	0,61 <sup>ns</sup>		
Error (b)	12	0,001	0,19	0,25	0,53	0,48	0,50	0,73		
Total	23									
CV (%)		19,03	33,60	11,34	11,07	8,48	7,35	14,38		
Promedios (kg ha <sup>-1</sup> )		0,17	1,30	4,43	6,58	8,14	9,62	5,93		

\*\* = Diferencia altamente significativa.

\* = Diferencia significativa.

ns = no significativo.

dds = días después de la siembra.

Tabla 32

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Riego	Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )							
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds	
r1	0,17	1,51	5,95 a	7,46 a	9,46 a	10,84 a	6,81 a	
r2	0,16	1,07	2,91 b	5,71 b	6,82 b	8,41 b	5,05 b	

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

dds = días después de la siembra.

Los coeficientes de variación oscilaron entre 7,35 % o 33,60 %, es decir, se encuentran dentro de los valores reportados por (Yáñez, 2007) con 21,06 % y (Rincón & Gutiérrez, 2012) con 23,70 %, por lo que podemos mencionar que los coeficientes de variación son buenos para este tipo de estudios a campo abierto (Tabla 31, Anexo 16).

La prueba de Tukey al 5 % para riego detectó dos rangos de significancia a los 198 dds. El tratamiento r1 (con riego) presentó los mayores valores de extracción con 10,84 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento r2 (sin riego) presentó los valores más bajos de extracción con 8,41 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 32).

La aplicación de riego permitió una mejor extracción de fósforo, sobre todo después de la floración, a diferencia de las parcelas que no fueron regadas, en donde se observó una baja asimilación del elemento. Estos resultados coinciden con los obtenidos por (Fontanetto y Darwich, 1995), quienes sugieren que con la aplicación de 40 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y con aplicación de riego, se extraen aproximadamente 21,20 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo.

La prueba de Tukey al 5 % para fertilización detectó dos rangos de significancia a los 198 dds, donde se observa el valor más alto de extracción de fósforo. El tratamiento f1 (100 % fertilización química) ocupa el primer rango con 10,85 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que con menor respuesta se presentó el tratamiento f3 (0 % fertilización química) con 8,00 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 33).

Tabla 33

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fert.	Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )						
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds
f1	0,21 a	1,48 a	5,23 a	8,01 a	9,67 a	10,85 a	6,41 a
f2	0,19 ab	1,39 a	4,94 ab	6,54 b	8,58 b	10,02 a	5,05 a
f3	0,11 b	1,01 a	3,13 b	5,19 c	6,16 c	8,00 b	5,43 a

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).  
dds = días después de la siembra.

La prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego x fertilización detectó cuatro rangos de significancia a los 198 dds. El valor más alto de extracción se observó con el tratamiento r1f1 (con riego y 100 % fertilización química) con 12,22 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el valor más bajo, con 7,58 kg ha<sup>-1</sup>, se presentó el tratamiento r2f3 (sin riego y 0 % fertilización química) (Tabla 34).

Tabla 34

**Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego x fertilización en la extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R x F	Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )													
	44 dds		80 dds		108 dds		139 dds		170 dds		198 dds		240 dds	
r1f1	0,20	ab	1,66	a	7,06	a	8,90	a	10,86	a	12,22	a	7,39	a
r1f2	0,19	ab	1,59	a	6,72	a	7,42	ab	10,42	a	11,88	a	7,04	ab
r1f3	0,12	bc	1,29	a	4,06	b	6,06	bc	7,10	bc	8,41	bc	6,00	abc
r2f1	0,22	a	1,29	a	3,40	bc	7,12	bc	8,48	b	9,82	b	5,44	bc
r2f2	0,19	ab	1,19	a	3,14	bc	5,67	cd	6,74	cd	7,82	c	4,86	c
r2f3	0,10	c	0,72	a	2,20	c	4,32	d	5,23	d	7,58	c	4,86	c

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).  
dds = días después de la siembra.

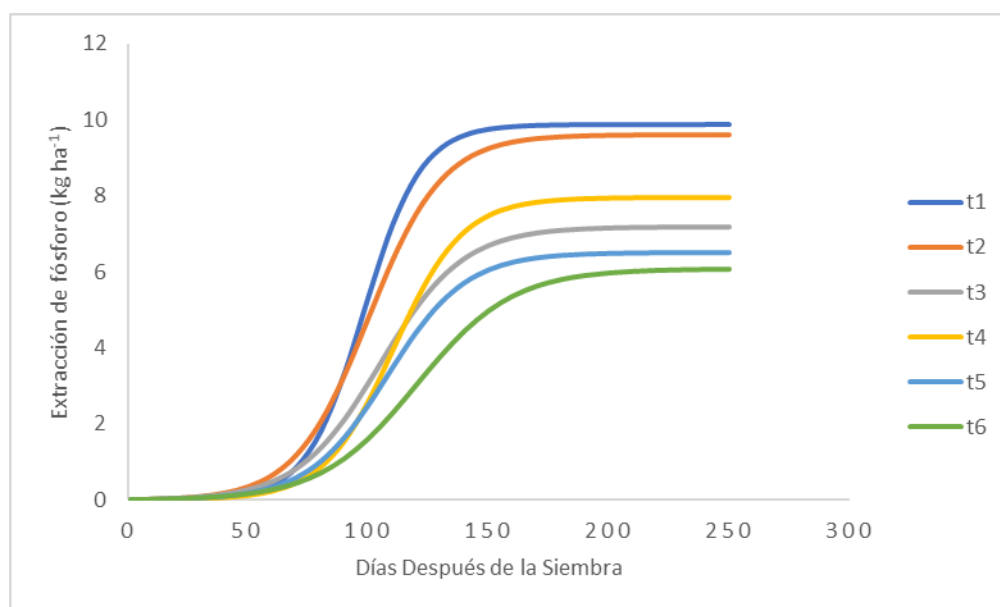
Los resultados obtenidos son superiores a los publicados por (Vásquez et al., 2014) quienes reportaron 6,30 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo extraído. Por otra parte, los resultados son similares a los de (Caviedes, 2003) y (Valverde, 2010b) quienes obtuvieron una extracción de 10,86 kg ha<sup>-1</sup> y 10,40 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, con una aplicación de 60 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo.

En contraste, diferentes autores reportan valores más altos de extracción como los resultados obtenidos por (Bhatt, 2012) que con la aplicación de 60 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, extrajo 30,70 kg ha<sup>-1</sup>. Con la aplicación de 40 kg ha<sup>-1</sup>, el valor extraído fue de 28 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, según lo publicado por (Cartagena et al., 2020).

Teniendo en cuenta los valores de fósforo que fueron extraídos por el maíz podemos mencionar que la cantidad aplicada de 40 kg ha<sup>-1</sup> (f1) y 20 kg ha<sup>-1</sup> (f2), fueron suficientes para el normal desarrollo de las plantas. Este elemento es el macronutriente más complejo de manejar, ya que, si lo comparamos con el nitrógeno y el potasio, el fósforo se fija en el suelo (López-Morales et al., 2021).

(Mengel y Kirkby, 2000), mencionan que los fosfatos que se encuentran en el suelo se vuelven indisponibles para la planta, ya que el fósforo es el elemento más inmóvil de los nutrientes principales.

La extracción de fósforo del suelo alcanza un máximo hasta los 198 dds y luego disminuye lentamente a la cosecha, a los 240 dds, similares hallazgos han sido reportados por (Mengel y Kirkby, 2000). Esta relación fue similar a la encontrada en estudios como los de (Alvarado, 2010) y (Valverde et al., 2004) quienes reportaron una extracción de fósforo de 15,0 kg ha<sup>-1</sup> y 22,70 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, al aplicar 60 kg ha<sup>-1</sup>, como se observa en la Tabla 34 y Figura 8.



**Figura 8. Extracción de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

### 5.3.3 Potasio

En el análisis de la varianza (Tabla 35, Anexo 20) se observó a los 198 dds los valores más altos de extracción, se registran diferencias significativas para la interacción riego por fertilización química, mientras que para riego y fertilización se observó diferencias altamente significativas. Los coeficientes de variación se presentaron en rangos entre 5,91 % y 28,92 %, que resultan ser muy buenos para experimentos en campo al compararlos con coeficientes de 17,00 % y 30,91 %, obtenidos por (Rincón & Gutiérrez, 2012) y (Zambrano et al., 2004), respectivamente.

Tabla 35

**Análisis de la varianza para la extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios						
		44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds
Bloques	3	0,27 <sup>ns</sup>	71,07 <sup>ns</sup>	184,90 <sup>*</sup>	295,06 <sup>*</sup>	44,61 <sup>ns</sup>	72,77 <sup>ns</sup>	493,70 <sup>*</sup>
Riego	1	0,14 <sup>ns</sup>	105,00 <sup>ns</sup>	10224,23 <sup>**</sup>	6515,20 <sup>**</sup>	9476,00 <sup>**</sup>	17419,40 <sup>**</sup>	5695,85 <sup>**</sup>
Error (a)	3	0,27	90,42	250,30	75,13	11,21	69,82	162,08
Fertilización	2	4,51 <sup>**</sup>	353,27 <sup>*</sup>	2518,11 <sup>**</sup>	3261,14 <sup>**</sup>	7033,89 <sup>**</sup>	7483,94 <sup>**</sup>	4560,31 <sup>**</sup>
R x F	2	0,07 <sup>ns</sup>	36,01 <sup>ns</sup>	133,48 <sup>ns</sup>	52,85 <sup>ns</sup>	240,14 <sup>*</sup>	523,56 <sup>*</sup>	467,03 <sup>*</sup>
Error (b)	12	0,25	57,07	34,79	67,66	59,57	81,85	106,17
Total	23							
CV (%)		14,70	28,92	7,69	7,75	5,91	6,08	10,56
Promedios (kg ha <sup>-1</sup> )		3,40	26,13	76,68	106,17	130,59	148,91	97,62

\*\* = Diferencia altamente significativa.

\* = Diferencia significativa.

ns = no significativo.

dds = días después de la siembra.

Tabla 36

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor riego en la extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Riego	Potasio (kg ha <sup>-1</sup> )						
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds
r1	3,47	28,22	97,32 a	122,65 a	150,46 a	175,85 a	113,02 a
r2	3,32	24,03	56,54 b	89,70 b	110,72 b	121,97 b	82,21 b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

dds = días después de la siembra.

La prueba de Tukey al 5 % detectó dos rangos de significancia desde los 108 dds hasta la cosecha, en el factor riego. En el primer rango se ubicó el tratamiento r1 (con riego), con el mayor valor de extracción a los 198 dds, con 175,85 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que al final del segundo rango, con el valor más bajo de extracción, se ubicó el tratamiento r2 (sin riego) con 121,97 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 36).

La prueba de Tukey al 5 % detectó dos rangos de significancia. El valor más alto de extracción, para fertilización, se observó a los 198 dds, con 174,24 kg ha<sup>-1</sup> el tratamiento f1 (100 % fertilización química) ocupó el primer rango, mientras que con 114,28 kg ha<sup>-1</sup>, con menor respuesta, se presentó el tratamiento f3 (0 % fertilización química) (Tabla 37).

Tabla 37

**Prueba de Tukey al 5 % para el factor fertilización en la variable extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fert.	Potasio (kg ha <sup>-1</sup> )													
	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds	44 dds	80 dds	108 dds	139 dds	170 dds	198 dds	240 dds
f1	3,94	30,98	91,46	123,33	151,06	172,24	119,48	a	a	a	a	a	a	a
f2	3,71	28,85	81,56	111,27	144,12	160,21	101,23	a	a	ab	a	a	a	a
f3	2,54	18,55	57,00	83,92	96,58	114,28	72,14	b	a	b	b	b	b	b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

dds = días después de la siembra.

La prueba de Tukey al 5 %, detectó 5 rangos de significancia a los 198 dds, en donde se obtuvo los valores más altos de extracción para la interacción riego x fertilización. Con mejor respuesta se observó con el tratamiento r1f1 (con riego y 100 % fertilización química) con 198,66 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el valor más bajo se presentó el tratamiento r2f3 (sin riego y 0 % fertilización química) con 95,16 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 38).

Los valores más altos de extracción de potasio se obtuvieron con el tratamiento r1f1 (con riego y 100 % fertilización química) a los 44, 80, 108, 139, 170, 198 y 240 dds, con 4,12, 32,51, 111,00, 137,18, 174,42, 198,66 y 140,60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabla 38

**Prueba de Tukey al 5 % para la interacción riego x fertilización en la extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

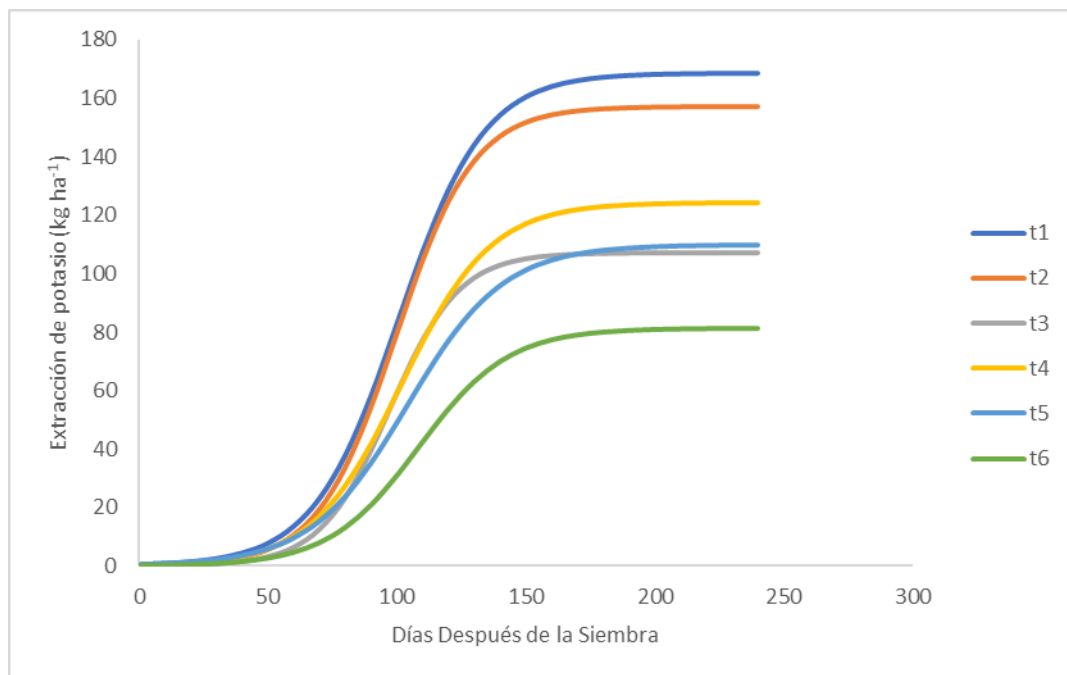
R x F	Potasio (kg ha <sup>-1</sup> )													
	44 dds		80 dds		108 dds		139 dds		170 dds		198 dds		240 dds	
r1f1	4,12	a	32,51	a	111,00	a	137,18	a	174,42	a	198,66	a	140,60	a
r1f2	3,72	a	29,16	ab	106,73	a	130,26	a	166,81	a	195,48	a	119,59	ab
r1f3	2,56	bc	22,99	ab	74,22	b	100,50	b	110,14	b	133,40	bc	78,87	cd
r2f1	3,75	a	29,44	ab	71,92	b	109,47	b	127,69	b	145,81	b	98,36	bc
r2f2	3,70	ab	28,55	ab	56,40	bc	92,28	b	121,43	b	124,93	c	82,86	cd
r2f3	2,51	c	14,12	b	39,78	c	67,35	c	83,02	c	95,16	d	65,42	d

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).  
 dds = días después de la siembra.

Con base en los resultados obtenidos, se observa que la extracción de potasio obedece a las funciones vitales del cultivo, es decir, que el requerimiento del elemento es mayor a partir de los 100 dds, en las etapas más avanzadas del desarrollo de la planta de maíz, sobre todo en la etapa de desarrollo y formación de frutos, ya que el potasio permite una mejor calidad y sanidad (Báez et al., 2003), lo que ratifica (Mengel y Kirkby, 2000) quienes mencionan que el potasio posee una alta velocidad de absorción de los tejidos vegetales y la mayor cantidad de este nutriente es extraído generalmente en la etapa de desarrollo vegetativo (Figura 9).

Los resultados concuerdan estrechamente con los resultados publicados por (Cartagena et al., 2020) con una extracción de 201,00 kg ha<sup>-1</sup>, aplicando 20 kg ha<sup>-1</sup> de potasio. Con una aplicación de 60 kg ha<sup>-1</sup>, (Valverde, 2010b) reportó 180,80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno extraído; con la misma cantidad aplicada de nitrógeno, (Alvarado, 2010) menciona que extrajo 135,6 kg ha<sup>-1</sup>; mientras que (Bhatt, 2012) con la aplicación de 50 kg ha<sup>-1</sup>, reportó 101,8 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno extraído.

La extracción de nitrógeno y potasio mostró cierta similitud en todo el desarrollo de las plantas, sin embargo, la demanda de potasio fue mayor durante todo el ciclo del cultivo.



**Figura 9. Extracción de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

En el desarrollo del experimento se observó que la extracción de nitrógeno, fósforo y potasio fue relativamente baja durante los primeros 45 días, esto, debido a que la formación de biomasa y actividad fotosintética son menores (Martínez et al., 2014).

Al final del experimento se observó un período de extracción menor, ya que en el estado fenológico de senescencia, la planta disminuye el crecimiento de follaje y tallos para así poder enviar la mayor cantidad de nutrientes al llenado del grano (Martínez et al., 2014).

### 5.3 Rendimiento

En el análisis de la varianza para rendimiento se detectó diferencias significativas para riego y para la interacción riego por fertilización química, mientras que para fertilización se observó diferencias altamente significativas. El promedio general del experimento fue de  $3,24 \text{ t ha}^{-1}$ , con un coeficiente de variación de 12,32 %, que es mejor a los valores obtenidos por (De la Cruz et al., 2009) con 17,00 % y (Yáñez, 2013) con 19,15 % y 23,31 % (Tabla 39, Anexo 21).

Tabla 39

**Análisis de varianza para rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Bloques	3	0,094 <sup>ns</sup>
Riego	1	0,90 <sup>*</sup>
Error (a)	3	0,12
Fertilización	2	6,22 <sup>**</sup>
R x F	2	0,16 <sup>*</sup>
Error (b)	12	0,16
Total	23	
CV (%)		12,32
Promedios (t ha <sup>-1</sup> )		3,24

\*\* = Diferencia altamente significativa, \* = Diferencia significativa, ns = no significativo.

La prueba de Tukey al 5 % encontró dos rangos de significancia para el riego, con mejor respuesta se observó al tratamiento r1 (con riego) con 3,43 t ha<sup>-1</sup>, mientras que con menor respuesta se observó al tratamiento r2 (sin riego) con 3,04 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 40).

Tabla 40

**Prueba de Tukey al 5 % para riego en la variable rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Riego	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
r1	3,43 a
r2	3,04 b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

La prueba de Tukey al 5 % detectó tres rangos de significancia para fertilización, en el primer rango se observó al tratamiento f1 (100 % fertilización química) con 4,08 t ha<sup>-1</sup>, mientras que al final del tercer rango se ubicó el tratamiento f3 (0 % fertilización química) con 2,32 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 41).

Tabla 41

**Prueba de Tukey al 5 % para fertilización en la variable rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fert.	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
f1	4,08 a
f2	3,32 b
f3	2,32 c

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

La prueba de Tukey al 5 %, para la interacción riego por fertilización química, obtuvo cinco rangos de significancia, se observó con mejor respuesta al tratamiento r1f1 (con riego y 100 % fertilización química) con 4,33 t ha<sup>-1</sup>, mientras que la respuesta más baja se encontró al tratamiento r2f3 (sin riego y 0 % fertilización química) con 2,02 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 42).

Tabla 42

**Prueba de Tukey al 5 % para interacción riego por fertilización química en la variable rendimiento en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>RxF</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>
r1f1	4,33 a
r1f2	3,35 b
r1f3	2,62 c
r2f1	3,83 ab
r2f2	3,28 b
r2f3	2,02 d

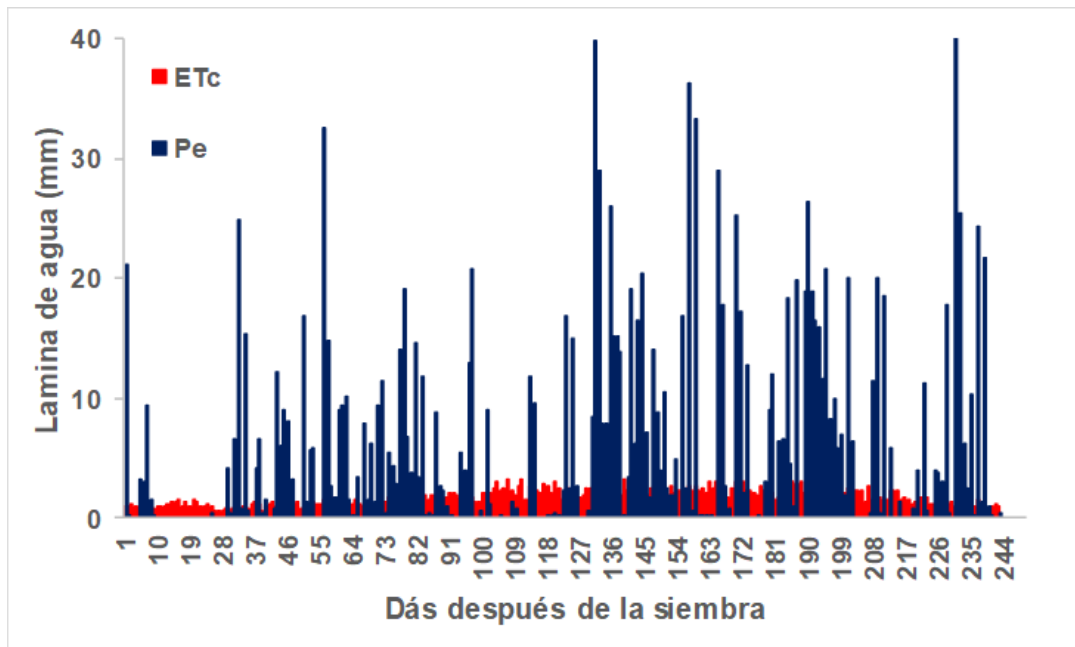
Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey (p<0,05).

Al comparar con investigaciones similares, podemos indicar que los resultados obtenidos son superiores a los encontrados por (Castellanos, 2005) y (Cartagena et al., 2020) quienes presentan un rendimiento de 3,7 t ha<sup>-1</sup> y 3,99 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los resultados obtenidos por (Valverde, 2010) presentan un incremento del rendimiento con 4,61 t ha<sup>-1</sup>, al igual que (Alvarado, 2010) quien reporta un rendimiento de 4,1 t ha<sup>-1</sup>.

Los resultados demuestran que a medida que incrementa la disponibilidad de nutrientes, aumenta el rendimiento del cultivo (Alvarado, 2010).

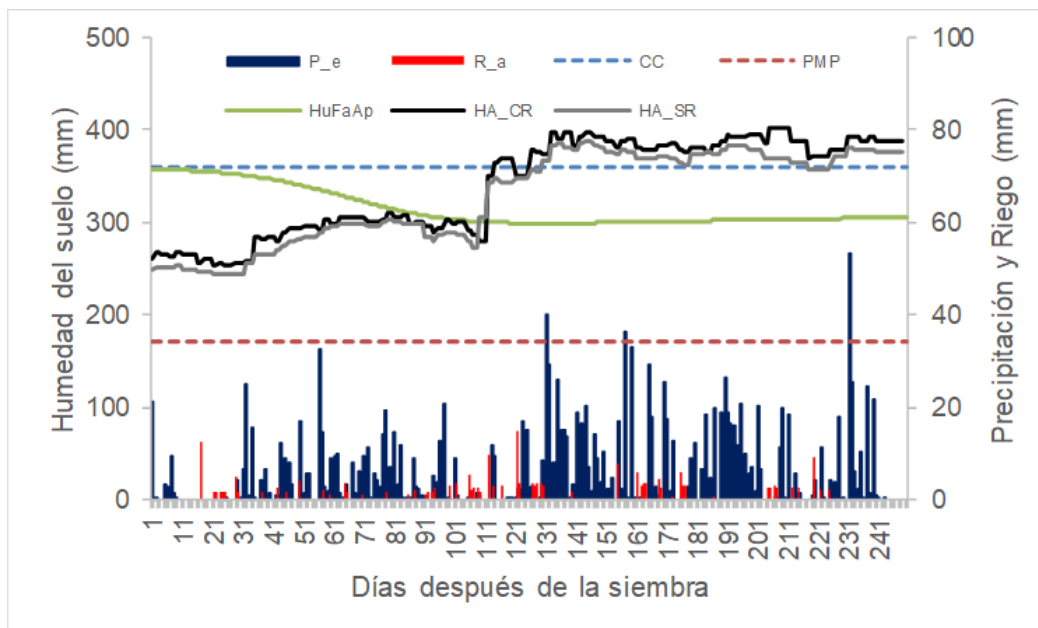
#### 5.4 Eficiencia del uso del agua

La precipitación efectiva durante los 240 días de duración del cultivo fue de 1525 mm, la cual no se distribuyó uniformemente en los meses de octubre, noviembre y febrero; en tanto que la evapotranspiración del cultivo de maíz fue de 420 mm (Figura 10, Anexos 22, 23 y 24).



**Figura 10. Precipitación efectiva (Pe) y evapotranspiración (ETc) en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

El balance hídrico, mostró que durante el ciclo del cultivo se aplicó una lámina de agua de 209,37 mm, en el tratamiento con riego. La humedad almacenada en el suelo (HA) para el tratamiento r1 (con riego) fue de 225 mm y para r2 (sin riego) fue de 218 mm; siendo un 4% mayor, esto se debe a que en esta zona la precipitación en el año fue alta (Figura 11, Anexos 22, 23 y 24).



**Figura 11. Balance hídrico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

El análisis de varianza para la eficiencia del uso del agua detectó diferencias altamente significativas para tratamientos y ninguna diferencia para repeticiones. El promedio general de la investigación fue de  $1,38 \text{ kg m}^{-3}$ , con un coeficiente de variación de 13,00 %, siendo aceptable para este tipo de investigación (Tabla 43).

Tabla 43

**Análisis de varianza para la variable eficiencia del uso del agua en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios
Total	11	
Tratamientos	2	0,60 **
Repeticiones	3	0,07 ns
Error	6	0,03
CV (%)		13,00
Promedios ( $\text{kg m}^{-3}$ )		1,38

\*\* = Diferencia altamente significativa, \* = Diferencia significativa, ns = no significativo.

La prueba de Tukey al 5 % detectó dos rangos de significancia en la variable eficiencia del uso del agua. Con mejor respuesta se ubicó el tratamiento 1 (con riego + 100 % fertilización química) con  $1,78 \text{ kg m}^{-3}$ , mientras que al final del segundo rango se ubicó el tratamiento 3 (con riego + 0 % fertilización química) con  $1,01 \text{ kg m}^{-3}$  (Tabla 44, Anexo 23).

Tabla 44

**Prueba de Tukey al 5 % para la variable eficiencia del uso del agua en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Tratamiento	Eficiencia del uso del agua ( $\text{kg m}^{-3}$ )
1 Riego + 100 % FQ	1,78 a
2 Riego + 50 % FQ	1,36 b
3 Riego + sin FQ*	1,01 b

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

FQ = fertilización química.

Los valores de eficiencia del uso del agua (EUA) son similares a los encontrados por (Díaz et al., 2014) quienes reportó un EUA de  $1,69 \text{ kg m}^{-3}$  con la aplicación de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno y una densidad de siembra de  $87\,500 \text{ plantas ha}^{-1}$ . (Pedrol y Castellarín, 2008) obtuvieron un EUA de  $1,5 \text{ kg m}^{-3}$ , mientras que (López et al., 2011) reportó un EUA de  $1,2 \text{ kg m}^{-3}$ .

Por lo general se espera este tipo de respuestas, pues con una alta disponibilidad de agua, se interfiere positivamente en la tasa de desarrollo del cultivo, la cantidad de nutrientes disponibles, producción de nitratos por mineralización y una mejor absorción de nutrientes por la planta (Pedrol y Castellarín, 2008).

Resultado 3. Análisis económico de los tratamientos en estudio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.

### 5.5 Análisis económico

La mejor respuesta se observó con el tratamiento t1 (con riego y 100 % fertilización química) con una relación beneficio/costo de USD 1,67, es decir que por cada dólar invertido se recuperó el mismo dólar y se obtuvo una ganancia de USD 0,67. Con menor respuesta se observó al tratamiento t6 (sin riego y 0 % fertilización química) con una ganancia de USD 0,03 (Tabla 45, Anexo 27).

Tabla 45

#### **Análisis económico por tratamientos en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Beneficio (USD)</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Beneficio / Costo</b>
t1	3977,44	2386,35	1,67
t2	3090,87	2155,10	1,43
t3	2416,69	1967,70	1,23
t4	3524,02	2244,41	1,57
t5	3018,04	2089,62	1,44
t6	1865,67	1805,30	1,03

Resultado 4. Recomendación de fertilización química en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- El tratamiento 1 (con riego + 100 % fertilización química) presentó un mejor comportamiento para las variables en estudio: altura de planta y mazorca, extracción de nitrógeno, fósforo y potasio, eficiencia del uso del agua, rendimiento y relación beneficio/costo.
- La mejor respuesta de la eficiencia del uso del agua se obtuvo con el tratamiento 1 (con riego + 100 % fertilización química) con  $1,78 \text{ kg m}^{-3}$ .
- Con la aplicación de riego y el 100 % de fertilización química se obtuvieron los valores más altos de extracción de nutrientes, así, para nitrógeno se extrajo 148,81, fósforo con 12,22 y potasio  $198,66 \text{ kg ha}^{-1}$ .
- La principal relación beneficio/costo se obtuvo con la aplicación de riego y el 100 % de la recomendación de fertilización química, con una ganancia de USD 0,67.
- El mayor rendimiento de  $4,33 \text{ t ha}^{-1}$ , se obtuvo con la aplicación de riego y 100 % de la fertilización química recomendada ( $76 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno,  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo y  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  de potasio).

## **CAPÍTULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Evaluar la eficiencia de la aplicación de riego y niveles de fertilización química aplicada al suelo en el cultivo de maíz.
- Incentivar a los agricultores para que opten por un sistema de labranza reducida, ya que disminuirían los costos de producción, además de aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo.
- Validar la investigación en distintas localidades, que permitan evaluar la respuesta de diferentes de sistemas de riego por aspersión, subirrigación y fertirrigación en cultivo de maíz.
- Realizar investigaciones considerando diferentes pisos climáticos para producción de maíz, así como el uso de variedades tardías, semi tardías, amarillos, morados, duros, entre otros.
- Evaluar la aplicación de acolchados agrícolas en cultivo de maíz para observar los efectos de evapotranspiración y el balance hídrico.
- Aplicar un balance hídrico con información que provenga de una estación meteorológica y así mejorar la eficiencia del uso del agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. (2009). EL CULTIVO DEL MAÍZ, SU ORIGEN Y CLASIFICACIÓN. EL MAIZ EN CUBA. *Cultivos Tropicales*, 30, 8.
- Aguinaga, J. (2013). Evaluación de la metodología de Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE) con dos variedades de maíz (mejorada y local), en la provincia de Imbabura. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/853/1/iniapscP.A282e2012.pdf>
- Alonso, M., Tijerina, L., Sánchez, P., Martínez, Á., Aceves, L., & Escalante, J. (2003). Modelo logístico: herramienta para diagnosticar el cuánto y cuándo fertirrigar. *Terra Latinoamericana*, vol. 21, núm. 2, abril-junio, 2003, pp. 225-231 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57315595009.pdf>
- Alvarado, S. (2010). Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación. 9.
- Arias, L. (2015). Deficiencias de fósforo y potasio en maíz. Efectos sobre el área foliar, crecimiento y absorción de nutrientes. Universidad de Buenos Aires.
- Asimov, I., Cruz, A., & Villena, M. I. (2008). *Breve historia de la química: Introducción a las ideas y conceptos de la química*. Alianza.
- Baca, L. A. (2016). La Producción de Maíz Amarillo en el Ecuador y su Relación con la Soberanía Alimentaria [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12652/La%20produccion%20de%20ma%C3%ADz%20amarillo%20en%20el%20Ecuador%20y%20su%20relacion%20con%20la%20soberania%20alimentaria%20-%20Luis%20Al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Báez, M. A., Chávez, L. T., García, P. S., Garza, Á. M., & Navarro, L. A. A. (2003). Modelo logístico: herramienta para diagnosticar el cuánto y cuándo fertirrigar. 8.

- Benton, J., Wolf Jr. B. & Mills, H. (1991). Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing. Athens, GA.
- Bhatt, S. (2012). Response of sweet corn hybrid to varying plant densities and nitrogen levels. *African Journal of Agricultural Research*, 7(46), 6158-6166.  
<https://doi.org/10.5897/AJAR12.557>
- Calderón, S. (2014). Evaluación del recurso hídrico en la eficiencia del desarrollo de los cultivos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha [Universidad Central del Ecuador].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3242/1/T-UCE-0004-100.pdf>
- Calvino, V. (2007). Bicentenario del descubrimiento del potasio. 4.
- Cartagena, Y., Zambrano, J. L., Parra, R., Angamarca, M., Sangoquiza, C., Córdor, A., León, J., & Ortiz, R. (2020). Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays*) variedad INIAP 101, utilizando los métodos isotópico y convencional. *Archivos Académicos USFQ*, 27. <https://doi.org/10.18272/archivosacademicos.vi27.1685>
- Castellanos, J. (2005). La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Castillo, H. (2015). Fertilización Nitrogenada en Maíz.  
<http://inifapcirne.gob.mx/Eventos/2015/Boletin%20Electronico%20V.1,%20No.1.pdf>
- Caviedes, M. (2003). INIAP 101, Variedad de Maíz Blanco Harinoso Precoz.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2547/1/iniapscpl82.pdf>
- Caviedes, M. (2022). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays* L) en el Ecuador. *14*(1).  
<https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2588/2987>
- Cepeda, G. M. C. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: Retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 116-123. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>

- Cervantes, R. A., Angulo, G. V., Tavizón, E. F., & González, J. R. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz Potential impacts of climate change on maize production. 7.
- Chanataxi, M. (2016). Respuesta del cultivo de maíz dulce var. Bandit a la aplicación de niveles de calcio, boro y azufre bajo invernadero [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7945/1/T-UCE-0004-10.pdf>
- Ciampitti, I. A., García, F. O., Picone, L. I., & Rubio, G. (2011). Phosphorus Budget and Soil Extractable Dynamics in Field Crop Rotations in Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*, 75(1), 131-142. <https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0345>
- CIMMYT, C. I. de M. de M. y. (2017). Protocolos para realizar mediciones de plantas en las plataformas de investigación. CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/18900/58838.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Conti, M. E. (1995). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. 14.
- Coral, J. V., Bolaños, H. J. A., Gualoto, M. M. P., Chávez, J. D. C., & Vizúete, D. R. S. (2019). Caracterización morfológica y agronómica de dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en la zona media de la parroquia Malchinguí. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 40-49. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1091>
- Correndo, A., & García, F. (2014). Bases para la nutrición del cultivo de maíz. *AACREA*, 1(6), 37-44.
- De la Casa, A., & Ovando, G. (2007). Integración del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI) y del Ciclo Fenológico de Maíz para Estimar el Rendimiento a Escala Departamental en Córdoba, Argentina. *Agricultura Técnica*, 67(4). <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000400004>

- De la Cruz, E., Córdova-Orellana, H., Estrada-Botello, M. A., Mendoza-Palacios, J. D., Gómez-Vázquez, A., & Brito-Manzano, N. P. (2009). Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y ciencia*, 25(1), 93-98.
- De Maeseneer, R., Vervaeke, J., & Vásquez, J. G. (2013). Un fósforo en la oscuridad. Conversación con Juan Gabriel Vásquez. *Confluencia*, 28(2), 209-216.
- Díaz, T., Partidas Ruvalcaba, L., Suárez Fernández, Y. E., Lizárraga Jiménez, R., & López López, Á. (2014). Uso eficiente del agua y producción óptima en maíz, con el uso de cuatro dosis de nitrógeno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 32-36.
- Duchicela, J., Vogelsang, K. M., Schultz, P. A., Kaonongbua, W., Middleton, E. L., & Bever, J. D. (2012). Non-native plants and soil microbes: Potential contributors to the consistent reduction in soil aggregate stability caused by the disturbance of North American grasslands. *New Phytologist*, 196(1), 212-222. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04233.x>
- Escamilla, S. R. (2015). La historia del fósforo: Una reflexión acerca de la seguridad alimentaria mundial. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 2(4), Article 4. <https://doi.org/10.29057/icbi.v2i4.548>
- Escudero Berián, A., García Criado, B., & Alonso Peloché, H. (1985). El ciclo del potasio en dehesas de *Quercus rotundifolia* y *Quercus pyrenaica*. *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos*, 8, 103-123. <https://doi.org/10.14198/MDTRRA1985.8.09>
- Espinosa, O. L., Nolasco, A. Q., & Mengelberg, J. R. B. (2011). Prototipo Para Automatizar un Sistema de Riego Multicultivo. 2(5), 14.
- Espósito, G., M., V., A., C., Castillo, C., Balboa, G., & Videla Mensegue, H. (2011). Siembra directa y eficiencia en el uso de agua de riego en maíz.
- FAO. (2016). Ahorrar para crecer en la práctica: Maíz, arroz, trigo (Vol. 1). FAO. <http://www.fao.org/3/a-i4009s.pdf>

- FAO. (2020). El maíz en la nutrición humana—Introducción. <http://www.fao.org/3/t0395s/t0395s02.htm>
- FAOSTAT. (2020). <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fontanetto, H., & Darwich, N. (1995). Efecto del método de aplicación del fósforo en maíz| a dos niveles de disponibilidad hídrica. *Ciencia del Suelo*, 13, 1-5.
- Gaspar, L., & Tejerina, W. (2000). Fertilización del Cultivo del maíz. *AgroEstrategias*, 21(6), 4.
- Granados, R., & Sarabia, A. A. (2018). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(3), 435-446. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i3.1204>
- Houlton, B. Z., Morford, S. L., & Dahlgren, R. A. (2018). Convergent evidence for widespread rock nitrogen sources in Earth's surface environment. *Science*, 360(6384), 58-62. <https://doi.org/10.1126/science.aan4399>
- INEC. (2018). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2018/Boletin%20tecnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Boletin%20tecnico.pdf)
- INIAP. (2014). Manejo de nutrientes por sitio específico en el cultivo de maíz bajo labranza de conservación para la provincia de Bolívar. [http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/1b442b8dc e8b45eb05257e0e0069452f/\\$FILE/AA%20-%2010%20Octubre-2014.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/1b442b8dc e8b45eb05257e0e0069452f/$FILE/AA%20-%2010%20Octubre-2014.pdf)
- INIAP. (2019). Situación del Cultivo de Maíz en Ecuador: Investigación y Desarrollo de Tecnologías en el Iniap. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5457/1/iniapeppdf62.pdf>
- INPOFOS. (2015). Requerimientos Nutricionales de los Cultivos. [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/\\$FILE/AA%203.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/$FILE/AA%203.pdf)

- Kumar, A. (2009). Production potential and nitrogen-use efficiency of sweet corn (*Zea mays*) as influenced by different planting densities and nitrogen levels. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 79(5), 351-355.
- León, R., García, A., Héctor Ardisana, E., Fosado, O., Mantuano, F., & Quimis, W. (2018). Comportamiento productivo del maíz híbrido AGRI-104 en diferentes sistemas, densidades de siembra y riego localizado. *Revista Espamciencia*, 8(2), 123-129.
- López, T., Cid, G., González, F., & Herrera, J. (2011). Modelación de la eficiencia del uso del agua en maíz y frijol en diferentes condiciones de suelos y disponibilidad hídrica. *I(2)*, 8.
- López-Morales, F., Vázquez-Carrillo, M. G., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D., Bonilla-Barrientos, O., Esquivel-Esquivel, G., García, L., Hernández-Salinas, G., Pérez-Jiménez, G., Herrera-Pérez, L., & Molina-Galán, J. D. (2021). Rendimiento y calidad del maíz tuxpeño v-520c adaptado con selección masal a valles altos, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2), 231-231. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.231>
- MAG. (2011). Plan Nacional de Riego y Drenaje – Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/el-plan-nacional-de-riego/>
- Martínez, M. Á., Jasso Chaverria, C., Osuna Ceja, E. S., Reyes Muro, L., Huerta Díaz, J., & Figueroa Sandoval, B. (2014). Efecto del fertirriego y labranza de conservación en propiedades del suelo y el rendimiento de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(6), 937-949.
- Mathukia, R. K., Gohil, B. S., & Chhodavadia, S. K. (2015). Optimization of Irrigation and Fertilizer for Sweet Corn (*Zea mays* L. var. Saccharata Sturt) under Climate Change Conditions. *Innovare Journal of Agricultural Sciences*, 1-3.
- Mei, X., Gong, & Hao, W. (2017). Managing Irrigation Water to Enhance Crop Productivity under Water-limiting Conditions: Final Report of a Coordinated Research Project. IAEA. <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4921046>

- Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). Principios de Nutrición Vegetal (4.<sup>a</sup> ed.).  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf)
- NCYT. (2020). El origen del nitrógeno de la Tierra. Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®). <https://noticiadelaciencia.com//art/37941/el-origen-del-nitrogeno-de-la-tierra>
- Orozco, F. (1999). La biología del nitrógeno: Conceptos básicos sobre sus transformaciones biológicas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.
- Ortega, F. (2015). El origen geológico de la vida: Una perspectiva desde la meteorítica. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 18(1).  
<https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.05.007>
- Pedrol, H., & Castellarín, J. M. (2008). Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz según nivel hídrico. *Informaciones Agronómicas*, 4.
- Peñaherrera, D. (2011). Manejo Integrado del Cultivo de Maíz de Altura.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2720/1/iniapscpm184.PDF>
- Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia = (RLAF): Goteo, microaspersión, exudación. Mundi Prensa.
- Popoca, M. C., Marín, F. M. Á., Nolasco, A. Q., Kleisinger, S., & Chávez, T. (2008). Sistema de Riego Automatizado en Tiempo Real con Balance Hídrico, Medición de Humedad del Suelo y Lisímetro. 34(4), 12.
- Remache, M., Durango, W., & Morales, F. (2017). Absorción de macronutrientes y eficiencia del n, en híbrido promisorio de maíz. Patricia pilar, ecuador. *Agronomía Costarricense*, 41(2).  
<https://doi.org/10.15517/rac.v41i2.31303>

- Rincón, L. E. C., & Gutiérrez, F. A. A. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos  
Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils. *1*, 12.
- Sharma, M. K. & Prakash Kumar. (2011). Guide to identifying and managing nutrient deficiencies  
in cereal crops. International Plant Nutrition Institute.
- Sharma, M. & Prakash Kumar. (2011). Guide to identifying and managing nutrient deficiencies in  
cereal crops. International Plant Nutrition Institute.
- SIPA. (2020). <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Sosa, B., & García, Y. (2018). Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica  
y mineral. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 207. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27127>
- Stevenson, W. J (2002), Estadística para administración y economía, Oxford University Press,  
México, pp. 585
- Valladares, C. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. *1*, 28.
- Valverde, F. (2010a). Evaluación del elemento faltante en el cultivo de maíz. 12.
- Valverde, F. (2010b). Manejo de Nutrientes por Sitio Específico con Labranza Mínima. 11.
- Valverde, F., Ramos, M., & Parra, R. (2004). Evaluación de sistemas de labranza de conservación  
del suelo y fertilización con fósforo en maíz. 14.
- Vásquez, A., Zetina, R., & Meneses, I. (2014). Extracciones nutrimentales en tres cultivos básicos  
en Veracruz, México. *Revista Biológico-Agropecuaria Tuxpan*, 2(1), 229-235.  
<https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v2i1.293>
- Yáñez, C. (2007). Manual de Producción de Maíz para los Pequeños Agricultores.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/394/4/iniapscbds.n.m.pdf>
- Yáñez, C. (2013). *INIAP-101: «Blanco Harinoso Precoz»*. Investigaciones EESC.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2412/1/iniapsc336.pdf>

Zambrano, J. L., Silva, D., Monar, C., & Yáñez, C. (2004). Evaluación participativa de cultivares de maíz de grano suave y semiduro en Guaranda, Ecuador.

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3183/1/iniapsc7435p19.pdf>

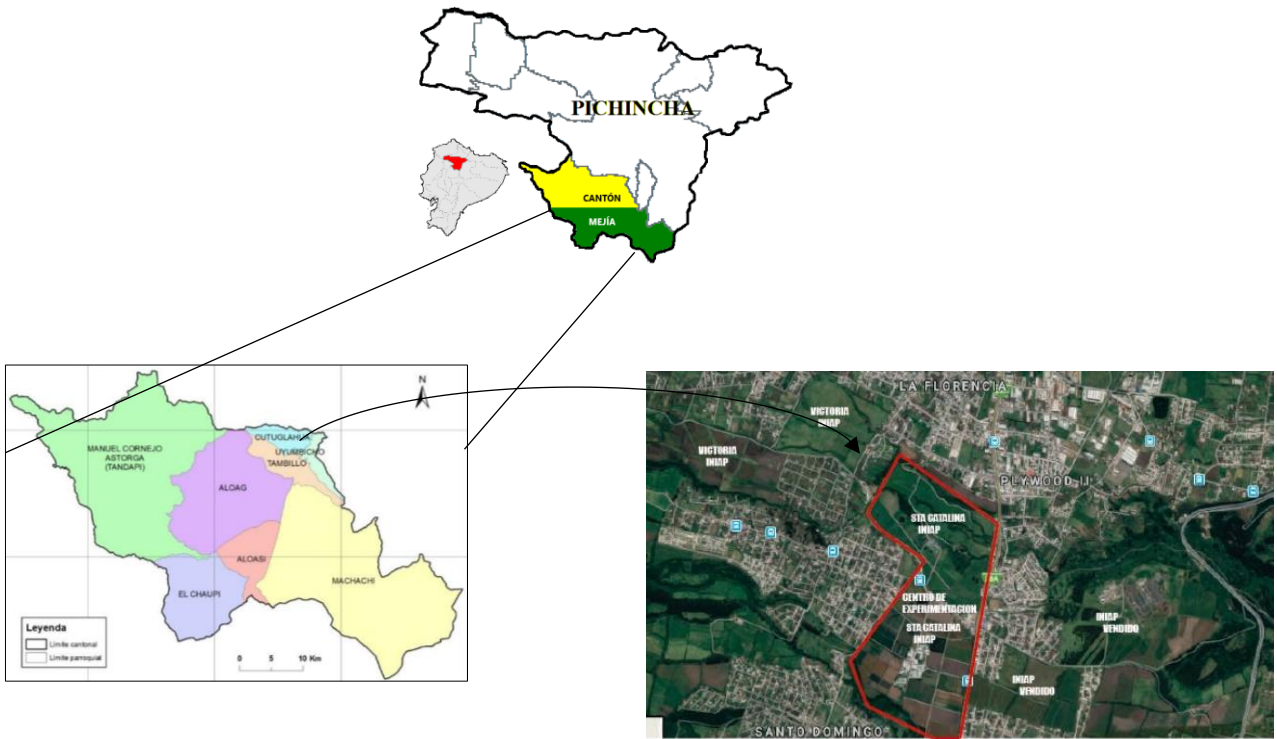
Zubillaga, M. (2003). Dinámica de la renovación del fósforo. *Ciencia del Suelo*, 10.

[https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_10y11n1y2/Zubillaga.pdf](https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_10y11n1y2/Zubillaga.pdf)

# ANEXOS

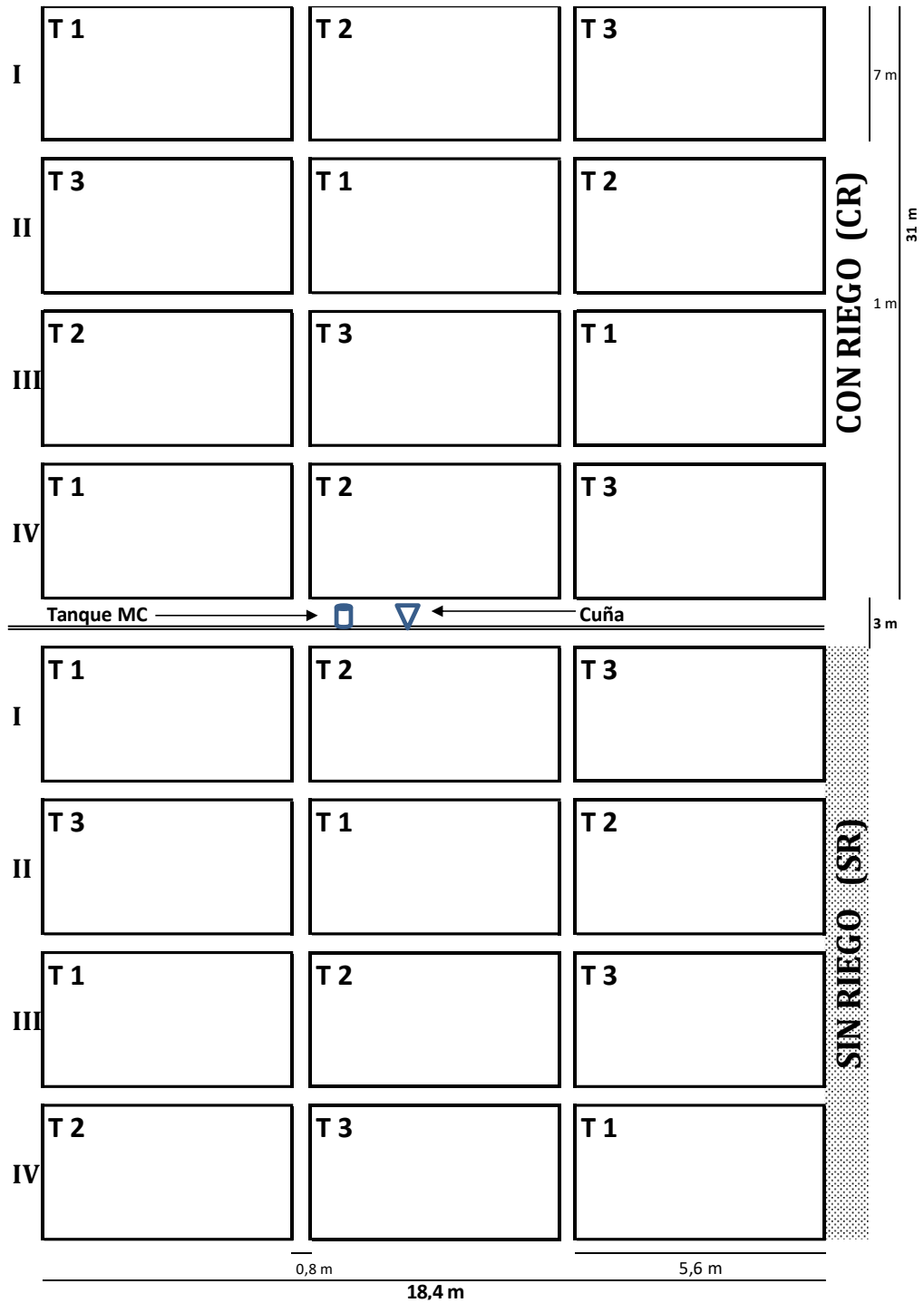
## Anexo 1

### Ubicación del experimento en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.



Anexo 2

Disposición de los tratamientos en el sitio experimental.



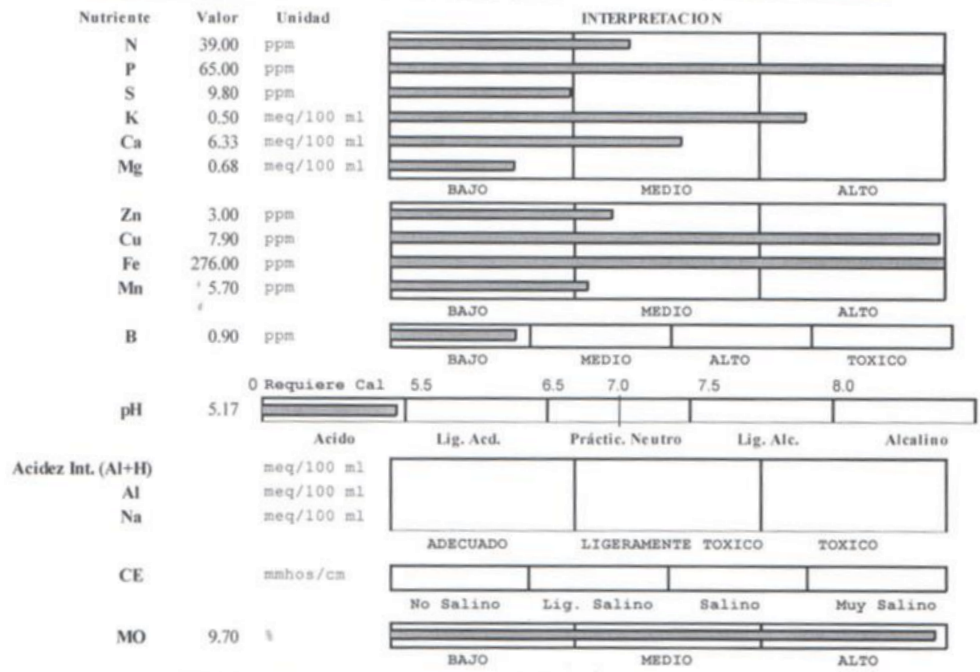
Anexo 3

Resultados del análisis químico de suelos.

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

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : Iniap EESC Dirección : Pichincha Ciudad : Teléfono : Fax :</p>	<p style="text-align: center;"><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : EESC Provincia : Pichincha Cantón : Mejía Parroquia : Cutuglagua Ubicación :</p>
<p style="text-align: center;"><b>DATOS DEL LOTE</b></p> <p>Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : SUELO TESIS</p>	<p style="text-align: center;"><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>N° Reporte : 4.128 N° Muestra Lab. : 4834 Fecha de Muestreo : 27/11/2017 Fecha de Ingreso : 27/11/2017 Fecha de Salida : 11/12/2017</p>



Ca	Mg	Ca+Mg	(mcq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
9,3	1,4	14,0	7,5						

  
 RESPONSABLE LABORATORIO

  
 LABORATORISTA

Anexo 4

**Altura de planta en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante							
			44	80	108	139	170	198	240	240 <sup>1</sup>
			cm planta <sup>-1</sup>							
r1	f1	1	32,20	82,90	164,00	222,00	224,50	239,50	228,00	108,00
		2	34,10	85,30	145,50	211,50	217,00	215,00	216,50	111,00
		3	29,20	80,00	148,00	227,00	209,00	208,50	205,00	101,40
		4	29,60	85,50	137,50	203,00	217,00	208,00	214,00	107,70
r1	f2	1	30,80	79,00	157,50	216,50	207,50	217,00	210,00	103,20
		2	23,40	82,80	141,00	202,00	222,00	218,00	216,50	119,00
		3	31,80	88,10	161,00	201,00	207,50	221,00	213,50	93,50
		4	28,10	70,70	119,50	210,00	207,00	201,50	203,00	97,50
r1	f3	1	29,90	76,50	127,50	184,00	206,50	198,50	204,50	103,00
		2	29,10	72,50	136,00	189,00	188,50	209,50	201,50	88,00
		3	27,30	70,30	130,00	183,00	183,00	192,50	186,00	94,80
		4	27,80	73,00	124,00	184,00	205,00	202,50	199,00	91,60
r2	f1	1	31,20	77,50	138,50	221,00	194,50	209,50	197,50	91,00
		2	28,60	80,70	125,50	196,00	207,00	206,50	205,50	102,00
		3	32,80	74,50	139,50	183,00	207,00	220,50	222,00	106,70
		4	24,60	65,00	124,00	194,00	204,00	196,00	199,00	95,00
r2	f2	1	25,50	65,20	112,50	186,50	195,00	193,50	192,50	93,00
		2	26,60	70,50	113,00	182,00	191,50	194,50	187,50	90,50
		3	28,00	70,10	123,50	199,00	189,50	195,00	193,00	87,00
		4	26,30	58,00	112,10	185,00	195,50	202,00	194,00	91,90
r2	f3	1	25,50	48,50	82,00	164,50	180,50	172,00	180,50	80,70
		2	28,70	69,50	95,00	169,50	179,50	185,00	182,00	93,00
		3	27,40	64,50	103,50	173,00	177,00	186,00	183,50	90,00
		4	24,60	54,00	101,00	174,00	184,00	189,00	174,50	78,30

1. Altura de la mazorca

Anexo 5

**Biomasa de la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )						
r1	f1	1	62,48	239,28	476,85	719,10	869,55	680,43	62,48
		2	68,45	290,45	404,23	757,11	693,29	543,44	68,45
		3	100,73	341,69	448,63	711,78	885,28	338,14	100,73
		4	57,95	234,65	362,43	598,03	802,75	663,58	57,95
r1	f2	1	61,14	274,66	404,24	751,44	943,53	638,75	61,14
		2	53,91	230,29	479,98	737,87	517,50	596,42	53,91
		3	63,36	320,05	301,55	722,89	698,38	432,44	63,36
		4	56,58	105,39	184,33	422,94	586,74	298,39	56,58
r1	f3	1	76,05	176,85	280,80	425,25	735,30	271,80	76,05
		2	38,96	150,08	282,90	408,97	553,87	332,93	38,96
		3	24,41	180,61	307,52	437,09	429,55	254,27	24,41
		4	20,27	105,23	280,74	394,59	539,49	491,19	20,27
r2	f1	1	65,98	211,74	331,20	489,47	530,87	311,36	65,98
		2	69,75	180,45	326,70	406,80	621,45	223,20	69,75
		3	71,55	166,95	253,35	489,15	473,40	472,50	71,55
		4	71,19	129,81	262,14	373,11	496,22	266,74	71,19
r2	f2	1	57,24	105,17	216,99	425,11	381,18	212,11	57,24
		2	43,78	195,08	249,05	356,15	607,33	373,15	43,78
		3	62,05	130,94	289,26	471,76	750,99	344,93	62,05
		4	59,08	157,84	117,73	466,61	371,74	230,29	59,08
r2	f3	1	13,31	44,38	117,15	390,50	418,01	229,42	13,31
		2	21,71	88,84	194,64	406,24	441,17	262,92	21,71
		3	33,30	160,03	259,00	491,18	479,61	362,60	33,30
		4	20,83	73,10	225,25	375,70	463,25	224,40	20,83

Anexo 6

**Biomasa aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )						
r1	f1	1	54,83	422,88	2331,98	5622,47	10188,25	12266,01	8237,96
		2	60,59	532,80	2241,28	5019,30	10296,93	10419,91	8187,34
		3	51,03	711,78	2818,70	6382,96	10555,26	11302,39	7805,45
		4	69,83	484,50	2409,68	5099,76	9656,61	11388,65	7459,18
r1	f2	1	49,73	600,43	2563,21	6023,22	10419,16	11852,32	7955,11
		2	48,30	469,20	2140,29	5735,02	9177,80	9938,19	7152,10
		3	57,81	600,33	2729,68	4785,06	10903,05	11730,34	8372,85
		4	61,78	352,68	902,01	3887,28	7463,42	8978,42	6968,06
r1	f3	1	40,50	673,20	1756,35	4832,70	8021,93	9657,05	6317,60
		2	35,36	341,41	1616,33	4381,87	8026,85	8248,50	5478,50
		3	35,50	183,27	1859,31	4294,19	8491,07	8178,20	6637,25
		4	32,78	200,96	1358,87	4307,00	8064,65	7610,97	5603,42
r2	f1	1	56,93	520,09	1717,67	4631,60	8854,26	9045,71	6161,20
		2	55,80	462,60	2120,85	5043,04	7813,42	8762,10	6759,29
		3	69,30	537,30	1623,15	4925,02	8677,95	9826,45	6688,40
		4	44,39	367,66	1302,73	4403,40	7280,73	7328,22	5074,21
r2	f2	1	54,58	405,59	1188,81	3521,78	6672,88	8152,06	5873,33
		2	50,15	328,95	1717,85	4635,40	6605,45	8185,47	5098,93
		3	62,96	403,33	991,89	4146,24	7994,99	8436,29	6411,24
		4	40,11	494,21	1174,29	3413,52	5411,35	6107,90	5230,84
r2	f3	1	31,95	188,15	781,89	2769,47	5956,15	6305,87	4597,07
		2	32,92	221,23	910,80	3116,70	5978,57	6367,69	5044,42
		3	32,38	275,19	1413,86	4337,88	5905,00	6373,27	5515,93
		4	36,98	221,00	644,73	2602,54	5882,97	6999,13	5524,12

Anexo 7

**Biomasa de la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	COSECHA	
			Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )	
			Grano	Tusa
r1	f1	1	4297,18	930,33
		2	3526,10	718,26
		3	3793,18	868,86
		4	3326,90	901,55
r1	f2	1	3611,22	961,32
		2	2579,74	473,08
		3	3060,83	740,00
		4	2124,30	275,12
r1	f3	1	1976,85	548,10
		2	2081,21	516,21
		3	2183,69	556,46
		4	2226,98	482,57
r2	f1	1	3282,24	708,11
		2	3006,00	589,50
		3	2639,25	666,45
		4	2853,78	393,63
r2	f2	1	2394,03	436,65
		2	2569,55	794,33
		3	2641,69	725,44
		4	1945,80	351,04
r2	f3	1	1755,92	408,25
		2	1532,66	365,99
		3	1338,48	388,50
		4	1619,68	334,05

Anexo 8

**Biomasa total en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> )						
r1	f1	1	70,98	485,35	2571,25	6099,32	10907,35	13135,56	14145,89
		2	76,78	601,25	2531,73	5423,52	11054,04	11113,20	12975,14
		3	68,78	812,51	3160,39	6831,59	11267,03	12187,67	12805,63
		4	88,83	542,45	2644,33	5462,18	10254,63	12191,40	12351,21
r1	f2	1	61,59	661,56	2837,88	6427,45	11170,60	12795,85	13166,39
		2	62,96	523,11	2370,58	6215,00	9915,67	10455,69	10801,33
		3	73,54	663,69	3049,73	5086,61	11625,94	12428,71	12606,12
		4	80,48	409,26	1007,40	4071,61	7886,36	9565,16	9665,86
r1	f3	1	49,05	749,25	1933,20	5113,50	8447,18	10392,35	9114,35
		2	44,28	380,36	1766,40	4664,77	8435,82	8802,37	8408,84
		3	45,26	207,68	2039,92	4601,71	8928,16	8607,75	9631,67
		4	41,83	221,23	1464,09	4587,74	8459,25	8150,47	8804,16
r2	f1	1	73,74	586,07	1929,41	4962,80	9343,73	9576,58	10462,92
		2	70,65	532,35	2301,30	5369,74	8220,22	9383,55	10577,99
		3	86,40	608,85	1790,10	5178,37	9167,10	10299,85	10466,60
		4	61,14	438,85	1432,54	4665,54	7653,84	7824,44	8588,36
r2	f2	1	70,56	462,83	1293,98	3738,77	7097,99	8533,24	8916,13
		2	65,73	372,73	1912,93	4884,45	6961,60	8792,79	8835,95
		3	80,76	465,38	1122,83	4435,50	8466,75	9187,28	10123,29
		4	55,20	553,29	1332,13	3531,25	5877,96	6479,64	7757,96
r2	f3	1	42,60	201,46	826,26	2886,62	6346,65	6723,88	6990,65
		2	43,84	242,94	999,64	3311,34	6384,81	6808,85	7205,99
		3	43,48	308,49	1573,89	4596,88	6396,18	6852,88	7605,50
		4	48,88	241,83	717,83	2827,79	6258,67	7462,38	7702,25

Anexo 9

**Concentración de nitrógeno en la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Nitrógeno (%)						
r1	f1	1	4,20	2,01	1,61	1,12	1,15	0,93	0,81
		2	4,24	1,91	1,34	1,17	1,06	0,98	0,85
		3	4,24	1,96	1,38	1,09	0,93	0,69	0,70
		4	4,35	1,97	1,45	1,10	1,22	0,75	0,78
r1	f2	1	4,24	2,21	1,33	0,93	0,78	0,71	0,74
		2	4,06	2,13	1,34	1,14	1,04	0,89	0,84
		3	4,21	1,99	1,53	1,09	0,98	0,95	0,82
		4	4,37	1,72	1,28	0,88	0,70	0,85	0,80
r1	f3	1	4,32	1,70	1,05	0,77	0,68	0,67	0,72
		2	4,42	2,04	1,29	1,01	0,99	0,81	0,88
		3	4,06	1,72	1,21	0,94	0,63	0,95	0,62
		4	3,79	1,88	1,18	1,03	0,73	0,81	0,65
r2	f1	1	4,38	1,94	1,45	1,25	1,16	1,18	0,74
		2	4,36	1,86	1,35	1,08	0,98	1,04	0,80
		3	4,54	1,78	1,51	1,12	1,24	1,37	0,73
		4	4,60	1,86	1,34	1,11	1,04	1,31	0,69
r2	f2	1	3,76	1,57	1,27	1,06	0,99	0,87	0,66
		2	4,28	1,77	1,44	1,03	1,14	1,28	0,66
		3	4,58	1,88	1,55	1,19	0,85	1,16	0,66
		4	4,01	1,88	1,42	0,95	0,98	1,22	0,67
r2	f3	1	4,04	1,73	1,52	1,13	0,94	1,21	0,63
		2	3,71	1,90	1,59	1,12	0,91	1,40	0,64
		3	4,02	2,03	1,41	1,01	1,07	1,21	0,74
		4	3,74	1,89	1,56	1,03	0,71	1,44	0,56

Anexo 10

**Concentración de nitrógeno en la parte aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Nitrógeno (%)						
r1	f1	1	4,20	3,47	2,55	2,18	1,31	1,36	1,06
		2	4,24	3,49	2,45	1,65	1,73	0,93	0,99
		3	4,24	3,39	2,14	1,68	1,51	0,95	0,89
		4	4,35	3,52	2,30	2,00	1,79	0,93	0,99
r1	f2	1	4,24	3,51	2,20	1,99	1,12	0,76	0,82
		2	4,06	3,18	2,45	1,56	1,90	0,99	0,89
		3	4,21	3,54	2,67	2,23	1,41	0,99	0,89
		4	4,37	2,80	2,22	1,70	1,34	0,76	0,70
r1	f3	1	4,32	3,01	1,89	1,52	1,16	0,73	0,93
		2	4,42	3,48	1,91	1,67	1,49	0,82	1,10
		3	4,06	3,23	2,06	1,52	1,11	0,67	0,71
		4	3,79	3,29	1,95	1,73	1,06	0,61	0,75
r2	f1	1	4,38	3,19	2,03	2,01	1,47	1,16	1,03
		2	4,36	2,89	2,00	1,60	1,54	1,49	0,95
		3	4,54	2,86	2,31	1,91	1,56	1,14	0,75
		4	4,60	3,05	2,25	2,10	1,66	1,40	0,99
r2	f2	1	3,76	2,79	2,18	1,58	1,21	1,15	0,84
		2	4,28	3,08	2,32	1,80	1,71	1,30	0,91
		3	4,58	2,96	2,16	2,11	1,52	1,48	0,87
		4	4,01	3,01	2,32	1,80	1,56	1,24	0,93
r2	f3	1	4,04	3,22	2,30	1,97	1,60	1,05	0,65
		2	3,71	3,34	2,61	1,91	1,55	0,94	0,91
		3	4,02	3,63	2,25	2,09	1,49	0,76	0,91
		4	3,74	3,36	2,57	2,09	1,24	1,01	0,79

Anexo 11

**Concentración de nitrógeno en la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	COSECHA	
			(%)	
			Grano	Tusa
r1	f1	1	1,68	0,61
		2	1,64	0,58
		3	1,59	0,51
		4	1,61	0,63
r1	f2	1	1,57	0,68
		2	1,49	0,60
		3	1,53	0,77
		4	1,31	0,61
r1	f3	1	1,64	0,64
		2	1,64	0,78
		3	1,51	0,60
		4	1,54	0,67
r2	f1	1	1,37	0,46
		2	1,49	0,43
		3	1,50	0,54
		4	1,44	0,42
r2	f2	1	1,41	0,58
		2	1,60	0,62
		3	1,58	0,58
		4	1,34	0,61
r2	f3	1	1,49	0,46
		2	1,53	0,46
		3	1,59	0,59
		4	1,45	0,59

Anexo 12

**Extracción total de nitrógeno en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> )						
r1	f1	1	2,73	15,93	61,07	127,70	139,38	157,72	143,90
		2	3,00	19,91	51,76	87,75	135,16	167,66	121,79
		3	2,58	26,07	69,57	112,26	134,50	139,36	122,82
		4	3,53	18,20	56,42	107,49	124,56	130,50	110,73
r1	f2	1	2,44	22,44	66,40	96,52	108,17	96,49	114,32
		2	2,35	16,05	60,32	76,80	102,97	106,02	96,44
		3	2,84	22,54	65,50	109,90	119,26	122,34	104,96
		4	3,16	10,85	50,42	82,61	111,11	95,67	67,17
r1	f3	1	1,95	21,55	35,38	68,91	88,68	88,55	83,74
		2	1,78	12,68	35,16	72,24	83,93	93,81	80,16
		3	1,64	6,34	38,50	68,22	77,78	83,65	67,81
		4	1,43	6,99	28,86	77,42	74,55	77,81	74,29
r2	f1	1	2,98	17,86	37,47	97,09	96,78	135,80	101,05
		2	2,83	14,66	51,42	84,08	102,28	136,97	105,59
		3	3,65	16,64	39,06	96,96	115,04	126,46	84,82
		4	2,52	12,54	30,13	89,28	100,64	143,18	81,92
r2	f2	1	2,43	12,23	28,94	57,92	110,66	102,76	80,33
		2	2,57	10,92	39,93	70,63	92,66	111,40	75,74
		3	3,39	13,12	25,00	81,35	111,92	131,00	88,18
		4	2,05	16,00	29,30	62,62	90,91	105,15	70,84
r2	f3	1	1,52	6,30	21,04	55,98	73,82	88,63	54,10
		2	1,44	7,81	21,88	61,57	79,99	80,15	68,08
		3	1,52	10,67	23,65	65,63	66,84	74,38	68,11
		4	1,64	7,82	13,32	56,83	82,76	87,98	80,33

Anexo 13

**Concentración de fósforo en la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Fósforo (%)						
r1	f1	1	0,14	0,15	0,13	0,14	0,08	0,06	0,08
		2	0,17	0,13	0,13	0,11	0,08	0,06	0,07
		3	0,15	0,15	0,13	0,10	0,08	0,05	0,07
		4	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,08	0,06
r1	f2	1	0,19	0,16	0,13	0,10	0,08	0,04	0,08
		2	0,14	0,15	0,15	0,13	0,08	0,05	0,08
		3	0,16	0,17	0,14	0,11	0,10	0,05	0,10
		4	0,17	0,10	0,10	0,09	0,09	0,07	0,07
r1	f3	1	0,18	0,18	0,14	0,11	0,08	0,07	0,07
		2	0,18	0,19	0,14	0,11	0,07	0,06	0,09
		3	0,13	0,15	0,12	0,12	0,07	0,07	0,14
		4	0,12	0,14	0,14	0,11	0,06	0,05	0,10
r2	f1	1	0,18	0,12	0,11	0,11	0,06	0,15	0,07
		2	0,17	0,12	0,09	0,09	0,05	0,14	0,06
		3	0,19	0,09	0,10	0,10	0,07	0,14	0,05
		4	0,19	0,11	0,10	0,11	0,07	0,19	0,05
r2	f2	1	0,14	0,12	0,11	0,10	0,06	0,09	0,06
		2	0,17	0,13	0,11	0,08	0,07	0,14	0,07
		3	0,18	0,12	0,13	0,10	0,06	0,14	0,09
		4	0,12	0,13	0,13	0,09	0,09	0,12	0,07
r2	f3	1	0,11	0,10	0,11	0,10	0,07	0,18	0,07
		2	0,08	0,12	0,13	0,09	0,08	0,16	0,08
		3	0,10	0,15	0,14	0,11	0,08	0,11	0,07
		4	0,09	0,13	0,14	0,11	0,07	0,16	0,09

Anexo 14

**Concentración de fósforo en la parte aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Fósforo (%)						
r1	f1	1	0,26	0,33	0,31	0,26	0,14	0,07	0,16
		2	0,30	0,28	0,27	0,22	0,19	0,06	0,12
		3	0,30	0,29	0,28	0,19	0,19	0,08	0,16
		4	0,32	0,26	0,23	0,25	0,20	0,06	0,11
r1	f2	1	0,32	0,32	0,28	0,27	0,19	0,09	0,15
		2	0,28	0,26	0,31	0,26	0,20	0,09	0,15
		3	0,27	0,34	0,34	0,37	0,18	0,08	0,13
		4	0,34	0,23	0,25	0,21	0,18	0,09	0,14
r1	f3	1	0,30	0,36	0,32	0,25	0,20	0,10	0,14
		2	0,33	0,35	0,28	0,24	0,19	0,09	0,15
		3	0,26	0,34	0,26	0,26	0,19	0,09	0,19
		4	0,23	0,34	0,36	0,28	0,20	0,08	0,12
r2	f1	1	0,31	0,26	0,19	0,25	0,20	0,16	0,11
		2	0,33	0,24	0,17	0,26	0,18	0,14	0,12
		3	0,35	0,25	0,22	0,24	0,19	0,15	0,08
		4	0,32	0,27	0,20	0,30	0,19	0,20	0,09
r2	f2	1	0,27	0,25	0,22	0,19	0,13	0,21	0,08
		2	0,35	0,28	0,26	0,27	0,19	0,16	0,09
		3	0,35	0,27	0,25	0,23	0,20	0,17	0,09
		4	0,28	0,29	0,25	0,24	0,22	0,18	0,09
r2	f3	1	0,30	0,28	0,24	0,24	0,17	0,20	0,10
		2	0,25	0,31	0,28	0,25	0,15	0,15	0,09
		3	0,23	0,31	0,28	0,30	0,19	0,14	0,13
		4	0,22	0,33	0,24	0,28	0,18	0,16	0,11

Anexo 15

**Concentración de fósforo en la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	COSECHA	
			(%)	
			Grano	Tusa
r1	f1	1	0,45	0,18
		2	0,32	0,14
		3	0,42	0,10
		4	0,42	0,09
r1	f2	1	0,41	0,16
		2	0,39	0,12
		3	0,44	0,14
		4	0,41	0,15
r1	f3	1	0,44	0,13
		2	0,42	0,15
		3	0,37	0,14
		4	0,45	0,14
r2	f1	1	0,36	0,07
		2	0,43	0,07
		3	0,33	0,10
		4	0,39	0,07
r2	f2	1	0,38	0,10
		2	0,41	0,12
		3	0,41	0,12
		4	0,40	0,14
r2	f3	1	0,40	0,09
		2	0,37	0,06
		3	0,34	0,13
		4	0,43	0,09

Anexo 16

**Extracción total de fósforo en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )						
r1	f1	1	0,17	1,50	7,44	8,36	12,31	13,09	5,64
		2	0,21	1,57	6,47	9,07	11,21	11,66	7,95
		3	0,18	2,22	8,45	10,05	9,76	9,93	7,84
		4	0,25	1,35	5,90	8,13	10,17	12,85	8,12
r1	f2	1	0,18	2,04	6,91	9,11	11,21	13,56	6,78
		2	0,15	1,29	5,85	7,15	10,73	11,88	5,81
		3	0,18	2,13	7,61	7,02	10,11	10,61	7,80
		4	0,24	0,89	6,53	6,39	9,62	12,83	7,79
r1	f3	1	0,14	2,52	4,86	5,56	7,99	8,72	6,94
		2	0,13	1,25	3,60	5,98	7,38	7,59	5,52
		3	0,11	0,67	4,40	6,26	6,02	8,96	6,66
		4	0,09	0,72	3,39	6,45	7,00	8,36	4,88
r2	f1	1	0,21	1,46	3,48	6,85	10,17	10,62	5,58
		2	0,21	1,18	3,71	7,56	8,88	9,93	5,23
		3	0,27	1,43	3,68	7,72	8,14	9,28	6,02
		4	0,17	1,09	2,70	6,35	6,75	9,44	4,92
r2	f2	1	0,17	1,10	2,76	5,09	6,44	8,83	4,79
		2	0,20	0,96	4,33	6,52	7,46	8,00	5,27
		3	0,25	1,17	2,30	5,82	7,42	7,62	5,41
		4	0,13	1,53	3,19	5,26	5,62	6,85	3,95
r2	f3	1	0,11	0,55	1,91	4,19	6,26	7,68	4,28
		2	0,09	0,71	2,70	4,46	5,42	8,13	5,29
		3	0,09	0,89	2,53	5,10	4,23	7,14	4,98
		4	0,09	0,75	1,68	3,55	5,00	7,38	4,89

Anexo 17

**Concentración de potasio en la raíz en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Potasio (%)						
r1	f1	1	4,41	3,57	3,02	1,54	1,69	1,52	1,21
		2	3,94	3,19	2,49	1,68	1,48	1,31	1,08
		3	3,83	2,72	2,51	1,51	1,53	1,19	0,94
		4	3,50	3,11	2,57	1,43	1,44	1,23	1,10
r1	f2	1	3,82	3,25	2,79	1,77	1,43	1,03	1,00
		2	3,81	3,09	2,76	1,99	1,66	1,24	1,10
		3	4,43	3,28	2,69	1,82	1,55	1,41	1,20
		4	3,18	2,83	2,53	1,50	1,40	1,37	1,09
r1	f3	1	4,84	3,91	2,90	1,61	1,55	1,18	1,20
		2	4,18	3,54	3,05	1,87	1,48	1,64	1,28
		3	4,45	2,78	2,28	1,48	1,34	1,62	1,23
		4	3,79	2,00	3,36	1,84	1,40	1,23	1,16
r2	f1	1	3,53	2,16	2,67	1,88	1,51	1,24	1,29
		2	3,74	1,99	2,62	1,86	1,29	1,18	0,98
		3	3,99	1,98	2,99	1,89	1,44	1,42	0,93
		4	3,50	2,04	2,23	1,89	1,30	1,23	0,97
r2	f2	1	3,60	2,26	2,60	1,67	1,24	1,44	0,92
		2	4,16	2,30	2,81	1,53	1,62	1,04	0,98
		3	3,83	2,21	2,82	1,80	1,11	1,15	0,94
		4	3,49	2,30	3,06	1,69	1,46	1,25	0,92
r2	f3	1	4,16	1,79	2,65	1,80	1,21	1,47	1,15
		2	3,93	2,42	3,13	1,87	1,60	1,23	1,20
		3	3,71	2,22	3,04	1,87	1,84	1,17	1,24
		4	4,09	2,45	2,93	1,88	1,27	1,20	0,92

Anexo 18

**Concentración de potasio en la parte aérea en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Fósforo (%)						
r1	f1	1	6,12	5,86	4,51	2,43	1,73	1,46	1,50
		2	6,08	5,69	4,67	2,08	1,46	1,53	1,37
		3	5,91	5,72	5,52	2,30	1,49	1,48	1,23
		4	5,35	5,22	4,14	2,12	1,61	1,38	1,58
r1	f2	1	5,62	6,30	5,16	2,32	1,81	1,44	1,68
		2	5,60	5,65	4,28	2,18	1,57	1,71	1,35
		3	6,28	4,63	5,31	2,44	1,69	1,71	1,49
		4	5,60	4,87	4,50	2,04	1,42	1,30	1,17
r1	f3	1	6,14	5,89	5,55	2,21	1,80	1,58	1,64
		2	5,71	6,49	4,93	2,13	1,88	1,58	1,59
		3	6,35	6,57	4,51	2,19	1,55	1,26	1,28
		4	5,88	6,31	4,27	2,40	1,62	1,18	1,17
r2	f1	1	5,55	5,49	3,85	2,20	1,61	1,33	1,90
		2	5,57	5,55	3,60	2,20	1,53	1,67	1,22
		3	5,80	6,58	4,40	2,03	1,78	1,33	1,75
		4	5,18	6,12	4,27	2,36	1,58	1,23	1,22
r2	f2	1	5,75	6,52	4,16	2,32	1,49	1,61	1,62
		2	6,27	6,81	5,07	1,94	1,71	1,61	1,06
		3	6,00	6,76	4,60	2,49	1,44	1,45	1,68
		4	5,70	6,69	4,57	2,34	1,39	1,19	1,53
r2	f3	1	6,42	5,28	4,35	2,73	1,39	1,29	1,63
		2	6,16	6,59	4,79	2,26	1,33	1,33	1,61
		3	5,85	6,07	4,76	2,26	1,36	1,30	1,57
		4	6,21	5,98	4,80	2,30	1,24	1,46	1,69

Anexo 19

**Concentración de potasio en la mazorca en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	COSECHA	
			( $\%$ )	
			Grano	Tusa
r1	f1	1	0,55	1,06
		2	0,37	1,06
		3	0,48	1,05
		4	0,50	1,32
r1	f2	1	0,48	1,24
		2	0,45	1,14
		3	0,49	1,48
		4	0,43	1,02
r1	f3	1	0,54	1,03
		2	0,44	1,09
		3	0,42	1,23
		4	0,46	1,14
r2	f1	1	0,40	0,85
		2	0,44	0,92
		3	0,37	0,70
		4	0,45	0,84
r2	f2	1	0,44	1,13
		2	0,46	0,95
		3	0,48	1,30
		4	0,49	1,41
r2	f3	1	0,42	1,13
		2	0,40	0,84
		3	0,37	1,05
		4	0,45	1,03

Anexo 20

**Extracción total de potasio en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

R	F	Rep.	Días después del trasplante						
			44	80	108	139	170	198	240
			Potasio (kg ha <sup>-1</sup> )						
r1	f1	1	4,07	27,03	110,05	124,54	167,54	187,39	165,81
		2	4,32	32,49	102,87	122,31	165,12	214,26	138,74
		3	3,69	43,44	127,65	161,27	180,76	198,10	126,75
		4	4,40	27,08	103,42	140,62	184,27	194,90	131,12
r1	f2	1	3,25	39,80	110,32	127,31	172,09	192,66	141,37
		2	3,26	28,15	92,04	134,78	154,46	181,08	112,65
		3	4,33	29,90	118,08	141,61	163,41	200,87	132,89
		4	4,06	18,77	106,47	117,36	177,27	207,33	91,46
r1	f3	1	2,90	42,60	76,18	98,04	121,45	129,22	84,91
		2	2,39	23,54	71,26	96,53	110,56	133,02	71,96
		3	2,69	12,73	87,89	107,41	107,41	139,66	80,20
		4	2,27	13,08	61,55	100,02	101,13	131,71	78,41
r2	f1	1	3,75	29,98	71,80	108,02	126,16	156,03	95,26
		2	3,66	27,07	80,97	108,40	128,91	141,66	103,17
		3	4,70	36,76	76,39	121,11	135,75	149,88	109,23
		4	2,89	23,95	58,52	100,35	119,93	135,68	85,78
r2	f2	1	3,71	27,72	52,21	84,43	129,48	120,67	89,25
		2	3,79	23,39	66,63	97,99	121,01	114,39	77,17
		3	4,46	28,64	48,32	91,61	125,79	130,65	94,96
		4	2,81	34,44	58,45	95,07	109,45	134,02	70,06
r2	f3	1	2,49	10,18	35,19	64,79	83,94	96,59	69,05
		2	2,46	15,11	46,37	74,15	87,51	88,98	68,69
		3	2,31	17,43	44,45	74,42	81,06	102,21	63,24
		4	2,78	13,74	33,12	56,03	79,59	92,86	60,68

Anexo 21

**Rendimiento del cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>R</b>	<b>F</b>	<b>Rep.</b>	<b>Rendimiento</b>
			<b>(kg ha<sup>-1</sup>)</b>
r1	f1	1	4,85
		2	4,23
		3	3,85
		4	4,36
r1	f2	1	3,38
		2	3,00
		3	3,49
		4	3,54
r1	f3	1	2,38
		2	2,66
		3	3,07
		4	2,37
r2	f1	1	4,05
		2	3,77
		3	4,39
		4	3,12
r2	f2	1	3,01
		2	3,43
		3	3,66
		4	3,03
r2	f3	1	1,53
		2	2,13
		3	2,05
		4	2,36

### **Cálculo del balance hídrico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Para el cálculo del balance hídrico se utilizó la metodología de la FAO (Dorembos y Pruitt, 1990), con los siguientes requerimientos:

#### **- Evapotranspiración potencial**

Se utilizaron los datos de evaporación del tanque clase A de la estación meteorológica y el coeficiente de corrección.

$$ET_o = E \times K_p$$

Dónde:

$ET_o$  = Evapotranspiración potencial (mm).

E = Evaporación (mm).

$K_p$  = Coeficiente de correlación (0,75).

#### **- Coeficiente de desarrollo del cultivo**

Para determinar la duración de las fases de desarrollo del cultivo, período vegetativo total y el coeficiente del cultivo, a partir de la información local, se utilizó como referencia la plantación de enero en California, Estados Unidos de Norte América y se extrapola para 180 días de duración del ciclo de cultivo del maíz, para las condiciones de Cutuglagua, Ecuador (Cuadro A.1).

**Cuadro A.1.** Duración de las fases de desarrollo y coeficiente del cultivo del maíz.

<b>Fase</b>	<b>Etapas fenológica</b>	<b>Duración (días)</b>	<b>Kc</b>
Inicial	V1	40	0,40
Desarrollo	V7	70	0,80
Mediados	VT	90	1,20
Finales	R6	50	0,35
<b>Total</b>		<b>250</b>	

Fuente: Cartagena, 2020.

- **Evapotranspiración del cultivo o Uso consuntivo**

Obtenidos los valores de la evapotranspiración potencial y  $K_c$  del cultivo de maíz en sus diferentes fases fenológicas, se procedió a calcular la evapotranspiración.

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Dónde:

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo (mm).

$ET_o$  = Evapotranspiración potencial (mm).

$K_c$  = Coeficiente de desarrollo del cultivo.

- **Precipitación efectiva**

Para obtener la precipitación efectiva se utilizó un coeficiente de eficiencia.

$$P_e = P \times K_e$$

Dónde:

$P_e$  = Precipitación efectiva (mm).

$P$  = Precipitación (mm).

$K_p$  = Coeficiente de eficiencia (0,7).

- **Balance hídrico**

En el balance hídrico se definieron las entradas (Precipitación Efectiva y Riego) y la salida (Evapotranspiración del cultivo).

$$B_H = \Delta_s + P_e + R - ET_c$$

Dónde:

$B_H$  = Balance hídrico (mm).

$\Delta_s$  = Variación de la humedad del suelo (mm).

$P_e$  = Precipitación efectiva (mm).

$R$  = Riego (mm).

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo (mm).

### **Cálculo de la lámina de riego en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

#### **- Lámina de riego neta inicial**

La lámina de riego neta inicial se calculó con la ecuación:

$$L_{ni} = (\theta_{cc} - \theta_a) \times P_r$$

Dónde:

$L_{ni}$  = Lámina de riego neta inicial (mm).

$\theta_{cc}$  = Humedad a capacidad de campo ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

$\theta_a$  = Humedad actual ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ).

$P_r$  = Profundidad radical (mm).

#### **- Lámina de riego bruta inicial**

El valor de la lámina de riego neta inicial obtenida, se aplicó una eficiencia del sistema de riego por goteo, para obtener la lámina de riego bruta inicial.

$$L_{bi} = \frac{L_{ni}}{e}$$

Dónde:

$L_{bi}$  = Lámina de riego bruta inicial (mm).

$L_{ni}$  = Lámina de riego neta inicial (mm).

$e$  = Eficiencia del sistema de riego (0,9).

#### **- Tiempo de riego**

Posteriormente se calculó el tiempo de riego con la siguiente ecuación:

$$T_r = \frac{L_{bi} \times D_g \times D_l \times F_h}{Q \times CU}$$

Dónde:

$T_r$  = Tiempo de riego (h).

$L_{bi}$  = Lámina de riego bruta inicial ( $\text{mm} = 1 \text{ m}^{-2}$ ).

$D_g$  = Distancia entre goteros (m).

$D_l$  = Distancia entre líneas de gotero (m).

$F_h$  = factor de humedecimiento (%).

$Q$  = Gasto del emisor ( $l\ h^{-1}$ ).

$CU$  = Coeficiente de uniformidad (%).

La lámina bruta se obtiene despejando la ecuación anterior.

$$L_b = \frac{T_r \times Q \times CU}{D_g \times D_l \times F_h}$$

Anexo 24

**Datos del balance hídrico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Días	P	Pe	ETo	Kc	ETc	FaAbHuPer	TAW	HuFaAp	Riego
	mm								
1	22,40	21,15	2,53	0,385	0,97	0,33	3,43	1,14	0,00
2	0,30	0,30	2,45	0,382	0,94	0,33	3,62	1,19	0,00
3	0,00	0,00	3,19	0,379	1,21	0,33	3,82	1,25	1,21
4	0,00	0,00	2,80	0,376	1,05	0,33	4,04	1,31	1,05
5	3,30	3,27	2,47	0,374	0,92	0,32	4,26	1,38	0,00
6	3,00	2,98	2,56	0,373	0,95	0,32	4,49	1,44	0,00
7	9,60	9,37	2,71	0,371	1,01	0,32	4,74	1,52	0,00
8	1,50	1,49	1,51	0,370	0,56	0,32	5,00	1,59	0,00
9	0,20	0,20	2,05	0,370	0,76	0,32	5,28	1,67	0,56
10	0,00	0,00	2,82	0,369	1,04	0,31	5,57	1,75	1,04
11	0,00	0,00	2,57	0,369	0,95	0,31	5,87	1,84	0,95
12	0,00	0,00	2,58	0,370	0,95	0,31	6,19	1,93	0,95
13	0,00	0,00	3,08	0,370	1,14	0,31	6,53	2,02	1,14
14	0,00	0,00	3,49	0,371	1,29	0,31	6,89	2,12	1,29
15	0,00	0,00	3,74	0,372	1,39	0,31	7,26	2,22	1,39
16	0,00	0,00	4,10	0,374	1,53	0,30	7,66	2,33	1,53
17	0,00	0,00	2,89	0,376	1,08	0,30	8,07	2,45	1,08
18	0,00	0,00	3,43	0,378	1,29	0,30	8,50	2,57	1,29
19	0,00	0,00	2,90	0,380	1,10	0,30	8,96	2,69	1,10
20	0,00	0,00	4,09	0,383	1,56	0,30	9,44	2,82	1,56
21	0,00	0,00	3,77	0,386	1,45	0,30	9,94	2,96	1,45
22	0,00	0,00	2,64	0,389	1,03	0,30	10,47	3,10	1,03
23	0,00	0,00	2,45	0,392	0,96	0,29	11,02	3,25	0,96
24	0,00	0,00	2,93	0,396	1,16	0,29	11,60	3,40	1,16
25	0,40	0,40	2,49	0,400	0,99	0,29	12,21	3,56	0,60
26	0,00	0,00	1,68	0,404	0,68	0,29	12,85	3,73	0,68
27	0,00	0,00	1,76	0,408	0,72	0,29	13,52	3,91	0,72
28	0,00	0,00	1,58	0,413	0,65	0,29	14,22	4,09	0,65
29	4,30	4,25	1,85	0,417	0,77	0,29	14,95	4,29	0,00
30	0,50	0,50	1,66	0,422	0,70	0,29	15,71	4,49	0,20
31	6,70	6,59	1,98	0,428	0,85	0,28	16,51	4,69	0,00
32	26,60	24,83	1,28	0,433	0,55	0,28	17,34	4,91	0,00
33	0,80	0,80	1,94	0,439	0,85	0,28	18,22	5,13	0,00
34	16,00	15,36	2,18	0,444	0,97	0,28	19,12	5,37	0,00
35	0,60	0,60	1,99	0,450	0,89	0,28	20,07	5,61	0,30
36	0,00	0,00	2,69	0,456	1,23	0,28	21,06	5,86	1,23

## Anexo 24

Continuación...

<b>Días</b>	<b>P</b>	<b>Pe</b>	<b>ETo</b>	<b>Kc</b>	<b>ETc</b>	<b>FaAbHuPer</b>	<b>TAW</b>	<b>HuFaAp</b>	<b>Riego</b>
<b>mm</b>									
37	4,20	4,16	2,97	0,463	1,37	0,28	22,09	6,12	0,00
38	6,80	6,68	2,72	0,469	1,27	0,28	23,15	6,39	0,00
39	0,40	0,40	1,34	0,476	0,64	0,28	24,27	6,68	0,24
40	1,60	1,59	2,21	0,483	1,06	0,27	25,42	6,97	0,00
41	0,00	0,00	2,50	0,490	1,22	0,27	26,62	7,27	1,22
42	0,80	0,80	2,74	0,497	1,36	0,27	27,86	7,57	0,56
43	12,70	12,30	2,15	0,504	1,09	0,27	29,15	7,89	0,00
44	6,20	6,10	1,64	0,512	0,84	0,27	30,48	8,22	0,00
45	9,20	8,99	1,79	0,519	0,93	0,27	31,85	8,56	0,00
46	8,20	8,03	1,97	0,527	1,04	0,27	33,28	8,91	0,00
47	3,20	3,17	1,93	0,535	1,03	0,27	34,75	9,27	0,00
48	0,00	0,00	2,21	0,543	1,20	0,27	36,26	9,64	1,20
49	0,00	0,00	2,67	0,551	1,47	0,26	37,82	10,02	1,47
50	17,60	16,83	1,58	0,559	0,88	0,26	39,42	10,41	0,00
51	1,40	1,40	1,74	0,567	0,99	0,26	41,07	10,80	0,00
52	5,80	5,72	2,12	0,576	1,22	0,26	42,76	11,21	0,00
53	6,00	5,91	2,26	0,584	1,32	0,26	44,49	11,62	0,00
54	0,00	0,00	2,09	0,593	1,24	0,26	46,26	12,04	1,24
55	0,00	0,00	2,12	0,601	1,27	0,26	48,07	12,47	1,27
56	35,80	32,60	2,60	0,610	1,59	0,26	49,92	12,91	0,00
57	15,40	14,81	2,07	0,619	1,28	0,26	51,81	13,35	0,00
58	2,80	2,78	2,72	0,628	1,70	0,26	53,73	13,80	0,00
59	1,70	1,69	1,35	0,637	0,86	0,26	55,69	14,26	0,00
60	9,30	9,08	2,01	0,646	1,30	0,26	57,67	14,72	0,00
61	9,70	9,46	2,00	0,655	1,31	0,25	59,68	15,18	0,00
62	10,40	10,13	2,06	0,664	1,36	0,25	61,72	15,65	0,00
63	1,50	1,49	2,13	0,673	1,43	0,25	63,78	16,12	0,00
64	0,20	0,20	1,85	0,683	1,26	0,25	65,86	16,60	1,06
65	3,50	3,47	2,16	0,692	1,49	0,25	67,95	17,07	0,00
66	0,00	0,00	1,67	0,701	1,17	0,25	70,06	17,55	1,17
67	8,10	7,94	1,52	0,711	1,08	0,25	72,18	18,03	0,00
68	1,60	1,59	1,16	0,720	0,84	0,25	74,31	18,50	0,00
69	6,30	6,20	1,63	0,729	1,19	0,25	76,44	18,98	0,00
70	1,30	1,30	1,52	0,739	1,13	0,25	78,57	19,45	0,00
71	9,70	9,46	1,97	0,748	1,48	0,25	80,70	19,92	0,00
72	11,80	11,45	1,31	0,758	0,99	0,25	82,83	20,38	0,00
73	0,40	0,40	1,87	0,767	1,43	0,25	84,94	20,84	1,03

## Anexo 24

Continuación...

Días	P	Pe	ETo	Kc	ETc	FaAbHuPer	TAW	HuFaAp	Riego
mm									
74	5,60	5,52	2,15	0,777	1,67	0,24	87,05	21,30	0,00
75	4,40	4,35	1,56	0,787	1,23	0,24	89,13	21,75	0,00
76	2,90	2,88	1,43	0,796	1,14	0,24	91,20	22,19	0,00
77	14,70	14,16	1,30	0,806	1,05	0,24	93,25	22,63	0,00
78	20,20	19,18	1,44	0,815	1,17	0,24	95,28	23,06	0,00
79	7,00	6,88	1,44	0,825	1,19	0,24	97,28	23,47	0,00
80	3,90	3,86	1,88	0,834	1,57	0,24	99,25	23,89	0,00
81	15,20	14,62	1,55	0,844	1,31	0,24	101,18	24,29	0,00
82	3,40	3,37	1,44	0,853	1,23	0,24	103,09	24,68	0,00
83	12,30	11,92	2,02	0,863	1,74	0,24	104,96	25,06	0,00
84	0,10	0,10	2,15	0,872	1,88	0,24	106,79	25,43	1,78
85	0,40	0,40	1,88	0,881	1,65	0,24	108,58	25,79	1,25
86	0,20	0,20	2,19	0,891	1,95	0,24	110,34	26,14	1,75
87	9,10	8,89	2,23	0,900	2,00	0,24	112,05	26,48	0,00
88	2,80	2,78	2,13	0,909	1,94	0,24	113,72	26,81	0,00
89	2,40	2,39	2,00	0,918	1,84	0,24	115,34	27,12	0,00
90	1,00	1,00	1,97	0,928	1,83	0,23	116,92	27,43	0,83
91	0,20	0,20	2,26	0,937	2,11	0,23	118,46	27,72	1,91
92	0,00	0,00	2,23	0,946	2,11	0,23	119,95	28,00	2,11
93	0,00	0,00	2,08	0,955	1,98	0,23	121,40	28,27	1,98
94	5,50	5,42	1,89	0,964	1,82	0,23	122,80	28,53	0,00
95	4,00	3,96	1,34	0,973	1,30	0,23	124,15	28,77	0,00
96	13,40	12,95	2,13	0,981	2,09	0,23	125,46	29,01	0,00
97	22,00	20,79	1,82	0,990	1,80	0,23	126,73	29,23	0,00
98	0,00	0,00	1,43	0,999	1,42	0,23	127,95	29,45	1,42
99	0,60	0,60	1,44	1,007	1,45	0,23	129,12	29,65	0,85
100	0,00	0,00	2,07	1,016	2,10	0,23	130,26	29,84	2,10
101	9,30	9,08	2,17	1,024	2,22	0,23	131,35	30,02	0,00
102	1,20	1,20	2,12	1,032	2,19	0,23	132,40	30,20	0,99
103	0,00	0,00	2,38	1,041	2,47	0,23	133,40	30,36	2,47
104	0,00	0,00	2,86	1,049	3,00	0,23	134,37	30,51	3,00
105	0,10	0,10	2,24	1,057	2,36	0,23	135,30	30,66	2,26
106	0,00	0,00	2,27	1,065	2,42	0,23	136,19	30,79	2,42
107	0,00	0,00	2,96	1,073	3,18	0,23	137,04	30,92	3,18
108	1,40	1,40	2,18	1,080	2,35	0,23	137,86	31,04	0,95
109	0,80	0,80	1,80	1,088	1,96	0,22	138,64	31,15	1,16
110	0,00	0,00	2,47	1,095	2,70	0,22	139,39	31,25	2,70

## Anexo 24

Continuación...

Días	P	Pe	ETo	Kc	ETc	FaAbHuPer	TAW	HuFaAp	Riego
mm									
111	0,00	0,00	2,90	1,103	3,19	0,22	140,10	31,34	3,19
112	0,00	0,00	1,43	1,110	1,59	0,22	140,79	31,43	1,59
113	12,20	11,83	2,36	1,117	2,64	0,22	141,44	31,51	0,00
114	9,80	9,56	2,33	1,124	2,61	0,22	142,06	31,59	0,00
115	0,00	0,00	1,98	1,131	2,24	0,22	142,66	31,66	2,24
116	0,00	0,00	1,86	1,138	2,12	0,22	143,23	31,72	2,12
117	0,00	0,00	2,45	1,145	2,80	0,22	143,77	31,78	2,80
118	0,20	0,20	2,39	1,151	2,75	0,22	144,28	31,83	2,55
119	0,30	0,30	1,88	1,158	2,17	0,22	144,77	31,88	1,87
120	0,50	0,50	2,60	1,164	3,02	0,22	145,24	31,92	2,52
121	0,20	0,20	2,20	1,170	2,57	0,22	145,69	31,95	2,37
122	2,40	2,39	1,38	1,176	1,62	0,22	146,11	31,99	0,00
123	17,70	16,92	1,40	1,182	1,65	0,22	146,51	32,02	0,00
124	2,50	2,48	2,18	1,188	2,59	0,22	146,90	32,04	0,11
125	15,60	14,99	1,95	1,193	2,33	0,22	147,26	32,06	0,00
126	2,70	2,68	1,39	1,199	1,66	0,22	147,61	32,08	0,00
127	0,00	0,00	1,49	1,204	1,79	0,22	147,94	32,09	1,79
128	0,00	0,00	1,58	1,209	1,90	0,22	148,25	32,10	1,90
129	0,60	0,60	2,07	1,214	2,51	0,22	148,55	32,11	1,91
130	8,70	8,51	2,00	1,219	2,44	0,22	148,83	32,11	0,00
131	44,90	39,86	1,55	1,223	1,90	0,22	149,10	32,11	0,00
132	31,50	29,02	2,21	1,228	2,71	0,21	149,36	32,11	0,00
133	8,00	7,84	1,47	1,232	1,81	0,21	149,60	32,11	0,00
134	8,10	7,94	1,37	1,236	1,70	0,21	149,83	32,10	0,00
135	28,00	26,04	1,38	1,240	1,71	0,21	150,05	32,09	0,00
136	15,90	15,27	2,00	1,244	2,48	0,21	150,25	32,08	0,00
137	14,40	15,27	2,00	1,248	2,49	0,21	150,45	32,07	0,00
138	0,20	13,88	1,52	1,251	1,90	0,21	150,63	32,06	0,00
139	3,50	0,20	2,62	1,254	3,28	0,21	150,81	32,04	3,08
140	20,10	3,47	1,81	1,257	2,27	0,21	150,98	32,02	0,00
141	6,30	19,09	1,50	1,260	1,89	0,21	151,14	32,00	0,00
142	17,30	6,20	1,53	1,263	1,93	0,21	151,29	31,98	0,00
143	21,60	16,55	1,36	1,266	1,72	0,21	151,43	31,96	0,00
144	7,30	20,43	1,42	1,268	1,80	0,21	151,56	31,94	0,00
145	1,80	7,17	1,66	1,270	2,11	0,21	151,69	31,92	0,00
146	14,70	1,79	1,54	1,272	1,96	0,21	151,81	31,89	0,16
147	9,10	14,16	1,97	1,274	2,51	0,21	151,93	31,87	0,00

## Anexo 24

Continuación...

Días	P	Pe	ETo	Kc	ETc	FaAbHuPer	TAW	HuFaAp	Riego
mm									
148	4,00	8,89	1,37	1,276	1,74	0,21	152,04	31,84	0,00
149	10,90	3,96	1,87	1,277	2,39	0,21	152,14	31,81	0,00
150	2,60	10,60	1,54	1,279	1,97	0,21	152,24	31,79	0,00
151	1,90	2,58	1,57	1,280	2,01	0,21	152,33	31,76	0,00
152	4,90	1,89	2,09	1,281	2,68	0,21	152,42	31,73	0,79
153	0,00	4,84	1,66	1,281	2,12	0,21	152,50	31,70	0,00
154	17,60	0,00	1,87	1,282	2,39	0,21	152,58	31,67	2,39
155	2,50	16,83	1,75	1,282	2,24	0,21	152,66	31,64	0,00
156	40,50	2,48	1,71	1,282	2,19	0,21	152,73	31,61	0,00
157	0,70	36,40	2,08	1,282	2,66	0,21	152,79	31,57	0,00
158	36,60	0,70	1,83	1,282	2,35	0,21	152,86	31,54	1,65
159	0,30	33,25	2,09	1,281	2,67	0,21	152,92	31,51	0,00
160	0,10	0,30	1,84	1,281	2,35	0,21	152,97	31,48	2,05
161	0,10	0,10	1,91	1,280	2,45	0,21	153,03	31,44	2,35
162	0,10	0,10	1,73	1,279	2,22	0,21	153,08	31,41	2,12
163	0,00	0,10	2,36	1,277	3,02	0,20	153,13	31,38	2,92
164	31,50	0,00	1,98	1,276	2,53	0,20	153,17	31,34	2,53
165	18,70	29,02	2,33	1,274	2,97	0,20	153,21	31,31	0,00
166	2,70	17,83	2,55	1,272	3,24	0,20	153,26	31,28	0,00
167	0,80	2,68	1,49	1,270	1,89	0,20	153,29	31,24	0,00
168	0,00	0,80	1,43	1,268	1,82	0,20	153,33	31,21	1,02
169	27,10	0,00	2,03	1,265	2,57	0,20	153,37	31,17	2,57
170	18,10	25,26	2,48	1,262	3,12	0,20	153,40	31,14	0,00
171	2,10	17,28	2,22	1,259	2,80	0,20	153,43	31,11	0,00
172	13,20	2,09	2,51	1,256	3,15	0,20	153,46	31,07	1,06
173	0,00	12,76	1,85	1,253	2,31	0,20	153,49	31,04	0,00
174	0,00	0,00	1,85	1,249	2,31	0,20	153,51	31,00	2,31
175	0,30	0,00	1,70	1,246	2,12	0,20	153,54	30,97	2,12
176	0,00	0,30	1,55	1,241	1,93	0,20	153,56	30,93	1,63
177	3,10	0,00	2,24	1,237	2,77	0,20	153,58	30,90	2,77
178	9,30	3,08	1,88	1,233	2,32	0,20	153,60	30,87	0,00
179	12,50	9,08	1,82	1,228	2,24	0,20	153,62	30,83	0,00
180	0,00	12,11	1,79	1,223	2,18	0,20	153,64	30,80	0,00
181	6,60	0,00	1,33	1,218	1,62	0,20	153,66	30,77	1,62
182	6,80	6,49	1,47	1,213	1,78	0,20	153,68	30,73	0,00
183	19,30	6,68	1,31	1,207	1,58	0,20	153,69	30,70	0,00
184	4,60	18,37	2,33	1,202	2,79	0,20	153,71	30,67	0,00

## Anexo 24

Continuación...

Días	P	Pe	ETo	Kc	ETc	FaAbHuPer	TAW	HuFaAp	Riego
mm									
185	1,10	4,55	2,14	1,196	2,56	0,20	153,72	30,63	0,00
186	21,00	1,10	2,64	1,189	3,14	0,20	153,74	30,60	2,04
187	0,00	19,90	2,40	1,183	2,84	0,20	153,75	30,57	0,00
188	19,90	0,00	2,54	1,176	2,99	0,20	153,76	30,53	2,99
189	28,50	18,91	1,86	1,170	2,18	0,20	153,77	30,50	0,00
190	20,00	26,47	1,87	1,163	2,17	0,20	153,78	30,47	0,00
191	17,20	19,00	1,69	1,155	1,95	0,20	153,79	30,44	0,00
192	16,70	16,46	1,30	1,148	1,49	0,20	153,80	30,41	0,00
193	12,00	16,00	1,51	1,140	1,72	0,20	153,81	30,37	0,00
194	22,00	11,64	1,56	1,132	1,77	0,20	153,82	30,34	0,00
195	8,40	20,79	1,67	1,124	1,88	0,20	153,83	30,31	0,00
196	10,30	8,22	1,46	1,116	1,63	0,20	153,84	30,28	0,00
197	6,00	10,03	1,28	1,107	1,42	0,20	153,85	30,25	0,00
198	7,20	5,91	2,20	1,098	2,41	0,20	153,85	30,22	0,00
199	2,00	7,07	1,69	1,089	1,84	0,20	153,86	30,19	0,00
200	21,20	1,99	1,96	1,080	2,11	0,20	153,87	30,16	0,12
201	6,50	20,08	2,27	1,071	2,43	0,20	153,87	30,13	0,00
202	0,00	6,39	1,56	1,061	1,66	0,20	153,88	30,10	0,00
203	0,00	0,00	2,29	1,051	2,41	0,20	153,88	30,07	2,41
204	0,00	0,00	2,24	1,041	2,34	0,20	153,89	30,04	2,34
205	0,00	0,00	2,24	1,031	2,31	0,19	153,89	30,01	2,31
206	0,50	0,00	1,34	1,021	1,37	0,19	153,90	29,98	1,37
207	11,80	0,50	2,66	1,010	2,69	0,19	153,90	29,95	2,19
208	21,10	11,45	1,56	0,999	1,56	0,19	153,91	29,92	0,00
209	0,50	19,99	1,65	0,988	1,63	0,19	153,91	29,89	0,00
210	19,50	0,50	1,77	0,977	1,73	0,19	153,91	29,86	1,23
211	0,00	18,55	1,63	0,965	1,57	0,19	153,92	29,83	0,00
212	5,90	0,00	1,56	0,953	1,49	0,19	153,92	29,81	1,49
213	0,00	5,81	2,41	0,942	2,27	0,19	153,92	29,78	0,00
214	1,30	0,00	2,55	0,929	2,37	0,19	153,93	29,75	2,37
215	0,00	1,30	2,56	0,917	2,35	0,19	153,93	29,72	1,05
216	0,00	0,00	1,67	0,905	1,51	0,19	153,93	29,70	1,51
217	0,00	0,00	1,92	0,892	1,71	0,19	153,93	29,67	1,71
218	0,90	0,00	1,89	0,879	1,66	0,19	153,94	29,64	1,66
219	4,10	0,90	1,36	0,866	1,18	0,19	153,94	29,61	0,28
220	0,00	4,06	1,69	0,852	1,44	0,19	153,94	29,59	0,00
221	11,70	0,00	2,06	0,839	1,72	0,19	153,94	29,56	1,72

Anexo 24

Continuación...

<b>Días</b>	<b>P</b>	<b>Pe</b>	<b>ETo</b>	<b>Kc</b>	<b>Etc</b>	<b>FaAbHuPer</b>	<b>TAW</b>	<b>HuFaAp</b>	<b>Riego</b>
<b>mm</b>									
222	0,60	11,36	2,15	0,825	1,77	0,19	153,94	29,54	0,00
223	0,00	0,60	2,07	0,811	1,68	0,19	153,95	29,51	1,08
224	4,10	0,00	1,51	0,797	1,20	0,19	153,95	29,48	1,20
225	3,80	4,06	1,61	0,783	1,26	0,19	153,95	29,46	0,00
226	3,00	3,76	2,18	0,768	1,67	0,19	153,95	29,43	0,00
227	18,70	2,98	2,25	0,753	1,70	0,19	153,95	29,41	0,00
228	0,40	17,83	2,49	0,739	1,84	0,19	153,95	29,38	0,00
229	0,00	0,40	1,55	0,723	1,12	0,19	153,95	29,36	0,72
230	63,50	0,00	2,06	0,708	1,46	0,19	153,96	29,33	1,46
231	27,30	53,42	1,49	0,693	1,03	0,19	153,96	29,31	0,00
232	6,30	25,44	1,25	0,677	0,85	0,19	153,96	29,28	0,00
233	2,60	6,20	1,25	0,661	0,83	0,19	153,96	29,26	0,00
234	10,60	2,58	1,40	0,645	0,91	0,19	153,96	29,24	0,00
235	0,20	10,32	2,03	0,629	1,28	0,19	153,96	29,21	0,00
236	26,10	0,20	1,63	0,613	1,00	0,19	153,96	29,19	0,80
237	1,30	24,40	2,50	0,596	1,49	0,19	153,96	29,16	0,00
238	23,00	1,30	1,33	0,579	0,77	0,19	153,96	29,14	0,00
239	1,00	21,68	1,58	0,563	0,89	0,19	153,96	29,12	0,00
240	0,20	1,00	1,18	0,546	0,64	0,19	153,96	29,10	0,00

P = Precipitación (mm), Pe = Precipitación efectiva, ETo = Evaporación de referencia, Kc = Coeficiente del cultivo, Etc = Evapotranspiración del cultivo, FaAbHuPer = Factor de abatimiento de la humedad permisible, TAW = Total available soil water, HuFaAp = Humedad fácilmente aprovechable.

Anexo 25

**Eficiencia del uso del agua (EUA) en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

<b>Trat.</b>	<b>Rep.</b>	<b>EUA</b>
		<b>(kg m<sup>-3</sup>)</b>
t1	1	2,05
	2	1,68
	3	1,81
	4	1,59
t2	1	1,72
	2	1,23
	3	1,46
	4	1,01
t3	1	0,94
	2	0,99
	3	1,04
	4	1,06

Anexo 26

**Parámetros del modelo logístico normal ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), para macronutrientes en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.**

Tratamientos	P	MACRONUTRIENTES		
		N	P	K
t1	$\alpha$	147,7	9,8685	168,6
	$\beta$	645,7	3771,5	433,7
	$\gamma$	0,0564	0,0841	0,0603
t2	$\alpha$	117,6	9,588	157,3
	$\beta$	1451,9	669,0	726,2
	$\gamma$	0,0663	0,0651	0,0661
t3	$\alpha$	85,7464	7,1751	107,1
	$\beta$	3310,6	441,1	1389,3
	$\gamma$	0,0721	0,0581	0,0744
t4	$\alpha$	118,7	7,9615	124,2
	$\beta$	2894,6	2155,0	355,1
	$\gamma$	0,0678	0,0696	0,0577
t5	$\alpha$	101,7	6,5064	109,7
	$\beta$	1474,8	724,0	266,0
	$\gamma$	0,0605	0,0612	0,0536
t6	$\alpha$	76,006	6,0725	81,5097
	$\beta$	30733,7	421,7	518,7
	$\gamma$	0,0891	0,0504	0,0576

Anexo 27

Análisis económico en el cultivo de maíz suave, variedad INIAP 101.

<b>COSTOS VARIABLES</b>				<b>Fases y actividades</b>			<b>Subtotal por tratamientos (\$)</b>					
<b>Insumo, Producto, Material, Equipo o Servicio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidas</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Con riego</b>			<b>Sin riego</b>					
				<b>FERTILIZACION</b>			<b>FERTILIZACION</b>					
				<b>100 % FQ</b>	<b>50 % FQ</b>	<b>0% FQ</b>	<b>100 % FQ</b>	<b>50 % FQ</b>	<b>0% FQ</b>			
<b>Preparación del suelo y labores de presiembr</b>				-	-	-	-	-	-			
Análisis de suelo Laboratorio	0	muestra	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Arado	0	hora	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Rastrado (2 pases)	0	hora	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Surcado	0	hora	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Seguro Agrícola	0		80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
<b>Instalación de experimento:</b>				<b>382,9</b>	<b>333,0</b>	<b>283,0</b>	<b>381,8</b>	<b>331,9</b>	<b>281,9</b>			
Mano de obra aplicación de herbicida 15 das antes siembra	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0			
glifosato	1,0	galón	19,0	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4			
Mano de obra 3 h (Riego antes de siembra)	0,05	jornal	22,5	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0			
Mano de obra Hoyado (cero labranza)	3	jornal	22,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5			
Mano de obra (Fertilización por sitio)	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5			
urea	1,1	saco 50 kg	33,0	36,3	18,2	0,0	36,3	18,2	0,0			
Super fosfato triple	0,6	saco 50 kg	46,0	27,6	13,8	0,0	27,6	13,8	0,0			
Sulpomag	0,9	saco 50 kg	40,0	36,0	18,0	0,0	36,0	18,0	0,0			
Mano de obra (Siembra)	1	jornal	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5			
Semilla (maíz)	30	Kilos	3,5	105,0	105,0	105,0	105,0	105,0	105,0			
<b>Control químico de malezas</b>				<b>402,8</b>	<b>402,8</b>	<b>402,8</b>	<b>402,8</b>	<b>402,8</b>	<b>402,8</b>			
Mano de obra Aplicación Herbicida	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0			
Herbicida atrazina	2,5	kilos	8,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0			
Mano de obra Aplicación Herbicida	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0			
Herbicida gramoxone	1,0	galón	23,0	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2			
Mano de obra Aplicación Herbicida	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0			
Herbicida gramoxone	1,0	galón	23,0	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2			
Mano de obra Aplicación Herbicida	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0			
Herbicida gramoxone	1,0	galón	28,0	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2			
Mano de obra Aplicación Herbicida	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0			
Herbicida glifosato	1,0	galón	19,0	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1			
Mano de obra Aplicación Herbicida	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0			
Herbicida glifosato	1,0	galón	19,0	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1			

Anexo 27

Continuación...

Controles fitosanitarios						415,0	415,0	415,0	415,0	415,0	415,0
Mano de obra control trozador y Engeo (cogollero)			2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Cebo mata babosas			10	kilos	5,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Mano de obra control cogollero			2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Cipermetrina (Cogolero)			1	litros	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Mano de obra control preventivo de dickeya			2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Agrigent			2	250 g	14,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0
Mano de obra gusano mazorca			2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Cipermetrina (1er. gusano)			1	litros	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Mano de obra gusano de la			2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Engeo (2do. gusano mazorca)			0,4	litros	95,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0	38,0
<b>Fertilizaciones complementarias</b>						<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>
Mano de obra (2da Fertilización)			2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Mano de obra (3ra Fertilización)			2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
<b>Muestréos destructivos de plantas y procesamiento (MS)</b>						<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
1er muestreo destructivo y			0	jornal	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2do muestreo destructivo y			0	jornal	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3er muestreo destructivo y			0	jornal	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4to muestreo destructivo y			0	jornal	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5to muestreo destructivo y			0	jornal	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6to muestreo destructivo y			0	jornal	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7mo muestreo destructivo y procesamiento			0	jornal	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Riegos (Sistema con riego)</b>						<b>47,8</b>	<b>47,8</b>	<b>47,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Numero de riegos	68	riegos	2,1	jornal	22,5	47,8	47,8	47,8	0,0	0,0	0,0
<b>Cosecha, poscosecha y venta</b>						<b>778,5</b>	<b>614,3</b>	<b>490,7</b>	<b>696,0</b>	<b>602,6</b>	<b>389,3</b>
Cosecha	10	jornal	trat.	jornal	22,5	223,8	173,5	135,7	198,5	169,9	104,6
Secado	2	jornal	2	jornal	22,5	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
Desgrane, selección y envasado	20	jornal	trat.	jornal	22,5	447,6	347,0	271,3	397,1	339,9	209,1
envases			trat.	sacos	0,2	19,2	14,9	11,6	17,0	14,6	9,0
hilo plástico			1	rollo	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Transporte al mercado por tratamientos			trat.	sacos	0,5	39,8	30,8	24,1	35,3	30,2	18,6
<b>Total Costos Variables (TCV)</b>						<b>2.117</b>	<b>1.903</b>	<b>1.729</b>	<b>1.986</b>	<b>1.842</b>	<b>1.579</b>

Anexo 27

Continuación...

<b>COSTOS FIJOS</b>										
Nombre		Valor	TOTAL TRATAMIENTO (\$)							
- Administración (% TCV)		2%								
- Uso del suelo (Precio Unit. \$/ciclo)		100,0	42,3	38,1	34,6	39,7	36,8		31,6	
- Costo de oportunidad del capital (%)		6%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
- Imprevistos (% TCV)		2%	84,7	76,1	69,2	79,4	73,7		63,2	
			42,3	38,1	34,6	39,7	36,8		31,6	
<b>Total Costos Fijos (TCF)</b>			<b>269,4</b>	<b>252,2</b>	<b>238,3</b>	<b>258,8</b>	<b>247,4</b>		<b>226,3</b>	
<b>COSTO TOTAL (CT=CV+CF)</b>										
			<b>2.386,3</b>	<b>2.155,1</b>	<b>1.967,7</b>	<b>2.244,4</b>	<b>2.089,6</b>		<b>1.805,3</b>	
<b>ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN, COSTO UNITARIO Y PRECIOS DE VENTA</b>										
Producción		Precios de venta \$ qq	Total producción grano ( ha <sup>-1</sup> )							
Categorías	100,0 %		kg	4322	3351	2619	3834	3281	2019	
- Grano 1ra.	82,9 %	45,00	96	74	58	85	73	45		
- Grano 2da.	14,3 %	25,00	79,6	61,7	48,2	70,6	60,4	37,2		
- Granza	2,9 %	5,00	13,7	10,6	8,3	12,2	10,4	6,4		
- Otro subproducto (caña seca)		precio (\$ t):	2,7	2,1	1,7	2,4	2,1	1,3		
			<b>Producción de caña seca ( t ha<sup>-1</sup> )</b>							
<b>Jornales por tratamiento</b>			7,9	7,6	6,0	6,2	5,7	5,2		
Actividad	100 % FQ	50 % FQ	0% FQ	100 % FQ	50 % FQ	0% FQ	Costo unitario \$ qq			
Cosecha	10	8	6	9	8	5				
Selección desgranado y envas	20	15	12	18	15	9	30,0	34,9	40,8	31,8 34,6 48,6
<b>Tasa de multiplicación ( kg X 1):</b>			<b>144</b>	<b>112</b>	<b>87</b>	<b>128</b>	<b>109</b>	<b>67</b>		
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO POR TRATAMIENTOS</b>										
	T1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6				
<b>Ingreso Bruto (\$/):</b>	<b>3977,44</b>	<b>3090,87</b>	<b>2416,69</b>	<b>3524,02</b>	<b>3018,04</b>	<b>1865,67</b>				
<b>Costo Total (\$/):</b>	<b>2386,35</b>	<b>2155,10</b>	<b>1967,70</b>	<b>2244,41</b>	<b>2089,62</b>	<b>1805,30</b>				
<b>Beneficio / Costo:</b>	<b>1,67</b>	<b>1,43</b>	<b>1,23</b>	<b>1,57</b>	<b>1,44</b>	<b>1,03</b>				